

Untersuchungen zur Lebensweise und zur
Populationskontrolle des Gemeinen Ohrwurms
Forficula auricularia L. (Insecta, Dermaptera)
in Rebanlagen

Dissertation
Zur Erlangung des Grades
Doktor der Naturwissenschaften

Am Fachbereich Biologie
Der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

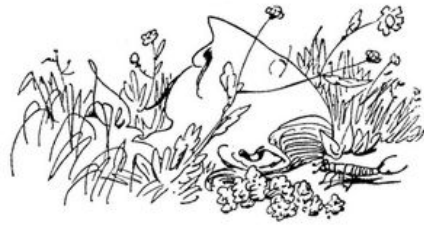
Claudia Dora Huth
geb. am 09.06.1977 in Zeitz

Mainz, 2011

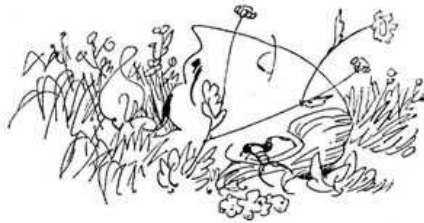
Tag der mündlichen Prüfung: 01.07.2011

DER OHRWURM (AUSZUG 6. KAPITEL)

W. BUSCH 1959



...Engherzig schleicht er durch das Moos,
Beseelt von dem Gedanken bloß,
Wo's dunkel sei und eng und hohl,
Denn da nur ist ihm pudelwohl.



Grad wie er wünscht und sehr gelegen
Blinkt ihm des Dichters Ohr entgegen.
In diesen wohlerwärmten Räumen,
So denkt er, kann ich selig träumen.
Doch wenn er glaubt, dass ihm hienieden
Noch weitre Wirksamkeit beschieden,
So irrt er sich. – Ein Winkelzug
Von Bählamms Bein, der fest genug,



Zerstört die Form, d.h. so ziemlich,
Die diesem Wurme eigentümlich,
Und seinem Dasein als Subjekt
Ist vorderhand ein Ziel gesteckt...

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Methoden	7
2.1 Auswahl und Charakteristik der Fangmethoden	8
2.2 Auswahl und Charakteristik der Dauermonitoring-Flächen	14
2.3 Erfassung biotischer und abiotischer Umweltfaktoren	19
2.4 Nestkartierung	25
2.5 Befallsregulation am Boden	26
2.5.1 Anhäufung von Bodensubstrat im Unterstockbereich	27
2.5.2 Kalkstickstoff PERLKA®	28
2.5.3 Insektenpathogene Nematoden: <i>Heterorhabditis bacteriophora</i>	28
2.5.4 Folienabdeckung in Gassenmitte	29
2.5.5 Mechanische Störung der Begrünung	30
2.5.6 Tiefengrubbern mit Umbrechen der Begrünung	31
2.5.7 Strohauflage in unbegrünter Gasse	32
2.6 Befallsregulation in der Laubwand	33
2.6.1 Insektizidvorversuche 2007	34
2.6.2 Insektizidversuche 2008	35
2.6.3 Insektizidversuche 2009	38
2.6.4 Repellentsubstanz 2-Methyl-1,4-benzochinon	40
2.6.5 Pflanzenstärkungsmittel ENVIREpel	42
2.6.6 Ausdünnung in der Laubwand mit dem Vollernter	43
2.6.7 Ein- und beidseitige Entlaubung der Traubenzone	43
2.6.8 Laubwandkalkung mit Hydrocal	44
2.6.9 Stammbehandlung mit Kaolin	45
2.6.10 Montage von Leimringen am Rebstamm	46
2.7 Zuchtmethoden	48
2.8 Laborversuche zur Befallsregulation	50
2.9 Versuche zur Übertragung von pilzlichen Pathogenen	55
2.9.1 Laborversuche	55
2.9.2 Freilandversuch	57
2.10 Fraßversuche	58
2.10.1 Laborversuch	58
2.10.2 Freilandversuch	59
2.11 Analytik	60
2.11.1 Gaschromatographie mit Massenspektrometrie	60
2.11.2 Analytische Trennverfahren	63
2.11.3 Substanzversuche mit Testweinen	67
2.12 Datenauswertung	68

3. Ergebnisse	72
3.1 Fangmethoden	72
3.2 Individuenverteilung in den Dauermonitoring-Flächen	80
3.2.1 Flächengruppierung der Dauermonitoring-Flächen	80
3.2.2 Einfluss der Rebsorten auf die Individuenverteilung	90
3.2.3 Einfluss von Traubeneigenschaften auf die Individuenverteilung	97
3.2.4 Einfluss der Bewirtschaftung auf die Individuenverteilung	102
3.2.5 Einfluss der Bodenarten auf die Individuenverteilung	109
3.2.6 Einfluss von Makro- und Mikroklima auf die Individuenverteilung	113
3.3 Nestkartierung	121
3.4 Entwicklungszyklus	129
3.5 Befallsregulation am Boden	134
3.5.1 Anhäufung von Bodensubstrat im Unterstockbereich	134
3.5.2 Kalkstickstoff PERLKA®	135
3.5.3 Insektenpathogene Nematoden: <i>Heterorhabditis bacteriophora</i>	138
3.5.4 Folienabdeckung in Gassenmitte	139
3.5.5 Mechanische Störung der Begrünung	142
3.5.6 Tiefengrubbern mit Umbrechen der Begrünung	146
3.5.7 Strohaufgabe in unbegrünter Gasse	148
3.6 Befallsregulation in der Laubwand	149
3.6.1 Insektizidvorversuche 2007	149
3.6.2 Insektizidversuche 2008	151
3.6.3 Insektizidversuche 2009	159
3.6.4 Repellentsubstanz 2-Methyl-1,4-benzochinon	168
3.6.5 Pflanzenstärkungsmittel ENVIRepel	170
3.6.6 Ausdünnung in der Laubwand mit dem Vollernter	171
3.6.7 Ein- und beidseitige Entlaubung der Traubenzone	171
3.6.8 Laubwandkalkung mit Hydrocal	174
3.6.9 Stammbehandlung mit Kaolin	176
3.6.10 Montage von Leimringen am Rebstamm	177
3.7 Zuchtmethoden	179
3.7.1 Verhaltens- und populationsbiologische Studien in der Zucht	179
3.7.2 Einfluss von Zuchtbehälter und Zuchtmedium auf die Zucht	181
3.8 Laborversuche zur Befallsregulation	187
3.9 Versuche zur Übertragung von pilzlichen Pathogenen	195
3.9.1 Laborversuche	195
3.9.2 Freilandversuche	198
3.10 Fraßversuche	199
3.10.1 Laborversuch	199
3.10.2 Freilandversuch	200
3.11 Analytik	201
3.11.1 Gaschromatographie mit Massenspektrometrie	201
3.11.2 Analytische Trennverfahren	202
3.11.3 Substanzversuche mit Testweinen	203
3.12. Schäden	209

