Hochschule Geisenheim

Geisenheim University

Bachelor-Thesis

Maßnahmen zur Bekämpfung von *Drosophila suzukii* im biologischen Weinbau

Referentin: Prof. Dr. Annette Reineke,
Institut für Phytomedizin
der Hochschule Geisenheim

Korreferentin: Dr. Claudia Daniel,
Departement für Nutzpflanzenwissenschaften
des Forschungsinstituts für biologischen Landbau in Frick,
Schweiz

Vorgelegt von: Timo Strack
Flößerstraße 12
76571 Gaggenau
6. Fachsemester
Weinbau & Oenologie
Geisenheim, den 31.05.2016

Ehrenwörtliche Erklärung

Hiermit erkläre ich an Eides Statt, dass ich die vorliegende Bachelor-Thesis "Maßnahmen zur Bekämpfung von *Drosophila suzukii* im biologischen Weinbau" selbständig und ohne fremde Hilfe angefertigt habe. Ich habe dabei nur die in der Arbeit angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt.

Geisenheim, den 31.05.2016

_____

Timo Strack

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung und Problemstellung ..... - 1 -

2 Literaturübersicht ..... - 2 -

2.1 Herkunft und Verbreitung ..... - 2 -

2.2 Morphologische Merkmale von *D. suzukii* ..... - 3 -

2.3 Biologie von *D. suzukii* ..... - 5 -

2.4 Wirtspflanzen von *D. suzukii* ..... - 6 -

2.5 Schadbild an Früchten ..... - 7 -

2.6 Möglichkeiten der Bekämpfung ..... - 9 -

2.6.1 Phytosanitäre Maßnahmen ..... - 10 -

2.6.2 Befallsüberwachung und Köderfang ..... - 14 -

2.6.3 Mechanische Abwehr ..... - 15 -

2.6.4 Chemische Bekämpfungsmöglichkeiten ..... - 16 -

2.6.5 Biologische Abwehr ..... - 17 -

3 Laborversuche: Material und Methoden ..... - 19 -

3.1 Herkunft der Fliegen und Versuchsbedingungen ..... - 19 -

3.2 Verwendete Versuchsprodukte ..... - 19 -

3.3 Verwendete Expositionsmethoden ..... - 21 -

3.3.1 Methode 1: Direkte Exposition ..... - 21 -

3.3.2 Methode 2: Indirekte Exposition ..... - 21 -

3.3.3 Methode 3: Exposition auf Früchten ..... - 22 -

3.4 Durchgeführte Versuche ..... - 22 -

3.5 Statistische Auswertung ..... - 23 -

4 Ergebnisse ..... - 24 -

4.1 Versuch 1: Insektizide mit direkter Exposition (Methode 1) ..... - 24 -

4.2 Versuch 2: Insektizide mit indirekter Exposition (Methode 2) ..... - 25 -

4.3 Versuch 3: Vergleich von Insektiziden durch Exposition behandelter Früchte (Methode 3) ..... - 27 -

4.4 Versuch 4: Vergleich von Biocontrol-Präparaten bei direkter Exposition (Methode 1) ..... - 29 -

4.5 Versuch 5: Vergleich von Biocontrol-Präparaten bei indirekter Exposition (Methode 2) ..... - 30 -

4.6 Versuch 6: Vergleich von Biocontrol-Präparaten durch Exposition behandelter Früchte (Methode 3) ..... - 31 -

4.7 Versuch 7: Vergleich von öligen Mitteln durch Exposition behandelter Früchte (Methode 3) ..... - 34 -
4.8 Versuch 8: Vergleich von stäubenden Mitteln durch Exposition behandelter Früchte (Methode 3) ..... - 36 -
5 Diskussion ..... - 38 -
5.1 Ergebnisdiskussion der Insektizide ..... - 38 -
5.1.1 Audienz (Omya), Spinosad ..... - 38 -
5.1.2 Majestik (Omya), Maltodextrin ..... - 41 -
5.1.3 PREV-AM (Oro Agri), Orangenöl und Borax ..... - 42 -
5.1.4 Neem Azal-T/S (Andermatt Biocontrol), Azadirachtin A ..... - 43 -
5.1.5 Pyrethrum FS (Andermatt Biocontrol), Pyrethrin und Sesamöl ..... - 45 -
5.1.6 Quassan (Andermatt Biocontrol), Quassiaextrakt ..... - 46 -
5.1.7 Fazit Insektizide ..... - 47 -
5.2 Ergebnisdiskussion der Biocontrol-Präparate ..... - 47 -
5.2.1 Naturalis-L (Andermatt Biocontrol), *Beauveria bassiana* (Stamm ATCC 74040) ..... - 49 -
5.2.2 Bb-Protec (Andermatt Biocontrol), *Beauveria bassiana* (Stamm R444) ..... - 51 -
5.2.3 PreFeRal (Biobest), *Isaria fumosorosea* Apopka-Stamm 97 (ATCC 20874) ..... - 51 -
5.2.4 Mycotal (Koppert), *Verticilium lecanii* (Stamm Ve6) ..... - 52 -
5.2.5 Delfin (Andermatt Biocontrol), *Bacillus thuringiensis var kurstakii* (Stamm SA-11) ..... - 53 -
5.2.6 Agree WP (Andermatt Biocontrol), *Bacillus thuringiensis var aizawai* (Stamm GC-91) ..... - 53 -
5.2.7 Solbac (Andermatt Biocontrol), *Bacillus thuringiensis var. israeliensis* ..... - 54 -
5.2.8 Fazit Biocontrol-Präparate ..... - 55 -
5.3 Ergebnisdiskussion der öligen Präparate ..... - 55 -
5.3.1 Genol Plant (Andermatt Biocontrol), Rapsöl ..... - 56 -
5.3.2 Promanal Neu (Andermatt Biocontrol), Paraffinöl ..... - 56 -
5.3.3 Heliosol (Omya), Terpenalkohol-Derivat (Pinienöl) ..... - 57 -
5.3.4 Fenicur (Andermatt Biocontrol), Fenchelöl ..... - 57 -
5.3.5 Greenstim (Andermatt Biocontrol), Glycin-Betain ..... - 58 -
5.3.6 Hanföl (Berner Ölmühle) ..... - 58 -

5.3.7 Pflanzenextrakt B. mit Genol Plant ..... - 59 -
5.3.8 Versuchsprodukt Öl-L ..... - 59 -
5.3.9 Fazit ölige Produkte ..... - 60 -
5.4 Ergebnisdiskussion der stäubenden Mittel ..... - 60 -
5.4.1 Kieselgur (AMU-Systeme), Diatomeenerde ..... - 61 -
5.4.2 Nekapur Löschkalk (Kalkfabrik Netstal AG), Calciumhydroxid ..... - 62 -
5.4.3 Klinospray (Unipoint AG), Zeolith und Klinospray + Heliosol ..... - 63 -
5.4.4 Calciumcarbonat ..... - 64 -
5.4.5 Surround (Stähler Suisse AG), Kaolin ..... - 64 -
5.4.6 Versuchsprodukt N-2015 ..... - 65 -
5.4.7 Fazit stäubende Mittel ..... - 66 -
6 Fazit ..... - 67 -
7 Zusammenfassung ..... - 68 -
8 Literaturverzeichnis ..... - 70 -

Abkürzungsverzeichnis

B. thuringiensis oder Bt	=	*Bacillus thuringiensis*
BLW	=	Bundesamt für Landwirtschaft (Schweiz)
BVL	=	Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit
CFU	=	Colony forming unit (Koloniebildende Einheit)
DLR	=	Dienstleistungszentrum ländlicher Raum
D. suzukii	=	*Drosophila suzukii*
EFSA	=	European Food Safety Agency (Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit)
EPPO	=	European and Mediterranean Plant Protection Organization (Pflanzenschutzorganisation für Europa und den Mittelmeerraum)
ha	=	Hektar
I. fumosorosea	=	*Isaria fumosorosea*
i.V.m	=	in Verbindung mit
IOBC	=	International Organisation for Biological and Integrated Control
IRAC	=	Insecticide Resistance Action Comittee
ITU	=	International Toxic Units
IU	=	International Unit
O. insidiosus	=	*Orius insidiosus*
o.J.	=	ohne Jahr
o.O.	=	ohne Ort
P. vindemmiae	=	*Pachycrepoideus vindemmiae*
PflSchG	=	Pflanzenschutzgesetz
sp.	=	Spezies
spp.	=	species pluralis (mehrere Arten einer Gattung)
µl	=	Mikroliter
µm	=	Mikrometer
V. lecanii	=	*Verticillium lecanii*
var.	=	Varietät

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Prozentualer Anteil toter *D. suzukii* (Mortalität) zu verschiedenen Zeitpunkten nach der direkten Applikation von verschiedenen natürlichen Insektiziden (Versuch 1) (die Kurven von Majestik und Prev-AM, sowie Quassia und Wasser verlaufen deckungsgleich). ..... - 24 -

Abbildung 2 Prozentualer Anteil toter *D. suzukii* (Mortalität) zu verschiedenen Zeitpunkten nach der indirekten Applikation von verschiedenen natürlichen Insektiziden in 100 %iger Feldaufwandmenge (Versuch 2) .... - 25 -

Abbildung 3 Prozentualer Anteil toter *D. suzukii* (Mortalität) zu verschiedenen Zeitpunkten nach der indirekten Applikation von verschiedenen natürlichen Insektiziden in 20 %iger Feldaufwandmenge (Versuch 2). Quassia und Majestik wurden nicht in 20 %iger Feldaufwandmenge geprüft. ..... - 26 -

Abbildung 4 Prozentualer Anteil toter *D. suzukii* (Mortalität) zu verschiedenen Zeitpunkten nach der Exposition von mit verschiedenen natürlichen Insektiziden behandelten Heidelbeeren (Versuch 3). ..... - 27 -

Abbildung 5 Anzahl abgelegter Eier 24 Stunden nach der Exposition von mit verschiedenen natürlichen Insektiziden behandelten Heidelbeeren (Versuch 3). (Mittelwert ± Standardabweichung, Tukey-test $p < 0.05$, Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede; Angabe des Wirkungsgrades in % nach Abbott). ..... - 28 -

Abbildung 6 Prozentualer Anteil toter *D. suzukii* (Mortalität) zu verschiedenen Zeitpunkten nach direkter Applikation von verschiedenen Biocontrol-Präparaten (Versuch 4). ..... - 29 -

Abbildung 7 Prozentualer Anteil toter *D. suzukii* (Mortalität) zu verschiedenen Zeitpunkten nach indirekter Applikation von verschiedenen Biocontrol-Präparaten (Versuch 5). ..... - 30 -

Abbildung 8 Prozentualer Anteil toter *D. suzukii* (Mortalität) zu verschiedenen Zeitpunkten nach der Exposition von verschiedenen Biocontrol-Präparaten behandelten Heidelbeeren (Versuch 6). ..... - 32 -

Abbildung 9 Anzahl gelegte Eier 24 Stunden nach der Exposition von mit verschiedenen Biocontrol-Präparaten behandelten Heidelbeeren (Versuch 6, Durchgang 1). (Mittelwert ± Standardabweichung, Tukey-test $p < 0.05$, Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede; Angabe des Wirkungsgrades in % nach Abbott). ..... - 33 -

Abbildung 10 Anzahl gelegte Eier 24 Stundennach der Exposition von mit verschiedenen Biocontrol-Präparaten behandelten Heidelbeeren (Versuch 6, Durchgang 2). (Mittelwert ± Standardabweichung, Tukey-test

p < 0.05, Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede; Angabe des Wirkungsgrades in % nach Abbott). ..... - 33 -

Abbildung 11 Prozentualer Anteil toter *D. suzukii* (Mortalität) zu verschiedenen Zeitpunkten nach der Exposition von mit verschiedenen Öprodukten behandelten Heidelbeeren (Versuch 7). ..... - 34 -

Abbildung 12 Anzahl gelegte Eier 24 Stunden nach der Exposition von mit verschiedenen Ölprodukten behandelten Heidelbeeren (Versuch 7). (Mittelwert ± Standardabweichung, Tukey-test p < 0.05, Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede; Angabe des Wirkungsgrades in % nach Abbott). ..... - 35 -

Abbildung 13 Prozentualer Anteil toter *D. suzukii* (Mortalität) zu verschiedenen Zeitpunkten nach der Exposition von mit verschiedenen stäubenden Produkten behandelten Heidelbeeren (Versuch 8). ..... - 36 -

Abbildung 14 Anzahl gelegte Eier 24 Stunden nach der Exposition von verschiedenen stäubenden Produkten behandelten Heidelbeeren (Versuch 8). (Mittelwert ± Standardabweichung, Tukey-test p < 0.05, Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede; Angabe des Wirkungsgrades in % nach Abbott). ..... - 37 -

Abbildung 15 Von *B. bassiana* befallene *D. suzukii* nach fünftägiger Inkubation auf mit Torf befüllten 24-Well-Platten ..... - 50 -

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Anfälligkeit der verschiedenen Rebsorten gegenüber *D. suzukii.* ... - 9 -

Tabelle 2 Auflistung der im Labor verwendeten Mittel und Konzentrationen - 20 -

Tabelle 3 Prozentualer Anteil toter *D. suzukii* (Mittelwerte ± Standardabweichung) nach 6 und 12 Stunden in den Versuchen mit direkter und indirekter Exposition. (Tukey-Test p < 0.05, Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede innerhalb der Versuche und Zeitpunkte). ..... - 31 -

1 Einleitung und Problemstellung

Die Kirschessigfliege *Drosophila suzukii* Matsumura (Diptera, Drosophilidae) ist ein in Europa neuer Schädling (DANIEL 2013), welcher vor allem den Beeren- und Steinobstanbau, aber auch den Weinbau vor Herausforderungen stellt (RAULEDER ET AL. 2015). Im Gegensatz zu den europäischen Taufliegen legt *D. suzukii*, mit Hilfe ihres Eiablageapparates, die Eier in unbeschädigte, weichhäutige, bevorzugt rote Beerenfrüchte (KÖPPLER 2015). Während andere europäische Länder sich schon seit einigen Jahren (Spanien 2008, Italien 2008, Frankreich 2009) (CINI ET AL. 2012) mit der Kirschessigfliege auseinandersetzen müssen, wurde der deutsche Obst- und Weinbau bis in das Jahr 2014 (BLEYER ET AL. 2015; WURDACK 2015) – trotz Ersterfassung im Jahre 2011 (ASPLEN ET AL. 2015; KÖPPLER 2015) und Fallenfängen in Südbaden im Jahr 2012 (RAULEDER ET AL. 2015) – von dem Schädling weitestgehend verschont. Der Herbst 2014 ist als Wendepunkt zu sehen, ab dem die Kirschessigfliege auch in Deutschland als Verursacher großen Schadens zu bezeichnen ist. Diese Schäden trieben auch die Politik im Jahr 2014 zum eiligen Handeln: Insektizide, z.B. Piretro Verde, wurden mittels einer Zulassung in Notfallsituationen (nach Artikel 53 der Verordnung (EG) Nr. 1107/2009 i.V.m. §29 PflSchG) bewilligt. Im Jahr 2015 flaute die anfängliche Hysterie der ErzeugerInnen und BeraterInnen aufgrund des heißen Sommers und des deshalb geringeren Befalls wieder ab.

Zwar sind einige Insektizide (z.B. Spinosad oder Pyrethrum) (SCHIRRA & ALEXANDER 2014) zur Bekämpfung von *D. suzukii* auch für nach ökologisch produzierende Betriebe in Deutschland zugelassen, jedoch werden diese vom Julius-Kühn-Institut und von den Bio-Verbänden kritisch betrachtet (ECOVIN Bundesverband ÖKOLOGISCHER Weinbau e.V. 2015; VOGT o.J.b). Grund dafür sind Nebenwirkungen auf Nichtzielorganismen, Insektizidrückstände im Ernteprodukt und eine häufig unbefriedigende Wirkung der Produkte (DANIEL 2013; HÜTTER 2016; PATZWAHL 2016; REINERS 2016). Insbesondere die flächendeckende Anwendung von Spinosad steht in der Kritik. Alternative Produkte zur Regulierung von *D. suzukii* sind gefragt.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden daher verschiedene Insektizide mit einer Genehmigung für den Einsatz in der ökologischen Produktion auf ihre Wirkung gegen *D. suzukii* in einer Serie von Laborversuchen verglichen. Darüber hinaus wurden auch neue Produkte, die bisher noch keine gültige Bio-Zulassung haben, getestet: Natürliche Insektizide, Biocontrol-Präparate (z.B. entomopathogene Pilze und *Bacillus thuringiensis*), Öle und stäubende Produkte (z.B. Gesteinsmehl und Kalk) wurden auf ihre Auswirkungen auf die Sterblichkeit und die Eiablage der Fliegen geprüft. Hierzu wurden drei Expositionsmethoden (direkte Exposition, indirekte Exposition und Exposition behandelter Früchte) genutzt, die jeweils in Vorversuchen getestet und optimiert wurden. Ein Freilandversuch, welcher über den Sommer 2015 in Horitschon (Mittelburgenland/Österreich) durchgeführt wurde, erbrachte aufgrund der Wetterbedingungen keine direkten Ergebnisse. Die heißen, trockenen Sommerbedingungen zeigten aber den Stellenwert der Witterung auf die Biologie der Kirschessigfliege auf. Auch kulturtechnische Maßnahmen, die für ein trockenes Bestandsklima sorgen, können den Befall reduzieren (LOUIS ET AL. 2015). Im folgenden Kapitel werden Ansätze zur Schadensminimierung, wie z.B. kulturtechnische Maßnahmen, der Massenfang oder Möglichkeiten mechanischer Abwehr benannt und diskutiert, bevor in den weiteren Kapiteln die Laborversuche detailliert beschrieben werden.

2 Literaturübersicht

2.1 Herkunft und Verbreitung

Innerhalb eines Jahrzehnts konnte sich die Kirschessigfliege rasant auf der ganzen Welt ausbreiten. Diese schnelle und effiziente Verbreitung wird oftmals mit dem weltweiten Handel von frischen Früchten in Verbindung gebracht. Weitere Faktoren sind (1) der Klimawandel (EMILJANOWICZ 2014), welcher mit feucht-milden Temperaturen eine gute Überwinterung ermöglicht, (2) die fehlenden biologischen Regulatoren oder Konkurrenten, (3) die schnelle Reproduktion, sowie (4) Windverschleppungen (CINI ET AL. 2014; KEHRLI 2015b; MATTEDI 2015; ROTA-STABELLI ET AL. 2013). Die Kirschessigfliege *D. suzukii* wurde im Jahr 1916 in Japan entdeckt und 1931 das erste Mal von Shonen Matsumura beschrieben (MATTEDI 2015), wobei es nicht sicher ist, ob sie in Japan

ihren Ursprung hat (CINI ET AL. 2012). In Asien hat sie mittlerweile ihre Verbreitung von Japan bis Pakistan gefunden (CINI ET AL. 2012). Darüber hinaus wird ihre Existenz auf dem ganzen asiatischen Kontinent vermutet (ASPLEN ET AL. 2015). Außerhalb des asiatischen Kontinents wurde die Kirschessigfliege zunächst 1980 in Hawaii erfasst (ASPLEN ET AL. 2015; MATTEDI 2015). Im Jahr 2008 gelangte sie auf das nordamerikanische Festland (ASPLEN ET AL. 2015; WALSH ET AL. 2011) und von Kalifornien aus in den Norden nach Kanada (Ersterfassung: 2009), sowie bis zur Ostküste der USA (Ersterfassung in Florida 2009) und in den Süden über Mexiko, Costa Rica und Ecuador bis nach Brasilien (bestätigte Ersterfassung: 2013) (ASPLEN ET AL. 2015).

Ihre Ersterfassung in Europa geschah 2008 in Spanien (CALABRIA ET AL. 2010) und in Italien (CINI ET AL. 2014). In Südfrankreich wurden 2009 die ersten Kirschessigfliegen in Fallen aufgefunden (ASPLEN ET AL. 2015; CINI ET AL. 2012; CINI ET AL. 2014; GRASSI ET AL. 2011), jedoch wird Frankreich als Ausgangspunkt der europäischen Verbreitung von *D. suzukii* vermutet, da hier der Infektionsdruck am höchsten war (CINI ET AL. 2014). Im Folgenden verbreitete sich die Kirschessigfliege mit einer Geschwindigkeit von 1400 Kilometer im Jahr (CALABRIA ET AL. 2010) über fast alle Länder Europas. In Deutschland, der Schweiz und Österreich konnten *D. suzukii*-Fänge im Jahre 2011 verzeichnet werden (ASPLEN ET AL. 2015; CINI ET AL. 2012; VOGT ET AL. 2012). In Deutschland verbreitete sich *D. suzukii* von Süden nach Norden, ausgehend von Baden-Württemberg, Bayern und Rheinland-Pfalz (VOGT o.J.a).

2.2 Morphologische Merkmale von *D. suzukii*

Die Kirschessigfliege gehört in der Ordnung der Dipteren zu der Familie der Drosophilidae und ähnelt daher heimischen Taufliegen sehr. Sie besitzt rote Augen und einen hellbraunen Körper (CINI ET AL. 2012; VONLANTHEN & KEHRLI 2016). Die 2.0-3.5 mm großen Weibchen der Kirschessigfliege (RIEDLE-BAUER 2015) besitzen einen kräftigen, gekrümmten Eiablageapparat mit zahlreichen, dunklen, sklerotisierten Zähnen (HAUSER 2011), mit welchem sie ihre Eier in bisher unversehrte und reifende Früchte legen können (ASPLEN ET AL. 2015; CINI ET AL. 2012; KÖPPLER 2015). Dies unterscheidet sie von den heimischen Drosophila-Arten wie z.B. *Drosophila melanogaster*, welche ihre Eier nur in

bereits beschädigte Früchte ablegen können (RIEDLE-BAUER 2015). Neben dem starken Legestachel, sind die durchgehenden Querstreifen auf dem Abdomialsegment der *D. suzukii*-Weibchen ein weiteres Unterscheidungsmerkmal. Die Männchen der Kirschessigfliege sind in der Regel etwas kleiner als die Weibchen. Gut von den Weibchen und von anderen Arten zu unterscheiden sind sie durch den schwarzen Fleck auf jedem ihrer Flügel (ASPLEN ET AL. 2015). Sehr junge Adulte besitzen jedoch noch keine, beziehungsweise nur sehr schwach ausgeprägte, Flecken (HAUSER 2011; VLACH 2010). Außerdem besitzen die Männchen zwei schwarze Kämme auf den vorderen Tarsen, die pinselförmig in Fußrichtung stehen. Diese benötigt die Fliege bei der Begattung, um sich am Weibchen festzuhaken (HÖNIG 2015a). HAUSER 2011 zitiert CINI ET AL. 2012 und verweist, trotz deutlicher Merkmale, auf eine dennoch mögliche Verwechslungsgefahr mit anderen Drosophila-Arten. *D. suzukii* bildet Sommer- und Winterformen, die sich nach SHEARER 2014 sichtbar voneinander unterscheiden. VONLANTHEN & KEHRLI 2016 bestätigten die Aussage: Winterformen sind deutlich dunkler und etwas grösser. In der Winterform tritt eine deutlich dunklere Braunfärbung auf. Am Pronotum bildet sich ein markant dunkler Fleck und bei den Weibchen ist das vierte und fünfte Abdomialsegment dunkelbraun bis schwarz gefärbt. Bei der Sommerform hingegen ist lediglich der untere Rand des vierten Abdomialsegments dunkel berandet. Messungen ergaben, dass sowohl männliche als auch weibliche Kirschessigfliegen im Winter signifikant größer als im Sommer sind (VONLANTHEN & KEHRLI 2016).

Die Larven unterscheiden sich nicht von den einheimischen Larven. Sie sind milchig weiß und besitzen schwarze Mundhaken. Sie sind ca. 0.67 mm lang und können bis zu 3.5 mm wachsen. Durch die Larvenhaut lassen sich innere Organe erkennen. Die Puppen lassen sich gut von anderen Arten unterscheiden. Sie erscheinen zunächst grau-gelb, werden später bräunlich und verfärben sich bei der Verhärtung wieder gelblich (WALSH ET AL. 2011). Außerdem sind sie vorne mit kleinen, sternförmigen Anhängen versehen (WBI FREIBURG o.J.). Die durchschnittlich 0.62 x 0.18 mm (EPPO 2013) großen Eier besitzen zwei Luftschläuche, sind transparent und milchig-weiß glänzend (WALSH ET AL. 2011).

2.3 Biologie von *D. suzukii*

D. suzukii überwintert als adultes, befruchtetes Weibchen (HÖNIG 2015b; MATTEDI 2015). Als Überwinterungsquartiere werden frostfreie Nischen im Wald, Bodenlaub, Gebäuden oder Kompoststätten (DANIEL ET AL. 2013b; HÖNIG 2015b; MATTEDI 2015) vermutet. Jedoch findet auch im Winter, bei Temperaturen zwischen 5 °C und 10 °C, ein Flug statt (BLEYER & BECKER 2015; HARZER 2015; VOGT & HOFFMANN 2013). Die Eiablage erfolgt ab dem Frühjahr. Im Jahre 2015 ließen sich ab Mitte April eiablagebereite Weibchen fangen (DLR Rheinpfalz 2015b; WICHURA & WEBER 2015). Die Eiablage in den Reben beginnt mit der Véraison, je nach Vegetationsstand und Rebsorte im August (SINN 2015). Nach Hill (DLR RLP 2015) sind Trauben erst ab einem Reifegrad ab 55 °Oe für die Kirschessigfliege interessant. Vermutlich liegt dies an der Festigkeit der Beerenhaut. Jedoch wird die Rebe erst ab Herbst von der Kirschessigfliege besonders befallen, wenn an bevorzugten Wirtspflanzen keine Früchte mehr verfügbar sind. Dann findet ein starker Zuflug in die Rebberge statt (KEHRLI 2015b; MATTEDI 2015). Jedes Weibchen kann ein bis zehn Eier pro Frucht und insgesamt etwa 200-400 Eier in ihrem gesamten Leben legen (FRIED 2015; KEHRLI 2015b; KÖPPLER 2015; RICHOZ ET AL. 2013). Nach 12 bis 72 Stunden schlüpfen die Larven, welche während einer Woche das zweite und dritte Larvenstadium durchlaufen und sich innerhalb oder außerhalb der Frucht verpuppen. Nach fünf bis 15 Tagen schlüpft die vollendete Kirschessigfliege und lebt 20-30 Tage (MATTEDI 2015). Die adulten Tiere ernähren sich von Hefen und Bakterien von Blattoberflächen, von Ausscheidungen und Harzen von Blättern, Nadeln und Bäumen, sowie von Honigtau und Pollen (HAMBY ET AL. 2012; HÖNIG 2015a; MÜLLER 2015).

Die Temperatur hat einen entscheidenden Einfluss auf die Aktivität (HARZER 2015) und die Entwicklungsgeschwindigkeit von *D. suzukii* (ASPLEN ET AL. 2015). Während die Entwicklungszeit von Ei zum adulten Tier bei 14 °C vier Wochen dauert, gelingt dies bei 26 °C innerhalb von 11 Tagen (TOCHEN ET AL. 2014). TOCHEN ET AL. 2014 stellte ebenfalls fest, dass bei Temperaturen zwischen 14 °C und 28 °C eine Reproduktion möglich ist, die Eiablagerate aber bei 22 °C am höchsten ist. Unter 10 °C und über 30 °C ist die Entwicklung gehemmt. Bei

darüber oder darunter liegenden Temperaturen ist zwar ein Überleben möglich, die Lebensdauer und Mortalitätsrate sind dann aber erhöht und die Fruchtbarkeit der Tiere ist eingeschränkt. Generell sind männliche Kirschessigfliegen weniger tolerant gegenüber Temperaturextremen als weibliche Fliegen (LIN ET AL. 2014). Die Gesamtzahl abgelegter Eier von *D. suzukii* unterscheidet sich bei verschiedenen Temperaturen. Nach HILL & SPIES (2015) findet die höchste Eiablage auf Kirschen zwischen 18 °C und 20 °C statt. In ASPLEN ET AL. (2015) werden Berechnungsmodelle zur Entwicklungsrate, Mortalität und Eiablageaktivität in Verbindung mit der Umgebungstemperatur vorgestellt. Die jeweilige Dauer zum Durchlaufen eines Entwicklungsstadiums oder die Lebensdauer der Fliegen ist stark durch die Temperatur und das Nahrungsangebot beeinflusst (TOCHEN ET AL. 2014). Insgesamt dauert ein Zyklus pro Generation 8-25 Tage. Somit sind in einem Jahr 13-15 Generationen möglich (DANIEL ET AL. 2013b).

2.4 Wirtspflanzen von *D. suzukii*

Die Kirschessigfliege ist sehr polyphag und befällt zahlreiche Wirtspflanzen (CINI ET AL. 2014). Bevorzugt werden sowohl Kultur- wie auch Wildpflanzen mit weichen roten oder dunklen Früchten und dünner Haut (CINI ET AL. 2012; HILL & SPIES 2015; KEHRLI ET AL. 2013), wie Beeren- und Steinobst angeflogen. Rotgefärbte und dunkle Früchte wirken am anziehendsten auf die Fliegen (RIEDLE-BAUER 2015; SCHIRRA & ALEXANDER 2014). Je dünner die Schale der Frucht, desto einfacher ist es für die Kirschessigfliege diese anzusägen und ihre Eier in der Frucht zu platzieren (LUTTENBERGER 2014). Welche der vielen Wirtsfrüchte zur Eiablage ausgewählt wird, ist nach RAULEDER ET AL. 2015, abhängig vom Zeitpunkt des Auftretens der Kirschessigfliege, dem Standort, der Größe der Population, der Reifezeit der Früchte und des Spektrums der umliegend vorkommenden Früchte. Einen Nachweis darüber, welche Früchte von Wild-, Ziergehölzen und Ziersträuchern, fruchttragenden Stauden, einheimischen Obst- und Wildobstarten von der Kirschessigfliege befallen werden, findet sich ebenfalls bei RAULEDER ET AL. 2015. Für den Obstbau relevante Wirtspflanzen sind unter anderem: Kirsche, Erdbeere, Brombeere, Himbeere, Stachelbeere, Johannisbeere, Blaubeere, Pflaume, Pfirsich,

Nektarine, Aprikose, Sharonfrucht, Feige, winterharte Kiwi, Hartriegel, Holunderbeeren, Tafel- und Weintraube und beschädigte Apfelsorten (VOGT & HOFFMANN 2013). Die Anfälligkeit verschiedener Rebsorten kann der Tabelle 1 am Ende des Kapitels 2.5 entnommen werden. Verschiedene Wirtsfrüchte wurden auf eine präferierte Eiablage durch die Kirschessigfliege getestet und in einer Rangordnung eingeteilt (BELLAMY ET AL. 2013). Diese Anordnung der Anfälligkeiten gegenüber verschiedenen Fruchtsorten bestätigt frühere Beobachtungen (LEE ET AL. 2011b). Die erfolgreiche Larvenentwicklung unterscheidet sich in den einzelnen Wirtsfrüchten. Optimal sind Kirschen, Himbeeren, Heidelbeeren und Brombeeren, während sich Weintrauben schlecht eigneten (HILL & SPIES 2015).

2.5 Schadbild an Früchten

Der Schaden durch die Kirschessigfliege entsteht durch die Eiablage, sowie durch die Larvenentwicklung. Sobald das Weibchen die Beerenhaut der Wirtsfrucht durchstochen hat, kann dies eine Eintrittspforte für sekundäre Schaderreger, wie z.B. Bakterien, Hefen und weitere Pilze sein oder durch Saftaustritt andere Insekten anlocken. Durch den Schlupf der Larven und die nachfolgende Fraßtätigkeit entsteht während des Durchlaufens der drei Larvenstadien ein direkter Schaden an der Frucht. Der schnelle Verderb der Früchte durch Fäulnis oder der Larvenbesatz in den Beeren macht die Früchte unverkäuflich (BERRY 2012; KÖPPLER & RAULEDER 2015a). In der Weinbereitung sind Gärprobleme durch Nährstoffentzug oder Krankheiten (z.B. Essigstich bzw. erhöhte flüchtige Säure) möglich (ASPLEN ET AL. 2015; CINI ET AL. 2012; FISCHER 2015; HÖNIG 2015b).

Die Rebe hat sich als weniger geeignete Wirtspflanze für die Kirschessigfliege herausgestellt, wird aber dennoch befallen (IORIATTI ET AL. 2015; KEHRLI 2015b). Dies hängt damit zusammen, dass im Herbst bevorzugte Wirtsfrüchte bereits abgeerntet wurden, Trauben aber auch noch bis November verfügbar sind. Zudem bauen sich während des Sommers sehr hohe Populationen von *D. suzukii* auf (DANIEL 2015). Besonders rote frühreifende (SCHIRRA 2015; SINN 2015), dünnhäutige und aromatische Rebsorten sind von einem Befall betroffen. Doch

auch beschädigte (IORIATTI ET AL. 2015; LINDER ET AL. 2014) oder rötlichgefärbte Weißweinsorten werden von der Kirschessigfliege angeflogen und als Eiablagestätte genutzt (KEHRLI 2015b; RIEDLE-BAUER 2015). Nach IORIATTI ET AL. (2015) steigt der Befall von Trauben in Relation zum Reifegrad, was auf steigende Zuckergehalte und steigende pH-Werte in Verbindung mit sich abbauender Säuren und vor allem auch mit dem Weichwerden der Beeren zusammenhängen könnte. Verletzte Beeren, die durch Mikrorisse versehrt oder mehltaubefallen sind, erleichtern den Kirschessigfliegen-Weibchen die Eiablage (HENSER 2015; LENTES 2015; WBI Freiburg 2015). Die Festigkeit der Beeren hat einen großen Einfluss auf die Höhe der Eiablage und die Larvenentwicklung (o.V. 2015a).

Die Anfälligkeit unterscheidet sich bei verschiedenen Rebsorten. Nicht alle Rebsorten scheinen für die Ei- und Larvenentwicklung der Kirschessigfliege geeignet zu sein. Selbst wenn Eier in die Traubenbeere abgelegt werden, ist der Anteil schlüpfender Larven in Abhängigkeit der Rebsorte stark schwankend (RIEDLE-BAUER 2015). In HILL (2015) und HILL & SPIES (2015) wird die Möglichkeit genannt, dass durch eine Abwehrreaktion des Gewebes das abgelegte Ei eingekapselt wird und sich daher nicht entwickeln kann. Jedoch wird diese Annahme durch einen laufenden Laborversuch wiederlegt, indem sich Eier in Traubenpüree, vermutlich aufgrund der Inhaltsstoffe, ebenfalls nur schlecht entwickeln können (DANIEL 2016c). Besonders bei Spätburgunder ist dieser Abwehrmechanismus ausgeprägt, während Dornfelder diese Eigenschaft mit der Zunahme des Mostgewichts verliert (HILL & SPIES 2015).

In verschiedenen Studien wurde die Sortenanfälligkeit von Reben untersucht (BOSCHERI 2015; DANIEL 2015; DANIEL 2016a; DOYE 2016; HÄSELI 2015; LINDER ET AL. 2014; MAZZI 2015; PRIOR 2015; SINN 2015; VONLANTHEN ET AL. 2015; WBI FREIBURG 2015; WBI FREIBURG & LVWO WEINSBERG 2015). Da in den verschiedenen Studien jedoch verschiedenen Methoden zum Einsatz kamen sind die Resultate nicht quantitativ vergleichbar. Außerdem ist die Anfälligkeit teilweise klonabhängig (z.B. bei Cabernet Jura). Tabelle 1 fasst die Resultate der zitierten Studien in einer groben Einschätzung in drei Anfälligkeitsklassen zusammen.

Tabelle 1 Anfälligkeit der verschiedenen Rebsorten gegenüber *D. suzukii*.

Anfälligkeit	**Rote Rebsorten**	**Weiße Rebsorten**
Hohe Anfälligkeit	Acolon, Bondoletta, C. Cortis, C. Carol, C. Dorsa, Chambourcin, Dakapo, Dornfelder, Dunkelfelder, Flame seedless (Tafeltraube), Frühburgunder, Garanoir, IRAC 1999, Lagrein, Mara, Muscat bleu, Osella, Portugieser, Prior, Regent, Rondo, Rosenmuskateller, Trollinger, VB-32-07	Bronner, Ganita, Gelber Muskateller, Roter Gutedel, Roter Muskateller, Sauvignon Soyhières
Mittlere Anfälligkeit	Gamay, Malbec	
Geringe/Keine Anfälligkeit	Ancelotta, C. Cubin, C. Mitos, C. Sauvignon, Caminoir, Cornalin, Diolinoir, Domina, Galotta, Gamaret, Groppello, Humagne rouge, Lemberger, Merlot, Mondeuse, Spätburgunder, Syrah, Teroldego	Altesse, Auxerrois, Bacchus, Chardonnay, Charmont, Chenin blanc, Gewürztraminer, Grauburgunder, Müller-Thurgau, Païen, Petit Manseng, Riesling, Sauvignon blanc, Sauvignon gris, Silvaner, Solaris, Viognier, Weißburgunder, Weißer Gutedel

2.6 Möglichkeiten der Bekämpfung

Aufgrund der raschen Reproduktionsgeschwindigkeit von *D. suzukii*, bieten Insektizideinsätze nicht die gewünschte Effektivität um einen wirtschaftlichen Schaden durch Kirschessigfliege zu verhindern. Auch ohne Schadeinwirkung durch die Kirschessigfliege entstehen für die ProduzentInnen durch Vorsorgemaßnahmen finanzielle Kosten (PETERHANS 2015). Maßnahmen an der Rebe, wie das Heften, Stockputzen oder Entblättern, können zwar mechanisiert werden (MÜLLER & WALG 2013, S. 42ff, 61ff, 82ff, 119ff; MÜLLER 2016), das Monitoring und spätere Ertragsregulierungen sowie das Aussortieren und Entsorgen von Fruchtteilen oder auch der Insektizideinsatz erfordern aber zusätzliche Arbeitskraftstunden. Ein starkes Befallsjahr erfordert eine schnelle Ernte, was zusätzliches Lesepersonal bedingen kann. Des Weiteren können sich Netze zwar auch zur Fraßabwehr durch Vögel, Wespen und Mäusen eignen, bringen aber durch hohe Anschaffungskosten sowie manuellen Mehraufwand

auch zusätzliche Kosten mit sich und können das Mikroklima negativ beeinflussen.

2.6.1 Phytosanitäre Maßnahmen

Auch wenn kulturtechnische Maßnahmen in der Monokultur Weinberg den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln nicht ersetzen können (KAUER & FADER 2015, S. 33), sind sie dennoch Grundlage zur Förderung und Erhalt der Pflanzengesundheit (HOFMANN & KÖPFER 2014, S.182ff). Nicht immer können alle geeigneten Maßnahmen, bedingt durch die technische oder personelle Ausstattung und regionale Gegebenheiten, in den einzelnen Betrieben umgesetzt werden. Faktoren wie das Erziehungssystem, die Standort- oder Rebsorten- bzw. Klon- und Unterlagswahl sind im Nachhinein nicht ohne weitere Kosten zu ändern, können aber bei einer Neuanlage hinsichtlich des neuauftretenden Schädlings Kirschessigfliege berücksichtigt werden. In gefährdeten Lagen sind entsprechend geringanfällige Rebsorten zu Pflanzen, Beispiele finden sich in Tabelle 1 auf Seite 9. Um einem Erst- oder auch Wiederbefall vorzubeugen werden in der Literatur einige Empfehlungen zur Bestandsführung gegeben.

Das gesamte Bodenpflege- und Düngemanagement sollte angepasst werden: Eine zu hohe Begrünung verlangsamt die Abtrocknung der Trauben (SCHIRRA 2015). Ein Versuchsaufbau aus Bayern zeigt auf, dass eine hohe Begrünung kühlere sowie feuchtere und somit tendenziell eiablagefördernde Bedingungen für die Kirschessigfliege schafft. Außerdem erfolgte im Jahr 2015 ein Befall durch die *D. suzukii* in der Versuchsvariante mit der hohen Begrünung eine Woche früher und entwickelte sich stärker bis zur Lese als die nur schwachbefallene Kontrollvariante mit kurzgehaltenem Unterbewuchs (WURDACK 2016). Es gibt verschiedene Möglichkeiten den Unterbewuchs der Rebe zu pflegen, so empfiehlt sich z.B. eine Einsaat mit niedrigwachsenden Pflanzen (z.B. Kleearten) (HOFMANN & KÖPFER 2014, S. 127). Eine Unterstockbedeckung mit Stroh oder Rindenmulch ist aufgrund anhaltender Feuchtigkeit eher abzulehnen. Es gilt die Begrünung in den Gassen zu steuern. Maßnahmen können sich aufgrund der jährlich unterschiedlichen Witterungsverhältnisse unterscheiden, doch sollte ein

hoher Bewuchs zur Reduktion der Feuchtigkeit in starken *D. suzukii*-Befallsjahren vermieden werden, jedoch nicht durch bloßes Walzen. Stockaustriebe sollten generell entfernt werden. Ein zu starkes Rebenwachstum begünstigt ein Abdrücken oder Platzen der Beeren (PRIOR 2015). Lockerbeerige Klone können Abhilfe schaffen. Die Wahl der Unterlage kann die Wüchsigkeit der Rebe beeinflussen und den Botrytisdruck mindern (BLEYER & BECKER 2015; HILL & SPIES 2015). Schwach- bis mittelwüchsige Unterlagen, welche sich für den ökologischen Weinbau eignen, sind unter anderem: 161-49C, 3309C, 420A und SO4 (HOFMANN & KÖPFER 2014, S. 178f).

Alle Maßnahmen, die den Traubenbestand gesund halten, gelten als gute Kirschessigfliegen-Vorbeugung (THOß 2015). Das Entstehen von Essigsäure soll vermieden werden. Ein gutes Oidium-Management und eine Traubenwicklerbekämpfung zur Vermeidung von verletzten Beeren sind wichtig, um die Eiablage der Kirschessigfliege nicht zusätzlich zu stimulieren. Dazu zählt auch das Vermeiden von Wespen-, Vogel- und Mäusefraß (BLEYER & BECKER 2015; HILL & SPIES 2015; PRIOR 2015; SCHIRRA & ALEXANDER 2014).

Temperatur und Luftfeuchtigkeit beeinflussen das Verhalten der *D. suzukii*. Es gilt möglichst ungünstige Klimabedingungen für die Kirschessigfliege im Weinberg zu schaffen. Eine gute Besonnung und Abtrocknung durch eine angemessene Durchlüftung wird durch geeignete Laubarbeiten wie das rechtzeitige Heften, Ausbrechen und eine Entblätterung der Traubenzone erreicht (BLEYER & BECKER 2015; HOFMANN & KÖPFER 2014; KEHRLI 2015a; RIEDLE-BAUER 2015; SCHIRRA & ALEXANDER 2014). Bis zum Reifebeginn sollte eine Entblätterung durchgeführt worden sein (HILL & SPIES 2015). Aus der Praxis ist bekannt, dass eine Entblätterung sowohl Befallsstärke, als auch –häufigkeit verringern und die Eiablage herauszögern kann (SCHIRRA 2015). Grund für die Wirkung ist einerseits das veränderte Mikroklima: die Fliegen bevorzugen feuchte, schattige Lagen und durch eine Entblätterung wird die Besonnung erhöht und die Luftfeuchte sinkt. Zudem führt die Entblätterung zu physiologischen und chemischen Veränderungen der Früchte: der Phenolgehalt steigt, Säuren werden abgebaut, das Aroma wird beeinflusst (MÜLLER & WALG 2013, S. 118). Auch diese Faktoren können die Eiablagepräferenz von *D. suzukii*

beeinflussen. Bei der Entblätterung ist aber zu beachten, dass auch negative Auswirkungen möglich sind: die Trauben sind stärker Sonnenbrand gefährdet (MÜLLER & WALG 2013, S. 114) und das notwendige Blatt-Frucht-Verhältnis kann bei Trauben mit hohen Traubengewichten unterschritten werden, was eine unzureichende Reife zur Folge haben kann. Dies ist vor allem bei den besonders anfälligen Rebsorten Dornfelder und Portugieser zu beachten (MÜLLER 2016). Durch erhöhte Traubentemperaturen findet in den Beeren ein Aroma- und Äpfelsäureabbau statt, was vor allem bei Weißweinen unerwünscht ist, da sowohl das Frischeempfinden als auch der Sortencharakter negativ beeinflusst werden kann (FOX 2000; FOX & NIKFARDJAM o.J.; FOX & STEINBRENNER o.J.).

In Hinblick auf die Traubengesundheit kann das Erziehungssystem einen Einfluss haben. In Südtirol wurde bereits erkannt, dass die Pergelerziehung die Eiablage der Kirschessigfliege begünstigt (KOMPATSCHER 2015; SINN 2015). Neben der Abschattung der Früchte spielt dabei auch die Triebzahl pro Stock und die damit entstehende Verdichtung der Laubwand, was zu einer langsameren Abtrocknung und geringerer Besonnung führt, eine Rolle (PRIOR 2015).

Es ist bekannt, dass die Kirschessigfliege trockene und heiße Lebensräume meidet. Lagen, die z.B. stark sonnenexponiert sind und Trockenstandorte sind daher weniger befallsgefährdet (SCHIRRA 2015; SCHIRRA & ALEXANDER 2014). Relative Luftfeuchten unter 20 % schufen unter Laborbedingungen kürzere Lebzeiten und eine reduzierte Reproduktionstätigkeit, während höhere relative Luftfeuchten populationsfördernd wirkten und die Lebenszeit erhöhten (TOCHEN ET AL. 2016). In kühleren Lagen verzögert sich die Traubenreife, was einen späteren Befall durch die Kirschessigfliege bedeuten kann. Die Nähe zu Wäldern, in denen die *D. suzukii* geschütztere Lebensbedingungen vorfindet und Tal- oder Frostsenken, sowie Gewässern verstärken die Befallsgefahr (HILL & SPIES 2015). In trocken-heißen Regionen können landwirtschaftliche Bestände ein Refugium für die Kirschessigfliege bilden, da hier eine Bodenbeschattung durch Laubwände die Evaporationsrate senkt (BRESHEARS ET AL. 1998 zitiert in TOCHEN ET AL. 2016). Randgebiete neben Ertragsanlagen, die eine attraktivere Luftfeuchtigkeit, Temperatur oder temporär geeignetere Wirtspflanzen bieten und

Feuchtigkeitsquellen zur Verfügung stellen, können ebenfalls als Unterschlupf dienen (TOCHEN ET AL. 2016). Weinberge sind außerdem durch Nachbarschaft zu Obstanlagen, nahe Bestockung mit frühreifen Rebsorten, die oft unter Vogel- und Wespenfraß leiden oder durch Nichtbewirtschaftung vernachlässigt werden, gefährdet (EPPO 2013; PRIOR 2015).

Ertragsregulierende Maßnahmen sollten früh, vor Reifebeginn, durchgeführt und die entfernten Fruchtteile zur Verhinderung der Anlockung von *D. suzukii* zeitig gemulcht werden. Ein Teilen der Trauben, welches diese auflockert, dient der Fäulnisprävention und der besseren Abtrocknung der Früchte (BLEYER & BECKER 2015; HILL & SPIES 2015; KEHRLI 2015a; RIEDLE-BAUER 2015; SCHIRRA 2015). Nicht außer Acht gelassen werden darf jede Maßnahme, die sich zur Botrytis-Vermeidung eignet. Da auch ein Botrytisbefall durch dunkle, feuchte Bedingungen und beschädigtes Traubenmaterial begünstigt wird, decken sich die Maßnahmen mit der *D. suzukii*-Prävention (SCHIRRA 2015).

Die Bestandshygiene, allem voran das Entfernen beschädigter oder erkrankter Früchte sowie Fruchteile und Bestandsreste, wird als äußerst wichtig genannt (CINI ET AL. 2012; HAYE ET AL. 2016), da jeder Fruchtverbleib in der Anlage sowohl als Brutstätte als auch Lockmittel für die Kirschessigfliege dienen und somit die Populationsdichte erhöhen kann (CALABRIA ET AL. 2010). So gilt es, neben einer vollständigen Ernte und einer eventuellen Nachernte, auch ausgedünnte Trauben (Bodentrauben) restlos aus der Anlage zu entfernen, da *D. suzukii* stark von gärenden Fruchtsäften und Essiggerüchen angelockt wird (HILL & SPIES 2015). Diese Trauben müssen dann durch geeignete Maßnahmen vernichtet werden. Als geeignete Maßnahmen werden folgende Möglichkeiten beschrieben: das Vergraben oder Einarbeiten von (infizierten) Früchten (ASPLEN ET AL. 2015), deren Solarisation oder ein Angären in verschlossenen Behältern sowie eine Abtötung von Eiern und Larven durch eine Kältebehandlung (CALABRIA ET AL. 2010; CINI ET AL. 2012; DANIEL 2012; KÖPPLER 2015; LETHMEYER 2015; WALSH ET AL. 2011). Als ungeeignet hat sich die Kompostierung herausgestellt (EPPO 2010). Auch Trester früher geernteter Rebsorten darf nicht in noch zu erntende Bestände oder in Bestandsnähe ausgebracht werden und muss in geeigneter Weise in den Boden eingearbeitet werden (SCHIRRA 2015; WALSH ET AL. 2011).

2.6.2 Befallsüberwachung und Köderfang

Die Flugüberwachung stellt die Basis für eine erfolgreiche Schädlingsbekämpfung dar (CINI ET AL. 2012). Zwar sind Fallenfänge nicht zwangsläufig mit einer Eiablage in der Kultur gleichzusetzen, jedoch lässt sich so einfach und relativ kostengünstig eine Einschätzung über die Populationsdimension gewinnen (CALABRIA ET AL. 2010; KÖPPLER & RAULEDER 2015b). Der Massenfang kann einen Befall der Kirschessigfliege reduzieren (CINI ET AL. 2012), ist aber auf großen Rebflächen aufgrund des Aufwands keine Option und bietet zudem keinen ausreichenden Schutz (SINN 2015).

Die entsprechenden Köderflüssigkeiten müssen mindestens der Attraktivität von Wirtspflanzen gleichkommen (KÖPPLER 2015; WURDACK 2015), da verletzte und gärende Früchte eine verstärkte Anziehung besitzen (HILL & SPIES 2015). Sowohl kommerzielle, als auch selbsthergestellte Köder und Fallen (KÖPPLER 2015) eignen sich zum Fang der Kirschessigfliege. Als Lockstoffe haben sich verschiedene Kombinationen und Mengenanteile aus Säften, Fruchtpürees, Hefezusätzen, Essigen und Alkoholen bewährt (CINI ET AL. 2012). Der Zusatz von Rotwein zur Lockflüssigkeit erhöht ebenfalls die Fangzahlen (CAHENZLI & DANIEL 2016). CAHENZLI & DANIEL (2016) konnten aufzeigen, dass ein geringer Anteil an Aceton die Attraktivität von Fallen steigert. Versuche mit dem Blattduftstoff β-Cyclocitral, den ForscherInnen des Max-Planck-Instituts als spezifischen Lockstoff der *D. suzukii* entdeckten (o.V. 2015b), erwies sich unterdessen als nicht geeignet für Köderfallen (CAHENZLI & DANIEL 2016; WURDACK 2015). Hinsichtlich der Sensorik und Biochemie der Kirschessigfliegen besteht noch Forschungsbedarf.

Weiter wurde festgestellt, dass Form und Farbe die Fangzahlen beeinflussen können. CINI ET AL. (2012) bekunden die besten Resultate mit schwarzen oder roten Fallen. Für die Fallen eignen sich unterschiedliche Gefäße mit eingebohrten Löchern von zwei bis drei Millimeter Durchmesser, um Beifang zu vermeiden. Sobald die Kirschessigfliege in Erscheinung tritt (HÄSELI 2015), werden die Fallen für den Massenfang in zwei Meter Abstand als engen Ring um die zu schützende Kultur platziert. Eine weitere Falle in der Mitte des Bestandes dient als Kontrolle. Innerhalb von zwei Wochen sollten die Fallen spätestens

ausgewechselt werden, da die Köderwirkung sonst nachlässt (DANIEL ET AL. 2013b; DANIEL 2013; LETHMEYER 2015). Wenn möglich sollten Fallen, aus den in Punkt 2.6.1 genannten Gründen, an schattigen Stellen platziert werden (LETHMEYER 2015).

2.6.3 Mechanische Abwehr

Der Einsatz von Netzen mit engen (0.8 x 0.8 mm, maximal 1.3 mm) (ASPLEN ET AL. 2015; DANIEL 2013; FRIED 2015; HAYE ET AL. 2016; KUSKE ET AL. 2015; LETHMEYER 2015; TRAUTMANN & LEHMBERG 2015), nicht verschiebbaren Maschen (THOß 2015) soll das Einwandern der Kirschessigfliege in die Kultur verhindern und stellt die bislang sicherste Methode zur Befallsvorbeugung im Obstbau dar (DANIEL & BAROFFIO 2012). Das Einnetzen wird als sehr erfolgreich bezeichnet. Des Weiteren wird auf eine nahezu befallsfreie Ernte ohne chemische Maßnahmen hingewiesen (HILL & SPIES 2015; SINN 2015; TRAUTMANN & LEHMBERG 2015). Wichtig ist das rechtzeitige Schließen der Netze (FRIED 2015; THOß 2015) vor dem Farbumschlag der Früchte (DANIEL ET AL. 2013b). Durch die engmaschigen Netze verändert sich das Mikroklima an der Pflanze, da diese nur schlecht Luft durchlassen und gleichzeitig eine Beschattungswirkung haben (KUSKE ET AL. 2015), was neben einer erhöhten Botrytisgefahr (HILL & SPIES 2015) auch die Schaffung günstiger Lebensbedingungen für die Kirschessigfliege bietet, falls Netze nicht lückenlos geschlossen werden (FRIED 2015; THOß 2015). Ein positiver Nebeneffekt der Netze ist, dass neben der Kirschessigfliege auch Vogel- und Wespenfraß verhindert wird. Doch bringen Netze auch einige Nachteile mit sich: neben den Investitionskosten (Weinbau ca. 9.500 €/ha (HILL & SPIES 2015), Obstbau ca. 60.000 €/ha (FRIED 2015) fallen Mehrkosten durch ein erschwertes Arbeiten an, da für jeden Arbeitsgang (z.B. Pflanzenschutz, Entlauben, Ertragsregulierung oder Lese) die Netze aufgerollt und wieder abgerollt werden müssen (o.V. 2009). Nach FILIPP ET AL. 2015 beeinflusst die Netzfarbe die Fruchtqualität. Weiße Netze eignen sich besser als schwarze. Jedoch wurde bei beiden Netzen die Reife verzögert und somit weniger Zuckergehalt erreicht sowie tendenziell mehr mechanische Beschädigung als bei unverhüllten Reben festgestellt. Eine Alternative zu den eher für den Steinobstanbau geeigneten Netzen, die dort oftmals an ein bereits vorhandenes

Regendach montiert werden können, stellen die arbeitsintensiven, aber der zur vollständigen Fruchteinnetzung geeigneten Netzbeutel dar.

2.6.4 Chemische Bekämpfungsmöglichkeiten

Wie bereits in der Einleitung erwähnt, erreicht eine chemische Bekämpfung nicht immer die gewünschten Effekte bei der Schädlingsbekämpfung und bringt oftmals verschiedene Nachteile mit sich, wie einen hohen Aufwand, Rückstände auf dem Ernteprodukt oder den negativen Einfluss auf Nützlinge und andere Nichtzielorganismen. Gerade in der Bio-Landwirtschaft versucht man daher andere Maßnahmen zur Pflanzenstärkung und –gesundhaltung zu finden. Im ökologischen Weinbau sind keine chemischen Mittel zur *D. suzukii*-Bekämpfung zugelassen. Lediglich der Einsatz natürlicher Insektizide wie Pyrethrine (z.B. in Piretro Verde) oder Spinosad (z.B. in SpinTor) ist möglich. Diese Mittel werden detailliert in der Diskussion am Ende der Arbeit betrachtet.

Eine Abwandlung des Insektizideinsatzes ist das Köderverfahren. Dazu wird ein Proteinsubstrat, welches als Nahrung für die Schadfliege dient, mit lauwarmen Wasser und einem Insektizid (z.B. Spinosad) vermischt und grobtropfig auf die Fruchtzone der Kultur appliziert. Dies geschieht als Teilflächenanwendung (DEDERICHS 2014). Die Vorteile des Köderverfahrens werden mit einem geringen Insektizideinsatz, einer Nützlingsschonung durch geringen Abdrift und einer längeren Behandlungszeit durch sechsmalige Behandlung mit einer siebentägigen Wartezeit und als kostengünstig, beschrieben (ZUBERER 2015). Dagegen steht die Empfehlung des Rebschutz- und Weinbauinformationsdienst Pfalz, welcher von einer Anwendung aufgrund der nicht nachgewiesenen Wirksamkeit, der Bienentoxizität und der Vermeidung von Resistenzentwicklungen, von diesem Verfahren abrät. Derzeit ist die Kombination aus Spinosad und Combi-Protec nicht zugelassen (DLR RHEINPFALZ 2015a).

2.6.5 Biologische Abwehr

Im Nachfolgenden sollen verschiedene Möglichkeiten der biologischen Kontrolle der Kirschessigfliege vorgestellt werden: Viren, insektenpathogene Pilze, Bakterien, Parasitoide und Räuber sind natürliche Gegenspieler von *D. suzukii*.

Um Gegenspieler gezielt einzusetzen, muss aber zuerst geprüft werden, ob potentielle Gegenspieler die Fähigkeit besitzen invasive Schädlinge zu befallen (STACCONI ET AL. 2015). Derzeit mangelt es an effektiven Parasitoiden gegen *D. suzukii* (HAYE ET AL. 2016). Einheimische Parasitoiden entwickeln sich meist besser in einheimischen Drosophila-Arten. Ein Wirtswechsel ist schwierig (CHABERT ET AL. 2012). Zudem ist die Anwendung von Parasitoiden bei sich so schnell vermehrenden Arten wie *D. suzukii* schwierig (CINI ET AL. 2012). Zur Unterdrückung der Ausbreitung der Kirschessigfliege finden sich in der Literatur einige potentielle Antagonisten, wie Gallwespen, Brackwespen, Zehrwespen und Erzwespen (GABARRA ET AL. 2015; HAYE ET AL. 2016). Als mögliche Gegenspieler zeigten in verschiedenen Feldversuchen und unter Laborbedingungen die Arten *Pachycrepoideus vindemmiae* (Italien, Spanien, Schweiz und Asien, aber nicht in Frankreich und den USA), *Leptopilina spp.* (Italien, Spanien und Japan, aber nicht in den USA), *Asobara spp.* (Japan, Italien und Spanien) und *Trichopria drosophilae* (USA, Italien, Spanien, Schweiz und Japan) vielversprechende Resultate. Des Weiteren befallen *Ganaspis xanthopoda D. suzukii*-Larven und sind stark auf diese spezifiziert (ASPLEN ET AL. 2015; CINI ET AL. 2012; GABARRA ET AL. 2015; HOELMER 2013; KASUYA ET AL. 2013; MAZZI 2015; ROSSI STACCONI ET AL. 2013; STACCONI ET AL. 2015).

Asobara, Ganaspis, Leptopilina und Trichopria sind Larvalparasitoide. Sie legen ihre Eier in die Hohlräume des Wirtsgewebes des ersten und zweiten Larvenstadiums von *D. suzukii* und anderen Spezies. Das Wirtsgewebe dient dann als Nahrung für die schlüpfenden Parasitenlarven bis zum dritten Larvenstadium. Bei Eiablage in das dritte Larvenstadium erfolgt die weitere Entwicklung in der Puppe (ASPLEN ET AL. 2015). Drosophila-Arten besitzen aber verschiedene Abwehrmechanismen. Nach parasitärer Eiablage wird befallenes Gewebe abgekapselt. Dadurch verenden die Eier aufgrund fehlenden Gasaustauschs (RIZKI (1957) UND SALT (1970) zitiert in ASPLEN ET AL. 2015).

Außerdem fliegen nach MILAN ET AL. 2012 zitiert in ASPLEN ET AL. 2015 Drosophila-Weibchen bei Schlupfwespen-Präsenz bevorzugt gärende Früchte an, um durch den beinhaltenden Alkoholanteil der Früchte die Entwicklung der Endoparasiten zu unterdrücken. *P. vindemmiae* parasitiert außerdem die Puppen von *D. suzukii*. Das Ei wird zwischen Puppenhülle und Puppe abgelegt, worauf sich die schlüpfende *P. vindemmiae*-Larve vom Puppeninhalt ernährt (ASPLEN ET AL. 2015).

Ein Versuch mit den heimischen Nützlingen *Chrysoperla carnea* und *Orius majusculus* (ENGLERT ET AL. 2015) ergab, dass diese durchaus Ei- und Larvenstadien und im Fall der Florfliegen-Larve auch das Puppenstadium erbeuten (ENGLERT & HERZ 2016). Da diese Nützlinge natürlich in Wein- und Obstbauanlagen vorkommen, auch andere Schädlinge zu ihrer Beute zählen und die Tiere kommerziell erworben werden können, bieten sie sich generell als gute Ergänzung zur Schädlingsregulierung an. Eine ausschließliche Bekämpfung der *D. suzukii* mit diesen Nützlingen wird aber ausgeschlossen. In den USA hat sich *O. insidiosus* ebenfalls als potentieller Gegenspieler erwiesen (ASPLEN ET AL. 2015). Ein Einsatz zur Regulierung von *D. suzukii* im Weinberg ist jedoch keine Option, da das Ziel der Bekämpfung eine Verhinderung der Eiablage ist. Gegenspieler, die erst das Larven-oder Puppenstadium reduzieren, kommen für einen Bekämpfungserfolg zu spät. Eine gezielte Förderung der räuberischen Insekten in benachbarten Habitaten (z.B. Wildobsthecken Waldrändern) könnte eventuell den Befallsdruck in der Umgebung etwas senken.

CINI ET AL. 2012 nennen zudem die Möglichkeit von Virus-Einsätzen. Hierzu besteht aber noch Forschungsbedarf.

Eine weitere Regulierungsmöglichkeit bilden Biocontrol-Präparate, also Produkte, die als Wirkstoff lebendige Organismen enthalten. Neben entomopathogenen Pilzen, bieten sich dazu auch *B. thuringiensis*-Präparate an. Sowohl entomopathogene Pilze, wie auch *B. thuringiensis*-Präparate wurden neben anderen Insektiziden, Ölen und stäubenden Substanzen in den Laborversuchen geprüft. In den folgenden Abschnitten werden Material und Methoden, sowie die Resultate der Laborversuche dargestellt, bevor die Biocontrol-Präparate in Punkt 5.2 ausführlich diskutiert werden.

3 Laborversuche: Material und Methoden

3.1 Herkunft der Fliegen und Versuchsbedingungen

Für die Versuche wurden 7-21 Tage alte Kirschessigfliegen aus der bestehenden Laborzucht verwendet. Diese Zucht existiert seit 2015. Die Fliegen werden auf einem Nähr- und Eiablagemedium aus Banane, Bierhefe, Weizenmehl und Zucker in einem Percival Klimaschrank (Modell: I-36LLVL) bei einer Temperatur von 22 °C, einer relativen Luftfeuchte von 70-80 % und einem Tag/Nacht-Rhythmus von 16/8 Stunden gehalten.

Zur Entnahme der Fliegen aus der Zucht und zum Überführen in die Testgefäße wurden die Fliegen 30 Minuten bei 3 °C gekühlt und mit einem Saugexhaustor sortiert. Fliegen, die zu früh wieder mobil wurden, wurden erneut kurz gekühlt. Vor Applikation der Insektizide hatten die Fliegen 20 Minuten Zeit zur Regeneration. Tote Fliegen wurden vor dem Test ausgetauscht.

Die Fliegen wurden während der Versuche in einem Percival-Klimaschrank (Modell: I-36LLVL) bei 23 °C und 70 % relativer Luftfeuchtigkeit mit einem Tag-/Nachtrhythmus von 16/8 Stunden gehalten. Während der Versuche hatten die Fliegen Zugang zu einer 10 %igen Zuckerlösung, die über eine getränkten Paketschnur (Expositionsmethode 1 und 2) bzw. über einen getränkten Wattebausch (Expositionsmethode 3) verabreicht wurde.