4. Diskussion	211
4.1 Fangmethoden	211
4.2 Dauermonitoring	218
4.2.1 Phänologie	218
4.2.2 Rebstock- und Traubenbefall	225
4.2.3 Bewirtschaftungsmethode	229
4.2.4 Bodenart	235
4.2.5 Makro- und Mikroklima	237
4.3 Befallsregulation am Boden	242
4.3.1 Maßnahmen ohne befallsregulierende Wirkung	242
4.3.2 Maßnahmen mit befallsregulierender Wirkung	250
4.4 Befallsregulation in der Laubwand	254
4.4.1 Maßnahmen ohne befallsregulierende Wirkung	254
4.4.2 Maßnahmen mit befallsregulierender Wirkung	261
4.5 Schäden und Schadensschwellen	270
4.5.1 Ohrwurm-Fraß	270
4.5.2 Übertragung von pilzlichen Pathogenen durch Bewegungsaktivitäten	272
4.5.3 Übertragung von pilzlichen Pathogenen durch Kot	275
4.5.4 Sensorische Fehltöne im Wein	277
4.6 Zucht	283
5. Zusammenfassung	286
6. Summary	289
7. Literatur	292
8. Anhang	304

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

α	Signifikanzniveau, Irrtumswahrscheinlichkeit
§	Paragraph
%	Prozent
°C	Grad Celisus
μg	Mikrogramm
μL	Mikroliter
μm	Mikrometer
a	Ar (1 a = 100 m ²)
B1	hohe Bienengefährlichkeit
B4	keine Bienengefährlichkeit
BBCH-Skala	BBCH-Skala nach Lorenz et al. (1994) - Entwicklungsstadien der Weinrebe, (BBCH: Biologische B undesanstalt, B undessortenamt und CH emische Industrie)
BiVe-Wasser	zweifach entsalztes Wasser
BV	Bettvolumen: 1 Liter Spülwasser pro 1 Liter Ionenaustauscher
cm ²	Quadratzentimeter
g	Gramm
GC	Gaschromatographie
GCMS	Gaschromatographie mit gekoppelter Massenspektrometrie
h	Stunde
kg/a	Kilogramm pro Ar
L (l)	Liter
M	molare Masse
min	Minuten
ml	Milliliter
MS	Massenspektrometrie
mm	Millimeter
nm	Nanometer
p	p-Wert = Überschreitungswahrscheinlichkeit, Signifikanzwert
PflSchG	Pflanzenschutzgesetz
pg	Pikogramm
Scan No.	Scan Number
SIM	Single Ion Monitoring
TCH	Toluchinon (2-Methyl-1,4-benzochinon)
THCH	Tolhydrochinon (2-Methyl-1,4-hydrochinon)
U/min	Umdrehungen pro Minute
W/m ²	Watt pro Quadratmeter
WG	Wirkungsgrad

1. Einleitung

Aufgrund seines Namens, seiner kosmopolitischen Verbreitung und seines Auftretens als Kulturfolger zählt der Gemeine Ohrwurm (*Forficula auricularia* LINNAEUS 1758) wohl zu den bekanntesten der weltweit etwa 1800 rezenten Dermaptera-Arten (DETTNER & PETERS 1993, STEINMANN 1993). Von den in Deutschland vorkommenden acht Ohrwurm-Arten ist *F. auricularia* in vielen Lebensräumen hinsichtlich seiner Siedlungsdichte und Biomasse die dominierende Art (ELLENBERG et al. 1986, WALLASCHEK 1998, MATZKE 2000). Auffälligstes morphologisches Merkmal sind die paarigen Cerci am Abdomenende, die je nach Geschlecht verschieden geformt sind (STEINMANN 1993). Die Zangenglieder der Männchen sind auffällig horizontal gekrümmt und mit Basalzähnen bestückt, die der Weibchen sind weniger kräftig und nahezu gerade ausgebildet (STEINMANN 1993). Der Körper ist gestreckt, abgeplattet und einschließlich der Cerci kastanien- bis dunkelbraun gefärbt, die gelblichen bis hellbraunen Extremitäten setzen sich farblich vom Körper ab (STEINMANN 1993). Unter den braunen, verkürzten und sklerotisierten Elytren liegen die Hinterflügel, die kompliziert gefaltet sind und bis auf die gelboliven Flügelspitzen völlig unter den Elytren verborgen liegen (DETTNER & PETERS 1993, STEINMANN 1993). Die Körpergröße der Art schwankt zwischen 9 bis 20 mm (STEINMANN 1993).

Aufgrund der pantophagen Ernährungsweise des Gemeinen Ohrwurms treten temporäre Massenansammlungen weltweit in fast allen Kulturen auf (BEIER 1959, PHILLIPS 1981). Speziell im Obst-, Gemüse- und Weinanbau wird immer wieder kontrovers über die Einstufung von *F. auricularia* als nützlicher Räuber oder Schädling diskutiert (STELLWAAG 1928, BEIER 1959, PHILLIPS 1981, DETTNER & PETERS 1993, SCHIRRA & LOUIS 1995, SCHRUFFT et al. 1995, MOHR 2005, DAHLBENDER & HENSEL 2006, LAHUSEN et al. 2006, SCHIRRA 2007, WEGNER-KIß 2007, BREUER 2008, BRÜSSEL 2009, TAHER 2009).

Im Obstbau wird *F. auricularia* bis heute überwiegend zu den Nützlingen gezählt. Er vertilgt große Mengen der Apfelblutlaus (*Eriosoma lanigerum* HAUSMANN 1802), des Gemeinen Birnblattsaugers (*Cacopsylla pyri* LINNAEUS 1761) und verschiedenen Blattlausarten, wie zum Beispiel der Grünen Apfelblattlaus (*Aphis pomi* DEGEER 1773) (ASGARI 1966, CARROLL & HOYT 1984, NICHOLAS et al. 2005, SAUPHANOR et al. 1994, LAHUSEN et al. 2006). Aber auch Eier des Birnenblattsaugers, der Kommaschildlaus (*Lepidosaphes ulmi* LINNAEUS 1758) und des Apfelwicklers (*Cydia pomonella* LINNAEUS 1758) zählen zum Nahrungsspektrum des Gemeinen Ohrwurms (CHANT & MCLEOD 1952, GLEN 1975, PHILLIPS 1981, LAHUSEN et al. 2006). Dennoch treten bei hohen Populationsdichten und geringer Verfügbarkeit von tierischen Nahrungsressourcen Fraßschäden an Knospen, Frucht-, Staub- und Blütenblättern sowie reifen Früchten wie Erdbeeren, Tomaten, Pflaumen, Pfirsichen,

Aprikosen, Birnen und Äpfeln auf (FOX-WILSON 1942, BEIER 1959, PHILLIPS 1981, DAHLBENDER & HENSEL 2006). Neben Fraßschäden und der starken Verunreinigung von Früchten durch den Kot gilt der Ohrwurm im Obstbau als Lästling bei Pflege- und Erntemaßnahmen (PHILLIPS 1981, DAHLBENDER & HENSEL 2006) sowie als Überträger von phytopathogenen Pilzen (SCHLENZ 1927, CROXALL et al. 1951). Im Gemüseanbau wird *F. auricularia* durch das Anfressen von Blattspreiten verschiedener Kohllarten, Rhabarber, Salat, Zwiebeln und Zuckerrüben sowie durch das Benagen von Wurzeln wie Möhren, Sellerie und Kartoffeln eher als Schädling eingestuft (BEIER 1959, KÜTHE 1996). In pfälzischen Gemüsegeldern, die an Obstanlagen oder Grünstreifen angrenzen, wurden in neuester Zeit vermehrt Fraßschäden durch Ohrwürmer an Grünspargel, Sellerie und Chinakohl gemeldet (KREISELMAIER 2007).

Im deutschen Weinbau zählt der Gemeine Ohrwurm zu den natürlichen Antagonisten des Bekreuzten Traubenwicklers (*Lobesia botrana* DENIS & SCHIFFERMÜLLER 1775), des Einbindigen Traubenwicklers (*Eupoecilia ambiguella* HÜBNER 1796) und des Springwurmwicklers (*Sparganothis pilleriana* DENIS & SCHIFFERMÜLLER 1775), weil er Eier, Larven und Puppen dieser Rebschädlinge vertilgt (GESCHER 1905, STELLWAAG 1928, SCHIRRA & LOUIS 1995, MOHR 2005). Seit etwa 2005 wird in den Weinanbaugelieten Rheinhessen, Baden-Württemberg und vor allem in der Pfalz ein auffallender Populationsanstieg von *F. auricularia* beobachtet (MOHR 2005, WEGNER-KIß 2007, BREUER 2008, BRÜSSEL 2009, TAHER 2009). Da sich die Ohrwürmer massenhaft in den Trauben aufhalten und zur Lese samt ihrer Exkremente in großen Mengen ins Lesegut geraten, werden die Tiere von der weinbaulichen Praxis als sehr störend und qualitätsmindernd empfunden und ihre Einstufung als Nützling kritisch gesehen (SCHRUFT et al. 1995, WEGNER-KIß 2007, BREUER 2008, BRÜSSEL 2009, TAHER 2009).

Als Gründe für die starke Zunahme der Populationsdichten des Ohrwurms in pfälzischen Rebanlagen werden die Auswirkungen des globalen Klimawandels und des seit Ende 2003 in Deutschland geltenden Verbots von Phosphorsäureester-Insektiziden diskutiert. Da jedoch vor 2007 keine populationsbiologischen Langzeitstudien über *F. auricularia* in deutschen Rebflächen existieren, sind diese Aussagen hypothetisch. Insbesondere in den letzten zehn Jahren des 20. Jahrhunderts und in den bisherigen Jahren des 21. Jahrhunderts wurden in der Pfalz mildere Winter ohne beziehungsweise mit nur kurzzeitig auftretenden Bodenfrösten registriert (MUFV-RHEINLAND-PFALZ 2010). Ferner wurden in den Frühjahrsmonaten April und Mai oft hochsommerliche Temperaturen erreicht (MUFV-RHEINLAND-PFALZ 2010). Aufgrund der Klimaerwärmung hat sich vermutlich die Reproduktionsrate von *F. auricularia* stark erhöht, da weder Adulte und Eier im Winter, noch Larven im Frühjahr in den unterirdischen Nestern durch Bodenfröste beziehungsweise sehr niedrige

Bodentemperaturen abgetötet wurden. In diesem Zusammenhang weist SCHIRRA (2007) darauf hin, dass sich Rebschädlinge wie der Bekreuzte Traubenwickler, die Winden-Glasflügelzikade (*Hyalesthes obsoletus* SIGNORET 1865) und die Büffelzikade (*Stictocephala bisonia* KOPP & YONKE 1977) infolge der Klimaerwärmung in pfälzischen Rebanlagen etabliert haben und vermehrt fortpflanzen. Während der thermophile Bekreuzte Traubenwickler früher nur sehr selten eine vollständige dritte Generation gebildet hat, ist dies mittlerweile eher die Regel (SCHIRRA 2007). Infolge des Anwendungsverbots von Phosphorsäureester-Insektiziden wie Parathion-methyl im deutschen Weinbau seit November 2003 (DOYE 2006) wurde voraussichtlich ein Regulationsmechanismus für die Populationsdichte ausgeschaltet. In agrarökologischen Studien wurde mehrfach nachgewiesen, dass durch den Einsatz von Insektiziden die Artendiversität und die Abundanz epigäischer Arthropoden, wie zum Beispiel Carabidae, Staphylinidae, Araneae, reduziert werden können (CARCAMO et al. 1995, EKSCHEMITT et al. 1997, GEROWITT & WILDENHAYN 1997, EPSTEIN et al. 2000). Die starke Insektizidwirkung von Parathion-methyl auf *F. auricularia* in Rebanlagen wurde bereits von SCHRUFF et al. (1995) belegt. Auch in amerikanischen Apfelanlagen wurde die reduzierende Wirkung von Organophosphaten auf *F. auricularia* eindeutig nachgewiesen (EPSTEIN et al. 2000).