Bei der Auswertung wurden Fliegen als tot erachtet, wenn trotz Schütteln des Gefäßes keine Bewegung mehr zu erkennen war.

3.2 Verwendete Versuchsprodukte

Die in Tabelle 2 zusammengefassten Mittel wurden in verschiedenen Versuchen mit verschiedenen Expositionsmethoden (Methode 1, Methode 2 und Methode 3) geprüft. Die Expositionsmethoden sind im folgenden Absatz genauer beschrieben. Für die öligen und stäubenden Produkte wurde nur Methode 3 angewandt. In allen Versuchen wurde eine Wasser-Kontrolle und Spinosad (Produkt: Audienz, Omya AG, Schweiz) als Standardprodukt mitgeführt.

Tabelle 2 Auflistung der im Labor verwendeten Mittel und Konzentrationen

	Mittel	Verwendete Konzentrationen in		
		Methode 1	**Methode 2**	**Methode 3**
Natürliche Insektizide (Extrakte)	Neem Azal-T/S (Andermatt Biocontrol), 10 g/l Azadirachtin A, Batch: 171114E	0.625 %	5 l/ha 1 l / ha*	0.625 %
	Audienz (Omya), 44,2 % Spinosad, Batch: 325749/0115	0.025 %	0.2 l/ha 0.04 l/ha*	0.025 %
	Pyrethrum FS (Andermatt Biocontrol), 8 % Pyrethrin und 36 % Sesamöl, Batch: 4542012	0.0625 %	0.5 l/ha 0.1 l/ha	0.0625 %
	Quassan (Andermatt Biocontrol), 30 % Quassiaextrakt, Batch: 30/4/2014	0.625 %	5 l/ha 1 l / ha*	0.625 %
	Majestik (Omya), 49 % Maltodextrin, Batch 6375	5 %	40 l/ha 8 l/ha*	5 %
	Prev-AM (Oro Agri), 50 g/l Orangenöl und 10 g/l Borax, Batch: 7579	0.625 %	5 l/ha 1 l / ha*	0.625 %
Biocontrol-Präparate (Organismen)	Naturalis-L (Andermatt Biocontrol), 2,3x10^7 CFU/ml *Beauveria bassiana* (Stamm ATCC 74040), Batch: 15002DEL 3/04/2015	1x10^9 CFU/l (43.5 ml/l)	2.4 l/ha	1x10^9 CFU/l (43.5 ml/l)
	Bb-Protec (Andermatt Biocontrol), 2x10^9 CFU/g *Beauveria bassiana* (Stamm R444), Batch: 253	1x10^9 CFU/l (500 mg/l)	400 g/ha	1x10^9 CFU/l (500 mg/l)
	PreFeRal (Biobest), 2x10^9 CFU/g *Isaria fumosorosea* Apopka-Stamm 97 (ATCC 20874), Charge: Biobest Produkttest Jan-2016	1x10^9 CFU/l (500 mg/l)	400 g/ha	1x10^9 CFU/l (500 mg/l)
	Mycotal (Koppert), 1x10^{10} CFU/g *Verticiliium lecanii* (Stamm Ve6), Batch : 15M48	1x10^9 CFU/l (100 mg/l)	80 g/ha	1x10^9 CFU/l (100 mg/l)
	Delfin (Andermatt Biocontrol), 32000 IU/mg *Bacillus thuringiensis* var *kurstakii* (Stamm SA-11), Batch: 4933433	2.4 x 10^7 IU/l (750 mg/l)	600 g/ha	2.4 x 10^7 IU/l (750 mg/l)
	Agree WP (Andermatt Biocontrol), 25000 IU/mg *Bacillus thuringiensis* var *aizawai* (Stamm GC-91), Batch: 2881553	2.4 x 10^7 IU/l (960 mg/l)	768 g/ha	2.4 x 10^7 IU/l (960 mg/l)
	Solbac (Andermatt Biocontrol), 1200 ITU/mg *Bacillus thuringiensis* var. *israeliensis*, Batch: 1691424	2.4 x 10^7 ITU/l (20 g/l)	1600 g/ha	2.4 x 10^7 ITU/l (20 g/l)
Ölige Mittel	Genol Plant (Andermatt Biocontrol), 94,6 % Rapsöl, Batch: 12/2010	-	-	0.5 %
	Promanal Neu (Andermatt Biocontrol), 546 g/l Parafinöl, Batch: 4930078	-	-	0.5 %
	Heliosol (Omya), 665 g/l Terpenalkohol-Derivate, abgefüllt am 11.03.2014	-	-	0.5 %
	Versuchsprodukt Öl-L**,***, T.37.39 vom 15.06.2015	-	-	0.5 %
	Fenicur (Andermatt Biocontrol), 23 % Fenchelöl, Batch: 64 4 2014	-	-	0.5 %
	Greenstim (Andermatt Biocontrol), 97 % Glycin-Betain, Batch: 4312252267	-	-	0.5 %
	Versuchsprodukt Pflanzenextrakt B.**, ***, Batch: AW2035/108/0517 + Genol Plant (Andermatt Biocontrol), 94,6 % Rapsöl, Batch: 12/2010	-	-	0.3 % + 0.5 %
	Hanföl (Berner Ölmühle), 100 % Hanfsamenöl, mind. Haltbar bis 19. Dez. 2015	-	-	0.02 %
Stäubende Mittel	Nekapur (Kalkfabrik Netstal AG), Calciumhydroxid, Abfülldatum: 26.03.2015	-	-	1.7 g/l
	Surround (Stähler Suisse AG), 95 % Kaolin, Batch: 41 01 13/Z810	-	-	2 %
	Klinospray (Unipoint AG), 100% Zeolith	-	-	2 %
	Klinospray (Unipoint AG), 100% Zeolith + Heliosol (Omya), 665 g/l Terpenalkohol-Derivate, Abfülldatum: 11.03.2014	-	-	2 % + 0.5 %
	Pflanzen-Aktivator P2032 (AMU-Systeme), Kieselgur, Batch: D-NW-13-2822-E	-	-	0.34 g/l
	Calciumcarbonat**, 100% Calciumcarbonat, Batch: nicht verfügbar	-	-	1.7 g/l
	Versuchsprodukt N-2015**, ***, FIBL-P-(930)	-	-	12 mg/18 Beeren

* Zwei geprüfte Konzentrationen, ** Produktname darf nicht genannt werden, *** Wirkstoff darf nicht genannt werden

3.3 Verwendete Expositionsmethoden

3.3.1 Methode 1: Direkte Exposition

Pro Wiederholung wurden sechs Männchen und sechs Weibchen in ein Falcon-Tube (Maße: Volumen 50 ml, Durchmesser 30 mm, Höhe 115 mm) mit Gitternetzboden eingesetzt. 200 µl der Spritzbrühe wurden mittels drei kurzen Sprühstößen (2.0 bar; Devilbiss SRI HD) direkt durch die Gefäßmündung auf die Fliegen gesprüht. Fliegen in der Kontrolle wurden mit destilliertem Wasser besprüht. Das Falcon-Tube wurde während der Applikation einmal um seine Längsachse gedreht um eine gleichmäßige Benetzung der Fliegen zu gewährleisten. Direkt nach der Applikation wurden die Fliegen trockengeföhnt (30 °C, 20 cm Abstand, 3 Minuten), um ein Ertrinken in der Spritzbrühe zu vermeiden. Jedes Röhrchen wurde separat mit Zuckerwasser zur Ernährung der Kirschessigfliegen versorgt, um Verunreinigungen zwischen den verschiedenen Verfahren vorzubeugen. Die Mortalität wurde 3, 6, 9, 12 und 24 Stunden nach der Applikation erhoben.

3.3.2 Methode 2: Indirekte Exposition

Die Fliegen sollten über Kontakt mit dem getrockneten Spritzbelag die zu testenden Mittel aufnehmen. Dazu wurde die Innenseite von kleinen Glasröhrchen (Maße: Durchmesser 15 mm, Höhe 55 mm) gleichmäßig mit den Produkten beschichtet. Die verwendete Mittelmenge wurde auf Basis der „IRAC method 011“ (Insecticide Resistance Action Comittee 2009) berechnet: die Angabe der Aufwandmenge pro Hektar wurde auf die innere Oberfläche des Glasröhrchens (36,64 cm^2) umgerechnet. Diese Mittelmenge wurde in 400 µl Wasser gelöst und in die Röhrchen gegeben. Die Röhrchen wurden rotiert, bis die Flüssigkeit vollständig verdunstet war und der Mittelbelag eine gleichmäßige Schicht auf den Wänden des Röhrchens bildete. Die natürlichen Insektizide wurden in zwei Konzentrationen geprüft: einmal in der normalen Feldaufwandmenge (100 %) und einmal in reduzierter Menge (20 %). Nach Eintrocknen des Spritzbelages im Röhrchen wurden jeweils sechs männliche und sechs weibliche Adulte in die behandelten Röhrchen eingesetzt. Die Mortalität wurde 3, 6, 9, 12 und 24 Stunden nach Versuchsbeginn erhoben.

3.3.3 Methode 3: Exposition auf Früchten

Bio-Heidelbeeren der Sorte Snowchase (Herkunft: Spanien) wurden mit destilliertem Wasser gewaschen, abgetrocknet und anschließend in einer automatischen Drehteller-Spritzkabine (Selmoni Pflanzenspritzkabine) auf Tropfnässe behandelt. Nach dem Trocknen des Spritzbelags wurden jeweils drei Heidelbeeren in Kartonbechern sechs Weibchen zur Eiablage angeboten. Die Mortalität wurde 3, 6, 9, 12 und 24 Stunden nach Versuchsbeginn erhoben und die Beeren nach 24 Stunden unter einem Binokular (Leica MZ95) auf Eiablage kontrolliert.

3.4 Durchgeführte Versuche

Käfige und Applikationsgeräte wurden jeweils vor Versuchsbeginn mit Seifenwasser gewaschen, mit 70 %igen Ethanol desinfiziert und nochmals mit destilliertem Wasser gespült. Alle Versuche wurden mit jeweils sechs Wiederholungen pro Verfahren angelegt. Insgesamt wurden acht Versuche durchgeführt:

Versuch 1: Vergleich von Insektiziden bei direkter Exposition (Methode 1).

Versuch 2: Vergleich von Insektiziden bei indirekter Exposition (Methode 2).

Versuch 3: Vergleich von Insektiziden bei Exposition durch behandelte Früchte (Methode 3).

Versuch 4: Vergleich von Biocontrol-Präparten bei direkter Exposition (Methode 1). Aufgrund der möglicherweise langsameren Wirkung von Biocontrol-Präparaten wurde der Versuch bis 72 Stunden nach der Applikation weitergeführt.

Versuch 5: Vergleich von Biocontrol-Präparaten bei indirekter Exposition (Methode 2). Aufgrund der möglicherweise langsameren Wirkung von Biocontrol-Präparaten wurde der Versuch bis 72 Stunden nach der Applikation weitergeführt. Für das Mittel „Agree WP“ sind in diesem Versuch lediglich fünf Wiederholungen vorhanden, da ein Glasröhrchen beim Handling zerbrochen ist. Außerdem wurde während des Versuchsablaufs die angebotene Zuckerlösung

durch ein Stück Nährmedium ersetzt, um ein Verkleben der Fliegen durch Nährlösungstropfen zu verhindern.

Versuch 6: Vergleich von Biocontrol-Präparaten bei Exposition durch behandelte Früchte (Methode 3). Anstelle der üblichen 12 Stunden erfolgte der Tukey-Test zur Auswertung der Mortalität nach 15 und 48 Stunden, da die Wirkung nur sehr langsam eintrat. Die Erfassung der Eiablagerate erfolgte wie in den anderen Versuchen nach 24 Stunden. Danach wurden den Weibchen nochmals frischbehandelte Beeren für weitere 24 Stunden angeboten. Diese wurden anschließend auch auf Eiablage untersucht. Darauffolgend erhielten die Fliegen bis zum Versuchsabbruch unbehandelte Beeren als Eiablagemedium, die nicht auf Eiablage kontrolliert wurden.

Versuch 7: Vergleich von öligen Mitteln bei Exposition durch behandelte Früchte (Methode 3). Anstelle der üblichen 12 Stunden erfolgte die Bonitur der Mortalität nach 16 Stunden. Für den Tukey-Test wurden die Werte dieses Zeitpunkts verwendet.

Versuch 8: Vergleich von stäubenden Mitteln bei Exposition durch behandelte Früchten (Methode 3).

3.5 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung wurde mit dem Statistik-Programm R (Version 3.2.4) durchgeführt. Der Einfluss der verschiedenen Mittel auf den Anteil toter Fliegen sechs und zwölf Stunden nach der Applikation wurde mit Bayesschen „generalized linear model“ mit binomialverteilten Fehlern und einem anschließenden „Tukey Post-hoc Test“ analysiert. Der Einfluss der verschiedenen Mittel auf die Eiablagerate wurde mit einem “gerneralized linear model“ mit nichtbinomialverteilten Fehlern und einem „Tukey Post-hoc Test“ analysiert. Berechnet wurde der Wirkungsgrad der Mittel (Abbott-Formel) auf die Eiablage: prozentualer Wirkungsgrad = 100 * (1- [Anzahl Eier behandelt] / [Anzahl Eier Kontrolle]).

4 Ergebnisse

4.1 Versuch 1: Insektizide mit direkter Exposition (Methode 1)

In Abbildung 1 ist der Anstieg der Mortalität in den verschiedenen Verfahren über die gesamte Versuchsdauer dargestellt. In der mit Wasser behandelten Kontrolle war keine Mortalität zu beobachten, während sich bei den Produkten Prev-AM und Majestik schon drei Stunden nach der Behandlung 100 % Mortalität zeigte.

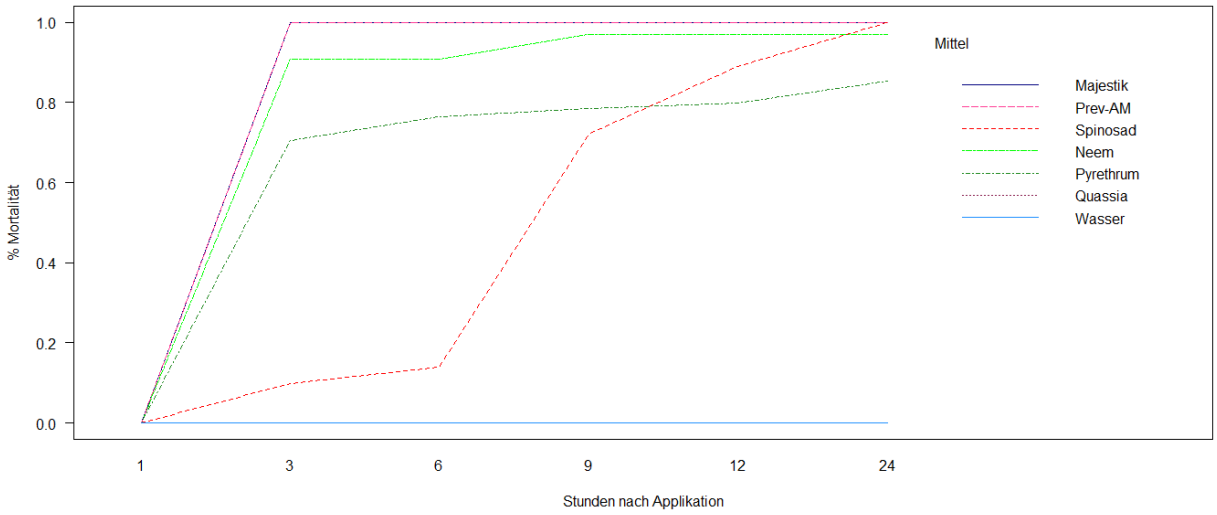

Abbildung 1 Prozentualer Anteil toter *D. suzukii* (Mortalität) zu verschiedenen Zeitpunkten nach der direkten Applikation von verschiedenen natürlichen Insektiziden (Versuch 1) (die Kurven von Majestik und Prev-AM, sowie Quassia und Wasser verlaufen deckungsgleich).

Für den statistischen Vergleich der Verfahren wurden die Zeitpunkte sechs und zwölf Stunden nach der Behandlung gewählt. Die Resultate sind in Tabelle 3 (siehe Seite 31) dargestellt. Sechs Stunden nach der Applikation (Tabelle 3) war die Mortalität durch die Mittel Majestik ($z = -4.260$, $P < 0.001$), Neem ($z = -3.639$, $P < 0.01$), Prev-AM ($z = -4.238$, $P < 0.001$) und Pyrethrum ($z = -3.148$, $P < 0.05$) signifikant höher als in der wasserbehandelten Kontrolle. Quassia ($z = 0.010$, $P = 1$) und Spinosad ($z = -1.739$, $P = 0.52919$) unterschieden sich nicht von der Kontrolle. Majestik ($z = -7.039$, $P < 0.001$), Neem ($z = -7.761$. $P < 0.001$), Prev-AM ($z = -4.283$, $P < 0.001$) und Pyrethrum ($z = -6.855$, $P < 0.001$) wirkten sechs Stunden nach der Applikation signifikant besser als Spinosad (Tabelle 3).

Zwölf Stunden nach der Applikation war die Mortalität durch die Mittel Majestik ($z = 4.273$, $P < 0.001$), Neem ($z = -4.012$, $P < 0.001$), Prev-AM ($z = -4.223$, $P < 0.001$), Pyrethrum ($z = -3.201$, $P < 0.05$) und Spinosad ($z = -3.472$, $P < 0.01$)

signifikant höher als in der wasserbehandelten Kontrolle (Tabelle 3). Quassia unterschied sich nicht von der Kontrolle (z = 0.009, P = 1). Eine vergleichbar gute Wirkung wie Spinosad erreichten die Mittel Majestik (z = -2.581, P = 0.10498), Neem (z = -1.936, P = 0.0.39975), Prev-AM (-2.254, P = 0.22289) und Pyrethrum (z = 1.376, P = 0.77670) zwölf Stunden nach der Applikation. Signifikant schlechter als Spinosad wirkte Quassia (z = 3.481, P < 0.01; Tabelle 3).

4.2 Versuch 2: Insektizide mit indirekter Exposition (Methode 2)

In Versuch 2 wurde die Auswirkung von natürlichen Insektiziden bei indirekter Applikation geprüft. Dabei wurden die normale Feldaufwandmenge (100 %; Abbildung 2), sowie eine reduzierte Aufwandmenge (20 % der normalen Feldaufwandmenge, Abbildung 3) geprüft. Zu erkennen ist in Abbildung 2 und 3, dass die Wirkung bei 20 %iger Konzentration bei den meisten Mitteln langsamer eintrat.

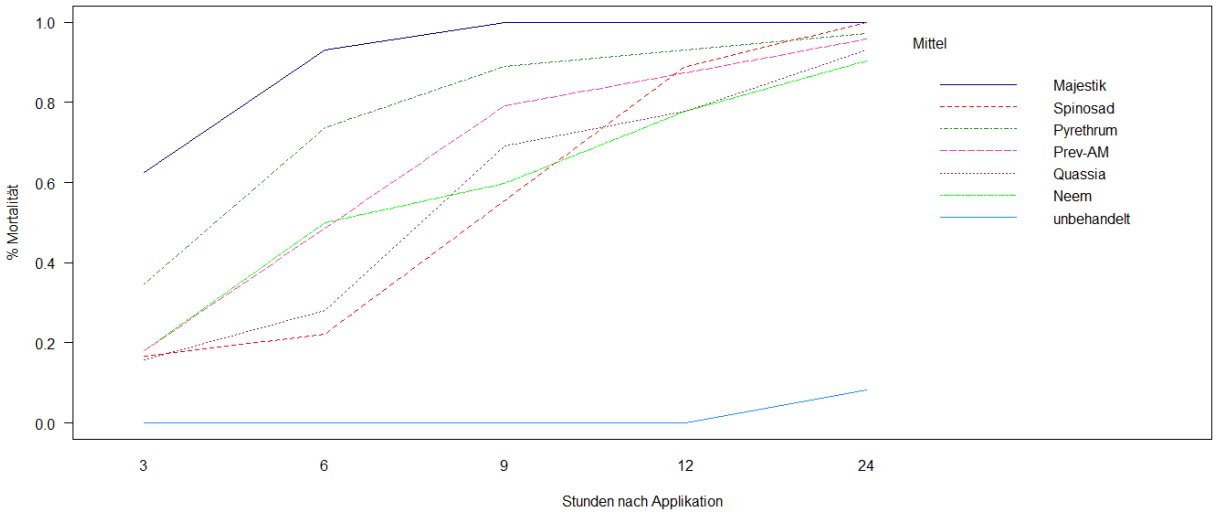

Abbildung 2 Prozentualer Anteil toter *D. suzukii* (Mortalität) zu verschiedenen Zeitpunkten nach der indirekten Applikation von verschiedenen natürlichen Insektiziden in 100 %iger Feldaufwandmenge (Versuch 2).

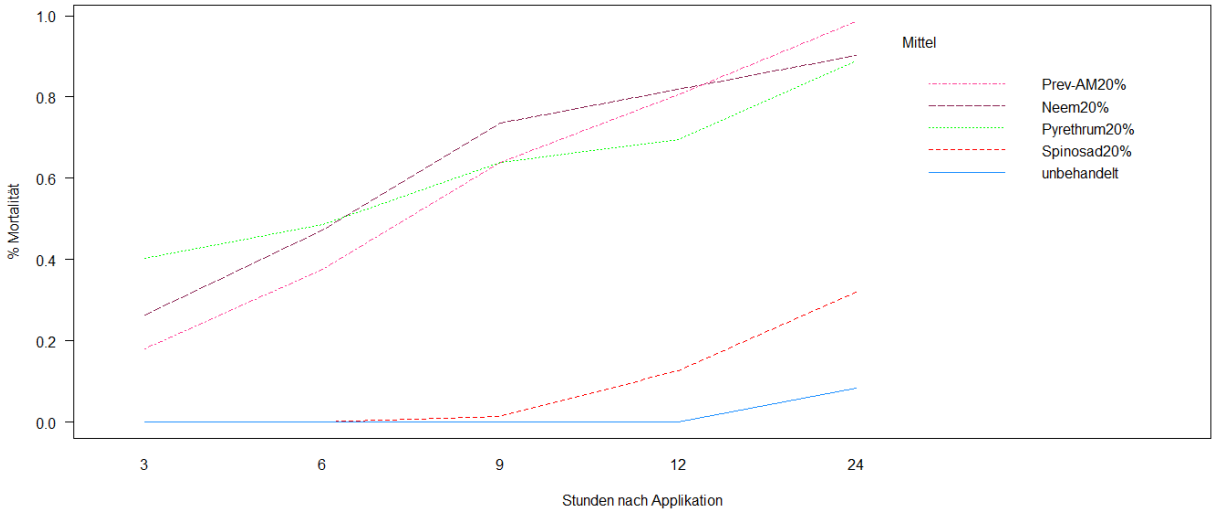

Abbildung 3 Prozentualer Anteil toter *D. suzukii* (Mortalität) zu verschiedenen Zeitpunkten nach der indirekten Applikation von verschiedenen natürlichen Insektiziden in 20 %iger Feldaufwandmenge (Versuch 2). Quassia und Majestik wurden nicht in 20 %iger Feldaufwandmenge geprüft.

Für den statistischen Vergleich der Verfahren wurden die Zeitpunkte sechs und zwölf Stunden nach der Behandlung gewählt. Die Resultate sind in Tabelle 3 dargestellt. Sechs Stunden nach der indirekten Exposition war die Mortalität nur durch die Mittel Majestik 100 % ($z = -3.411$, $P < 0.05$) und Pyrethrum 100 % ($z = -3.167$, $P < 0.05$) signifikant höher als in der unbehandelten Kontrolle (Tabelle 3). Alle anderen Mittel unterschieden sich nicht signifikant von der Kontrolle (Quassia 100 %: $z = -2.084$, $P = 0.5503$; Spinosad 100 %: $z = -1.904$, $P = 0.6810$; Neem 100 %: $z = -2.616$, $P = 0.2112$; Prev-AM 100 %: $z = -2.585$, $P = 0.2773$; Neem 20 %: $z = -2.554$, $P = 0.2424$; Pyrethrum 20 %: $z = -2.585$, $P = 0.2260$; Prev-AM 20 %: $z = -2.327$, $P = 0.3771$; Spinosad 20 %: $z = 0.000$, $P = 1.0$). Die Wirkung von Spinosad 100 % war sechs Stunden nach der indirekten Exposition noch sehr gering und unterschied sich nicht von der unbehandelten Kontrolle. Die Mittel Majestik 100 % ($z = -4.411$, $P < 0.01$) und Pyrethrum 100 % ($z = -3.631$, $P < 0.05$) wirkten signifikant besser als Spinosad 100 %.

Zwölf Stunden nach der indirekten Exposition war die Mortalität durch die Mittel Spinosad 100 % ($z = -3.490$, $P < 0.05$), Pyrethrum 100 % ($z = -3.663$, $P < 0.01$), Majestik 100 % ($z = -3.727$, $P < 0.01$), Prev-AM 100 % ($z = -3.438$, $P < 0.05$), Neem 20 % ($z = -3.254$, $P < 0.05$) und Prev-AM 20 % ($z = -3.213$, $P < 0.05$) signifikant höher als in der unbehandelten Kontrolle (Tabelle 3). Die Mittel Neem 100 % ($z = 1.116$, $P = 0.9885$), Pyrethrum 100 % ($z = -0.523$, $P = 1$), Quassia

100 % (z = 1.139, P = 0.9866), Majestik 100 % (z = -0.464, P = 1), Prev-AM 100 % (z = 0.159, P = 1), Neem 20 % (z = 0.736, P = 0.9996), Pyrethrum 20 % (z = 1.781, P = 0.7745) und Prev-AM 20% (0.867, P = 0.9985) erreichten auch eine vergleichbar gute Wirkung wie Spinosad 100 %. Spinosad 20 % wirkte signifikant schlechter als Spinosad 100 % (z = -5.087, P < 0.01), während bei Neem (z = 0.398, P = 1), Pyrethrum (z = -2.170, P = 0.5025) und Prev-AM (z = -0.714, P = 0.9997) keine signifikanten Unterschiede zwischen der 100 %igen Konzentration und der 20 %igen Konzentration zu beobachten waren.

4.3 Versuch 3: Vergleich von Insektiziden durch Exposition behandelter Früchte (Methode 3)

Die Mortalität bei der Exposition behandelter Früchte stieg nur sehr langsam an und lag für die meisten Mittel bei Versuchsende unter 50 % (Abbildung 4). Sechs Stunden nach der Applikation war bei keinem Mittel eine Mortalität zu beobachten. Zwölf Stunden nach der Applikation war die Mortalität durch Spinosad (z = -3.233, P < 0.05) signifikant höher als in der unbehandelten Kontrolle (Abbildung 4). Alle anderen Mittel unterschieden sich nicht signifikant von der Kontrolle. Eine vergleichbar gute Wirkung wie Spinosad erreichte zu diesem Zeitpunkt Prev-AM (z = 2.211, P = 0.2575).

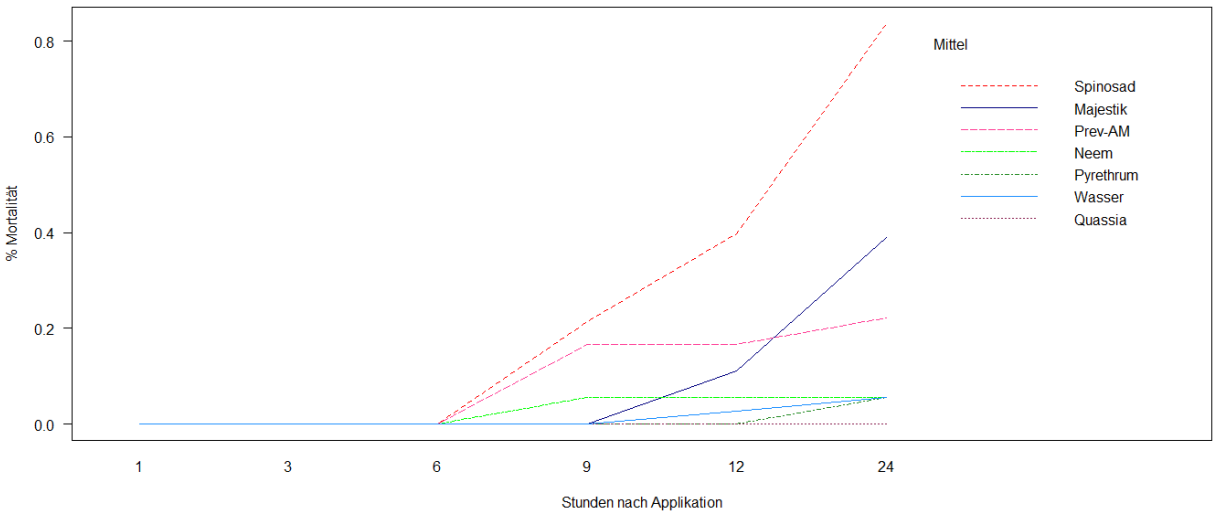

Abbildung 4 Prozentualer Anteil toter *D. suzukii* (Mortalität) zu verschiedenen Zeitpunkten nach der Exposition von mit verschiedenen natürlichen Insektiziden behandelten Heidelbeeren (Versuch 3).

Im Vergleich zur Kontrolle (Wasser) wurde die Eiablage nur durch Spinosad (z = 4.311, P < 0.001) signifikant reduziert. Der Wirkungsgrad für Spinosad lag bei 85 %. Bei den Mitteln Neem (z = 1.490, P = 0.7500), Pyrethrum (z = 1.077, P = 0.9346), Quassia (z = -0.724, P = 0.9911), Majestik (z = -0.902, P = 0.9721) und Prev-AM (z = 2.502, P = 0.1574) wurden keine signifikanten Unterschiede zur Kontrolle beobachtet (Abbildung 5). Den besten Wirkungsgrad erzielte Prev-AM mit 63.3 %, gefolgt von Neem (Wirkungsgrad 44.2 %) und Pyrethrum (34.2 %). Bei Majestik und Quassia wurde ein negativer Wirkungsgrad berechnet (-40.8 % für Majestik und -31.7 % für Quassia) weil die Eiablage in diesen Verfahren über der Kontrolle lag.

Eine vergleichbar gute Wirkung wie Spinosad erzielten die Mittel Neem (z = -2.937, P = 0.0512) und Prev-AM (z = -1.960, P = 0.4387), während die Mittel Majestik (z = -5.121, P < 0.001), Pyrethrum (z = -3.324, P < 0.05) und Quassia (z = -4.962, P < 0.001) eine signifikant geringere Wirkung als Spinosad hatten (Abbildung 5).

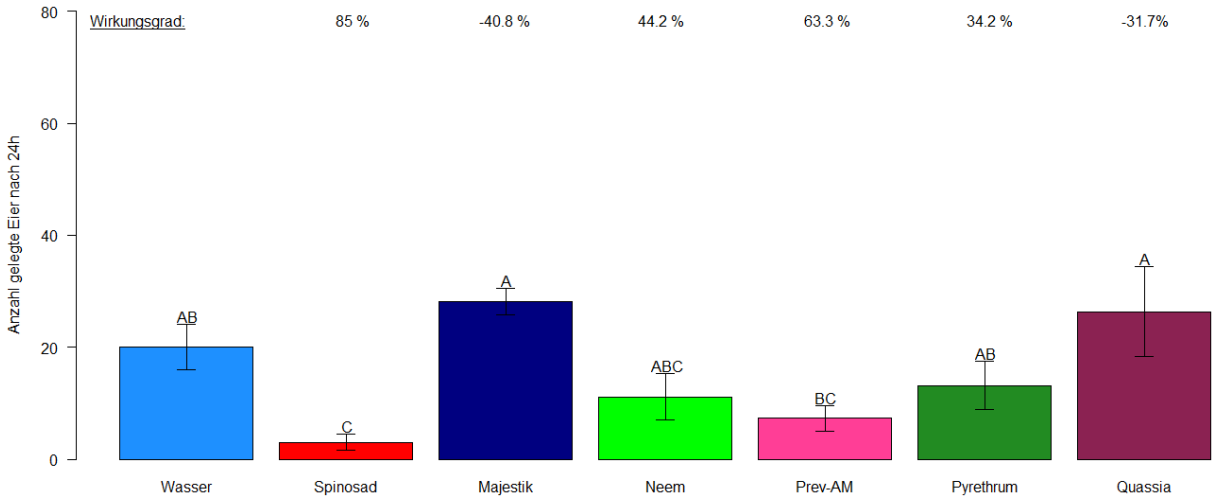

Abbildung 5 Anzahl abgelegter Eier 24 Stunden nach der Exposition von mit verschiedenen natürlichen Insektiziden behandelten Heidelbeeren (Versuch 3). (Mittelwert ± Standardabweichung, Tukey-test p < 0.05, Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede; Angabe des Wirkungsgrades in % nach Abbott).