Die Massenansammlungen an Ohrwürmern im Rebstock, wie zum Beispiel in den Trauben, in eingerollten Blattspreiten, zwischen zusammenstoßenden Rebblättern oder Rebtrieben sowie in Metall- und Holzstickeln, sind nicht nur Folge des Populationsaufbaus sondern ergeben sich auch aus den artspezifischen Verhaltensweisen und Habitatansprüchen. Bei der Auswahl geeigneter Tagesrefugien spielen Verhaltensreflexe, artspezifische Raum- und Nahrungsressourcen, geeignete Klimabedingungen sowie der Schutz vor Prädatoren eine entscheidende Rolle (WEYRAUCH 1929, LAMB 1975). Da *F. auricularia* dämmerungs- und nachtaktiv ist (WEYRAUCH 1929), sucht das Insekt tagsüber am Rebstock die beschriebenen lichtgeschützten Tagesrefugien auf. Das Massenaufreten in den Versteckplätzen ist unter anderem auf die Aggregationspheromone und den Kontaktsinn zurückzuführen (WEYRAUCH 1929, WALKER et al. 1993). Die Thigmotaxis führt dazu, dass Ohrwürmer den unmittelbaren Kontakt zur Habitatumgebung und zu Artgenossen suchen (WEYRAUCH 1929). Deshalb bevorzugen sie engräumige Habitate mit hoher Raumheterogenität (Beier 1959, LAMB 1975). Zahlreiche Nahrungsquellen stehen dem Ohrwurm in der Laubwand des Rebstockes zur Verfügung: Eier, Larven und Puppen verschiedener Wickler-Arten, Blattläuse, Blütenpollen, Saft und Fruchtfleisch von Beeren, Konidien und Mycel von phytopathogenen Pilzen sowie abgestorbenes organisches Material (SCHIRRA & LOUIS 1995, MOHR, 2005, WEGNER-KIß 2007, BREUER 2008, BRÜSSEL 2009, TAHER 2009).

Aufgrund der starken Zunahme des Gemeinen Ohrwurms in pfälzischen Rebanlagen wurde von Mai 2007 bis April 2010 ein durch den Forschungsring des Deutschen Weinbaus finanziertes Projekt am Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Rheinpfalz in Neustadt an der Weinstraße durchgeführt. Im Rahmen der Forschungsarbeit wurden die in Abbildung 1 dargestellten Projektschwerpunkte bearbeitet.

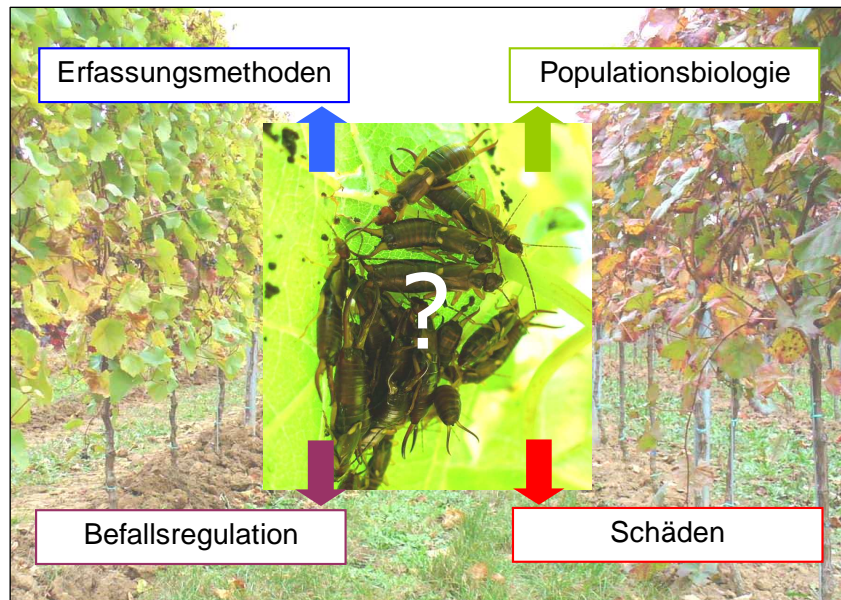


Abbildung 1: Schwerpunkte im FDW-Forschungsprojekt 2007 bis 2010.

Erfassungsmethoden

Eine wichtige Voraussetzung für die Untersuchungen zur Populationsbiologie und zur Befallsregulation war, geeignete Fangsysteme für *F. auricularia* einzusetzen beziehungsweise neu zu konzipieren. Der Ohrwurm sucht in Abhängigkeit von der jeweiligen Jahreszeit unter- und oberirdische Habitate auf (FULTON 1924, BEIER 1959, LAMB 1976a, 1976b, GOODACRE 1997). Während der Aktivitätsphase wird er in die Gruppe der mobilen Insekten eingeordnet (LAMB 1975). Zur Erfassung am Rebstock wurden bisher bewährte Fallentypen wie die Barberfalle (BARBER 1931) sowie neu entwickelte Fangeinheiten eingesetzt.

Populationsbiologie

Um den unmittelbaren Einfluss biotischer und abiotischer Umweltfaktoren auf die Populationsentwicklung und die Individuendichte von *F. auricularia* untersuchen zu können, wurden Dauermonitoring-Flächen in Gemarkungen von Neustadt, Leistadt und Kallstadt angelegt. Dabei gingen folgende Umweltparameter in die Auswertung ein: die Lufttemperatur, die relative Luftfeuchtigkeit, die Niederschlagsmenge, die Form der Bodenbewirtschaftung, die Begrünungsart, die Vegetationsdeckung, die Bodenart und die Rebsorte in Abhängigkeit von rebsortenspezifischen Merkmalen wie der Beblätterungsdichte,

der Traubenstruktur und -gesundheit. Die mikro- und makroklimatische Lufttemperatur und Luftfeuchte sowie die Niederschlagsmenge wurden in die Studien mit einbezogen, weil diese Klimafaktoren die Habitatwahl von *F. auricularia* maßgeblich beeinflussen (WEYRAUCH 1929, VAN HEERDT 1946, BEIER 1959, LAMB 1975). Des Weiteren gingen die Art und die Intensität der Bodenbewirtschaftung mit der daraus resultierenden Flächenbegrünung in die Untersuchung ein. Feldversuche mit epigäischen Arthropodengruppen haben belegt, dass sich die Siedlungsdichte mit abnehmender Bodenbewirtschaftung erhöhte (EKSCHMITT et al. 1997, GEROWITT & WILDENHAYN 1997, PERNER & MALT 2003). Als ein weiterer möglicher dichtesteuernder Umweltfaktor wurde die Bodenart in die Studien integriert, weil sich die Überwinterungs- und Brutphase von *F. auricularia* im Oberboden vollzieht (FULTON 1924, BEIER 1959, LAMB 1976a, 1976b, GOODACRE 1997) und die Bodenbeschaffenheit den artspezifischen Nestbau beeinflusst (BEIER 1959). Bei epigäischen Laufkäfer- und Spinnenarten wurde der Einfluss der Bodenart und der Bodenstruktur auf die unterirdisch stattfindende Ei- und Larvalentwicklung sowie auf die Artverbreitung schon mehrfach nachgewiesen (EISENBEIS & WICHARD 1985, EKSCHMITT et al. 1997, DUNGER 1998). Da die Individuendichte von *F. auricularia* am Rebstock von der Art der Belaubung, der Traubenstruktur sowie dem Gesundheitszustand der Trauben abhängig ist (SCHIRRA 2007, WEGNER KIB 2007), wurden diese Umweltfaktoren ebenfalls in die Studien aufgenommen.

In einem weiteren Schwerpunkt im Rahmen der populationsbiologischen Studien wurde der Entwicklungszyklus von *F. auricularia* speziell in Rebanlagen aufgeklärt. Obwohl der Ohrwurm zu den ortstreu Insekten zählt (LAMB 1975), war für Rebflächen bisher nicht bekannt, ob die Art die Weinberge zur Überwinterung und Eiablage verlässt und in die Randbereiche abwandert. Ferner sollte für den Einsatz von befallsregulierenden Maßnahmen die phänologische Abfolge in der Rebanlage bestimmt werden. Dazu wurden zusätzlich zum Dauermonitoring von Mai bis Oktober Zuchtversuche unter Laborbedingungen und umfangreiche Nestkartierungen von November bis April im Freiland durchgeführt.

Schäden

Um die Bedeutung von *F. auricularia* als Schädling im Weinbau einstufen zu können, wurden die durch den Ohrwurm verursachten Schäden beschrieben und daraus resultierende ökonomische Schadensschwellen quantifiziert. Da Pilzsporen und Pilzmycel zu den bevorzugten Nahrungskomponenten von *F. auricularia* zählen (BEALL 1932, DIMICK & MOTE 1934, CRUMB et al. 1941, BEIER 1959, SKUHRAVY 1960, PHILIPPS 1981) und die Art als Überträger von phytopathogenen Pilzen im Obstanbau bekannt ist (SCHLENZ 1927, CROXALL et al. 1951), wurde in Labor- und Feldversuchen überprüft, ob der Ohrwurm durch seine Bewegungsaktivitäten und seine Exkremente als Vektor von Pathogenen in Frage kommt.

Ferner wurde unter Labor- und Freilandbedingungen untersucht, ob Ohrwurmfraß nur an bereits vorgeschädigten Beeren auftritt oder ob das Tier wie von SCHIRRA (2007) beschrieben auch intakte Beeren öffnen kann. Aufgrund der massenhaft in den Trauben sitzenden Ohrwürmer und der dadurch bedingten Kotansammlungen stellte sich die Frage, inwieweit derartig kontaminierte Trauben die Weinqualität beeinflussen können. Frühere Studien von SCHRUFF et al. (1995) ergaben, dass im Wein Fehleraromen entstehen können, wenn große Mengen an Ohrwürmern ins Lesegut geraten. Die Autoren definierten die Fehleraromen jedoch nicht genau und führten auch keine analytischen Untersuchungen durch. Da *F. auricularia* über ein rauchig stinkendes Abwehrsekret verfügt (SCHILDKNECHT & WEISS 1960), lag die Vermutung nahe, dass sensorische Veränderungen im Wein auf sekretspezifische Stoffe zurückzuführen sind. Ein Hauptbestandteil des Abwehrsekretes ist die Substanz 2-Methyl-1,4-benzochinon (WALKER et al. 1993), die den gleichen rauchigen Geruch wie das Abwehrsekret aufweist. Deshalb konzentrierten sich die sensorischen und analytischen Studien auf Benzochinon und dessen Reaktionsprodukte.

Befallsregulation

In Bekämpfungsversuchen wurden zunächst Wirkstoffe getestet, die im deutschen Weinbau bereits gegen andere Schadinsekten eingesetzt werden. Ziel der Insektizidversuche war, der weinbaulichen Praxis über die Lückenindikation nach § 18a des Pflanzenschutzgesetzes in kürzester Zeit ein geeignetes Präparat mit hoher Insektizidwirkung zur Verfügung zu stellen. Ferner wurden zur Befallsregulation der L₄-Larven und Adulten in der Laubwand Repellentsubstanzen, Aufwanderungsbarrieren, sowie Entlaubungsmethoden getestet. Zur Bekämpfung der mobilen Stadien und der Eier im Bodenbereich wurden verschiedene Bodenbearbeitungsmaßnahmen getestet. Zusätzlich wurde die Wirkung von Kalkstickstoff und insektenpathogenen Nematoden und Pilzen auf *F. auricularia* überprüft.

2. Methoden

Zum besseren Textverständnis sind in Tabelle 1 häufig verwendete Fachbegriffe definiert.

Tabelle 1: Definitionen häufig verwendeter Fachbegriffe im Methodenteil nach MÜLLER et al. (2000) und MOHR (2005).

Begriff	Definition
Rebstock:	
Veredlungsstelle	Verbindungsstelle, an der das Edelreis mit der Unterlage verbunden ist
Kopfbereich	Bezeichnung für das oft kopfartige obere Ende des Rebstammes, aus dem die jungen Triebe abzweigen
Unterstockbereich	umfasst den gesamten Bodenbereich um den Rebstock
Laubwand, Laubwandbereich	erstreckt sich von Kopfbereich des Rebstockes bis zum Ende der Triebspitzen
Rebanlage:	
Gemarkung	zusammenhängende, aus mehreren Flurstücken bestehende Fläche
Rebzeile, Rebreihe	Reihe oder Zeile, in der die Rebstöcke gepflanzt sind
Gassen	begrünte oder unbegrünte Abschnitte zwischen den Rebzeilen
Stickel, Pfahl	Teil der Unterstützungseinrichtung für die Rebstockerziehung, Halterung für Drähte
Stickellänge	Längenabschnitt zwischen zwei Stickeln, der vier oder fünf Rebstöcke umfasst
Biegedraht, Gertdraht	erster Draht des Rebenerziehungssystems, an dem das Fruchtholz angebunden wird
Heftdraht	beweglicher Draht, in dem die Sommertriebe eingeklemmt werden
Rankdraht	fester Draht am oberen Teil der Pfähle zum Einklemmen der Triebspitzen
Bonitur, bonitieren	alle Beobachtungen und Arbeiten am Phänotyp einer Pflanze, wie zum Beispiel das Messen von Blattlängen oder das Zählen von auf der Pflanze lebenden Insekten
Begrünung:	
Begrünte Rebanlage	alle Gassen der Rebanlage sind dauerhaft begrünt
Alternierend begrünte Rebanlage	alternierender Wechsel von dauerhaft begrüntem und unbegrüntem Gassen in einer Rebanlage
Unbegrünte Rebanlage	alle Gassen der Rebanlage sind ohne Bewuchs
Dauerbegrünung	permanente Begrünung ohne Bodenbruch mit langjährigem Pflanzenbewuchs, der regelmäßig durch Mulchen eingekürzt wird
Winterbegrünung	temporäre Begrünung mit verschiedenen Einsaatmischungen während der Wintermonate