4.4 Versuch 4: Vergleich von Biocontrol-Präparaten bei direkter Exposition (Methode 1)

In Abbildung 6 ist der Anstieg der Mortalität in den verschiedenen Verfahren über die gesamte Versuchsdauer dargestellt. Für den statistischen Vergleich der Verfahren wurden die Zeitpunkte sechs und zwölf Stunden nach der Behandlung gewählt. Die Resultate sind in Tabelle 3 dargestellt.

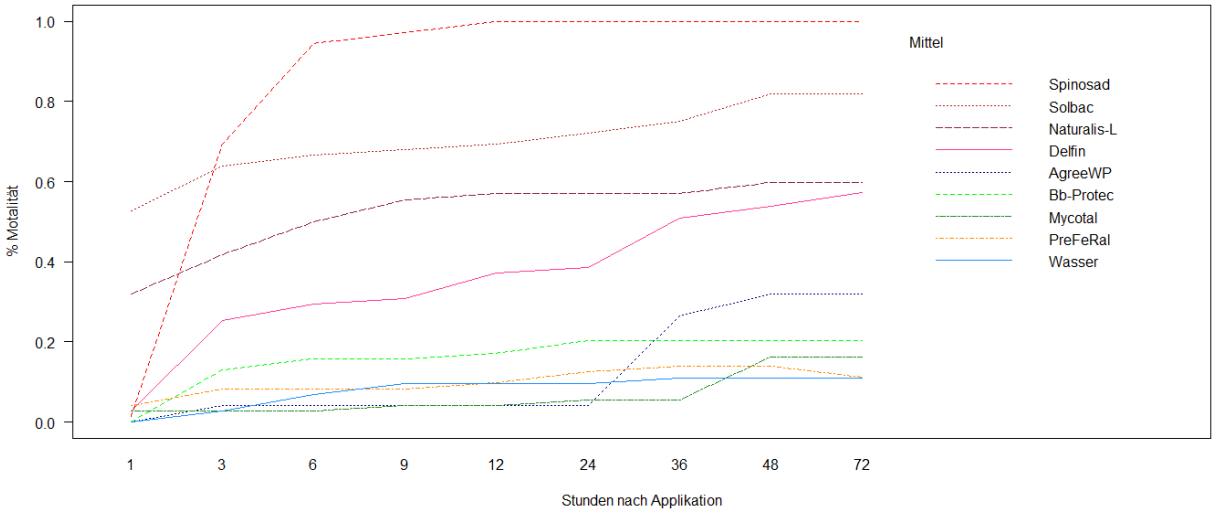

Abbildung 6 Prozentualer Anteil toter *D. suzukii* (Mortalität) zu verschiedenen Zeitpunkten nach direkter Applikation von verschiedenen Biocontrol-Präparaten (Versuch 4).

Sechs Stunden nach der direkten Applikation war die Mortalität durch die Mittel Naturalis-L ($z = -3.801$, $P < 0.01$), Solbac ($z = 2.778$, $P < 0.001$) und Spinosad ($z = -5.969$, $P < 0.001$) signifikant höher als in der unbehandelten Kontrolle (Tabelle 3). Bei den Produkten Delfin ($z = -2.315$, $P = 0.31566$), Bb-Protec ($z = -1.195$, $P = 0.95389$), Agree WP ($z = -0.187$, $P = 1$), Mycotal ($z = 0.755$, $P = 0.99771$) und PreFeRal ($z = -0.251$, $P = 1$) wurde kein signifikanter Unterschied zu Wasser beobachtet. Eine vergleichbar gute Wirkung wie Spinosad erreichte nur Solbac ($z = 2.778$, $P = 0.11329$).

Zwölf Stunden nach der Applikation waren die Resultate ähnlich: Naturalis-L ($z = -4.128$, $P < 0.01$), Solbac ($z = -4.873$, $P < 0.001$) und Spinosad ($z = -3.846$, $P < 0.01$) zeigten eine signifikant höhere Mortalität als die mit Wasser behandelte Kontrolle (Tabelle 3). Eine vergleichbar gute Wirkung wie Spinosad erreichten die Mittel Naturalis-L ($z = 2.563$, $P = 0.18018$) und Solbac ($z = 2.284$, $P = 0.32092$).

4.5 Versuch 5: Vergleich von Biocontrol-Präparaten bei indirekter Exposition (Methode 2)

Bei der indirekten Applikation von Biocontrol-Produkten wurde in den ersten drei Stunden keine Mortalität beobachtet (Abbildung 7). Bei den Produkten Spinosad und Naturalis-L stieg die Mortalität danach stark an, während sie in den anderen Verfahren niedrig blieb.

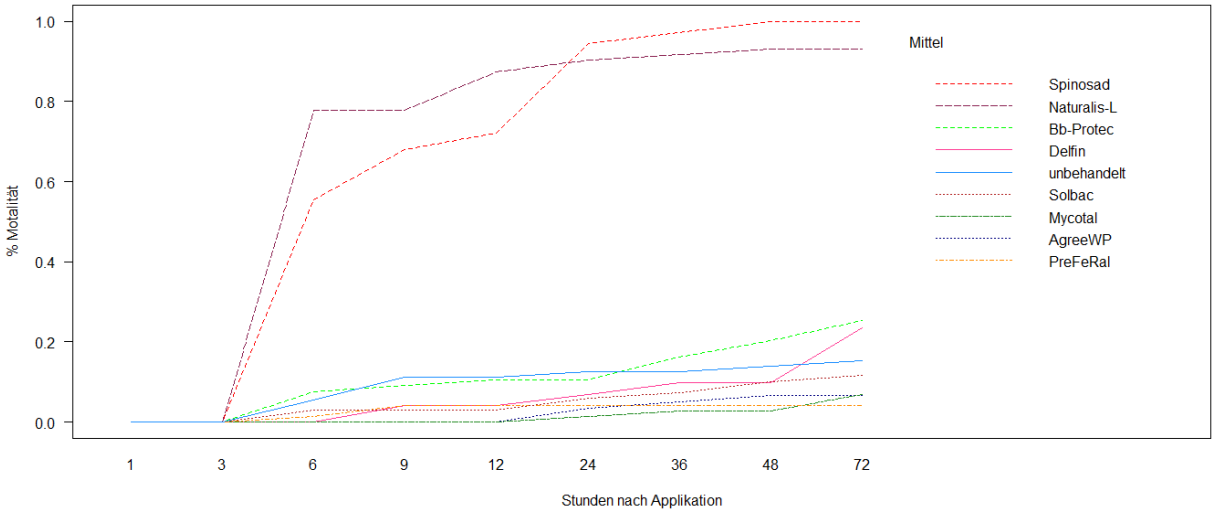

Abbildung 7 Prozentualer Anteil toter *D. suzukii* (Mortalität) zu verschiedenen Zeitpunkten nach indirekter Applikation von verschiedenen Biocontrol-Präparaten (Versuch 5).

Für den statistischen Vergleich der Verfahren wurden die Zeitpunkte sechs und zwölf Stunden nach der Behandlung gewählt. Die Resultate sind in Tabelle 3 dargestellt. Sechs Stunden nach der Applikation war die Mortalität durch die Mittel Naturalis-L ($z = -7.003$, $P < 0.001$) und Spinosad ($z = -5.449$, $P < 0.001$) signifikant höher als in der mit Wasser behandelten Kontrolle (Tabelle 3). Alle anderen Mittel unterschieden sich nicht von der Kontrolle (Agree WP: $z = 1.550$, $P = 0.79936$; Bb-Protec: $z = -0.397$, $P = 0.99998$; Delfin: $z = 1.695$, $P = 0.70903$; Mycotal: $z = 1.695$,$P = 0.70897$; PreFeRal: $z = 1.267$, $P = 0.92587$; Solbac: $z = 0.846$, $P = 0.99390$). Eine vergleichbar gute Wirkung wie Spinosad erreichte zu diesem Zeitpunkt nur das Mittel Naturalis-L ($z = -2.790$, $P = 0.09706$).

Zwölf Stunden nach der Applikation war ebenfalls die Mortalität durch die Mittel Naturalis-L ($z = -7.137$, $P < 0.001$ und Spinosad ($z = -6.062$, $P < 0.001$) signifikant höher als in der mit Wasser behandelten Kontrolle (Tabelle 3). Alle anderen Mittel unterschieden sich nicht von der Kontrolle (Agree WP: $z = 2.008$, $P = 0.510$; Bb-

Protec: z = 0.202, P = 1; Delfin: z = 1.408, P = 0.882; Mycotal: z = 2.150,P = 0.412; PreFeRal: z = 1.354, P = 0.904; Solbac: z = 1.706, P = 0.720). Eine vergleichbar gute Wirkung wie Spinosad erreichte zu diesem Zeitpunkt das Mittel Naturalis-L (z = -1.997, P = 0.457).

Tabelle 3 Prozentualer Anteil toter *D. suzukii* (Mittelwerte ± Standardabweichung) nach 6 und 12 Stunden in den Versuchen mit direkter und indirekter Exposition. (Tukey-Test p < 0.05, Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede innerhalb der Versuche und Zeitpunkte).

		Methode 1		**Methode 2**	
		Nach 6 h	**Nach 12 h**	**Nach 6 h**	**Nach 12 h**
		Versuch 1		**Versuch 2**	
Natürliche Insektizide	Kontrolle (Wasser)	0±0 (A)	0±0 (A)	0±0 (A)	0±0 (AB)
	Spinosad 100 %	11±3 (A)	89±6 (BC)	22±14 (A)	89±4 (C)
	Neem 100 %	91±4 (BC)	97±2 (C)	50±8 (ABC)	78±5 (BC)
	Pyrethrum 100 %	77±6 (B)	80±7 (B)	74±6 (BC)	93±4 (C)
	Prev-AM 100 %	100±0 (BC)	100±0 (BC)	49±5 (ABC)	88±7 (C)
	Quassia 100 %	0±0 (A)	0±0 (A)	28±6 (A)	77±6 (BC)
	Majestik 100 %	100±0 (C)	100±0 (C)	93±3 (C)	100±0 (C)
	Spinosad 20 %	nicht geprüft	nicht geprüft	0±0 (A)	13±7 (A)
	Neem 20 %			47±10 (ABC)	82±10 (C)
	Pyrethrum 20 %			49±18 (ABC)	69±16 (BC)
	Prev-AM 20 %			38±9 (AB)	80±35 (C)
	Quassia 20 %			nicht geprüft	nicht geprüft
	Majestik 20 %				
		Versuch 4		**Versuch 5**	
Biocontrol-Präparate	Kontrolle (Wasser)	7±3 (A)	10±2 (A)	6±4 (A)	11±3 (A)
	Spinosad	94±3 (D)	100±0 (C)	56±9 (B)	72±12 (B)
	Naturalis-L	50±11 (BC)	57±12 (BC)	78±9 (B)	88±4 (B)
	Bb-Protec	16±8 (A)	17±9 (A)	7±3 (A)	10±3 (A)
	PreFeRal	8±4 (A)	10±4 (A)	2±2 (A)	4±2 (A)
	Mycotal	3±2 (A)	4±3 (A)	0±0 (A)	0±0 (A)
	Delfin	28±7 (AB)	36±9 (AB)	0±0 (A)	4±0 (A)
	Agree WP	4±4 (A)	4±4 (A)	0±0 (A)	0±0 (A)
	Solbac	67±8 (CD)	69±6 (BC)	3±2 (A)	3±2 (A)

4.6 Versuch 6: Vergleich von Biocontrol-Präparaten durch Exposition behandelter Früchte (Methode 3)

Die Mortalität bei der Exposition behandelter Früchte stieg nur sehr langsam an und lag für die meisten Mittel bei Versuchsende unter 20 % (Abbildung 8). 15 Stunden nach Expositionsbeginn gab es keine signifikanten Unterschiede in der Mortalität zwischen den Mitteln und der unbehandelten Kontrolle (Abbildung 8). 48 Stunden nach der Applikation war die Mortalität durch Spinosad (z = -4.016, P < 0.01) signifikant höher als in der unbehandelten Kontrolle (Abbildung 8). Eine

vergleichbar gute Wirkung wie Spinosad erreichte zu diesem Zeitpunkt keines der anderen Mittel. Daher wurde der Versuch bis 72 Stunden weitergeführt, die Mortalität der Fliegen bei den Biocontrol-Präparaten blieb jedoch gering.

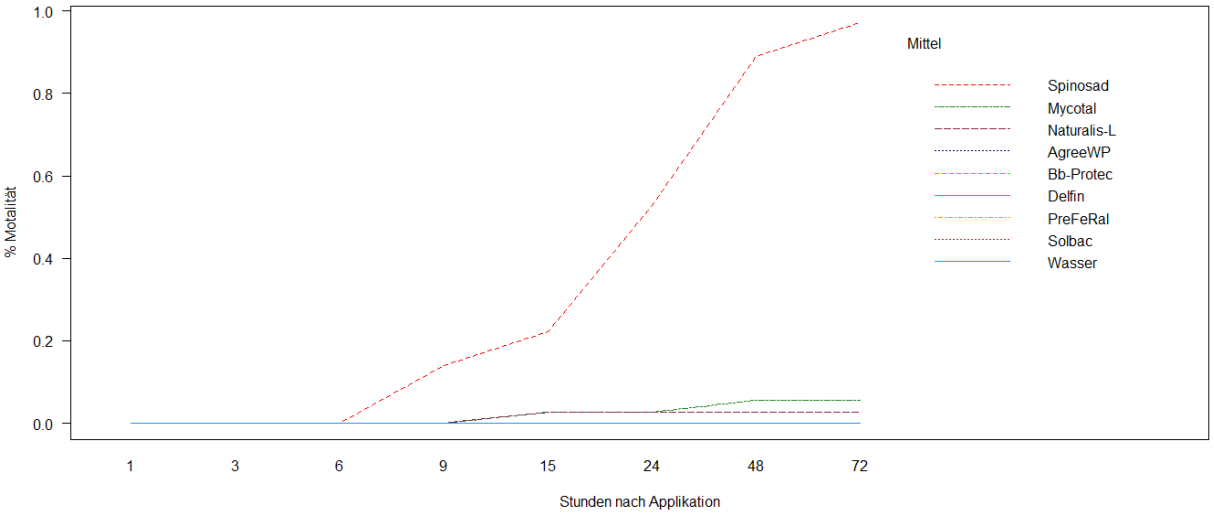

Abbildung 8 Prozentualer Anteil toter *D. suzukii* (Mortalität) zu verschiedenen Zeitpunkten nach der Exposition von verschiedenen Biocontrol-Präparaten behandelten Heidelbeeren (Versuch 6).

Aufgrund der langsamen Wirkung wurde die Eiablage zweimal erfasst: Einmal nach 24 Stunden (Durchgang 1, Abbildung 9), wie in den anderen Versuchen. Danach wurden nochmals für 24 Stunden frisch behandelte Beeren exponiert, die auch auf Eiablage untersucht wurden (Durchgang 2, Abbildung 10).

Im Vergleich zur Kontrolle (Wasser) reduzierte Spinosad ($z = 4.407$, $P < 0.001$) die Eiablage signifikant (Abbildung 9, Durchgang 1). Der Wirkungsgrad von Spinosad lag bei 82.5 %. Beim Mittel Naturalis-L ($z = -1.196$, $P = 0.9552$) wurde kein signifikanter Unterschied zur Kontrolle beobachtet. Die Eiablage war leicht höher als in der Kontrolle, was in einem negativen Wirkungsgrad von -36.8 % resultierte. Die Mittel Agree WP ($z = -5.882$, $P < 0.001$), Bb-Protec ($z = -7.642$, $P < 0.001$), Delfin ($z = -4.191$, $P < 0.001$), Mycotal ($z = -3.395$, $P< 0.05$), PreFeRal ($z = -6.305$, $P < 0.001$) und Solbac ($z = -5.252$, $P < 0.001$) erhöhten die Eiablage sogar signifikant: bei Solbac war die Eiablage fünfmal so hoch wie in der Kontrolle (Wirkungsgrad -536.8 %).

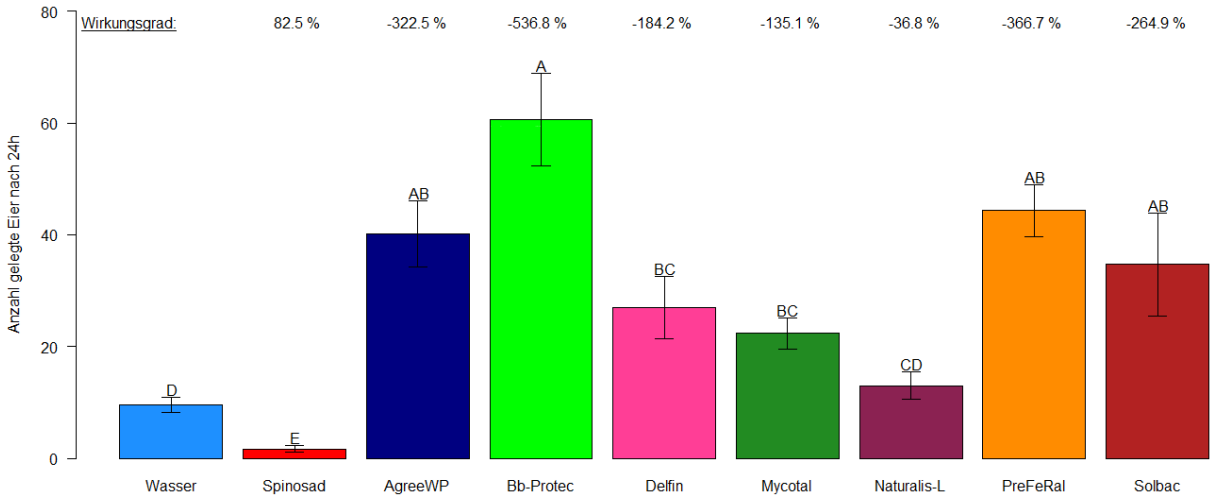

Abbildung 9 Anzahl gelegte Eier 24 Stunden nach der Exposition von mit verschiedenen Biocontrol-Präparaten behandelten Heidelbeeren (Versuch 6, Durchgang 1). (Mittelwert ± Standardabweichung, Tukey-test $p < 0.05$, Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede; Angabe des Wirkungsgrades in % nach Abbott).

Auch beim zweiten Durchgang reduzierte nur Spinosad ($z = 4.111$, $P < 0.01$) die Eiablage im Vergleich zur Kontrolle (Wasser) signifikant (Wirkungsgrad 70 %). Bei Naturalis-L ($z = 0.577$, $P = 0.99971$), Mycotal ($z = -0.134$, $P = 1$), Bb-Protec ($z = -2.950$, $P = 0.07608$), Delfin ($z = -0.948$, $P = 0.99897$), PreFeRal ($z = -1.240$, $P = 0.94697$) und Solbac ($z = -0.265$, $P = 1$) wurde kein signifikanter Unterschied zur Kontrolle beobachtet, während Agree WP ($z = -2.862$, $P < 0.05$) die Eiablage sogar signifikant erhöhte (Abbildung 10). Außer Spinosad und Naturalis-L hatten alle Mittel einen negativen Wirkungsgrad.

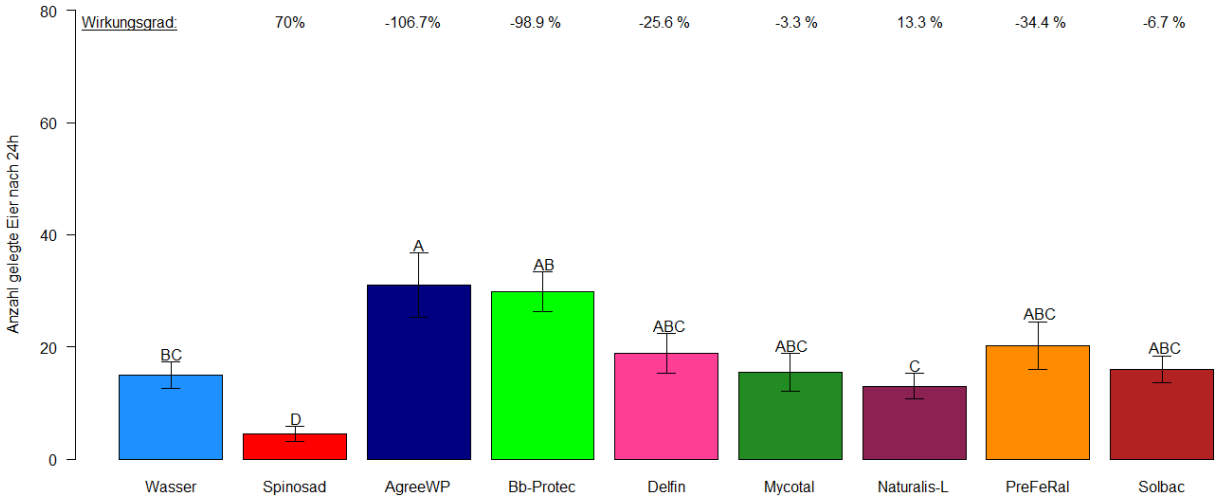

Abbildung 10 Anzahl gelegte Eier 24 Stundennach der Exposition von mit verschiedenen Biocontrol-Präparaten behandelten Heidelbeeren (Versuch 6, Durchgang 2). (Mittelwert ± Standardabweichung, Tukey-test $p < 0.05$, Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede; Angabe des Wirkungsgrades in % nach Abbott).

4.7 Versuch 7: Vergleich von öligen Mitteln durch Exposition behandelter Früchte (Methode 3)

Die Mortalität bei der Exposition behandelter Früchte stieg nur sehr langsam an und lag für alle Mittel außer Spinosad bei Versuchsende unter 20 % (Abbildung 11). Sechs Stunden nach der Applikation war die Mortalität weder durch Spinosad noch durch die anderen Mittel signifikant höher als in der wasserbehandelten Kontrolle. 16 Stunden nach der Applikation war die Mortalität durch Spinosad ($z = -4.522$, $P < 0.001$) signifikant höher als in der wasserbehandelten Kontrolle (Abbildung 11). Eine vergleichbar gute Wirkung wie Spinosad erreichte zu diesem Zeitpunkt keines der anderen Mittel.

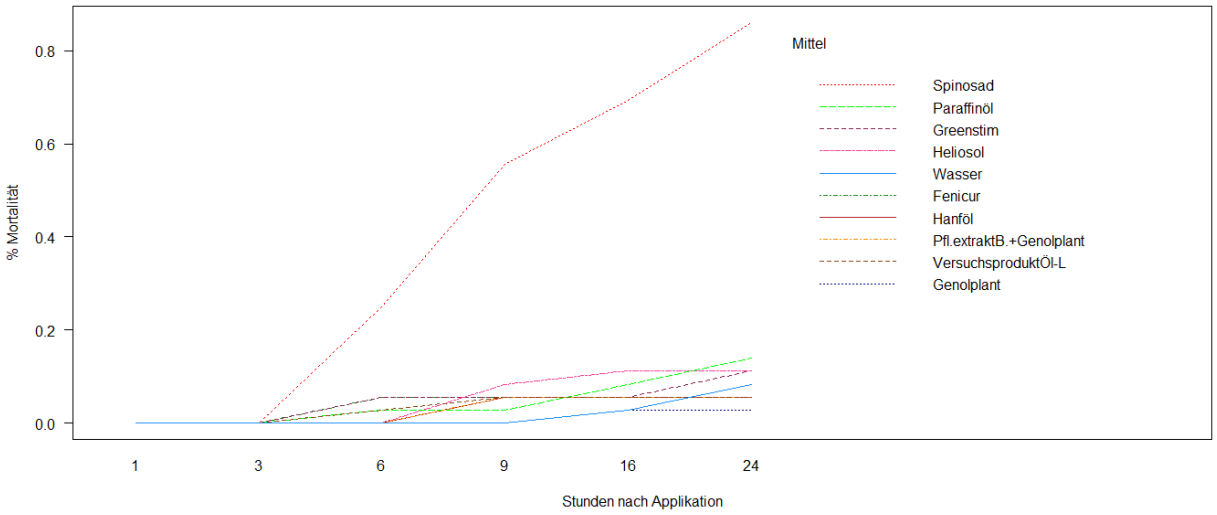

Abbildung 11 Prozentualer Anteil toter *D. suzukii* (Mortalität) zu verschiedenen Zeitpunkten nach der Exposition von mit verschiedenen Öprodukten behandelten Heidelbeeren (Versuch 7).

Im Vergleich zur Kontrolle (Wasser) reduzierte nur Spinosad ($z = 5.359$, $P < 0.001$) die Eiablage signifikant (Wirkungsgrad 80.5 %). Für Greenstim und Parafinöl wurden zwar Wirkungsraden von >50 % beobachtet, trotzdem unterschieden sich diese Mittel nicht signifikant von der Kontrolle (Parafinöl: $z = 2.695$, $P = 0.2010$; Greenstim: $z = 2.613$, $P = 0.2396$). Bei allen anderen Produkten lag der Wirkungsgrad unter 50 % und die Unterschiede zur Kontrolle waren nicht signifikant (Fenicur: $z = 1.327$, $P = 0.9641$; Pflanzenextrakt B. + Genolplant: $z = 2.080$, $P = 0.5911$; Hanföl: $z = 0.50509$, $P = 0.27006$; Versuchsprodukt Öl-L: $z = 0.981$, $P = 0.9964$; Genolplant: $z = -0.356$, $P = 1$; Heliosol: -0.213, $P = 1$; Abbildung 12).

Eine vergleichbar gute Wirkung wie Spinosad erzielten die Mittel Parafinöl (z = 0.25399, P = 0.28117) und Greenstim (z = -0.91629, P= 0.31439), während Genolplant (z = -5.681, P < 0.001), Heliosol (z = -5.552, P < 0.001), Fenicur (z = -4.139, P < 0.001), Pflanzenextrakt B. + Genolplant (z = -3.428, P < 0.05), Hanföl (z = -3.628, P < 0.05) und Versuchsprodukt Öl-L (z = 4.461, P < 0.001) eine signifikant geringere Wirkung als Spinosad hatten (Abbildung 12).

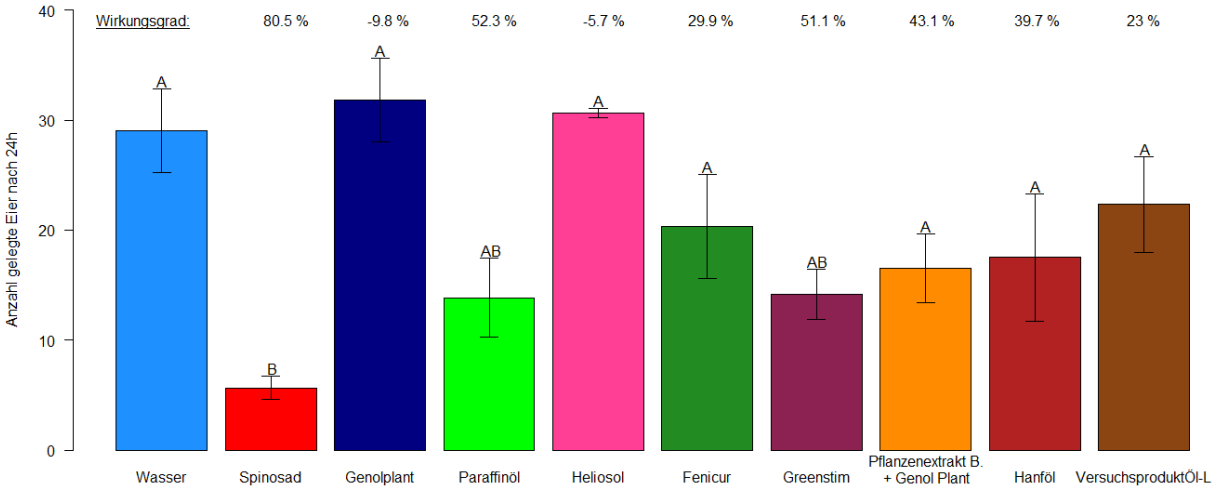

Abbildung 12 Anzahl gelegte Eier 24 Stunden nach der Exposition von mit verschiedenen Ölprodukten behandelten Heidelbeeren (Versuch 7). (Mittelwert ± Standardabweichung, Tukey-test p < 0.05, Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede; Angabe des Wirkungsgrades in % nach Abbott).

4.8 Versuch 8: Vergleich von stäubenden Mitteln durch Exposition behandelter Früchte (Methode 3)

Die stäubenden Mittel hatten keinen Einfluss auf die Mortalität. In allen Verfahren (außer Spinosad) lag die Mortalität bis zwölf Stunden nach der Exposition bei null Prozent (Abbildung 13).

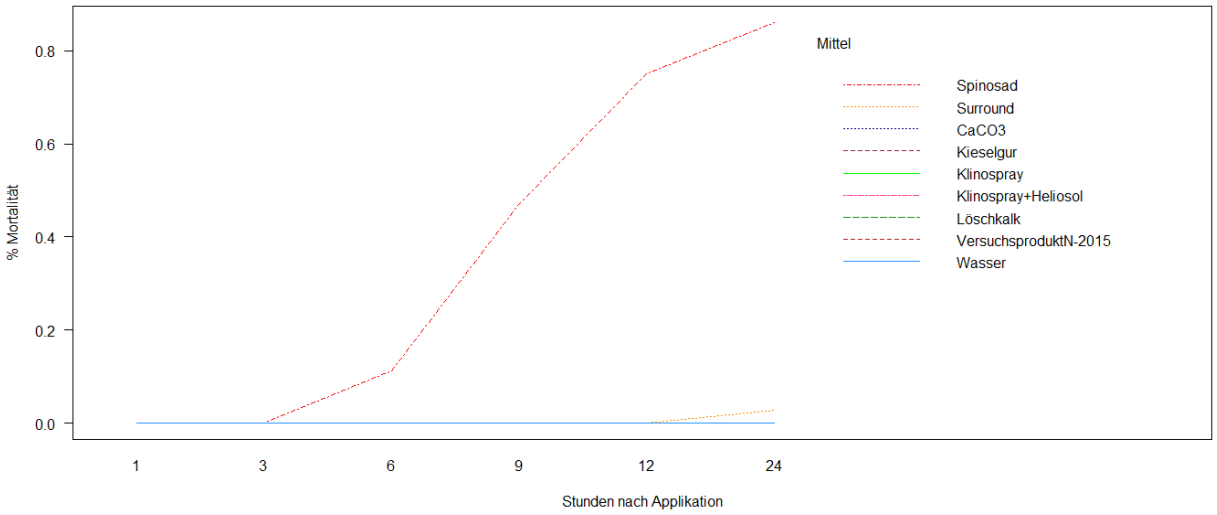

Abbildung 13 Prozentualer Anteil toter *D. suzukii* (Mortalität) zu verschiedenen Zeitpunkten nach der Exposition von mit verschiedenen stäubenden Produkten behandelten Heidelbeeren (Versuch 8).

Im Vergleich zur Kontrolle reduzierten die Mittel Spinosad ($z = 6.981$, $P < 0.001$), Surround ($z = 4.756$, $P < 0.001$), Klinospray + Heliosol ($z = 3.439$, $P < 0.05$), Klinospray ($z = 3.307$, $P < 0.05$), Calciumcarbonat ($z = 3.960$, $P < 0.01$) und Versuchsprodukt N-2015 ($z = 5.287$, $P < 0.001$) die Eiablage signifikant. Bei Kieselgur ($z = 1.382$, $P = 0.90430$) und Löschkalk ($z = 2.986$, $P = 0.06968$) wurde kein signifikanter Unterscheid zur Kontrolle beobachtet (Abbildung 14). Spinosad erzielte wieder einen sehr guten Wirkungsgrad von 95.2 %, die Wirkungsgrade von Versuchsprodukt N-2015 (89.4 %), Surround (86.4 %), Calciumcarbonat (80.5 %), Klinospray+Heliosol (75.6 %) und Klinospray (74.2 %) lagen ebenfalls in einem sehr hohen Bereich.

Eine vergleichbar gute Wirkung wie Spinosad erzielten die Mittel Versuchsprodukt N-2015 ($z = 2.107$, $P = 0.46615$) und Surround ($z = 2.652$, $P = 0.46615$), während Calciumcarbonat ($z = -3.427$, $P < 0.05$), Kieselgur ($z = -5.773$, $P < 0.001$), Klinospray + Heliosol ($z = -3.918$, $P < 0.01$), Klinospray ($z = -4.040$,

P < 0.001) und Löschkalk (z = -4.335, P < 0.001) eine signifikant geringere Wirkung als Spinosad hatten (Abbildung 14).

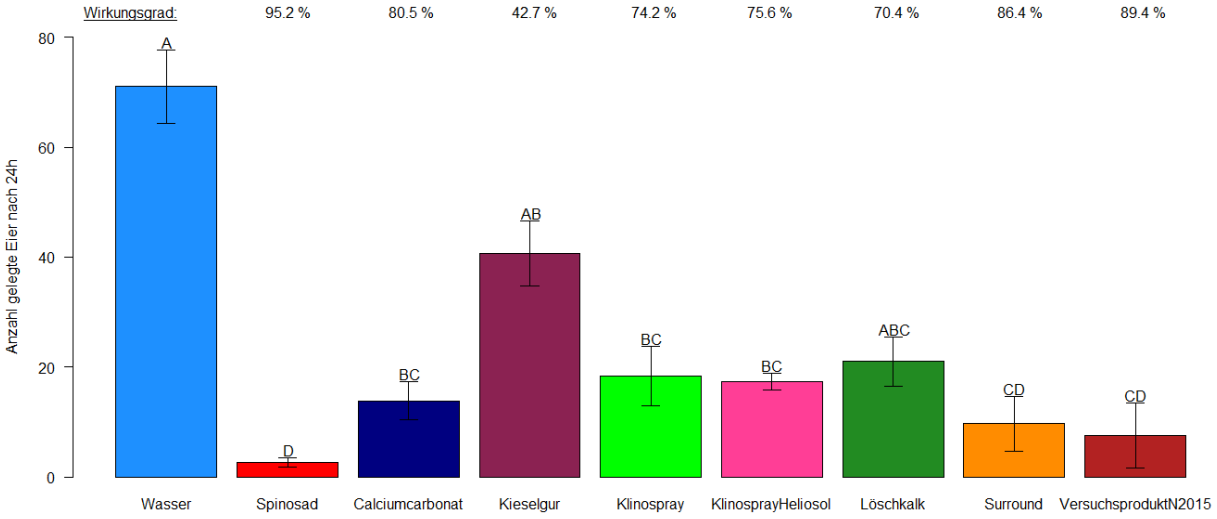

Abbildung 14 Anzahl gelegte Eier 24 Stunden nach der Exposition von verschiedenen stäubenden Produkten behandelten Heidelbeeren (Versuch 8). (Mittelwert ± Standardabweichung, Tukey-test p < 0.05, Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede; Angabe des Wirkungsgrades in % nach Abbott).

5 Diskussion

5.1 Ergebnisdiskussion der Insektizide

In den Laborversuchen wurde die Wirksamkeit verschiedener Insektizide verglichen. Ob ein Insektizid für den Freilandeinsatz geeignet ist, hängt jedoch auch noch von zahlreichen anderen Faktoren ab. Nebenwirkungen auf Nichtzielorganismen, Rückstände im Ernteprodukt oder Einflüsse auf die Weinbereitung können zu einer negativen Beurteilung der Mittel führen. Im folgenden Abschnitt werden die Vor- und Nachteile der verschiedenen geprüften Mittel diskutiert.

5.1.1 Audienz (Omya), Spinosad

Spinosad wurde in allen Versuchen als Referenzmittel verwendet, da dieses für den biologischen Weinbau zugelassene Mittel erfahrungsgemäß einen hohen Effekt auf die Kirschessigfliege hat (INNEREBNER & ZELGER 2015; SINN 2015; VAN TIMMEREN & ISAACS 2013; VOGT & BRIEM 2015).

Die hohe Wirksamkeit zeigt sich auch deutlich in den Laborversuchen: die Mortalität 24 Stunden nach der Behandlung mit Spinosad erreichte in allen Versuchen über 95 %. Der Wirkungsgrad bei der Reduktion der Eiablage lag in den Versuchen zwischen 70 % und 95 %.

Spinosad wird durch einen Fermentationsprozess aus den Metaboliten (Spinosyne A und D) des Actinomyceten *Saccharopolyspora spinosa* gewonnen. Es wirkt in der Pflanze nicht systemisch, kann aber translaminar verlagert werden (SCHMUTTERER & HUBER 2005, S. 133).

Spinosad-Präparate zeichnen sich durch eine schnelle Wirksamkeit (vgl. Abbildungen 1, 2, 4, 7, 8, 9 und 14) innerhalb weniger Stunden aus. Das Wirkungsspektrum des Mittels ist sehr breit. In Deutschland ist der Wirkstoff Spinosad im Weinbau gegen den Einbindigen- und Bekreuzten Traubenwickler, gegen den Rhombenspanner, gegen den Ohrwurm, Thripse und Drosophila-Arten zugelassen. Weitere Zulassungen bestehen im Acker- und Gemüsebau (Dow AgroSciences o.J.). Gegenüber Faltern und verschiedenen Fliegen, wie

auch Schaben und Käfer hat Spinosad eine hohe Wirksamkeit. Außerdem sind Hautflügler (Bienen und Schlupfwespen) stark von dem Wirkstoff gefährdet (IOBC Side Effect Database o.J.). Daher sind bei Anwendung Einschränkungen seitens Bio-Anbauverbänden zu beachten. Spinosad ist sehr giftig für Wasserorganismen (BVL o.J.g). Relativ geringe Nebenwirkungen hat Spinosad gegen viele räuberische Käfer, saugende Insekten, Florfliegen und Raubmilben. Regenwürmer werden nicht geschädigt (KÜHNE & FRIEDRICH o.J.f).

Spinosad als Nervengift beeinflusst die Nicotin-Acetylcholin-Rezeptoren durch einen Ionen-Einfluss. Die Rezeptoren werden dadurch dauerhaft gereizt, was zu einer überhöhten Muskelaktivität führt. Dies mündet in eine vollständige, irreversible Lähmung des Insekts. Außerdem wird eine Beeinflussung des γ-Aminobuttersäure-Rezeptors vermutet (SCHMUTTERER & HUBER 2005, S.134). Spinosad wird in erster Linie über Fraß aufgenommen, wobei schon geringe Aufnahmemengen eine hohe Wirksamkeit bewirken (INNEREBNER & ZELGER 2015).

Zahlreiche Beobachtungen deuten jedoch darauf hin, dass verschiedene Insekten sehr schnell eine Resistenz gegenüber Spinosad entwickeln (BIELZA ET AL. 2007; ZHAO ET AL. 2002). Aufgrund des kurzen Generationszyklus und der schnellen Vermehrung von *D. suzukii* besteht die Gefahr, dass sich allfällig auftretende Resistenzen schnell in der Population verbreiten.

Phytotoxerscheinungen wurden für Spinosad nicht beobachtet (Dow AgroSciences 2001; KOLLMAN o.J.; Tam Tran o.J.). Spinosad ist nicht flüchtig und wird über natürlichen Weg durch Photolyse oder Verstoffwechselung durch Mikroorganismen abgebaut (SCHMUTTERER & HUBER 2005, S. 136). Insbesondere bei hoher UV-Strahlung findet ein sehr schneller Abbau statt, während bei reduzierter UV-Strahlung, z.B. in Gewächshauskulturen und bei bedeckten Witterungsbedingungen, der Abbau deutlich langsamer geht (KOLLMAN o.J.). Innerhalb von drei bis sieben Tagen ist Spinosad meist abgebaut (STEINBAUER 2014). Spinosad-Rückstände in den Ernteprodukten sind jedoch auch in kleinsten Konzentrationen messbar (BVL 2012; HACKER & SCHERBAUM 2012). Sofern die Wartefristen (im Weinbau 14 Tage, (BVL 2016)) eingehalten werden,

liegen die Rückstände zwar unter dem Toleranzwert, da die Konsumenten jedoch komplett rückstandsfreie Öko-Produkte erwarten, sind auch Rückstände unter dem Toleranzwert für die meisten Anbauverbände inakzeptabel. Für Tafel- und Kelterrauben liegt die Rückstandshöchstmenge in der EU bei 0.5 mg/kg (Europäische Kommission 2015). In der Schweiz bei nur 0.1 mg/kg (BALMER ET AL. 2009). Durch kellertechnische Verfahren und die Gärung wird ein Großteil der Spinosad-Rückstände aus dem Produkt entfernt, sodass im Wein meist keine Rückstände mehr messbar sind (HACKER & SCHERBAUM 2012).

Der schnelle Abbau hat zwar den Vorteil, dass vergleichsweise kurze Wartefristen möglich sind, allerdings ist der schnelle Abbau auch ein gravierender Nachteil des Mittels: bereits drei bis fünf Tage nach der Applikation ist in den meisten Fällen keine Wirkung des Spritzbelags mehr vorhanden. Diese Tatsache führt häufig zu unbefriedigenden Resultaten unter Feldbedingungen (o.V. o.J.). Der schnelle Abbau von Spinosad macht wiederholte Applikationen nötig um auch den permanenten Neuzuflug von *D. suzukii* abzutöten. Die Verbände Demeter, Bioland und Ecovin kritisieren den eingeschränkten Bekämpfungserfolg des Mittels (ECOVIN BUNDESVERBAND ÖKOLOGISCHER WEINBAU E.V. 2015; HÜTTER 2016; PATZWAHL 2016; REINERS 2016). Aufgrund der Bienengefährlichkeit (B1) sind vor der Ausbringung Maßnahmen zum Bienenschutz zu treffen. Die genannten Bio-Verbände schreiben vor Spinosad-Gebrauch ein Sonderantragsverfahren vor.

Fazit**:** Der Wirkstoff Spinosad erwies sich als sehr wirksam gegen die Kirschessigfliege im Labor. Problematisch im Praxiseinsatz sind jedoch die messbaren Rückstände, die Nebenwirkungen auf Nichtzielorganismen, die Notwendigkeit wiederholter Behandlungen, sowie die Gefahr einer schnellen Resistenzentwicklung. In Anbetracht der negativen Punkte, sollte auf eine Anwendung von Spinosad möglichst verzichtet werden. Präventive Anwendungen sollten auf keinen Fall ausgebracht werden. Bei starkem Befallsdruck und bei hoher anhaltender Eiablage kann der Einsatz von Spinosad bei anfälligen Rebsorten jedoch unter Umständen angezeigt sein, um hohe Ertragsausfälle zu vermeiden.

5.1.2 Majestik (Omya), Maltodextrin

Maltodextrin ist ein relativ neues Insektizid und ist daher momentan noch nicht im Öko-Anbau zugelassen. Das Bewilligungsverfahren läuft. Da es sich um einen natürlichen Stoff handelt, der sogar als Lebensmittelzusatz verwendet wird, ist davon auszugehen, dass es zukünftig auch für den Ökoanbau zur Verfügung stehen wird (DANIEL 2016b).

Bei direkter Applikation erzielte Majestik innerhalb von 3 Stunden eine 100 %ige Mortalität, bei indirekter Exposition innerhalb von 9 Stunden. Bei der Exposition von behandelten Früchten stieg die Mortalität innerhalb von 24 Stunden jedoch nur auf 40 % und Majestik unterschied sich hinsichtlich der Eiablage nicht von der Kontrolle. Die Eiablage wurde durch die Behandlung sogar tendenziell erhöht. Grund dafür könnte die durch das Mittel verursachte Dunkelfärbung der Beeren sein, welches eine Attraktivitätssteigerung für die Kirschessigfliege sein könnte. Außerdem könnte Maltodextrin als Zuckerart eine anziehende Wirkung auf die Tiere haben.

Das aus der Hydrolyse von Stärke gewonnene Maltodextrin ist biologisch abbaubar, wird als wasserlösliches Konzentrat eingesetzt und wirkt sehr schnell. Das Kontaktinsektizid blockiert die Atemlöcher der Schädlinge welches zum Erstickungstod führt (Omya 2015b). Gleichzeitig ist eine Art Lähmung der Tiere festzustellen, da sie sich aufgrund der Klebrigkeit des Produkts, weder vom Belag befreien, noch sich selbst davon säubern können. Die rein physikalische Wirkung besteht gegenüber Nymphen, Adulte, Larven, Puppen und auch Eiern. Laut Omya (Schweiz) AG wird der höchste Effekt nach zwei bis vier Stunden ersichtlich (Omya 2015b). Diese Aussage wird in den durchgeführten Versuchen bestätigt (vgl. Abbildung 1 und 2).

Der hohe Anteil an Maltodextrin (49 %) im Produkt ist ein in der EU zugelassener Pflanzenschutzmittelwirkstoff (Europäische Kommission 2013). In der Schweizer Landwirtschaft ist Maltodextrin gegen Spinnmilben (Kulturen: Erdbeere; Apfel, Birne; Aubergine, Gemüsepaprika, Gurken, Tomaten; Zucchini, Bohnen; Blumenkulturen und Grünpflanzen, Rosen) sowie Blattläuse und Weiße Fliege in

verschiedenen Konzentrationen zugelassen (BLW 2016a). In der EU ist Maltodextrin seit 2013 für verschiedene Kulturen in der integrierten Produktion zugelassen (EFSA 2013; EU Pesticide Databank 2013).

Der Hersteller empfiehlt eine gute Benetzung der Pflanzenoberfläche, sowie der Blattunterseiten um einen guten Schädlingskontakt der Spritzbrühe zu gewährleisten. Majestik wirkt am besten unter trockenen Witterungsbedingungen, da es leicht abwaschbar ist. Vorteile von Majestik sind die Kulturverträglichkeit, kurze Wartefristen, die Rückstandslosigkeit, die nicht vorhandene Resistenzbildung sowie die sehr schnelle Wirksamkeit (OMYA 2015b).

Eine Phytotoxizität besteht nur bei wenigen Kulturen. Bisher liegen nur wenige Informationen zu Nebenwirkung auf Nichtzielorganismen vor (Koppert o.J.). Majestik hat keine Nebenwirkung auf Raubmilbeneier, aber Majestik ist als bienengefährlich (B2) eingestuft (OMYA 2015b).

Fazit**:** Trotz der guten Produkteigenschaften bezüglich Nebenwirkungen auf Nichtzielorganismen ist Majestik keine Option zur Regulierung von *D. suzukii*, da keine eiablagereduzierende Wirkung erreicht wurde, sondern ein Belag mit diesem Produkt die Eiablage von *D. suzukii* tendenziell verstärkte.

5.1.3 PREV-AM (Oro Agri), Orangenöl und Borax

Prev-AM ist ebenfalls ein neues Produkt und in vielen Ländern noch im Zulassungsprozess (PULLEN 2014). Mit dem Hauptbestandteil Orangenöl ist es als natürliches Pflanzenöl gemäß der EU-Bio-Verordnung für den Bioanbau geeignet.

Bei direkter Exposition erzielte Prev-AM eine Fliegenmortalität von 100 % innerhalb von drei Stunden und war damit vergleichbar gut wie Spinosad. Bei indirekter Applikation wurde eine Mortalität von >90 % innerhalb von 24 Stunden erzielt. Bei der Exposition behandelter Früchte wurde eine >20 %ige Mortalität beobachtet. Bezüglich der Eiablage konnte Prev-AM einen Wirkungsgrad von 63.3 % erreichen, jedoch keinen signifikanten Unterschied zur wasser-

behandelten Kontrolle. In Versuchen der Firma ORO AGRI wurde ebenfalls eine schnelle Wirkung gegen *D. suzukii* beobachtet (PULLEN 2014): innerhalb von zwei Stunden nach der direkten Applikation von 0.4 % Prev-AM wurde eine Mortalität von 87 % erreicht.

Prev-AM beinhaltet als Wirkstoffe Orangenöl und Borax. Als breitwirkendes Kontaktmittel wird es nicht nur als Insektizid und Akarizid eingesetzt, sondern auch als Fungizid. Während Borax dehydrierende Eigenschaften besitzt und somit die Schadorganismen austrocknet (SCHOLTEN 2010), kann das Orangenöl Atemlöcher blockieren oder die Flügel der Kirschessigfliegen verkleben bzw. diese immobilisieren (HOFMANN & KÖPFER 2014, S. 295). Durch eine Verringerung der Oberflächenspannung können sich die Schadorganismen nicht von der behandelten, noch feuchten, Oberfläche befreien. Zudem könnte der Orangengeruch eine repellente Wirkung haben. Diese Hypothese muss jedoch noch geprüft werden.

Vorteile von Prev-AM sind das breite Wirkungsspektrum, die schnelle Wirkung, die biologische Abbaubarkeit, die geringe Nebenwirkung auf Nichtzielorganismen und Bienen. Das Resistenzpotential wird als gering eingestuft (PULLEN 2014). Wirkungen können gegen Läuse, Milben, Thripse und Rebzikaden erreicht werden (HOFMANN & KÖPFER 2014, S.295).

Fazit**:** Prev-AM zeigte eine gute Wirkung gegen die Kirschessigfliege: die Mortalität nach der Behandlung stieg deutlich an und die Eiablagerate wurde tendenziell reduziert. Bezüglich Nebenwirkungen und Rückständen hat das Mittel deutlich positivere Eigenschaften als Spinosad und sollte daher in Freilandversuchen gegen *D. suzukii* getestet werden. Bevor es der Praxis zur Verfügung steht, muss es jedoch erst von der EU und in den jeweiligen Ländern als Pflanzenschutzmittel registriert werden.

5.1.4 Neem Azal-T/S (Andermatt Biocontrol), Azadirachtin A

Neem ist seit fast zwei Jahrzehnten im Ökoanbau für die Blattlausregulierung zugelassen (MICHALSKI 2000).

Bei der direkten und indirekten Applikation erwies sich Neem Azal-T/S als vergleichbar wirksam wie Spinosad und erzielte eine Mortalität von >80 % innerhalb von 24 Stunden. Die Reduktion der Eiablage war mit einem Wirkungsrad von nur 44 % jedoch ungenügend.

Neem Azal-T/S beinhaltet den Wirkstoff Azadirachtin A, welcher aus den Samen des Neem-Baumes gewonnen wird, sowie Pflanzenöle und Tenside (Trifolio-M o.J.).

Neem Azal-T/S wird teilsystemisch in der Pflanze transportiert und wird sowohl durch Fraß- wie auch Saugtätigkeit an der Pflanze vom jeweiligen Schadinsekt aufgenommen (HOFMANN & KÖPFER 2014, S. 297). Nach Aufnahme des Wirkstoffes stellen die Zielorganismen ihre Nahrungsaufnahme ein. Des Weiteren tritt eine Lähmung der Tiere auf und ihre Entwicklung wird gehemmt. Als Ecdyson-Blocker greift Azadirachtin A in die Metamorphose der Insekten ein (MICHALSKI 2000). Neben einer Häutungshemmung hat Neem auch eine repellente Wirkung (SCHMUTTERER & HUBER 2005, S. 177). SCHMUTTERER & HUBER 2005 bezeichnen die repellente Wirkung von Neem als auffälligen Effekt und benennen die Fraßabwehr als wichtiger als die abtötende Wirkung.

Neem besitzt ein breites Wirkungssprektum (BURGHAUSE o.J.) und ist gut mischbar mit anderen Pflanzenschutzmitteln (Trifolio-M o.J.). Im Weinbau ist das Produkt gegen die Larven des Maikäfers sowie in Rebschulen und Muttergärten gegen die Reblaus zugelassen. Weitere Zulassungen durch das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit bestehen im Kernobstbau (ausgenommen Birne) gegen z.B. Blattläuse und Raupen, bei Kartoffel gegen den Kartoffelkäfer und im Gemüsebau bei Kräutern, Spinat, Kopfkohlen und Fruchtgemüsen gegen z.B. Weiße Fliege, Thripse, Käferlarven und Raupen.

Neem Azal-T/S ist als nicht bienengefährlich (B4) eingestuft und ist schonend gegenüber vielen Nützlingen. Es gilt als nur schwachschädigend für Populationen der Raubmilbe *Typhlodromus pyri*, der Erzwespe *Encarsia formosa*, der Siebenpunkt-Marienkäfer *Coccinella septempunctata* und der Florfliege *Chrysoperla carnea*. Neem besitzt keine Toxizität für Warmblüter und

hat keine Wasserschutzauflagen. Das Mittel ist aber giftig für Fische und Fischnährtiere (BVL o.J.c).

Fazit**:** Neem hatte in den Versuchen eine gute Wirkung, da eine erhöhte Mortalität beobachtet wurde. Die Eiablage wurde tendenziell reduziert, erbrachte aber ein ungenügendes Ergebnis. Eine fraßhemmende Wirkung oder ein Einfluss auf den Hormonhaushalt (Häutungshemmung) von *D. suzukii* konnte mit den Versuchen nicht nachgewiesen werden. Dafür müssten Laborversuche mit Larvenstadien durchgeführt werden. Neem könnte aufgrund der Umweltverträglichkeit und der Nützlingsschonung eine Alternative zu Spinosad darstellen und eventuell auch gute Nebenwirkungen gegen andere Schädlinge im Weinbau aufweisen. Weitere Versuche auch unter Freilandbedingungen sind nötig, um das genaue Potential von Neem zur Bekämpfung von *D. suzukii* abschätzen zu können.

5.1.5 Pyrethrum FS (Andermatt Biocontrol), Pyrethrin und Sesamöl

Natürliches Pyrethrum wird ebenfalls seit Langem im Ökoanbau zur Regulierungen von Schädlingen eingesetzt (KIENZLE 2000).

Pyrethrum erwies sich bei direkter und indirekter Exposition als wirksam und erzielte nach 24 Stunden eine Mortalität >80 %. Bei der Exposition behandelter Früchte lag die Mortalität nur bei 10 % und der Effekt auf die Eiablage war bei einem Wirkungsgrad von 34 % ungenügend.

Pyrethrum, z.B. Piretro Verde, welches aus den Blüten von Chrysanthemen gewonnen und gegen saugende und beißende Insekten als Kontaktinsektizid eingesetzt wird (KÜHNE & FRIEDRICH o.J.c), besitzt in Deutschland in der Bio-Landwirtschaft eine Zulassung gegen Drosophila-Arten im Wein- und Beerenobstanbau sowie gegen beide Traubenwicklerarten im Weinbau (Biofa o.J.c). Als Synergist wird bei Pyrethrum F/S Sesamöl verwendet. Pyrethrin gelangt über Hautöffnungen in den Insektenkörper, wo es das Nervensystem der Tiere stört und zum Tod führt. Vor dem Tod kommt es zu einer Lähmung des Nervensystems (sog. „knock down-Wirkung“) (MICHALSKI 2000). Neben der letalen, besitzt Pyrethrum auch eine repellente Wirkung (SCHMUTTERER & HUBER 2005, S. 144).

Als Vorteile werden vom Hersteller die kurze Wartezeit (1 Tag) und die Freiheit von Rückständen auf dem Produkt angegeben (Biofa o.J.a). SCHMUTTER & HUBER (2005) geben als weitere Vorteile eine geringe Warmblütertoxizität, ein breites Wirkungsspektrum und eine gute repellente Wirkung bei relativ geringer Resistenzgefahr an (SCHMUTTERER & HUBER 2005, S. 140).

Aufgrund der breiten Wirkung werden für Pyrethrin jedoch auch Nebenwirkungen auf Nichtzielorganismen beobachtet. Die Nebenwirkungen sind für die meisten Insektengruppen weniger gravierend als die Nebenwirkungen von Spinosad, aber ausgeprägter als die Nebenwirkungen von Neem (IOBC Side Effect Database o.J.). Pyrethrine sind giftig für Fischnährtiere und sind bienengefährlich (B1) (BVL o.J.d). Vögel und Säugetiere werden nicht geschädigt (MICHALSKI 2000).

Fazit**:** Pyrethrum hat einen guten Effekt auf die Sterblichkeit der Fliegen gezeigt. Dennoch konnte die Eiablage nur tendenziell reduziert werden. Da Pyrethrum zudem schnell abgebaut wird (SCHMUTTERER & HUBER 2005, S. 150f), ist im Freiland nur eine geringe Wirkung gegen *D. suzukii* zu erwarten.

5.1.6 Quassan (Andermatt Biocontrol), Quassiaextrakt

Bitterholzextrakt (Quassin) findet seit Jahrhunderten Verwendung in der Schädlingsbekämpfung (SCHMUTTERER & HUBER 2005) und wird auch in der ökologischen Landwirtschaft bereits seit langem verwendet (WEIHRAUCH ET AL. 2007).

Quassan hatte bei direkter Applikation keine abtötende Wirkung auf die Fliegen. Bei der indirekten Applikation wurde eine Mortalität von >90 % nach 24 Stunden erreicht. Die Eiablage wurde nicht reduziert, im Vergleich zur Kontrolle wurde die Eiablage sogar tendenziell erhöht.

Quassia-Bitterholzextrakt wird aus Bittereschengewächsen gewonnen und wirkt als Fraß- und Kontaktgift, indem es das Atemsystem blockiert (SCHMUTTERER & HUBER 2005, S. 160). In der Schweiz ist das Produkt Quassan gegen Blattläuse und Sägewesen zugelassen (BLW 2016b). Quassia hat zudem eine Teilwirkung

gegen Wicklerraupen und Kartoffelkäfer. Empfohlen wird eine Anwendung vor Larvenschlupf (HOFMANN & KÖPFER 2014, S. 296; KÜHNE & FRIEDRICH o.J.d).

Quassan ist sehr nützlingsschonend: Ein Einfluss auf Honigbienen, Raubmilben, Marienkäfer, Florfliegen und Wanzen konnte nicht festgestellt werden (KÜHNE & FRIEDRICH o.J.d). Bisher konnte bei Quassia keine Phytotoxizität beobachtet werden (SCHNELLER 2009).

Fazit**:** Quassan ist als *D. suzukii*-Bekämpfungsmittel ungeeignet, da es die Eiablage nicht reduzierte und die Mortalität nur in einigen Versuchen erhöhte. Ob Quassan eine larvizide Wirkung hat, müsste in weiteren Versuchen geprüft werden. Da Quassan jedoch nicht systemisch wirkt, ist unter Freilandbedingungen keine Wirkung auf die Larven in den Früchten zu erwarten.

5.1.7 Fazit Insektizide

Von allen Insektiziden wies Spinosad den besten Wirkungsrad auf. Alle anderen Produkte wirkten deutlich weniger. Bezogen auf die Eiablagerate erreichte nur Prev-AM einen Wirkungsgrad von >50 %, damit ist dieses Produkt als einziges für weiterführende Feldversuche empfehlenswert.

5.2 Ergebnisdiskussion der Biocontrol-Präparate

Die insektenpathogene Eigenschaft diverser Mikroorganismen ist teilweise schon seit Jahrhunderten bekannt. Zwar gerieten die Mittel mit der Entwicklung chemischer Insektizide aus dem Fokus der Industrie. Seit den 1970er Jahren gibt es aber wieder vermehrt Versuche, Schädlinge mittels biologischen Kontrollorganismen zu regulieren (SCHMUTTERER & HUBER 2005, S. 87). In den Versuchen wurden sowohl verschiedene entomopathogene Pilze, wie auch verschiedene *B. thuringiensis*-Stämme geprüft.

Die Sporenkeimung und Infektion der verwendeten entomopathogenen Pilze (*B. bassiana*, *I. fumosorosea* und *V. lecanii*) ist stark abhängig von abiotischen Faktoren wie Temperatur, relative Luftfeuchte und UV-Strahlung. Die

Optimalbedingungen liegen bei 20 – 25 °C und einer relativen Luftfeuchte von 90 – 100 % (JUNIANTO & Sri-Sukamto 1995). Durch Ölzusätze sollen die Präparate vor dem Austrocknen geschützt sowie besser verteilt werden. Außerdem wird eine bessere Haftung auf dem Wirtsinsekt erreicht. Zunächst haftet eine Spore des Pilzes auf der Kutikula des Wirtsinsektes an und beginnt zu keimen. Durch enzymatische und mechanische Bearbeitung der Kutikula dringt der Pilz mit Hyphenkörpern in das Tier und dessen Körperflüssigkeit (Hämoglymphe) ein und besiedelt das gesamte Wirtsgewebe. Der Wirtsorganismus wird abgetötet. Danach beginnt unter feuchten Bedingungen das Auswachsen der Hyphen aus dem toten Insektenkörper und die Sporulation (SCHMUTTERER & HUBER 2005, S. 92). Entomopathogene Pilze sind bisher im Gemüsebau gegen Weiße Fliege zugelassen (z.B. *B. bassiana* in Naturalis-L), sowie im Obstbau gegen die Kirschfruchtfliege (BVL o.J.b; E-NEMA o.J.).

B. thuringiensis-Arten sind sehr spezifisch, dringen nicht über die Kutikula ein, sondern müssen über Fraß aufgenommen werden. Die Wirkung ist abhängig von der Art des Schädlings und der aufgenommenen Menge des Präparats in Verhältnis zur Körpermasse. Die Wirkung gegen junge Larven ist daher am größten (SCHMUTTERER & HUBER 2005, S. 36). Nachdem das Wirtsinsekt das mit oftmals fraßsteigernden Substanzen ergänzte Bt-Präparat aufgenommen hat werden die im Bacillus enthaltenen Kristalltoxine, so genannte δ-Endotoxine, im Darm des Insekts pH-abhängig gelöst. Die Endotoxine bestehen aus Proteinen und unterscheiden sich je nach Stamm in ihrem Aufbau, worauf ihre Spezifität beruht. Das Kristall-Protein wird über Proteasen gespaltet und in eine aktive Toxinform umgewandelt. Das Toxin bindet sich an spezifische Rezeptoren der Darmwand des Wirtes und löst diese stellenweise auf. Das Tier verendet, nachdem es zuvor bereits die Fraßtätigkeit eingestellt hat (KAISER-ALEXNAT 2016). Negative Auswirkungen durch diese Endotoxine auf andere Mikroorganismen oder gar Säugetiere sind gering (BVL 2014). In Deutschland sind Bt-Präparate gegen die Larven des Einbindigen und des Bekreuzten Traubenwicklers im Weinbau sowie gegen Schmetterlingsarten und Eulenraupen in anderen Kulturen zugelassen (z.B. *B. thuringiensis var aizawai* in XenTari).

Während Bt-Präparate problemlos trocken bei Zimmertemperatur gelagert werden können, sollten die Pilz-Präparate in einem Kühlschrank aufbewahrt werden. Sowohl Bt-Präparate, wie auch entomopathogene Pilze werden durch UV-Strahlung schnell inaktiviert und verlieren dadurch ihre Wirksamkeit (SCHMUTTERER & HUBER 2005, S. 63, 92). Daher sind zur Regulierung mit Naturalis-L wöchentlich wiederholte Behandlungen notwendig (DANIEL & WYSS 2010).
Nachfolgend werden die Vor- und Nachteile der im Versuch verwendeten Präparate diskutiert.

5.2.1 Naturalis-L (Andermatt Biocontrol), *Beauveria bassiana* (Stamm ATCC 74040)

Bei der direkten Applikation erzielte Naturalis-L nach 24 Stunden eine Mortalität >50 %, bei der indirekten Applikation lag die Mortalität nach 24 Stunden bei 90 %. Nach Versuchsende wurden die toten Fliegen in mit feuchtem Torf befüllten 24-Well-Platten für fünf Tage inkubiert und anschließend unter dem Binokular auf Pilzwachstum überprüft, um die Infektion mit entomopathogenen Pilzen nachzuweisen. Dabei konnte eine deutlich sichtbare Verpilzung an mehreren Fliegen nachgewiesen werden (Abbildung 16). Dies ist ein Zeichen, dass die Fliegen tatsächlich an einer Infektion verstorben sind. Bei der Exposition behandelter Früchte wurde lediglich eine geringe Mortalität beobachtet. Bezüglich der Eiablage lag der Wirkungsgrad im negativen Bereich: Im Vergleich zur Kontrolle wurden tendenziell mehr Eier abgelegt. Durch die Applikation des Mittels auf die Früchte verfärbten sich diese dunkler.