2.1 Auswahl und Charakteristik der Fangmethoden

Fallentypen

Zur Erfassung der auf der Bodenoberfläche aktiven Ohrwürmer wurden die seit Jahren in der Freilandökologie etablierten Bodenfallen nach BARBER (1931) verwendet, weil sie günstig in der Anschaffung und einfach zu installieren sind und zudem hohe Fangzahlen erzielen (EKSCHMITT et al. 1997). Solche „automatisch“ arbeitenden Fallen haben den Vorteil, dass sie während des Fangzeitraumes Tag und Nacht fängig sind und ein über verschiedene Wetterlagen integriertes Fangergebnis liefern (MÜHLENBERG 1993).





Für die Versuche wurden die Fallensysteme selbst hergestellt. Als Fanggefäße wurden stabile Trinkgläser (IKEA Deutschland GmbH & Co. KG, Niederlassung Mannheim) mit einem Öffnungsdurchmesser von 7 cm verwendet, die ebenerdig in den Boden eingelassen waren. Zur Verankerung der Fallen im Boden wurden 15 cm lange PVC-Hohlzylinder mit einem Öffnungsdurchmesser von 7 cm genutzt, die aus PVC-Wasserrohren (Hornbach Baumarkt AG, Wiesbaden) hergestellt wurden. Über den Fangbehältern wurden Metalldächer zum Schutz vor Niederschlägen und als Verdunstungsschutz für die Fangflüssigkeit installiert. Die verzinkten Stahldächer waren 15 cm lang und breit und 1 mm stark (Mathias Felsch Messing- und Edelstahlverarbeitung, Wiesbaden). Vor dem Einsatz wurden die Platten beidseitig eingeschnitten, so dass zwei biegsame Metallfüße entstanden. Die Fanggefäße waren zu einem Drittel (circa 80 ml) mit Fangflüssigkeit gefüllt, um die gefangenen Bodenarthropoden abzutöten und zu konservieren. Als Fangflüssigkeit diente Ethylenglykol in einer Konzentration von 50 % (neoLab Migge Laborbedarf-Vertriebs GmbH, Heidelberg), da diese Substanz ungiftig ist und keinerlei Lockwirkung auf Bodeninsekten hat (MÜHLENBERG 1993). In die Fangflüssigkeit wurde immer ein Tropfen Spülmittel zugegeben, um die Oberflächenspannung aufzulösen und damit das schnelle Absinken der in die Falle geratenen Bodenorganismen zu gewährleisten.

Für die Individuenerfassung in der Laubwand des Rebstockes wurden verschiedene Lebendfallentypen auf die Fängigkeit, die Materialbeständigkeit und das Handling im Freiland überprüft. In den Test wurden sowohl klassische Ohrwurm-Behausungen wie Tontöpfe und Pappfallen als auch zwei neue Fangsysteme integriert (Tabelle 2).

Umgedreht in den Baum aufgehängte Tontöpfe mit Holzwoll- oder Strohfüllung werden von *F. auricularia* als Tagesrefugium sehr gut angenommen und seit Jahren für die Ansiedlung der Insekten in Obstanlagen zur natürlichen Schädlingsbekämpfung eingesetzt beziehungsweise zur Bestandserfassung in Freilandversuchen verwendet (PHILLIPS 1981, LOHRER 2002, LAHUSEN et al. 2006). Für den Test wurden Tontöpfe mit 11 cm Innendurchmesser verwendet, in die eine Strohfüllung und eine Aufhängung eingearbeitet wurden. Alle Materialien wurden von der Abteilung Phytomedizin (DLR-Rheinpfalz) bezogen.

Pappzylinder aus zusammengerolltem Wellkarton (Rillenpapier), mit oder ohne PVC-Haube als Regenschutz, wurden ebenfalls sehr häufig als Lebendfalle in Freilandstudien genutzt (CRUMB et al. 1941, CHANT & MCLEOD 1952, LAMB & WELLINGTON 1974, BURNIP et al. 2002). Die im Projekt verwendeten Pappröhren erhielten zusätzlich eine Holzwollfüllung, um das Falleninnere heterogener und damit attraktiver für die Insekten zu gestalten. Auch DAHLBENDER & HENSEL (2006) erzielten mit Holzwolle versehenen Kunststoffröhren sehr hohe Fangraten in Weichobstanlagen: innerhalb von sieben Tagen siedelten sich in einer Röhre von 200 bis über 350 Ohrwürmer an. Die in den eigenen Versuchen eingesetzten Pappröhren waren wie die Bambusfallen cirka 19 cm lang, da in der Literatur keine Hinweise existieren, inwieweit die Fallenlänge Einfluss auf die Fängigkeit hat. Lediglich verschiedene Längenmaße, die zwischen 6 cm (BURNIP et al. 2002) und 30 cm (LAMB & WELLINGTON 1974) liegen, werden angegeben. Das zum Fallenbau benötigte Material wurde von der Abteilung Phytomedizin (DLR-Rheinpfalz) zur Verfügung gestellt.

Tabelle 2: Aufbau und Montage der getesteten Lebendfallentypen, Fotos: C. Huth 2007.