B. bassiana besitzt kleine kugelförmige, weiße Konidien mit einer Größe von 2-3 µm Durchmesser auf zickzackförmigen Fäden (ZIMMERMANN 2007). Isoliert wird es anhand eines Selektivnährmediums oder mittels eines Bodenköder-Verfahrens aus der Erde (SCHMUTTERER & HUBER 2005, S. 100). *B. bassiana* ist bei Fruchtgemüse gegen Weiße Fliege und in einigen Europäischen Ländern auch gegen die Kirschfruchtfliege zugelassen (DANIEL & WYSS 2010). In Deutschland ist das Produkt Naturalis (*B. bassiana* Stamm ATCC 74040) gegen Weiße Fliege und Spinnmilben (BVL o.J.f) auch im Bio-Anbau zugelassen.

Abbildung 15 Von B. bassiana befallene D. suzukii nach fünftägiger Inkubation auf mit Torf befüllten 24-Well-Platten

Naturalis-L enthält Pflanzenöle als Formulierungshilfsstoff, um die Konidien feucht zu halten. Ein Teil der Wirkung, wie auch die Dunkelfärbung der Beeren nach der Applikation ist daher sicher auf die Wirkung des Öles zurückzuführen.

B. bassiana ist als schwach schädigend für Populationen wichtiger Raubmilben (z.B. *Typhlodromus pyri*) und Spinnen (z.B. *Pardosa sp*) eingestuft (BVL o.J.b; IOBC Side Effect Database o.J.). Erst bei sehr hohen Konzentration wurde eine tödliche Wirkung bei Bienen oder Regenbogenforellen in Laborversuchen festgestellt (BVL 2013; ZIMMERMANN 2007). Zimmermann weist einige Studien vor, die einen negativen Effekt auf Vögel ausschließen. *B. bassiana-Sporen* sind potentiell allergen für Menschen. Das BVL kategorisiert den entomopathogenen Pilz daher in die Risikogruppe 2 (BVL 2013). Allergische Reaktionen treten jedoch primär auf, wenn staubige Sporen eingeatmet werden. Durch die ölige, flüssige Formulierung wird die Gefahr des Einatmens und damit das Allergierisiko beim Produkt Naturalis-L stark reduziert (WESTWOOD ET AL. 2006).

Naturalis-L wirkt durch mechanische Eindringung in den Insektenkörper sowie durch Nahrungsentzug- und den Verlust von Wasser, tödlich (E-NEMA o.J.). Die Eiablage wurde kaum reduziert. Für die Kirschfruchtfliege nimmt DANIEL (2014)

jedoch an, dass infizierte Fliegen durch eine Schwächung und einen erhöhten Stress durch die Ölfilmbildung zu einer Eiablage unfähig sind. Da sich entomopathogene Pilze unter feuchten, mild-warmen Witterungsbedingungen am besten entwickeln, könnten sie eine Möglichkeit zur Regulierung darstellen, weil auch *D. suzukii* feuchte und mild-warme Witterungsbedingungen bevorzugt und entsprechende Standorte aufsucht (RIEDLE-BAUER 2015; SCHIRRA 2015; SCHIRRA & ALEXANDER 2014).

Fazit**:** Die direkte Wirkung beruht vermutlich auf dem hohen Ölgehalt der Formulierung. Es wurde jedoch auch eine Infektion der Fliegen nachgewiesen. Dies zeigt, dass Naturalis auch eine direkte abtötende Wirkung hat. Insgesamt war die Wirkung jedoch gering. Naturalis-L ist daher keine Option zur Regulierung von *D. suzukii.*

5.2.2 Bb-Protec (Andermatt Biocontrol), *Beauveria bassiana* (Stamm R444)

Bb-Protec war in allen Versuchen signifikant weniger wirksam als Naturalis-L: die Mortalität der behandelten Fliegen war sehr gering und die Eiablage war bis zu fünf Mal höher als in der unbehandelten Kontrolle. Auf den toten Fliegen wurde kaum Verpilzung nachgewiesen, d.h. die Infektion mit dem Pilz war sehr gering.

Das Produkt liegt in trockener, grobkörniger Pulverformulierung vor. Während die Wirkung von Naturalis-L zum Teil auf der Wirkung des Öls in der Formulierung beruht, ist bei Bb-Protec ausschließlich der Pilzstamm für die Wirkung verantwortlich. Bb-Protec besitzt derzeit keine Zulassung.

Fazit**:** Es wurde weder eine höhere Sterblichkeit noch eine eiablagereduzierende Wirkung durch den *B. bassiana*-Stamm R444 erreicht. Daher sind keine weiteren Versuche zur Regulierung von *D. suzukii* nötig.

5.2.3 PreFeRal (Biobest), *Isaria fumosorosea* Apopka-Stamm 97 (ATCC 20874)

PreFeRal erwies sich in den drei Versuchen als nicht wirksam: Die Mortalität war gering und die Eiablage wurde im Vergleich zur Kontrolle sogar zum Teil deutlich erhöht. Die Verpilzung der toten Fliegen war gering, es fanden also nur wenige

Infektionen mit dem Pilzstamm statt. Ähnlich wie andere entomopathogene Pilzstämme ist *I. fumosorosea* schonend für die meisten Nützlinge.

I. fumosorosea, früher als *Paecilomyces fumosoroseus* bezeichnet, ist erkennbar an den zitronenförmigen Konidien, die an langen Ketten an Phialiden gebildet werden. Isoliert wird es aus dem Boden (SCHMUTTERER & HUBER 2005, S.105). *I. fumosorosea* besitzt momentan in Deutschland keine Zulassung. PreFeRal ist ebenfalls als trockenes, grobkörniges Pulver ohne Ölzusätze formuliert.

Fazit**:** PreFeRal erwies sich als nicht wirksam. Eine Eiablage wurde in einigen Versuchen signifikant erhöht. Eine Eignung zur Regulierung der *D. suzukii* ist daher nicht gegeben.

5.2.4 Mycotal (Koppert), *Verticiliium lecanii* (Stamm Ve6)

Mycotal erwies sich in den Versuchen als nicht wirksam: die Mortalität und Verpilzung der Fliegen war sehr gering. Die Eiablage wurde nicht reduziert, sondern war zum Teil sogar signifikant höher als in der unbehandelten Kontrolle.

V. lecanii wird als schwachschädigend für Raubwanzen (z.B. *Orius spp.* und *Macrolophus pygmaeus*) eingestuft (IOBC SIDE EFFECT DATABASE o.J.).

V. lecanii, heute auch als *Lecanicillium lecanii* bezeichnet, ist erkennbar an seinen in Schleimtropfen zusammengelagerten Konidien an langen Phialiden. Isoliert wird es aus dem Boden (SCHMUTTERER & HUBER 2005, S. 105). *V. lecanii* besitzt in Deutschland momentan keiner Zulassung. In der Schweiz ist Mycotal gegen Thripse und Weiße Fliege zugelassen.

Fazit: Mycotal erwies sich als nicht wirksam. Eine Eiablage wurde in einigen Versuchen signifikant erhöht. Eine Eignung zur Regulierung der *D. suzukii* ist daher nicht gegeben.

5.2.5 Delfin (Andermatt Biocontrol), *Bacillus thuringiensis var kurstakii* (Stamm SA-11)

Delfin erwies sich in den Versuchen als nicht wirksam: im Vergleich zur Kontrolle war keine erhöhte Mortalität messbar und die Anzahl abgelegter Eier war leicht höher als in der Kontrolle.

B. thuringiensis var kurstakii gilt als nichtschädigend gegenüber einer Vielzahl von geprüften Organismen (BIOBEST o.J.; IOBC SIDE EFFECT DATABASE o.J.; KOPPERT o.J.).

B. thuringiensis var kurstakii ist pathogen für Larven von verschiedenen Schadschmetterlingen und besitzt in der Schweiz eine Zulassung gegen Frostspanner, Gespinstmotten und Traubenwickler. Da der *B. thuringiensis*-Stamm *kurstakii* auf Dipteren nicht wirksam ist (KAISER-ALEXNAT 2016) waren die schlechten Resultate zu erwarten.

Fazit: Da durch Delfin keine erhöhte Sterblichkeit erreicht wurde, keine eiablagereduzierende Wirkung beobachtet werden konnte und der Bt-Stamm für die Ordnung der Zweiflüger unwirksam ist, ist das Mittel als ungeeignet für eine Regulierung von *D. suzukii*.

5.2.6 Agree WP (Andermatt Biocontrol), *Bacillus thuringiensis var aizawai* (Stamm GC-91)

Agree WP war nicht wirksam: die Mortalität wurde nicht erhöht und die Eiablage auf den behandelten Früchten war deutlich höher als die der Kontrolle.

B. thuringiensis var aizawaii ist nichtschädigend gegenüber allen geprüften Nützlingsgruppen (BIOBEST o.J.; IOBC SIDE EFFECT DATABASE o.J.; KOPPERT o.J.).

B. thuringiensis var aizawaii ist ebenfalls pathogen für Larven von verschiedenen Schadschmetterlingen und besitzt in der Schweiz eine Zulassung gegen im Weinbau gegen den Traubenwickler. In Deutschland ist es im Gemüsebau gegen Schmetterlingsraupen zugelassen (BVL o.J.a). Da der Bt-Stamm nicht wirksam auf Dipteren ist, sind auch hier die schlechten Resultate nicht verwunderlich.

Fazit: Die Eiablage wurde durch die Behandlung stark erhöht. Daher ist Agree WP nicht sinnvoll für die Regulierung von *D. suzukii*.

5.2.7 Solbac (Andermatt Biocontrol), *Bacillus thuringiensis var. israeliensis*

Bei direkter Exposition erwies sich Solbac mit einer Mortalität von ca. 70 % nach 24 Stunden als sehr wirksam. Bei der indirekten Exposition lag die Mortalität nach 24 Stunden jedoch unter 10 %. Bei der Exposition auf Früchten konnte ebenfalls nur eine sehr geringe Wirkung auf die Mortalität beobachtet werden. Die Anzahl abgelegter Eier war nach 24 Stunden ungefähr doppelt so hoch wie in der Kontrolle und nach 48 Stunden noch leicht über der Kontrolle.

B. thuringiensis var israelinsis gilt ebenso als nichtschädigend für alle geprüften Nützlinge (BIOBEST o.J.). Es kann durch die hohe spezifische Wirksamkeit, dem geringen Risiko für Wirbeltiere, also auch Menschen, und einer nicht zu erwartenden Phytotoxizität die Präparate als sicheres Mittel angesehen werden können. Eine Resistenzproblematik scheint für *B. thuringiensis var israeliensis*, trotz des schnellen Generationenzyklus, bei Dipteren nicht gegeben zu sein. Dies zeigt sich, da Bt.i.-Präparate seit Anfang der 1980er Jahre im großen Maßstab in den Auen am Oberrhein zur Bekämpfung von Stechmücken eingesetzt werden (SCHMUTTERER & HUBER 2005, S. 32). *B. thuringiensis var israelinsis* besitzt in der Schweiz eine Zulassung gegen Trauermücken im Gemüsebau.

Der Bt-Stamm *israeliensis* ist gegen Dipteren wirksam, aber primär gegen die Larven. Es wird zudem eine Wirkung gegen die Kirschessigfliege erwähnt (LAMBION & KLINK 2014).

Fazit: Solbac führte nur im Versuch mit der direkten Applikation zu einer erhöhten Mortalität. Bei indirekter Exposition und Exposition von behandelten Früchten wurde die Mortalität nicht erhöht. Da *B. thuringiensis israliensis* aber eine Wirksamkeit gegenüber Dipterenlarven besitzt, sollte eine larvizide Wirkung in weiteren Versuchen geprüft werden. Da Solbac jedoch nicht systematisch wirkt, ist unter Freilandbedingungen keine Wirkung auf die Larven in den Früchte zu erwarten.

5.2.8 Fazit Biocontrol-Präparate

Abgesehen von Naturalis-L erwiesen sich alle geprüften Biocontrol-Präparate als unwirksam. Die Teilwirkung von Naturalis-L ist vermutlich auf die sehr ölhaltige Formulierung zurückzuführen. Die meisten Biocontrol-Präparate (außer Naturalis-L) führten zu einer deutlichen Erhöhung der Eiablage. Zum Teil war die Eiablage mehr als fünfmal höher als in der unbehandelten Kontrolle. Dies kann an der Produktionsweise liegen: Für die Herstellung von Biocontrol-Produkten, werden die Organismen auf einem Nährmedium angezogen. Aus Kostengründen wird dann meist das gesamte Medium getrocknet und aufbereitet/vermahlen. Daher ist im Endprodukt neben den Pilz-, Bakteriensporen und Toxinen ein hoher Anteil von Nährmedium enthalten (STÜSSI 2016). Das könnte die Eiablage stimulieren. Eine Ausnahme ist Naturalis-L: für dieses Produkt werden die Sporen geerntet und ohne das Nährmedium weiterverarbeitet (STÜSSI 2016). Das erklärt eventuell die geringere Eiablage bei Naturalis-L. Bt-Präparate werden in Deutschland und der Schweiz zur Bekämpfung des Traubenwicklers eingesetzt. Die Wartefrist von sechs Tagen bis zur Ernte ermöglicht dabei auch eine Spritzung auf reifende Früchte. Feldversuche sind nötig um befallsfördernde Auswirkungen von Bt-Behandlungen auf *D. suzukii* auszuschließen.

5.3 Ergebnisdiskussion der öligen Präparate

Öle werden seit Jahrzehnten in der Landwirtschaft als Kontaktinsektizid und als Akarizid eingesetzt und zeichnen sich durch einen hohen Wirkungsgrad zur Bekämpfung von Spinnmilben und Läusen aus (KÜHNE & FRIEDRICH o.J.e). Die eingesetzten Formulierungen besitzen meist Emulgatoren oder natürliche Tenside, um die Benetzung und damit den Wirkungsgrad der Öle zu erhöhen. Durch die Öle werden die von der Spritzbrühe getroffenen Organismen mit einem Film überzogen, was zum Ersticken der Tiere führt (KAUER & FADER 2015). Des Weiteren kann ein Ölfilm auf der Pflanze die Haftung der Tiere an ihr erschweren (DANIEL 2014; HIDAYAT ET AL. 2013), anziehende Gerüche überdecken oder repellente Düfte entlassen. Problematisch ist jedoch der schnelle Abbau von Pflanzenölen und die dadurch sehr kurze Wirkungsdauer (DANIEL 2014; ZIMMERMANN 2012).

Im Folgenden werden die Vor- und Nachteile der getesteten Mittel hinsichtlich der *D. suzukii*-Bekämpfung benannt. Die Ölprodukte wurden nur als Exposition auf Früchten geprüft, da aus den vorherigen Versuchen bekannt war, dass direkte Applikationen von ölige Formulierungen ein sehr schnelles Verkleben und einen sehr schnellen Tod der Fliegen zur Folge haben. Die Exposition auf Früchten entspricht Freilandbedingungen, wo Fliegen in einen behandelten Weinberg einfliegen. In den Versuchen war dabei die Mortalität für alle Produkte sehr. Daher wird im Folgenden der Einfluss auf die Eiablage in den Vordergrund gerückt und diskutiert.

5.3.1 Genol Plant (Andermatt Biocontrol), Rapsöl

Die Eiablage konnte im Vergleich zur Kontrolle nicht reduziert werden.

Durch eine Formulierung des Rapsöls soll eine Luft und Wasser undurchlässige Benetzung der Insekten erreicht werden. Rapsöl ist verglichen mit Paraffinölen pflanzenverträglicher, der Wirkungsgrad liegt aber niedriger und der Abbau geschieht schneller. Im Obst- und Weinbau wird Rapsöl erfolgreich zur Bekämpfung von Eiern und Larven von Läusen und Spinnmilben eingesetzt (HOFMANN & KÖPFER 2014, S. 294; KÜHNE & FRIEDRICH o.J.e). Eine Eiablagereduzierende Wirkung, wie von DANIEL 2014 gegen die Kirschfrucht beschrieben, konnte für *D. suzukii* nicht nachgewiesen werden.

Rapsölpräparate sind nichtbienengefährlich (B4) und sind als nichtschädigend für Raubmilben (z.B. *Typhlodromus pyri*), Laufkäfer (*Poecilus cupreus*), Florfliegen (z.B. *Chrysoperla carnea*) und Erzwespen (z.B. *Trichogramma cacoeciae*) eingestuft (KÜHNE & FRIEDRICH o.J.e).

Fazit: Durch das Mittel wurde keine eiablagereduzierende Wirkung erreicht. Eine Eignung zur Regulierung der *D. suzukii* ist daher nicht gegeben.

5.3.2 Promanal Neu (Andermatt Biocontrol), Paraffinöl

Verglichen mit der unbehandelten Kontrolle wurde die Eiablage durch Paraffinöl um etwa die Hälfte reduziert, die Unterschiede zur Kontrolle, wie auch zur gut wirksamen Spinosadbehandlung waren nicht signifikant.

In Verbindung mit Wasser bilden Paraffinöle eine dünne luftundurchlässige Barriere auf dem Schädling Dieser führt zum Tod durch Ersticken. Der Einsatz im Obst- und Weinbau findet bisher hauptsächlich im Winter gegen Läuse und Spinnmilben statt (KÜHNE & FRIEDRICH o.J.b).

Paraffinöl gilt als nützlingsschonend und ist als ungefährlich für Mensch und Bienen (B4) eingestuft. Dennoch können ebenso vom Mittel getroffene Raubmilben abgetötet werden (KÜHNE & FRIEDRICH o.J.b). Gegenüber *Typhlodromus pyri* wird Paraffinöl (Promanal Neu) als nicht schädigend eingestuft. Jedoch ist das Mittel sehr giftig für Wasserorganismen (BVL o.J.e). Des Weiteren kann es insbesondere bei starker Sonneneinstrahlung unmittelbar nach der Behandlung zu Phytotox kommen (ANDERMATT BIOCONTROL o.J.b).

Fazit: Promanal Neu, respektive Paraffinöl, reduzierte die Eiablage um 50 %. Die Wirksamkeit sollte in Freilandversuchen weiter geprüft werden, dabei sollten mögliche phytotoxische Effekte und Nebenwirkungen auf Raubmilben mit erfasst werden.

5.3.3 Heliosol (Omya), Terpenalkohol-Derivat (Pinienöl)

Heliosol konnte im Vergleich zur Kontrolle die Eiablage nicht reduzieren.

Heliosol, mit dem Wirkstoff Pinienöl, dient als Zusatz für Spritzbrühen zur Verbesserung der Benetzung und Haftvermögens (OMYA 2015a) und hat gegen Insekten einen ähnlichen Wirkungsmechanismus wie andere Ölprodukte.

Fazit: Heliosol stellt keine Option zur Regulierung von *D. suzukii* dar.

5.3.4 Fenicur (Andermatt Biocontrol), Fenchelöl

Die Eiablage konnte im Vergleich zur Kontrolle nicht signifikant reduziert werden, der Wirkungsgrad von 30 % lag im Mittelfeld.

Fenicur wird als nützlingsschonend (ANDERMATT BIOGARTEN o.J.) und gut pflanzenverträglich benannt und besitzt in der Schweiz für den Weinbau eine Zulassung gegen den Echten Mehltau. Eine Rückstandsproblematik ist aufgrund der Lebensmittelechtheit nicht gegeben (ANDERMATT BIOCONTROL o.J.a).

Fazit: Der Wirkungsgrad von 30 % auf die Eiablage ist nicht zufriedenstellend. Daher stellt Fenicur keine Option zur Regulierung von *D. suzukii* dar.

5.3.5 Greenstim (Andermatt Biocontrol), Glycin-Betain

Die Eiablage konnte im Vergleich zur Kontrolle nicht signifikant reduziert werden. Allerdings war die Eiablage auch nicht signifikant verschieden vom gut wirksamen Spinosad. Der Wirkungsgrad lag mit 51 % im Mittelfeld.

Greenstim wird aus Zuckerrübenmelasse gewonnen und wird im Kern- und Steinobstbau sowie im Gemüsebau als Blattdünger (BIOFA o.J.b). Das enthaltene Glycin-Betain dient als Regulator für ein osmotisches Druckgleichgewicht und soll Beerenfrüchte vor dem Aufplatzen schützen. Dieser Wirkmechanismus konnte mit den Laborversuchen nicht erfasst werden. Es ist daher gut möglich, dass Greenstim im Freilandversuch eine bessere Wirkung zeigt als im Labor. Interessant für den Beerenobstanbau ist zudem, dass keine Spritzmittelflecken auf den Früchten auftreten (LAHDENPEÄ 2005). Laut Sicherheitsdatenblatt wird Greenstim innerhalb von 28 Tagen biologisch abgebaut und enthält keine umweltgefährlichen Stoffe (FINNFEEDS FINLAND LTD. 2010).

Fazit: Der Wirkungsgrad auf die Eiablage war gut. Im Vergleich zur wasserbehandelten Kontrolle wurden nur halb so viele Eier gelegt. Da Greenstim vordergründig ein Aufplatzen von Beeren verhindern soll, sind Feldversuche nötig, um das volle Potential des Mittels zur Regulierung von *D. suzukii* einschätzen zu können.

5.3.6 Hanföl (Berner Ölmühle)

Hanföl hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Eiablage, der Wirkungsgrad war mit 40 % zu niedrig für eine erfolgsversprechende Feldanwendung.

Hanföl wird von einigen Öko-Produzenten als vielversprechendes Regulierungsmittel propagiert, bisher gibt es dazu jedoch keine Daten. Die vorliegenden Versuche zeigen, dass die Wirkung von Hanföl in einem ähnlichen

Bereich lag wie andere Ölprodukte. Das lässt einen ähnlichen Wirkungsmechanismus wie bei den anderen Ölprodukten vermuten.

Fazit: Hanföl unterschied sich bezüglich der Eiablage nicht signifikant von der Kontrolle. Daher stellt Hanföl keine Option zur Regulierung von *D. suzukii* dar.

5.3.7 Pflanzenextrakt B. mit Genol Plant

Pflanzenextrakt B. hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Eiablage, der Wirkungsgrad war mit 40 % zu niedrig für eine erfolgsversprechende Feldanwendung.

Das Pflanzenextrakt ist bisher nicht als Pflanzenschutzmittel bewilligt und soll gemäß Herstellerangaben eine repellente Wirkung haben. Es wurde gemäß Herstellerangaben mit Genol Plant (Rapsöl) gemischt. Die Beerenhaut wurde durch die Behandlung mit dem Mittel verdunkelt, eine Attraktivitätssteigerung ist daher nicht auszuschließen. Die vom Hersteller propagierte repellente Wirkung konnte kaum nachgewiesen werden.

Fazit: Der Effekt auf die Eiablage war nicht genügend. Daher stellt Pflanzenextrakt B. mit Genol Plant keine Option zur Regulierung von *D. suzukii* dar.

5.3.8 Versuchsprodukt Öl-L

Die Eiablage konnte im Vergleich zur Kontrolle nicht reduziert werden. Der Wirkungsgrad war mit 23 % zu niedrig für eine Feldanwendung.

Bei dem Versuchsprodukt handelt es sich ebenfalls um ein formuliertes Pflanzenöl, welches bisher noch keine Zulassung als Pflanzenschutzmittel hat. Die Wirkung lag im ähnlichen Bereich wie bei den anderen Pflanzenölen. Auch hier wurde die Beerenoberfläche etwas durch das ölige Mittel verdunkelt.

Fazit: Ein Effekt auf die Eiablage war gering. Daher stellt Versuchsprodukt Öl-L keine Option zur Regulierung von *D. suzukii* dar.

5.3.9 Fazit ölige Produkte

Die meisten öligen Produkte führten zu einer Dunkelfärbung der Fruchthaut, was die Eiablage begünstigt haben könnte. Der Wirkungsgrad der Pflanzenöle auf die Eiablage lag für alle Produkte deutlich unter 50 %. Paraffinöl und Greenstim hatten eine bessere Wirkung mit Wirkungsgraden von über 50 %. Insbesondere Greenstim sollte in Feldversuchen weiter geprüft werden.

5.4 Ergebnisdiskussion der stäubenden Mittel

Gesteinsmehle werden schon lange zu unterschiedlichen Zwecken in der Landwirtschaft eingesetzt. Sie werden zur Bodenverbesserung, Pflanzenstärkung und Schädlingsregulierung verwendet (DANIEL ET AL. 2013a). Im Bereich der Schädlingsabwehr gibt es eine breite Wirkung (SPARAGANO 2009). EBELING (1971) beschreibt eine Wirkung von Stäuben dahingehend, dass Schadinsekten nicht unbedingt getötet, aber durch rege Selbstreinigung von ihrer üblichen Begattungs- und Eiablageaktivität abgelenkt werden. Außerdem gibt es oft eine repellente Wirkung. Doch werden auch letale Mechanismen beschrieben (AL-IRAQI & AL-NAQIB 2006). So führt beispielsweise der Kontakt mit Kieselgur zur Adsorption kutikularer Fette, was eine erhöhte Verdunstung und damit eine Dehydrierung bzw. komplette Austrocknung des Insekts zur Folge haben kann. Die Wirkung ist hierbei stark von der Witterung bzw. der relativen Luftfeuchtigkeit abhängig (SPARAGANO 2009). Auch die Konzentration und das Entwicklungsstadium spielen eine Rolle auf die Wirksamkeit der Mittel. Weichhäutige Insekten und kleinere Entwicklungsstadien zeigen eine höhere Anfälligkeit gegen stäubenden Mitteln, da die Kontaktfläche größer und sensibler ist (KORUNIC 2013; MEWIS & ULRICHS 2001).

Zu beachten ist, dass die verwendeten Mittel in Wasser gelöst und auf Früchte gespritzt wurden. Lediglich Versuchsprodukt N-2015 wurde mittels eines Handstäubegerätes manuell auf die Früchte verteilt.

Die stäubenden Mittel wurden via Exposition von behandelten Früchten geprüft. Die Prüfung der indirekten Exposition war nicht möglich, da die meisten Produkte einen dichten weißen Belag auf dem Glasröhrchen machen und so eine Zählung

und Auswertung der Mortalität verunmöglichen. Bei der Exposition auf Früchten hatte kein Verfahren Einfluss auf die Sterblichkeit der Kirschessigfliege. Daher wird in der Diskussion lediglich auf die Reduktion der Eiablage eingegangen.

5.4.1 Kieselgur (AMU-Systeme), Diatomeenerde

Kieselgur erzielte nur eine marginale Reduzierung der Eiablage im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle.

Bei Kieselgur (Diatomeenerden) handelt es sich um Ablagerungen fossiler Algen. Die siliziumoxidhaltige Kieselgur ist im Vorratsschutz zugelassen und nimmt, wie oben beschrieben, Einfluss auf die Insektenkutikula. Aus ihr werden durch die adsorbierende Wirkung der Kieselgur Wasser und Fette entzogen (BIOFA o.J.d), der ungeschützte Schädling trocknet aus (KÜHNE & FRIEDRICH o.J.a). Hinsichtlich der Mortalität wird der Einsatz gegenüber Schadinsekten erst ab einer höheren Einsatzmenge von Kieselgur als ausreichend bewertet (ULRICHS & MEWIS 2000). Für eine gute Wirkung sind trockene Klimabedingungen nötig. Daher wird Kieselgur bisher meist nur im Vorratsschutz in trockenen Lagern eingesetzt.

Sofern übliche Sicherheitsmaßnahmen bei der Anwendung eingehalten werden, ist der Einsatz von Kieselgur zur Schädlingsbekämpfung sicher für Konsumenten und Anwender sowie effizient gegenüber Schädlingen (KORUNIC 2013). Der Wirkungsgrad hängt aber stark von den physikalischen Eigenschaften der Kieselgur ab. Weitere Vorteile seien bei einer hohen Dosierung eine repellente Wirkung sowie die Persistenz des Mittels. Die Gefahr von Resistenzbildung ist gering (EBELING 1971). Aufgrund der breiten, unspezifischen Wirkung können aber auch im Freiland Nützlinge durch den Einsatz von Kieselgur beeinträchtigt werden.

Die Applikation von Kieselgur auf die Früchte verursachte eine leicht erhellte, fleckige Beerenoberfläche.

Fazit: Der Unterschied zur Kontrolle war nicht signifikant, der Wirkungsgrad war für eine vielversprechende Feldanwendung zu gering. Daher ist Kieselgur keine Option zur Regulierung von *D. suzukii*.

5.4.2 Nekapur Löschkalk (Kalkfabrik Netstal AG), Calciumhydroxid

Löschkalk reduzierte die Eiablage um 70 %, die Unterschiede zur Kontrolle waren jedoch nicht signifikant. Gute Effekte mittels Löschkalkeinsatz gegen die Eiablage der Kirschessigfliege konnten auch an Himbeeren festgestellt werden (BAROFFIO & RICHOZ 2015).

Durch ansetzen einer Kalkmilch mit Wasser und Calciumoxid entsteht die stark alkalische Suspension Calciumhydroxid mit einem pH-Wert ≥ 12 (BAROFFIO ET AL. 2015). Calciumhydroxid ist ein zugelassener Pflanzenschutzwirkstoff in der EU ohne Rückstandshöchstmengenbegrenzung (EU PESTICIDE DATABASE o.J.).

Löschkalk wird zum Abtrocknung und zur Desinfektion der Laubwand verwendet (FRIERICH ET AL. 2015). Die starke pH-Wert-Anhebung tötet neben schädlichen Mikroorganismen, wie z.B. Essigsäurebakterien, auch Hefen ab. Dies reduziert, neben dem hohen pH-Milieu, die Attraktivität durch eine Verminderung des Nahrungsangebotes für die Kirschessigfliege (KAISER ET AL. 2015). Dieser Wirkmechanismus kann in den Laborversuchen nur ungenügend geprüft werden. Daher sind weitere Freilandversuche nötig, um das volle Potential von Löschkalk abzuschätzen. Mittels eines Halbfreilandversuches konnte eine signifikante Reduzierung der Eiablage der Kirschessigfliege durch Löschkalk nachgewiesen werden (DANIEL & CAHENZLI 2015). Versuche in den Schweizer Kantonen Bern und Zürich an Dornfelder, Regent, Pinot Noir und Zweigelt zeigten keinen oder nur einen minimal besseren Effekt der Löschkalk-Maßnahme (HÄSELI 2015). Auch konnten für das Jahr 2014 keine Erfolge mit Löschkalk in Reben aufgezeigt werden (HILL 2015). Versuche im Beerenanbau zeigen jedoch sehr positive Resultate. Resistenzbildung wird ausgeschlossen (HOCHSTAMM SUISSE 2015). Ein zu hoher Löschkalkeinsatz kann das Blattwerk der Pflanze verätzen und die Photosyntheseleistung reduzieren. Durch den weißen Belag kann eine Reifeverzögerung und ein verminderter Säureabbau in den Beeren erreicht werden (REGNER 2015). Die Früchte werden durch die Applikation von Löschkalk mit Calcium angereichert, was im Most zu einer Entsäuerung und somit zu einer pH-Wert-Erhöhung führen kann (DLR RHEINPFALZ 2014; FRIERICH ET AL. 2015). Daraus kann, aufgrund milderer Lebensbedingungen für Mikroorganismen und

einer geringeren biologischen Wirksamkeit des zugesetzten Schwefeldioxids, eine mikrobiologische Gefährdung des Weines resultieren.

Fazit: Durch das Mittel konnte eine deutliche, aber nicht signifikante Reduzierung der Eiablageaktivität erreicht werden. Da Löschkalk zudem einen Einfluss auf die Hefeflora im Weinberg nimmt sollte man, je nach der Philosophie der Weinbereitung, auf mögliche Störungen bei einer Spontanvergärung und einer zusätzlich verminderten mikrobiologischen Stabilität der Weine gefasst sein. Ob Löschkalk eine Alternative zur Regulation der *D. suzukii* ist, muss in weiteren Versuchen beobachtet werden.