Blumentopf	Holzwollröhre	Bambusbündel	Eierpappe
			
<p>Material: Tontopf (ø 11cm) mit Stroh gefüllt u. einer Aufhängung versehen</p>	<p>Material: Wellpappe (20x20 cm) zu einer Röhre gerollt (ø 8 cm), mit Holzwolle gefüllt u. mit Folientüte* überzogen</p>	<p>Material: 3 Bambusstangen (ø 1 cm, Länge 19 cm) mit Bindendraht gebündelt</p>	<p>Material: 2 Eierpappen (20x20 cm) mit Holzwolle gefüllt u. mit Folientüte* überzogen (* Regenschutz)</p>

Neben den bekannten Ohrwurm-Behausungen wurden noch zwei neu konzipierte Lebendfallen im Test verwendet. Das von PHLIPPEN (2003) beidseitig offene und horizontal in Obstbäumen angebrachte Bambusrohrbündel wurde optimiert. Die Bambusrohre hatten nun nur noch eine Öffnung, die nach vertikaler Montage am Rebstamm nach unten zeigte. Die benötigten Bambusrohre wurden mit einer Bandsäge in cirka 19 cm lange Stücke geschnitten. Das Längenmaß ergab sich aus dem Internodienabstand, wodurch kein Materialverlust entstand. Die Zerteilung der Rohre fand direkt an den Nodien statt, so dass die Einzelröhren nur eine Öffnung aufwiesen. Dadurch entkamen die sehr agilen Ohrwürmer während der Fallenabnahme nicht und fielen direkt aus der unteren Öffnung in den Fangbeutel. Durch die verschlossene obere Öffnung war der Hohlraum der Röhren vor

Lichteinfall und Regen geschützt und stellte damit ein optimales Tagesrefugium für die Insekten dar. Für eine Bambusfalle wurden drei Einzelröhren mit einem Innendurchmesser von circa 1 cm zusammengefügt, um die Stabilität der Falle zu gewährleisten und den Insekten mehr Rückzugsräume anzubieten. Im ersten Versuchsjahr wurden die Einzelröhren am oberen und unteren Ende mit Bindendraht (Raiffeisen Agrarlager Neustadt-Lachen) zusammengebunden. Da diese Methode sehr zeitintensiv war und wöchentlich die Drähte erneuert oder wieder festgedreht werden mussten, wurde ab dem zweiten Versuchsjahr sehr temperaturbeständiger (-40 bis +60 °C) Heißkleber zum Zusammenkleben der Einzelröhren verwendet. Zum Auftragen des Heißklebers wurde die Klebepistole Modell „Bühnen“ (RETIF Floristik GmbH, Hainspitz) benutzt. Die zur Fallenherstellung benötigten Bambusrohre wurden von der Abteilung Gartenbau (DLR-Rheinpfalz) und vom Ebay-Online-Shop „Bambus etcetera“ als 2,70 m lange Tonkinrohre mit einem Außendurchmesser von circa 2,4 bis 2,6 cm und einem Innendurchmesser von circa 1 bis 2 cm bezogen.

Die Eierpappenfalle wurde ebenfalls für den Versuch neu entwickelt. Sie bestand aus zwei mit Draht zusammengefügten quadratischen Eierpappen (20 x 20 cm) zwischen denen sich Holzwolle befand. Als Regenschutz wurde eine PVC-Tüte über die Falle gestülpt. Die Eierpappen wurden in den Test integriert, weil durch die Ausstanzungen in der Pappe eine hohe Raumheterogenität für *F. auricularia* gegeben war. Das Fallenmaterial stellte die Abteilung Phytomedizin (DLR-Rheinpfalz) zur Verfügung.

Die vier Fallentypen wurden vor der Fangsaison 2007 auf ihre Fangeffektivität (absoluter und prozentualer Individuenanteil pro Fallentyp), das Handling (Montage und Leerung im Freiland) sowie die Fallenreinigung im Labor getestet. Der Vorversuch fand vom 29. Mai bis 1. Juni 2007 in 13 Rebzeilen einer Sortenmix-Anlage in Neustadt-Mußbach statt. Die vier Fallentypen wurden über die Rebzeile verteilt und an vier ausgewählten Rebstöcken im Kopfbereich des Rebstammes in folgenden Abständen angebracht: am Reihenanfang der Blumentopf, mittig die Holzwoollröhre und das Bambusrohrbündel und am Ende der Reihe die Eierpappe.

Fallentransekt

In den Versuchsflächen wurden zur Individuenerfassung entlang speziell ausgewählter Rebzeilen Fallentransekte angelegt, wo an ausgewählten Rebstöcken paarweise eine Barber- und eine Bambusfalle installiert wurden (Abbildung 2). Innerhalb eines Transektes wurden mindestens vier Fallenstandorte im Abstand von 20 m zueinander eingerichtet: ein Standort am Anfang und einer am Ende der Reihe, um eventuell auftretende Randeffekte mitzuerfassen, und zwei Standorte im Mittelbereich der Rebzeile, um die Populationsentwicklung im Zentralbereich des Habitats verfolgen zu können. Ein weiterer Grund für die große Fallendistanz ist die von LAMB (1975) beschriebene intraspezifische

Nahrungskonkurrenz der Art. Bei dauerhaft direkt benachbarten Versteckplätzen bewirkt sie eine „Überausbeutung“ der Nahrungsressourcen im Fallenumfeld und damit setzt eine rasche Abnahme der Fangzahlen ein (LAMB 1975). In den Untersuchungen zur Befallsregulation wurden wesentlich mehr Fallenstandorte angelegt, um die Stichprobengröße und damit die statistische Aussagekraft der Ergebnisse zu erhöhen. Bei unmittelbar nebeneinander liegenden Fallenstandorten wurde darauf geachtet, dass eine Mindestdistanz von 1 m gegeben war, damit der Fang der einen Falle nicht den potenziellen Fang der Nachbarfalle beeinflusst (MÜHLENBERG 1993).

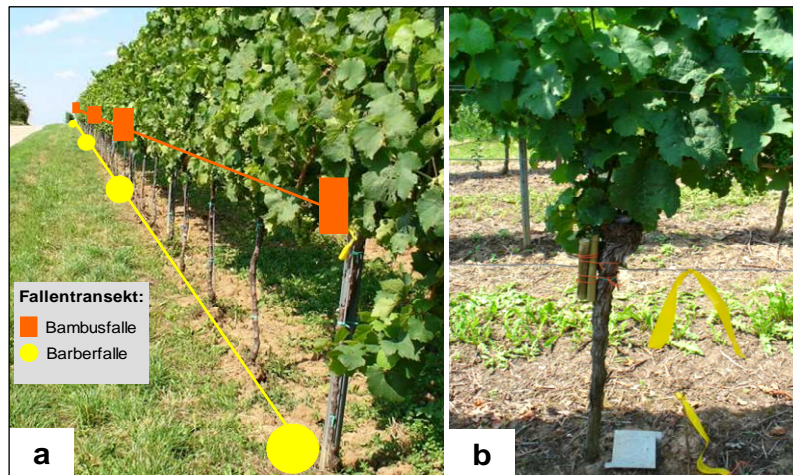


Abbildung 2: Anordnung der Barber- und Bambusfallen im Fallentransekt (a) und am Rebstock (b), Neustadt-Mußbach 2007, Fotos: C. Huth.