5.4.3 Klinospray (Unipoint AG), Zeolith und Klinospray + Heliosol

Klinospray konnte die Eiablage signifikant reduzieren. Der Wirkungsgrad lag bei 74 %. Die Kombination von Klinospray mit Heliosol brachte vergleichbare Resultate

Bestehend aus Klinoptilolithen mit hohem Siliziumgehalt wird Klinospray als Pflanzenstärkungsmittel angeboten. Durch einen selektiven Ionenaustausch soll es der Pflanze, je nach Bedarf, Nährstoffe zur Verfügung stellen (UNIPOINT AG o.J.). Klinoptilolith ist chemisch nicht reaktiv, das heißt eine Zerstörung der Wachsschicht auf der Kutikula wie für Kieselgur beschrieben, erfolgt durch Klinoptilolith nicht. Die Wirkung ist rein physikalisch: die Staubschicht auf der Pflanzenoberfläche stört und behindert die Insekten.

Im Freiland wurde die Abhängigkeit der Wirksamkeit von Klinoptilolithen von Wetterbedingungen aufgezeigt (DANIEL & DIERAUER 2013). In Zeiten hoher Niederschläge wird das Mittel innerhalb eines Tages abgewaschen. Bei Trockenheit hält die gleiche Wirkung für ungefähr eine Woche an.

Im Laborversuch entstanden durch das Besprühen der Früchte weiße Spritzflecken auf den Beeren. Das Netzmittel Heliosol konnte die Benetzung von Klinospray auf den Beeren verbessern. Eine gleichmäßige Mittelbeschichtung, sowie eine leichte Aufhellung der Beerenhaut konnte auf den Früchten wurde erreicht, was jedoch keinen Einfluss auf die Wirkung hatte.

Fazit: Klinospray konnte die Eiablage in die Beeren signifikant um 74 % vermindern. Die hellen Spritzflecken könnten ihren Beitrag dazu geleistet haben. Durch den Zusatz von Heliosol konnte die Fleckenbildung von Klinospray verhindert werden, was jedoch die Wirkung nicht beeinflusste. Ein Heliosol-Zusatz scheint daher nicht nötig. Weitere Freilandversuche sind nötig, um das Potential dieses Produktes genauer beurteilen zu können.

5.4.4 Calciumcarbonat

Calciumcarbonat hatte eine sehr gute Wirkung auf die Reduktion der Eiablage. Der Wirkungsgrad lag bei 81 %.

Kalk wird als Boddendünger und zur Bodenverbesserung verwendet (HOFMANN & KÖPFER 2014, S. 164). Es ist leicht alkalisch und verändert nach Behandlung den pH-Wert der Pflanzenoberfläche. Es stellt keine Gefährdung für die Umwelt dar.

Nach der Behandlung mit Calciumcarbonat waren die Früchte optisch nicht von Kieselgur oder Löschkalk zu unterscheiden. Ein Vinifikationsversuch konnte einen negativen Einfluss der Kalkbehandlung auf den Wein feststellen (DANIEL ET AL. 2015b).

Fazit: Calciumcarbonat wirkte gut gegen eine Eiablage der Kirschessigfliege, aber hat eine negative Auswirkung auf die Vinifikation. Daher kann Calciumcarbonat nicht zur Regulierung der *D. suzukii* im Weinbau empfohlen werden.

5.4.5 Surround (Stähler Suisse AG), Kaolin

Surround hatte einen Wirkungsgrad von 86 % und reduzierte die Eiablage signifikant und vergleichbar gut wie Spinosad.

Als weiße Tonerde wird Kaolin im Obstbau als Repellent gegen Schadinsekten und auch gegen Hitzeschäden eingesetzt (KÜHNE & WALTER o.J.). Kaolinstaub bleibt an Tarsen und Flügeln von Insekten haften und bildet eine physikalische Barriere (WILBOIS 2009). Kaolin beeinträchtigt so die Bewegungsfreiheit, die

Nahrungsaufnahme und andere körperliche Aktivitäten durch das Festsetzen von Partikeln am Insektenkörper (DANIEL 2014).

Ein mit Surround behandeltes Verfahren während eines Freilandversuches aus dem Jahr 2014 erzielte eine geringe Schadensreduktion an den Trauben (DANIEL ET AL. 2015a). In einem weiteren Versuch an Kirschen unter Freilandbedingungen konnte Kaolin einen vergleichbar guten Effekt wie Spinosad erreichen (KAISER ET AL. 2015). Sowohl die Fangzahlen als auch die Eiablage konnte durch den Einsatz von Surround vermindert werden. Aus einem weiteren Freilandversuch von DANIEL & CAHENZLI (2015) geht eine signifikante Verminderung der Eiablage der Kirschessigfliege durch Kaolin hervor. In einem anschließenden Vinifikationsversuch wurde der Einfluss von Kaolin auf die Weinbereitung untersucht. Im Zuge der Mikrovinifikation wurde ein leichter Schwefelwasserstoff-Böckser festgestellt, der sich aber im Laufe der Weinbereitung wieder verlor (DANIEL ET AL. 2015b).

Die Früchte im Laborversuch wurden durch die Behandlung mit Kaolin vollständig von einer weißen Schicht überzogen. Kaolin beeinträchtigt die Bewegungsfreiheit, die Nahrungsaufnahme und andere körperliche Aktivitäten durch das Festsetzen von Partikeln am Insektenkörper (DANIEL 2014).

Fazit: Der Einfluss von Kaolin auf die Eiablage der Kirschessigfliege erwies sich als gut und vergleichbar mit Spinosad. Da auch ein negativer Einfluss des Mittels auf die Weinbereitung ausgeschlossen wurde, erscheint Kaolin als ein geeignetes Mittel zur *D. suzukii*-Regulierung im ökologischen Weinbau und sollte in weiteren Versuchen unter Praxisbedingungen geprüft werden.

5.4.6 Versuchsprodukt N-2015

Versuchsprodukt N-2015 erreichte mit einem Wirkungsgrad von 89 % eine vergleichbar gute Wirkung wie Spinosad und reduzierte die Eiablage signifikant.

Die Stäubung erwirkte eine sehr gleichmäßige und dünne Beschichtung der Beeren mit dem Mittel. Das Mittel auf Kalkbasis hat jedoch vermutlich auch einen

negativen Einfluss auf die Vinifikation. Bisher fehlen jedoch dazu aussagekräftige Daten.

Fazit: Durch das Mittel konnte eine sehr gute Reduzierung der Eiablageaktivität erreicht werden. Daher sollte es in Freilandversuchen gegen *D. suzukii* getestet werden. Der Einfluss auf die Weinqualität sollte unbedingt mit erfasst werden.

5.4.7 Fazit stäubende Mittel

Die stäubenden Mittel waren die am besten wirksame Produktkategorie. Nur Kieselgur hatte eine ungenügende Wirkung. Calciumhaltige Produkte sind jedoch für den Weinbau eher ungeeignet, da sie die Weinqualität negativ beeinflussen können. Als gute Optionen für Freilandversuche bleiben daher lediglich Surround und Klinospray übrig.

6 Fazit

Die Kirschessigfliege hat sich in Deutschland und anderen europäischen Ländern etabliert. Auch wenn ihr Auftreten nicht in jedem Jahr einen wirtschaftlichen Totalschaden (sei es direkt oder indirekt) verursachen wird, gilt es trotzdem Maßnahmen zu ergreifen. Erschwert wird dies durch die hohe Fruchtbarkeit und Reproduktionsleistung der Fliege, ihre polyphage Wirtspflanzenwahl und der Mangel an effektiven natürlichen Gegenspielern. Eine absolute Regulierung der Kirschessigfliege lässt sich weder durch eine optimierte Bestandsführung, noch durch den Insektizideinsatz erreichen. Mit der Kombination beider Maßnahmen können die wirtschaftlichen Schäden durch den *D. suzukii*-Befall gering gehalten werden. Grundsätzlich sollten zur Regulierung der Kirschessigfliege aber bevorzugt kulturtechnische Maßnahmen ergriffen werden, um Nebenwirkungen durch Insektizide auf Natur und Umwelt und Rückstände auf Ernteprodukten zu vermeiden. Die Laborversuche konnten Hinweise auf gut wirksame Alternativprodukte liefern.

Spinosad zeigte in den Versuchen zwar erwartungsgemäß eine gute Wirkung, ist jedoch wegen der Nebenwirkung auf Nichtzielorganismen und der Rückstände im Ernteprodukt problematisch. Die stäubenden Mittel waren ebenfalls gut wirksam und sind zudem für die Praxis in Obst- und Weinbau geeignet. Da Kalkprodukte negative Auswirkungen auf die Weinbereitung haben können, ist Kaolin die bessere Option für den Weinbau. Vielversprechende Resultate brachten Greenstim und Prev-AM. Beide Mittel sollten unter Freilandbedingungen geprüft werden. Die übrigen geprüften Mittel sind zur Regulierung von *D. suzukii* eher nicht geeignet. Da die Biocontrol-Produkte in den Versuchen, zum Teil eine starke Erhöhung der Eiablage bewirkten, wird die Frage aufgeworfen, ob die Bekämpfung anderer Schädlinge, z.B. Traubenwickler-Arten mit Bt-Präparaten, nicht sogar das Auftreten der Kirschessigfliege begünstigt.

7 Zusammenfassung

Die Kirschessigfliege hat sich in Deutschland und anderen europäischen Ländern etabliert. Auch wenn ihr Auftreten nicht in jedem Jahr einen wirtschaftlichen Totalschaden verursachen wird, gilt es trotzdem Maßnahmen zu ergreifen. Im Rahmen der Bachelorarbeit „Maßnahmen zur Bekämpfung von *Drosophila suzukii* im biologischen Weinbau“ wurden einerseits in einer Literaturstudie die vorbeugenden kulturtechnischen Maßnahmen zur Befallsprävention analysiert. Im Rahmen einer guten fachlichen Praxis sollten diese auf die mögliche Anwendung von den ProduzentInnen geprüft und auf individuelle Gegebenheiten in den jeweiligen Weinbaubetrieben angepasst werden.

Andererseits wurde im Rahmen der Arbeit die Wirksamkeit von 28 Pflanzenschutzmitteln, die für den ökologischen Anbau geeignet sind, unter kontrollierten Laborbedingungen zur Bekämpfung von *D. suzukii* untersucht. Vier Produktkategorien wurden untersucht:

- natürliche Insektizide (mehrheitlich Pflanzenextrakte und Spinosad)
- Biocontrol-Präparate (lebende Organismen, *Bacillus thuringiensis* und entomopathogene Pilze)
- ölige Produkte
- stäubende Mittel.

Die verschiedenen Mittel wurden jeweils in sechs Wiederholungen geprüft und mit Spinosad und einer wasserbehandelten Kontrolle verglichen. Dabei kamen drei Expositionsmethoden zur Einsatz:

- direkte Exposition (durch direktes Besprühen der Fliegen; Erfassung der Fliegenmortalität)
- indirekte Exposition (Kontakt der Fliegen mit trockenem Spritzbelag an den Käfigwänden; Erfassung der Fliegenmortalität) und
- Exposition behandelter Früchte (behandelte Bio-Heidelbeeren wurden den Fliegen zur Eiablage angeboten; Erfassung von Fliegenmortalität und Eiablage).

Die bekannte gute Wirkung von Spinosad konnte im Versuch bestätigt werden. Der Einsatz von Spinosad ist jedoch wegen der Nebenwirkung auf Nichtzielorganismen und der Rückstände im Ernteprodukt problematisch. Zudem konnte festgestellt werden, dass stäubende Mittel ebenfalls gute Wirkungen zeigen. Da Kalkprodukte negative Auswirkungen auf die Weinbereitung haben können, ist der Einsatz von Kaolin die bessere Option für den Weinbau. Prev-AM (Orangenöl) und Greenstim (Glycin-Betain aus Zuckerrübenmelasse) zeigten ebenfalls gute Ergebnisse und sollten in Feldversuchen geprüft werden. Die Behandlung mit Biocontrol-Produkten erhöhte Eiablage signifikant. Feldversuche sind nötig, um befallsfördernde Auswirkungen von Bt-Behandlungen gegen den Traubenwickler auf *D. suzukii* auszuschließen.

8 Literaturverzeichnis

Al-Iraqi, Riyad A. & Al-Naqib, Salem Q. 2006. *Inert Dusts to Control Adults of Some Stored Product Insests in Stored Wheat*. Rafidain Journal of Science(17), 26–33.

Andermatt Biocontrol o.J.a. *Gebrauchsanleitung Fenicur*. URL: http://shop.biocontrol.ch/media/downloads/267/fenicur_gebrauchsanleitung.pdf [Stand 2016-05-27].

Andermatt Biocontrol o.J.b. *Gebrauchsanleitung Promanal Neu*. URL: http://shop.biocontrol.ch/media/downloads/612/promanal_neu_gebrauchsanleitung.pdf [Stand 2016-05-27].

Andermatt Biogarten o.J. *Produktinformation Fenicur*. URL: http://www.biogarten.ch/de/mehltau-rost-bekaempfen [Stand 2016-05-27].

Asplen, Mark K.; Anfora, Gianfranco; Biondi, Antonio; Choi, Deuk-Soo; Chu, Dong; Daane, Kent M.; Gibert, Patricia; Gutierrez, Andrew P.; Hoelmer, Kim A., Hutchison, William D.; Isaacs, Rufus; Jiang, Zhi-Lin; Kárpáti, Zsolt; kimura, Masahito T.; Pascual, Marta; Philips Christopher R.; Plantamp, Christophe; Ponti, Luigi; Vétek, Gabor; Vogt, Heidrun; Walton, Vaughn M.; Yu, Yi; Zappalà, Lucia; Desneux, Nicolas. 2015. *Invasion biology of spotted wing Drosophila (Drosophila suzukii): A global perspective and future priorities*. Journal of Pest Science 88(3), 469–494.

Balmer, Marianne E.; Poiger, Thomas; Müller, Markus, D. 2009. *Einheitliche Höchstmengen für Pflanzenschutzmittel-Rückstände in Europa – Wo steht die Schweiz?* Schweizer Zeitschrift für Obst- und Weinbau(1), 16–18.

Baroffio, Catherine et al. 2015. *Beeren-Versuche: Strategien zur Bekämpfung der Kirschessigfliege*. Agroscope Merkblatt Nr. B06/2014.

Baroffio, Catherine & Richoz, Pauline 2015. *Drosophila suzukii*. URL: http://www.agroscope.admin.ch/publikationen/einzelpublikation/index.html?pubdownload=NHzLpZeg7t,lnp6I0NTU042l2Z6ln1acy4Zn4Z2rZpnG3s2Rodeln6h1d398foKNn,aknp6V2tTIjKbXoKimjZ2Yn5SniKfo [Stand 2016-05-27].

Bellamy, David E.; Sisterson Mark S.; Walse, Spencer S. 2013. *Quantifying Host Potentials: Indexing Postharvest Fresh Fruits for Spotted Wing Drosophila, Drosophila suzukii*. PLoS One 8(4).

Berry, J. A. 2012. *Pest risk assessment: Drosophila suzukii : spotted wing drosophila (Diptera: Drosophilidae) on fresh fruit from the USA :* Final. Wellington [N.Z.]: Ministry for Primary Industries. (MPI technical paper, Bd. no. 2012/05Bd).

Bielza, Pablo; Quinto V; Contreras J; Torné M; Martín A; Espinosa PJ. 2007. *Resistance to spinosad in the western flower thrips,Frankliniella occidentalis (Pergande), in greenhouses of south-eastern Spain*. Pest Management Science 63(7), 682–687.

Biobest o.J. *Side Effect Manual*. URL: http://www.biobestgroup.com/en/side-effect-manual [Stand 2016-05-27].

Biofa o.J.a. *Piretro Verde: Insektizid auf Basis natürlicher Pyrethrine gegen Kirschessigfliege (Drosophila suzukii) im Weinbau*. URL: http://www.biofa-profi.de/de/p/piretro-verde.html?file=files/content/Produkte/Piretro%20verde/Biofa_Weinbau_Infoblatt_Kirschessigfliege_PIRETRO_VERDE.pdf [Stand 2016-05-27].

Biofa o.J.b. *Produktinformation Greenstim*. URL: http://www.biofa-profi.de/de/g/greenstim.html [Stand 2016-05-27].

Biofa o.J.c. *Produktinformation Piretro Verde*. URL: http://biofa-profi.de/de/p/piretro-verde.html [Stand 2016-05-27].

Biofa o.J.d. *Produktinformation SilicoSec.* URL: http://www.biofa-profi.de/de/s/silicosec.html [Stand 2016-05-27].

Bleyer, Karl; Schiefer, Hanns-Christoph; Rupp, Dietmar; Tränkle, Lothar. 2015. *Rückblick auf Weinjahr in Württemberg…und es war Sommer!* Rebe & Wein(12), 28–30.

Bleyer, Karl & Becker, Manuel 2015. *Kirschessigfliege: Monitoring und Versuche 2014: So siehts aus in Württemberg*. Rebe & Wein(4), 17–19.

BLW 2016a. *Pflanzenschutzmittelverzeichnis: Produkt: Majestik*. URL: http://www.blw.admin.ch/psm/produkte/index.html?lang=de&item=1141 [Stand 2016-05-27].

BLW 2016b. *Quassan*. URL: http://www.blw.admin.ch/psm/produkte/index.html?lang=de&item=181 [Stand 2016-05-27].

Boscheri, Gaja 2015. *Drosophila suzukii im Trentino*. Nationale Tagung Kirschessigfliege, 24.11.2015, Oeschberg. URL: http://www.agroscope.admin.ch/baies/05590/08364/index.html?lang=de&download=NHzLpZeg7t,lnp6I0NTU042l2Z6ln1acy4Zn4Z2qZpnO2Yuq2Z6gpJCFfIN6gmym162epYbg2c_JjKbNoKSn6A-- [Stand 2016-05-27].

Breshears, David D.; Nyhan, John W.; Heil, Christopher E.; Wilcox, Bradford P. 1998. *Effects of woody plants on microclimate in a semiarid woodland: soil temperature and evaporation in canopy and intercanopy patches*. International Journal of Plant Sciences(159), 1010–1017.

Burghause, Frank o.J. *Pflanzenschutzmittel aus den Neem-Baum*. URL: http://www.dlr.rlp.de/Internet/global/themen.nsf/se_quick/A4AF1AA6227102D9C1256F38004EE738?OpenDocument [Stand 2016-05-27].

BVL o.J.a. A*gree WG 50*. URL: https://apps2.bvl.bund.de/psm/jsp/DatenBlatt.jsp?kennr=007638-00 [Stand 2016-05-27].

BVL o.J.b. *Naturalis*. URL: https://apps2.bvl.bund.de/psm/jsp/DatenBlatt.jsp?kennr=007198-00 [Stand 2016-05-27].

BVL o.J.c. *Neem Azal-T/S*. URL: https://apps2.bvl.bund.de/psm/jsp/DatenBlatt.jsp?kennr=024436-00 [Stand 2016-05-27].

BVL o.J.d. *Piretro Verde*. URL: https://apps2.bvl.bund.de/psm/jsp/DatenBlatt.jsp?kennr=006370-00 [Stand 2016-05-27].

BVL o.J.e. *Promanal Neu*. URL: https://apps2.bvl.bund.de/psm/jsp/DatenBlatt.jsp?kennr=024182-62 [Stand 2016-05-27].

BVL o.J.f. *PSM-Zulassungsbericht (Registration Report) Naturalis*. URL: http://www.bvl.bund.de/SharedDocs/Downloads/04_Pflanzenschutzmittel/01_zulassungsberichte/007198-00-00.pdf?__blob=publicationFile&v=2 [Stand 2016-05-27].

BVL o.J.g. *Spintor*. URL: https://apps2.bvl.bund.de/psm/jsp/DatenBlatt.jsp?kennr=005314-00 [Stand 2016-05-27].

BVL 2012. *PSM-Zulassungsbericht (Registration Report)*. URL: http://www.bvl.bund.de/SharedDocs/Downloads/04_Pflanzenschutzmittel/01_zulassungsberichte/005314-00-17.pdf?__blob=publicationFile&v=2 [Stand 2016-05-27].

BVL 2013. *Empfehlung der ZKBS zur Risikobewertung von Beauveria bassiana als Spender- oder Empfängerorganismus gemäß § 5 Absatz 1 GenTSV*. URL: http://www.bvl.bund.de/SharedDocs/Downloads/06_Gentechnik/ZKBS/01_Allgemeine_Stellungnahmen_deutsch/05_Pilze/Beauveria_bassiana.pdf?__blob=publicationFile&v=2 [Stand 2016-05-27].

BVL 2014. *Stellungnahme der ZKBS zum wissenschaftlichen Kenntnisstand zur Wirkung von Bt-Toxinen im Körper von Säugetieren*. URL: http://www.bvl.bund.de/SharedDocs/Downloads/06_Gentechnik/ZKBS/01_Allgemeine_Stellungnahmen_deutsch/01_allgemeine_Themen/Wirkung_Bt-Toxin.pdf?__blob=publicationFile&v=2 [Stand 2016-05-27].

BVL 2016. P*flanzenschutzmittelverzeichnis 2016: Teil 3 Weinbau*. 64. Aufl. URL: http://www.bvl.bund.de/SharedDocs/Downloads/04_Pflanzenschutzmittel/psm_verz_3.pdf?__blob=publicationFile [Stand 2016-05-27].

Cahenzli, F. & Daniel, Claudia 2016. *Different baits and bait amendments to attract Drosophila suzukii*. Bericht. Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL) URL: http://orgprints.org/29866/ Stand: 2016-05-27.

Calabria, G.; Máca; Bächli, G.; Serra, L; Pascual, M.. 2010. *First records of the potential pest species Drosophila suzukii (Diptera: Drosophilidae) in Europe*. Journal of Applied Entomology 136, 139–147.

Chabert, Stan; Allemand, R.; Poyet, M.; Eslin, P.; Gibert, P. 2012. *Ability of European parasitoids (Hymenoptera) to control a new invasive Asiatic pest, Drosophila suzukii.* Biological Control 63(1), 40–47.

Cini, A.; Anfora, Gianfranco; Escudero-Colomar, Lucía A.; Grassi; Alberto, Santosuosso, U.; Seljak, G.; Papini, A. 2014. *Tracking the invasion of the alien fruit pest Drosophila suzukii in Europe*. Journal of Pest Science 87(4), 559–566.

Cini, Alessandro; Ioriatti, Claudio; Anfora, Gianfranco 2012. *A review of the invasion of Drosophila suzukii in Europe and a draft research agenda for integrated pest management*. Bulletin of Insectology 65(1), 149–160.

Daniel, C.; Dierauer, Hansueli und Clerc, Maurice 2013a. *The potential of silicate rock dust to control pollen beetles (Meligethes spp.)*. IOBC-WPRS Bulletin(96), 47–55.

Daniel, C. & Dierauer, H. 2013. *Steinmehl zur Regulierung des Rapsglanzkäfers Meligethes spp:* 12. Wissenschaftstagung ökologischer Landbau, Freising-Weihenstephan, 296–299.

Daniel, C. & Wyss, E. 2010. *Field applications of Beauveria bassiana to control the European cherry fruit fly Rhagoletis cerasi.* Journal of Applied Entomology 134(9-10), 675–681. Online im Internet: URL: http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1439-0418.2009.01486.x/full [Stand 2016-05-27].

Daniel, Claudia 2012. *Drosophila suzukii: Situation im Weinbau*. Bioweinbautagung, Olten (CH), 07.03.2012. URL: http://orgprints.org/22581/1/2012_WeinbautagungDrosoDeutsch.pdf [Stand 2016-05-27].

Daniel, Claudia ; Schnieper, Suzanne; Baroffio, Catherine 2013b. D*ie Kirschessigfliege – ein neuer Schädling im Weichobstanbau*. Liebegger Tag der Spezialkulturen, Frick (CH), 31.05.2013. URL: http://orgprints.org/22828/ [Stand 2016-05-26].

Daniel, Claudia 2013. *Kirschessigfliege Drosophila suzukii: Ein neuer Schädling im Weichobstbau*. Frick (CH). URL: http://orgprints.org/22828/1/MerkblattDrosophila_druckvers.pdf [Stand 2016-05-27].

Daniel, Claudia 2014. *Rhagoletis cerasi: Oviposition Reduction Effects of Oil Products. Insects* 5(2), 319–331. Online im Internet: URL: http://www.mdpi.com/2075-4450/5/2/319/pdf [Stand 2016-05-27].

Daniel, Claudia; Matray, Silvia; Gallati, Philip. 2015a. *Bekämpfung von Drosophila suzukii in Reben: Versuchsbericht 2014*. URL: http://orgprints.org/28162/ [Stand 2016-05-27].

Daniel, Claudia; Matray, Silvia; Gallati, Philip; Tuchschmid, Andi. *Einfluss von stäubenden Substanzen auf die Vinifikation von Wein*. URL: http://orgprints.org/29158/ [Stand 2016-05-27].

Daniel, Claudia 2015. *Sortenanfälligkeit von interspezifischen Rebsorten für Drosophila suzukii*. URL: http://orgprints.org/28161/ [Stand 2016-05-27]

Daniel, Claudia 2016a. *Drosophila suzukii.* URL: http://www.bioaktuell.ch/de/pflanzenbau/obstbau/pflanzenschutz-obst/drosophila.html [Stand 2016-05-27].

Daniel, Claudia 2016b., persönliche Mitteilung, Forschungsinstitut für biologischen Landbau Frick (CH), 2016.

Daniel, Claudia 2016c., persönliche Mitteilung, Forschungsinstitut für biologischen Landbau Frick (CH), 2016.

Daniel, Claudia & Baroffio, Catherine 2012. *Die Kirschessigfliege - ein neuer Schädling im Weichobstanbau*. bioaktuell(5), 26–27.

Daniel, Claudia & Cahenzli, F. 2015. *Kaolin, Löschkalk und Klinospray gegen Drosophila suzukii im Rebbau*. URL: http://www.agroscope.admin.ch/baies/05590/08364/index.html?lang=de&download=NHzLpZeg7t,lnp6I0NTU042l2Z6ln1acy4Zn4Z2qZpnO2Yuq2Z6gpJCFfIR3f2ym162epYbg2c_JjKbNoKSn6A-- [Stand 2016-05-27].

Dederichs, Uwe 2014. *Kleine Fliege - großer Schaden*. Besseres Obst(6), 4–8.

DLR Rheinpfalz 2014. *Kellerwirtschaftlicher Informations-Service Nr.6*. URL: http://www.dlr.rlp.de/Internet/global/themen.nsf/Web_P_Aktuelles_XP/55F539D1C6FDB9CCC1257D4F0035BD41/$FILE/KIS%206%20Reifemessung,%20Leseaufruf,%20Rotweinbereitung.pdf [Stand 2016-05-27].

DLR Rheinpfalz 2015a. *Informationen über die Regelungen zum Einsatz von combi protec in Kombination mit SpinTor zur Kirschessigfliegenbekämpfung im Weinbau in Rheinland-Pfalz: Sonderaufruf Nr. 5 vom 07.08.2015*. URL: http://www.dlr-rheinpfalz.rlp.de/internet/global/themen.nsf/ALL/FCE2DEE387EBCEACC1257E9A0034CC03?OpenDocument [Stand 2016-05-27].

DLR Rheinpfalz 2015b. *Kirschessigfliege: Etwas später als 2014. Beratungsinformationen Kirschessigfliege (Auszug aus Rebschutzhinweisen 2015)*. URL: http://www.dlr-rheinpfalz.rlp.de/Internet/global/themen.nsf/7c7312e7401a695bc12571250029f3d2/099d8804b39bf1a7c1257e58003cda81?OpenDocument [2016-05-27].

DLR RLP 2015. *Rebschutz im Jahr zwei der Kirschessigfliege: Worauf es in Zukunft ankommt.* URL: http://www.dlr.rlp.de/internet/global/themen.nsf/ALL/D13D9CE0B5465EFFC1257DF600312390?OpenDocument [Stand 2016-05-27].

Dow AgroSciences o.J. *Spintor.* URL: http://www.dowagro.com/de-de/deutschland/produkte/insektizide/spintor [Stand 2016-05-27].

Dow AgroSciences 2001. *Spinosad: Technical Bulletin*. URL: http://www.parapro.com/documents/spinosad_technical_bulletin.pdf [Stand 2016-05-27].

Doye, Eric 2016. *Drosophila suzukii im Weinbau*: SÖL Bioweinberatertagung 03.-04.03.2016. St. Ulrich.

Ebeling, W. 1971. *Sorptive dusts for pest control*. Annual review of entomology 16, 123–158.

ECOVIN Bundesverband Ökologischer Weinbau e.V. 2015. *ECOVIN informiert April 2015: Informationen zur Kirschessigfliege - Strategien 2015*. URL: http://www.ecovin.de/sites/default/files/members/files/ecovin_informiert_april_2015_2.pdf [Stand 2016-05-27].

EFSA 2013. *Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance maltodextrin.* URL: http://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/scientific_output/files/main_documents/3007.pdf [Stand 2016-05-27].

Emiljanowicz, Lisa 2014. *Life History and Overwintering Survival of Drosophila suzukii (Diptera: Drosophilidae)*: Master-Thesis, University of Guelph (CA), 17–18. Online im Internet: URL: https://atrium.lib.uoguelph.ca/xmlui/bitstream/handle/10214/8448/Emiljanowicz_Lisa_201409_MSc.pdf?sequence=1 [Stand 2016-05-27].

e-nema o.J. *Produktinformation Naturalis.* URL: http://www.e-nema.de/assets/Uploads/Downloads/Infoblatt-Naturalis.pdf [Stand 2016-05-27].

Englert, Camilla; Herz, A.; Scheewe, P. 2015. *Kirschessigfliege: Gibt es Nützlinge?: Heimische Florfliege (Chrysoperla carnea) und Blumenwanze (Orius majusculus) als potenzielle Gegenspieler von Drosophila suzukii getestet*. Obstbau(4), 243–245.

Englert, Camilla & Herz, Annette 2016. *Native predators and parasitoids for biological regulation of Drosophila suzukii in Germany*. URL: http://www.ecofruit.net/2016/60_Englert_284bis285.pdf [Stand 2016-05-27].

EPPO 2010. *Drosophila suzukii (Diptera: Drosophilidae) Spotted wing drosophila: A pest from the EPPO Alert List.* URL: https://www.eppo.int/QUARANTINE/Alert_List/insects/Drosophila_suzukii_factsheet_12-2010.pdf] [Stand 2016-05-27].

EPPO 2013. *PM 7/115 (1) Drosophila suzukii*. EPPO Bulletin 43(3), 417–424.

EU Pesticide Databank 2013*. Maltodextrin*. URL: http://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/public/?event=activesubstance.detail&language=EN&selectedID=1528 [Stand 2016-05-27].

EU Pesticide Database o.J. URL: http://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/public/?event=homepage&language=EN [Stand 2016-05-27].

Europäische Kommission 2013. *Durchführungsverordnung (EU) Nr. 355/2013 der Kommission vom 18. April 2013 zur Genehmigung des Wirkstoffs Maltodextrin gemäß der Verordnung (EG) Nr. 1107/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln und zur Änderung des Anhangs der Durchführungsverordnung (EU) Nr. 540/2011 der Kommission Text von Bedeutung für den EWR.* URL: http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=celex%3A32013R0355 [Stand 2016-05-27].

Europäische Kommission 2015. *Verordnung (EU) 2015/603 der Kommission vom 13. April 2015 zur Änderung der Anhänge II, III und V der Verordnung (EG) Nr. 396/2005 des Europäischen Parlaments und des Rates hinsichtlich der Höchstgehalte an Rückständen von 2-Naphthyloxyessigsäure, Acetochlor, Chlorpikrin, Diflufenican, Flurprimidol, Flutolanil und Spinosad in oder auf*

bestimmten Erzeugnissen Text von Bedeutung für den EWR. URL: http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=uriserv%3AOJ.L_.2015.100.01.0010.01.DEU [Stand 2016-05-27].

Filipp, Martin; Johnen, S; Gross, S; Achathaler, L; Spornberger, A. 2015. *Regulierung der Kirschfruchtfliege im Bio-Kirschenanbau, Teil 1: Ein Einnetzen der Bäume reduziert den Befall*. Besseres Obst(2), 12–14.

Finnfeeds Finland Ltd. 2010. *Sicherheitsdatenblatt Greenstim*. URL: http://www.biofa-profi.de/de/sicherheitsdatenblaetter.html?file=files/content/Produkte/greenstim/greenstim.pdf [Stand 2016-05-27].

Fischer, Ulrich 2015. *Vermeidung und Reduzierung der flüchtigen Säure in Weinberg und Keller.* Neustadt/Weinstraße. URL: http://www.dlr-rheinpfalz.rlp.de/Internet/global/themen.nsf/ALL/EDF26BDB86732D99C1257DFE003D4346/$FILE/WBT2015Vortrag_Fischer.pdf [Stand 2016-05-27].

Fox, Rudolf 2000. *Förderung der Weinqualität durch sachgerechte Auslichtung der Traubenzone: Ergebnisse aus Versuchen*. Rebe & Wein(53), 248–251. Online im Internet: URL: http://www.lvwo-bw.de/pb/,Lde/669910?LISTPAGE=669634 [Stand 2016-05-27].

Fox, Rudolf & Nikfardjam, M*artin P. o.J. Licht oder Schatten besser?*: Aspekte zur Entblätterung der Traubenzone. URL: http://www.lvwo-bw.de/pb/,Lde/669954?LISTPAGE=669634 [Stand 2016-05-27].

Fox, Rudolf & Steinbrenner, Peter o.J. *Entblätterung: Ein wichtiger Beitrag zur Gesundhaltung der Trauben*. URL: http://www.lvwo-bw.de/pb/,Lde/669958?LISTPAGE=669634 [Stand 2016-05-27].

Fried, Arno 2015. *Kirschfruchtfliegen und Kirschessigfliege: nun drei "Problemfliegen" an Kirschen*. Obstbau(4), 233–235.

Frierich, Barbara; Beyer, Matthias; Detz, Christopher; Faber, Florian 2015. W*as kann Fruchtkalk?: Phytosanitäre Wirkung am Prüfstand.* Der Winzer(6), 13. Online im Internet: URL: https://www.livivo.de/doc/C952455691 [Stand 2016-05-27].

Gabarra, Rosa; Riudavets, Jordi; Rodríguez, Gustavo A.; Pujade-Villar, Juli; Arnó, Judit 2015. *Prospects for the biological control of Drosophila suzukii.* Biocontrol 60(3), 331–339.

Grassi, Alberto; Giongo, Lara; Palmieri, Luisa 2011. *Drosophila (Sophophora) suzukii (Matsumura), new pest of soft fruits in Trentino (North-Italy) and in Europe*, in Linder, Christian (Hg.): Proceedings of Workshop on Integrated Soft Fruit Production at Budapest (Hungary), 20-23 September, 2010. Montfavet: INRA Unité de pathologie végétale. (Bulletin OILB srop, 70), 121–128.

Hacker, Kathi & Scherbaum, Ellen 2012. R*ückstände von Pflanzenschutzmitteln in Tafeltrauben (Jan - Okt 2012)*. URL: http://www.ua-

bw.de/pub/beitrag.asp?subid=1&Thema_ID=5&ID=1639&Pdf=No [Stand 2016-05-27].

Hamby, Kelly A.; Hernández, Alejandro; Boundy-Mills, Kyrla; Zalom, Frank G. 2012. *Associations of Yeasts with Spotted-Wing Drosophila (Drosophila suzukii; Diptera: Drosophilidae) in Cherries and Raspberries*. Applied and Environmental Microbiology 78(14), 4869–4873.

Harzer, Uwe 2015. *Die Kirschessigfliege liebt milde Winter mit wenig Frost.* Besseres Obst(6), 4–6.

Häseli, Andi 2015. *Drosophila suzukii (Kirschessigfliege): Praxis und Forschung*: Bioweinbautagung 2015, 04.03.2015. Olten (CH).

Hauser, Martin 2011. *A historic account of the invasion of Drosophila suzukii (Matsumura) (Diptera: Drosophilidae) in the continental United States, with remarks on their identification*. Pest Management Science 67(11), 1352–1357.

Haye, T; Girod, P.; Cuthbertson, A.G.S.; Wang, X.G.; Daane, K.M.; Hoelmer, K.A.; Baroffio, C.; Zhang, J.P.; Desneux, N. 2016. *Current SWD IPM tactics and their practical implementation in fruit crops across different regions around the world*. Journal of Pest Science doi:10.1007/s10340-016-0737-8.

Henser, Ulrich 2015. *Abschlussbehandlung jetzt mit Topas gegen Echten Mehltau im Weinbau planen*. URL: https://www.syngenta.de/news/aktuelles-speku/abschlussbehandlung-jetzt-mit-topas-gegen-echten-mehltau-im-weinbau-planen [Stand 2016-05-27].

Hidayat, Yusup; Neil, Heather; Errol, Hassan 2013. *Repellency and oviposition deterrence effects of plant essential and vegetable oils against female Queensland fruit fly Bactrocera tryoni (Froggatt) (Diptera: Tephritidae)*. Australian Journal of Entomology 52(4), 379–386.

Hill, Georg K. 2015. *Rebschutz im Jahr zwei der Kirschessigfliege: Worauf es in Zukunft ankommt,* in DLR RLP (Hg.): Rebschutz im Jahr zwei der Kirschessigfliege: Worauf es in Zukunft ankommt, 24–29.

Hill, Georg K. & Spies, Sieghard 2015. *Die Kirschessigfliege - neue Herausforderung.* Das deutsche Weinmagazin(3), 16–21.

Hochstamm Suisse 2015. *Lösungsansätze zur Kirschenessigfliegenbekämpfung mit Löschkalk Ca(OH)2*. URL: http://www.hochstamm-suisse.ch/dms/Dokumente/Bericht_Loschkalk/Bericht_Lo%CC%88schkalk.pdf [Stand 2016-05-27].

Hoelmer, Kim A. 2013. *Update on Biological Control of Drosophila suzukii*. Bridgteon, NJ (USA). URL: http://www.northeastipm.org/neipm/assets/File/SWDWG/SWD-Biological-control-2013.pdf [Stand 2016-05-27].

Hofmann, Uwe & Köpfer, Paulin (Hg.) 2014. *Biologischer Weinbau*. Stuttgart: Ulmer.

Hönig, Petra 2015a. *Biologie der Kirschessigfliege: Drosophila suzukii. Nur gegen einen Schädling, den man kennt, kann man wirkungsvoll etwas tun*. URL:

https://www.lwg.bayern.de/mam/cms06/weinbau/dateien/2015_r_w_biologie_der_kirschessigfliege_mit_bildern_internet.pdf [Stand 2016-05-27].

Hönig, Petra 2015b. *Den Feind kennen, um ihn zu schlagen: Biologie der Kirschessigfliege*. Rebe & Wein(4), 20–23.

Hütter, Jörg 2016. persönliche Mitteilung, Demeter Deutschland e.V., April 2016.

Innerebner, Gerd & Zelger, Roland 2015. *Versuche zur Befallsregulierung der Kirschessigfliege im Weinbau*, in Südtiroler Beratungsring für Obst- und Weinbau, Obmann: Manuel Santer (Hg.): Schwerpunkt: KirschessigfliegeObstbau Weinbau, **52** (4), 128–131.

Insecticide Resistance Action Comittee 2009. *IRAC Susceptibility Test Method No 011.* URL: http://www.irac-online.org/content/uploads/method_011_v3_june09.pdf [Stand 2016-05-27].

IOBC Side Effect Database o.J. URL: https://www.iobc-wprs.org/ip_ipm/IOBC_Pesticide_Side_Effect_Database.html [Stand 2016-05-27].

Ioriatti, C.; Walton, V.; Dalton, D.; Anfora, G.; Grassi, A.; Maistri, S.; Mazzoni, V. 2015. *Drosophila suzukii (Diptera: Drosophilidae) and its Potential Impact to Wine Grapes During Harvest in Two Cool Climate Wine Grape Production Regions*. Journal of Economic Entomology 108(3), 1148–1155.

Junianto, Y. D. & Sri-Sukamto 1995. *The effect of temperature and relative humidity on germination, growth and sporulation of several isolates of Beauveria bassiana*. Pelita Perkebunan (Indonesia)(2), 64–75.

Kaiser, Laura; Schwizer, Thomas; Grünig, Marc; Kuske, Stefan 2015. *Physikalische Verfahren im Test*. URL: http://www.agroscope.admin.ch/baies/05590/08364/index.html?lang=de&download=NHzLpZeg7t,lnp6I0NTU042l2Z6ln1acy4Zn4Z2qZpnO2Yuq2Z6gpJCFfIR2fWym162epYbg2c_JjKbNoKSn6A-- [Stand 2016-05-27].

Kaiser-Alexnat, Renate 2016. *Bacillus thuringiensis: Grundlagen und Einsatz im biologischen und integrierten Pflanzenschutz*. 2. Auflage. Berlin: Neopubli.

Kasuya, Nazuki; Mitsui, Hideyuki; Ideo, Shinsuke; Watada, Masayoshi; Kimura, Masahito T. 2013. *Ecological, morphological and molecular studies on Ganaspis individuals (Hymenoptera: Figitidae) attacking Drosophila suzukii (Diptera: Drosophilidae)*. Applied Entomology and Zoology 48(1), 87–92.

Kauer, Randolf & Fader, Beate 2015. *Praxis des ökologischen Weinbaus*. 2. Aufl. Darmstadt: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL). (KTBL-Schrift, 506).

Kehrli, P. 2015a. *Kirschessigfliege: 2015 kein Problem im Rebberg.* Nyon (CH). URL: https://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwiw5N-puunMAhWIyRQKHadJAwgQFggjMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.agroscope.ch%2Faktuell%2F00198%2F04267%2F08513%2Findex.html%3Flang%3Dde%26download%3DNHzLpZig7t%2Clnp6I0NTU042l2Z6ln1acy4Zn4Z2qZ

pnO2Yuq2Z6gpJCFfIR8f2ym162dpYbUzd%2CGpd6emK2Oz9aGodetmqaN19XI2IdvoaCUZ%2Cs-&usg=AFQjCNH4SSG9hH5MzrC0L725gE6iLbt1-Q&bvm=bv.122448493,d.d24&cad=rja [Stand 2016-05-27].

Kehrli, Patrik; Kuske S., Baroffio C., Fischer S., Linder C., Richoz P., Samietz J. 2013. *Kirschessigfliege, neu in der Schweiz*. Schweizer Zeitschrift für Obst- und Weinbau(4), 8–12.

Kehrli, Patrik 2015b. *Die Kirschessigfliege im Schweizer Rebberg.* Bioweinbautagung, 04.03.2015, Olten (CH).

Kienzle, Jutta 2000. *Pyrethrum- und Neempräparate im ökologischen Obstbau*, in Kühne, Stefan (Hg.): Pflanzenschutz im ökologischen Landbau: Probleme und Lösungsansätze: Berichte aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft. Braunschweig, 28–36.

Kollman, Wynetta S. o.J. *Environmental Fate of Spinosad*. URL: http://www.cdpr.ca.gov/docs/emon/pubs/fatememo/spinosad_fate.pdf [Stand 2016-05-27].

Kompatscher, Simon 2015. Ki*rschessigfliege: Workshop: Strategien zum Umgang mit der Kirschessigfliege im Ökologischen Obst- und Weinbau*, 27.01.2015,. Augustenberg.

Koppert o.J. *Datenbank Nebenwirkungen*. URL: https://www.koppertbio.de/nebenwirkungen/ [Stand 2016-05-27].

Köppler, Kirsten 2015. *Aktueller Kenntnisstand und Bekämpfung Kirschessigfliege*. Obst & Garten(5), 178–181.

Köppler, Kirsten & Rauleder, Helmut 2015a. D*ie Kirschessifliege Drosophila suzukii.* Obstbau(4), 208.

Köppler, Kirsten & Rauleder, Helmut 2015b. *Kulturabhängiges Auftreten der Kirschessigfliege sowie Untersuchungen zum Befallsverlauf in obstbaulichen Kulturen*. Obstbau(4), 212–216.

Korunic, Zlatko 2013. *Diatomaceous earths: Natural insecticides.* Pesticidi i fitomedicina 28(2), 77–95.

Kühne, Stefan & Friedrich, Britta o.J.a. *Kieselgur, amorphe Diatomeenerde*. URL: http://oekologischerlandbau.jki.bund.de/index.php?menuid=44 [Stand 2016-05-27].

Kühne, Stefan & Friedrich, Britta o.J.b. *Paraffinö*l. URL: http://oekologischerlandbau.jki.bund.de/index.php?menuid=48 [Stand 2016-05-27].

Kühne, Stefan & Friedrich, Britta o.J.c. *Pyrethrine*. URL: http://oekologischerlandbau.jki.bund.de/index.php?menuid=50 [Stand 2016-05-27].

Kühne, Stefan & Friedrich, Britta o.J.d. *Quassia-Bitterholz*. URL: http://oekologischerlandbau.jki.bund.de/index.php?menuid=52 [Stand 2016-05-27].

Kühne, Stefan & Friedrich, Britta o.J.e. *Rapsöl*. URL: http://oekologischerlandbau.jki.bund.de/index.php?menuid=49&reporeid=41 [Stand 2016-05-27].

Kühne, Stefan & Friedrich, Britta o.J.f. *Spinosad*. URL: http://oekologischerlandbau.jki.bund.de/index.php?menuid=56 [Stand 2016-05-27].

Kühne, Stefan & Walter, Per-Olaf o.J. *Kaolin*. URL: http://oekologischerlandbau.jki.bund.de/index.php?menuid=72 [Stand 2016-05-27].

Kuske, Stefan et al. 2015. *Netze gegen die Kirschessigfliege*. Obstbau(4), 238–242.

Lahdenpeä, Marja-Leena 2005. *Greenstim/Bluestim in suppression of fruit cracking on sweet cheery: Infoletter*. URL: http://verdera.fi/index.php/download_file/view/304/204/ [Stand 2016-05-27].

Lambion, Jérôme & Klink, Morgane 2014. *Test de produits alternatifs sur Drosophila suzukii en culture de fraise biologique*. URL: http://orgprints.org/28238/6/Lambion_2013_%2328238_Report.pdf [Stand 2016-05-27].

Lee, Jana C.; Dalton, Daniel T.; Swoboda-Bhattarai, Katharine A.; Bruck, Denny J.; Burrack, Hannah J.; Strik, Bernadine C. 2011b. T*he susceptibility of small fruits and cherries to the spotted-wing drosophila, Drosophila suzukii*. Pest Management Science 67(11), 1358–1367.

Lentes, Eric 2015. V*erändert die Kirschessigfliege die Rotweinproduktion?*: Oenologischer Workshop - Qualitätsoptimierung bei Rotweinen, 21.05.2015. Bernkastel-Kues.

Lethmeyer, Christa 2015. J*etzt auch in Österreich: Explosionsartige Vermehrung der Kirschessigfliegen*. Besseres Obst(1), 6–7.

Lin, Qing-Cai; Zhai, Yi-Fan; Zhang, An-Sheng; Men, Xing-Yuan; Zhang, Xiao-Yan; Zalom, Frank G.; Zhou, Cheng-Gang; Yu, Yi 2014. *Comperative development times and laboratory life tables for Drosophila suzukii and Drosophila melanogaster (Diptera: Drosophilidae)*. Florida Entomologist 97(4), 1434–1442.

Linder, Christian et al. 2014. *Susceptibility of various grape cultivars to Drosophila suzukii and other vinegar flies*. IOBC-WPRS Bulletin(105), 219–224.

Louis, Friedrich; Kortekamp, Andreas; Ipach, Roland 2015. *Pflanzenschutz 2015:: Was Sie wissen sollten*. Der Deutsche Weinbau(6), 12–17.

Luttenberger, Gabriele 2014. *Die Kirschessigfliege: Der neue Feind der Obst- und Weinbauern*. Besseres Obst(10-11), 23–25.

Mattedi, Luisa 2015. *Und die Kirschessigfliege reiste mit*, in Südtiroler Beratungsring für Obst- und Weinbau, Obmann: Manuel Santer (Hg.): Schwerpunkt: KirschessigfliegeObstbau Weinbau, **52** (4), 109–111.

Mazzi, Dominique 2015. *Ökologisches Verständnis zur Erarbeitung von Bekmpfungslösungen*. Oeschberg. URL:

http://www.agroscope.admin.ch/baies/05590/08364/index.html?lang=de&download=NHzLpZeg7t,lnp6I0NTU042l2Z6ln1acy4Zn4Z2qZpnO2Yuq2Z6gpJCFfIN6gWym162epYbg2c_JjKbNoKSn6A-- [Stand 2016-05-27].

Mewis, I. & Ulrichs, Ch 2001. *Action of amorphous diatomaceous earth against different stages of the stored product pests Tribolium confusum, Tenebrio molitor, Sitophilus granarius and Plodia interpunctella*. Journal of Stored Products Research 37(2), 153–164.

Michalski, Britta 2000. *Auswirkungen von neem- und pyrethrinhaltigen Pflanzenschutzmitteln auf den Naturhaushalt*, in Kühne, Stefan (Hg.): Pflanzenschutz im ökologischen Landbau: Probleme und Lösungsansätze: Berichte aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft. Braunschweig, 54–61.

Milan, Neil F.; Kacsoh, Balint Z.; Schlenke, Todd A. 2012. *Alcohol consumption as self-medication against blood-borne parasites in the fruit fly. Current biology* : CB 22(6), 488–493.

Müller, Edgar 2016. *Die Ertragsphysiologie der Rebe - Stellschrauben für Ertrag, Traubenstruktur und Qualitätsparameter*. Bad Kreuznach. URL: http://www.dlr-rnh.rlp.de/Internet/global/themen.nsf/0/AD6A48805B8FC508C1256FEA002BA0E4?OpenDocument [Stand 2016-05-27].

Müller, Edgar & Walg, Oswald 2013. *Laubarbeiten im Weinbau*: 18 Tabellen. Stuttgart (Hohenheim): Ulmer.

Müller, Roland 2015. *Immer mehr Wissen über die KEF*. Schweizer Zeitschrift für Obst- und Weinbau(6), 21.

o.V. o.J. *Residue Decline and Efficacy Trials*. URL: http://oregonstate.edu/dept/NWREC/residue-decline-and-efficacy-trial [Stand 2016-05-27].

o.V. 2009. *Kurzinfo Arbeiten im Rebberg und Keller: Netze*. Schweizer Zeitschrift für Obst- und Weinbau(10), 12.

o.V. 2015a. *Beratungsinformationen Kirschessigfliege (Auszug aus Rebschutzhinweisen 2015*). URL: http://www.dlr-rheinpfalz.rlp.de/Internet/global/themen.nsf/7c7312e7401a695bc12571250029f3d2/099d8804b39bf1a7c1257e58003cda81?OpenDocument [Stand 2016-05-27].

o.V. 2015b. *Attraktiv: KEF fliegt auf Beta-Cyclocitral*. Der Deutsche Weinbau(7), 9.

Omya 2015a. *Technische Information - Heliosol*. URL: http://www.omya.com/AgroDocs/Heliosol.pdf [Stand 2016-05-27].

Omya 2015b. T*echnische Information - Majestik: Natürliches Insektizid auf Basis von Maltodextrin im Obst-, Beeren-, Gemüse- und Zierpflanzenbau*. URL: http://www.omya.com/AgroDocs/Majestik.pdf [Stand 2016-05-27].

Patzwahl, Wolfgang 2016. persönliche Mitteilung, Naturland, 20. April 2016.

Prior, Bernd 2015. *Erfahrungen aus Rheinhessen im schwierigen Jahr 2014*. Das deutsche Weinmagazin(10), 10–14.

Pullen, Carol 2014. *Prev-AM & Drosophila suzukii.* URL: http://www.abim.ch/fileadmin/abim/documents/presentations2014/6_Carol_Pullen_ABIM2014.pdf [Stand 2016-05-27].

Rauleder, Helmut; Köppler, Kirsten; Epp, Paul 2015. *Welche Früchte werden von Kirschessigfliegen befallen?: Untersuchungen zum Wirtspflanzenspektrum von Drosophila suzukii.* Obstbau(4), 220–225.

Regner, Ferdinand 2015. *Botrytis - unvermeidbar?*: 26. Internationaler Großriedenthaler Weinbautag, 16.02.2015. Großriedenthal.

Reiners, Eckhard 2016. persönliche Mitteilung, Bioland, 21. April 2016.

Richoz, *Pauline et al. 2013. Drosophila suzukii die spezifischen Erkennungsmerkmale.* URL: http://www.agroscope.admin.ch/publikationen/einzelpublikation/index.html?lang=de&aid=31661&pid=31299 [Stand 2016-05-27].

Riedle-Bauer, Monika 2015. *Gefahr Kirschessigfliege: Wichtige Aspekte und Maßnahmen für 2015*. Der Winzer(06), 17–19.

Rizki, M. T. 1957. *Alterations in the haemocyte population of Drosophila melanogaster*. Journal of Morphology 100(3), 437–458.

Rossi Stacconi, M. V.; Grassi, A.; Dalton, D.T.; Miller, B.; Ountar, M.; Loni, A.; Ioriatti, C.; Walton, V.M.; Anfora, G. 2013. *First field records of Pachycrepoideus vindemiae as a parasitoid of Drosophila suzukii in European and Oregon small fruit production areas. Entomologia* 1(1), 3.

Rota-Stabelli, Oma; Blaxter, Mark; Anfora, Gianfranco 2013. *Drosophila suzukii*. Current Biology 23(1), R8-R9.

Salt, George W. 1970. *The cellular defence reactions of insects*. Cambridge [England]: University Press. (Cambridge monographs in experimental biology, 16).

Schirra, Karl-Josef 2015. *Gezielt gegen die Kirschessigfliege vorgehen!* Der Deutsche Weinbau(12), 42.

Schirra, Karl-Josef & Alexander, Stefanie 2014. *Ein wachsames Auge auf die Kirschessigfliege!* Der Deutsche Weinbau(15), 34.

Schmutterer, Heinrich & Huber, Jürg (Hg.) 2005. *Natürliche Schädlingsbekämpfungsmittel*. Stuttgart: Ulmer.

Schneller, Harald 2009. *Naturstoffe im Pflanzenschutz.* Vortrag, Esslingen. URL: http://www.schule-bw.de/schularten/berufliche_schulen/berufsschule/gewerblich_technische_berufe/gartenbau/pdf_dateien/pflanzenschutz/pflanzenschutz_neu_09/naturstoffe_im_pflanzenschutz.pdf [Stand 2016-05-27].

Scholten, Hans 2010. *PREV-AM*. European Fruit Magazine(7), 28.

Shearer, Peter W. 2014. *Seasonal phenotypes of Drosophila suzukii*, in Escudero-Colomar, L. A. & Damos, Petros (Hg.): Working Group "Integrated Protection of Fruit Crops": Book of Abstracts of the Joint Meeting of the sub-Groups "Pome fruit arthropods" and "Stone fruits".

Sinn, Florian 2015. *Kirschessigfliege im Südtiroler Weinbau*: Erfahrungen über vier Jahre, in Schultz, Hans-Reiner & Stoll, Manfred (Hg.): Deutsches Weinbaujahrbuch 2016. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer, 60–68.

Sparagano, Olivier A. 2009. *Control of poultry mites (Dermanyssus)*. [Dordrecht]: Springer.

Stacconi, M. V.; Buffington, Matt; Daane, Kent M.; Dalton, Daniel T.; Grassi, Alberto; Kaçar, Gülay; Miller, Betsey; Miller, Jeffrey, C.; Baser, Nuray; Ioriatti, Claudio; Walton, Vaughn M.; Wiman, Nik G.; Wang, Xingeng; Anfora, Gianfranco 2015. *Host stage preference, efficacy and fecundity of parasitoids attacking Drosophila suzukii in newly invaded areas*. Biological Control 84, 28–35.

Steinbauer, Leonhard 2014. *Die Bekämpfung der Kirschessigfliege: Möglichkeiten und zu erwartende Rückstände.* URL: http://www.agrar.steiermark.at/cms/dokumente/11305322_13888112/3648937c/Perspektiven%202014-03%20Die%20Bek%C3%A4mpfung%20der%20Kirschessigfliege%20M%C3%B6glichkeiten%20und%20zu%20erwartende%20R%C3%BCckst%C3%A4nde.pdf [Stand 2016-05-27].

Stüssi, Sämi 2016. persönliche Mitteilung, Andermatt Biocontrol,17. Mai 2016.

Tam Tran o.J. *A review of Spinosad*. URL: http://www.bingeiagung.com/files/SPINOSAD2.pdf [Stand 2016-05-27].

Thoß, Hagen 2015. *Große Herausforderung Kirschessigfliege in der Schweiz: Keine Universallösung in Sicht, aber viele Maßnahmen möglich*. Besseres Obst(6), 7–10.

Tochen, S.; Woltz, J.M.; Dalton, D. T.; Lee, J.C.; Wiman, N.G.; Walton, V.M. 2016. *Humidity affects populations of Drosophila suzukii (Diptera: Drosophilidae) in blueberry*. Journal of Applied Entomology 140(1-2), 47–57.

Tochen, Samantha; Dalton, Daniel T.; Wiman, Nik; Hamm, Christopher; Shearer, Peter W.; Walton, Vaughn M. 2014. *Temperature-Related Development and Population Parameters for Drosophila suzukii (Diptera: Drosophilidae) on Cherry and Blueberry*. Environmental Entomology 43(2), 501–510.

Trautmann, Martin & Lehmberg, Lars 2015. *Bekämpfung der Kirschessigfliege in Brombeeranlagen: Erfahrungen aus der Region Bodensee*. Obstbau(4), 229–232.

Trifolio-M o.J. *Produktinformation Neem Azal-T/S*. URL: http://www.trifolio-m.de/portfolio/neemazal-ts/ [Stand 2016-05-27].

Ulrichs, Von C. & Mewis, I. 2000. *Behandlung von Reis mit Neem und Diatomeenerde zur Bekämpfung der vorratsschädlichen Coleopteren Sitophilus oryzae und Tribolium castaneum*. Journal of. Pest Science 73(2),

37–40. Online im Internet: URL: http://link.springer.com/content/pdf/10.1046%2Fj.1439-0280.2000.00037.x.pdf [Stand 2016-05-27].

Unipoint AG o.J. *Produktinformation Klinospray*. URL: http://www.klinospray.ch/pages/allgemeine-informationen.php [Stand 2016-05-27].

van Timmeren, Steven & Isaacs, Rufus 2013. *Control of spotted wing drosophila, Drosophila suzukii, by specific insecticides and by conventional and organic crop protection programs*. Crop Protection. 54, 126–133.

Vlach, Josh 2010. *Identifying Drosophila suzukii.* URL: http://whatcom.wsu.edu/ipm/swd/documents/IdentifyingDrosophilaSuzukii.pdf [Stand 2016-05-27].

Vogt, Heidrun o.J.a. *Themenportal: Kirschessigfliege. Herkunft und Verbreitung*. URL: http://drosophila.jki.bund.de/index.php?menuid=8 [Stand 2016-05-27].

Vogt, Heidrun o.J.b. *Themenportal: Kirschessigfliege. Insektizide*. URL: http://drosophila.jki.bund.de/index.php?menuid=20 [Stand 2016-05-27].

Vogt, Heidrun; Baufeld, Peter; Gross, Jürgen; Köppler, Kirsten; Hoffmann, Christoph 2012. *Drosophila suzukii: a new threat for the European fruit and grapevine*: *Report of an International Conference*, Trento, IT, 2011-12-02, in Backhaus, Georg F. (Hg.): Journal für Kulturpflanzen. Stuttgart: Eugen Ulmer. (64), 68–72. URL: http://www.journal-kulturpflanzen.de/artikel.dll/mitteilungen_Mjk0NzcxNQ.PDF [Stand 2016-05-27].

Vogt, Heidrun & Briem, F. 2015. *Die Kirschessigfliege - ein aktueller Überblick, in LVWO Weinsberg* (Hg.): Qualitätsproduktion durch nachhaltige Kulturverfahren, 58–61.

Vogt, Heidrun & Hoffmann, Christoph 2013. *Die Kirschessigfliege: Drosophila suzukii (Matsumura 1931)*. URL: http://drosophila.jki.bund.de/dokumente/upload/9c2b0_drosophila_suzukii.pdf [Stand 2016-05-27].

Vonlanthen, Olivier et al. 2015. *Situation de Drosophila suzukii dans les vignobles romands en 2015.* Changins. URL: http://www.agroscope.admin.ch/baies/05590/08364/index.html?lang=de&download=NHzLpZeg7t,lnp6I0NTU042l2Z6ln1acy4Zn4Z2qZpnO2Yuq2Z6gpJCFfIR2gGym162epYbg2c_JjKbNoKSn6A-- [Stand 2016-05-27].

Vonlanthen, Olivier & Kehrli, Patrik 2016. *Sommer- und Winterformen von Drosophila suzukii*. Schweizer Zeitschrift für Obst- und Weinbau(1), 6–9.

Walsh, D. B. et al. 2011. *Drosophila suzukii (Diptera: Drosophilidae): Invasive pest of ripening soft fruit expanding its geographic range and damage potential*. Journal of Integrated Pest Management 2, G1-G7.

WBI Freiburg o.J. *Hinweise zum Erkennen von Kirschessigfliegenbefall in Rebanlagen.* URL: https://mlr.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-

mlr/intern/bilder/Unsere_Themen/Landwirtschaft/Hinweise_zum_Erkennen_von_Kirschessigfliegenbefall_in_Rebanlagen.pdf [Stand 2016-05-27].

WBI Freiburg 2015. *Drosophila suzukii im Weinbau: Empfehlungen 2015*. URL: http://www.weinbauverband-wuerttemberg.de/DATA/FUER_MITGLIEDER/2015/Empfehlungen%20Kirschessigfliege%20im%20Weinbau%202015.pdf [Stand 2016-05-27].

WBI Freiburg & LVWO Weinsberg 2015. *Drosophila suzukii: Empfehlungen für 2015*: Ulmer Verlag.

Weihrauch, Florian; Schwarz, Johannes und Engelhard, Bernhard 2007. *Einsatz von Quassia zur Bekämpfung der Hopfenblattlaus Phorodon humuli in der Sonderkultur Hopfen*, in Kühne, Stefan (Hg.): Pflanzenschutz im ökologischen Landbau: Probleme und Lösungsansätze: Berichte aus der Biologischen Bundesanstalt fürr Land- und Forstwirtschaft: Eigenverlag, 53–60.

Westwood, Greg S.; Huang, Shih-Wen; Keyhani, Nemat O 2006. *Molecular and immunological characterization of allergens from the entomopathogenic fungus Beauveria bassiana. Clinical and molecular allergy 4*, 12. Online im Internet: URL: http://clinicalmolecularallergy.biomedcentral.com/articles/10.1186/1476-7961-4-12 [Stand 2016-05-27].

Wichura, Alexandra & Weber, Roland 2015. *Die (un)bekannte Kirschessigfliege: Drosophila suzukii: ein Überblick.* Mitteilungen des Obstbauversuchsringes 70(8), 275–286.

Wilbois, Klaus-Peter 2009. *Pflanzenschutz im Biologischen Landbau*. Braunschwein. URL: http://www.bvl.bund.de/SharedDocs/Downloads/07_Bundesamt/Veranstaltungen/symposium_2010_vortrag_wilbois.pdf?__blob=publicationFile&v=2 [Stand 2016-05-27].

Wurdack, Mareike 2015. D*ie Kirschessigfliege ist ein Feinschmecker*. Rebe & Wein(11), 20–21.

Wurdack, Mareike 2016. *Kirschessigfliege: Einfluss der Begrünung*. Rebe & Wein(3), 22–23.

Zhao, J.-Z. et al. 2002. *Monitoring and Characterization of Diamondback Moth (Lepidoptera: Plutellidae) Resistance to Spinosad*. Journal of Economic Entomology 95(2), 430–436.

Zimmermann, Gisbert 2007. *Review on safety of the entomopathogenic fungi Beauveria bassiana and Beauveria brongniartii.* Biocontrol Science and Technology 17(6), 553–596.

Zimmermann, Gisbert 2012. *Wirkung und Anwendungsmöglichkeiten ätherischer Öle im Pflanzenschutz: Eine Übersicht*. Journal of cultivated plants 64(1), 1–19.

Zuberer, E. 2015. *Populationskontrolle Kirschessigfliege: Fraß- Stimulanz- oder Köderverafahren. Funktion, Technik und Ergebnisse*. Breisach. URL:

https://www.landwirtschaft-bw.info/pb/site/lel/get/documents/MLR.LEL/PB5Documents/lrafr/Weinbau/Zuberer/Anwendungstechnik%20Combi%20Protec%20im%20Weinbau%20Vortrag.pdf [Stand 2016-05-27].