An einem Fallenstandort wurde die Barberfalle (Bodenfalle) unmittelbar neben der Veredlungsstelle des Rebstockes im Oberboden installiert. Am gleichen Rebstock wurde die Bambusfalle am Kopfbereich des Rebstammes vertikal mit zwei Bindedrähten montiert, so dass die Fallenmitte auf Höhe des Biegedrahtes verlief. Die Individuenfänge der Bodenfallen wurden direkt am Fallenstandort ausgezählt. Dazu wurde der Inhalt der Fanggläser in eine Petrischale entleert und die Ohrwurmfänge ausgewertet. Die Bambusfallen wurden in Folientüten von 47 cm Länge und 29 cm Breite (Klojer GmbH, Weisenheim am Berg) verpackt und im Labor ausgewertet. Vor dem erneuten Anbringen wurden die Fangröhren der Bambusfallen mit einer Spülmittellösung ausgebürstet und mit unbehandeltem Wasser nachgespült, um den Ohrwurm-Kot zu entfernen. Da WALKER et al. (1993) in den Exkrementen das Aggregationspheromon nachgewiesen haben, wurde der Kot aus dem Fangsystem entfernt, damit zu Fangbeginn keine Lockwirkung von der Falle ausging und damit der zufällige Fang garantiert war.

Das Fangintervall betrug für alle Fallentypen sieben Tage. Der siebentägige Fangzeitraum wurde in erster Linie gewählt, um die weinbauliche Praxis in kurzen Zeitabständen über sortenspezifische Befallsdichten zu informieren. Zweitens konnte bereits PHILLIPS (1981) in Freilandstudien mit *F. auricularia* zeigen, dass die Fangzahlen in den ersten sieben Tagen der Fallenmontage stark anstiegen und teilweise auch signifikant zunahm, so dass schon

nach sieben Tagen ein hoher Fangenerfolg gewährleistet war. Ferner stellte PHILLIPS (1981) fest, dass sich die Fangzahlen nach sieben Tagen nicht mehr erhöhten. Nach Entleerung der Bodenfallen und Entnahme der Bambusfallen fand die folgenden sieben Tage am Fallenstandort keine Individuenerfassung statt, um die intraspezifische Nahrungskonkurrenz zu minimieren und einen möglichen Wegfangeffekt zu vermeiden, der durch die aufeinanderfolgende Entnahme von Individuen entsteht und die Fangzahlen reduziert (MÜHLENBERG 1993). Beispielsweise konnte PHILLIPS (1981) bei Populationsstudien mit *F. auricularia* nachweisen, dass sich die Fangzahlen in einer Falle signifikant verringerten, wenn diese vier Wochen hintereinander zur Individuenerfassung eingesetzt wurde. Dieses Ergebnis lässt sich mit den Erkenntnissen von LAMB (1975) begründen, der die Abnahme der Fangzahlen auf das Aufzehren aller Futterressourcen im Fallenumfeld und der daraus entstehenden intraspezifischen Nahrungskonkurrenz zurückführt.

Die mit Bambusfallen erfassten Ohrwürmer wurden im Labor mit der jeweiligen Fangeinheit bei einer Temperatur von -38 °C und einer Gefrierdauer von mindestens sechs Stunden eingefroren und abgetötet. Eine im Vorfeld getestete Temperatur von -18 °C und ein kürzerer Gefrierzeitraum reichten nicht aus, um die Ohrwürmer in den Bambusröhren zuverlässig abzutöten. Im Anschluss daran wurden die Insekten anhand der Bestimmungsliteratur von STEINMANN (1993) auf Artniveau bestimmt, die flächenspezifischen Individuenzahlen sowie das Geschlechterverhältnis ermittelt und die Insekten nach Juvenil- und Adultstadien getrennt. Die Bodenfallenfänge wurden nach dem gleichen Schema aufgearbeitet. Aufgrund der problemlosen Art- und Geschlechtsbestimmung erfolgte die quantitative und qualitative Probenauswertung nach jedem Fangintervall.

Die Fallentypen und der Fallenaufbau wurden in den drei Versuchsjahren analog gewählt, um die im Dauermonitoring ermittelten Fangzahlen der Jahre 2007, 2008 und 2009 vergleichen zu können und das Versuchsdesign bei den Versuchen zur Befallsregulation einheitlich und damit vergleichbar zu gestalten. Nur in sehr wenigen Ausnahmefällen, wie zum Beispiel bei sehr kurzfristig angelegten Versuchen und Fallenmangel, wurden Eierpappenfallen zur Individuenerfassung in der Laubwand eingesetzt.

Fallenfängigkeit

Um die Fängigkeit der Bambusfallen zu überprüfen, wurden 2007 zwei Versuche in einer Sortenmix-Anlage in Neustadt-Mußbach durchgeführt. Der erste Versuch fand am 7. August vor dem Traubenschluss (BBCH 77) in allen 13 Versuchsreihen der Rebanlage statt. Dabei wurden die Fangzahlen der Bambusfallen, die sieben Tage in der Laubwand montiert waren, mit der Anzahl der im Rebstock siedelnden Ohrwürmer verglichen. Um die im Rebstock verbliebenen Individuen zu erfassen, wurde der Stock nach Demontage der Bambusfalle

dreimal kräftig geschüttelt und die abgefallenen Ohrwürmer in einer weißen Wanne im Unterstockbereich aufgefangen und gezählt.

Der zweite Versuch fand vom 28. August bis 4. September, drei Wochen vor der Lese, in der Reihe 1 (Sorte: Riesling) der Sortenmix-Anlage statt. Anhand der Untersuchung sollte die Fängigkeit der Bambusfallen bei einer dichtbeerigen Sorte kurz vor der Lese überprüft und festgestellt werden, wie viele Bambusfallen pro Rebstock nötig sind, um alle in der Laubwand siedelnden Ohrwürmer zu erfassen. Für diesen Versuch wurden vier Riesling-Stöcke ausgewählt, die eine vergleichbare Wuchsform und Traubenanzahl aufwiesen. An diesen Rebstöcken wurden ein bis drei Bambusfallen am Rebstamm montiert. Nach sieben Tagen wurden die Bambusfallen zur Auswertung von den Rebstämmen entfernt und gleichzeitig alle Trauben der Rebstöcke abgeschnitten, pro Stock in Tüten verpackt und im Labor ausgewertet. Nach dem Einfrieren der Fangeinheiten und Trauben wurde stockspezifisch die Fallenindividuenzahl mit der Traubenindividuenzahl verglichen.

Rotationsfallen

Um über das erste Versuchsjahr hinausgehend potenzielle Wegfangeffekte der Fallen zu überprüfen, wurde ab dem zweiten Versuchsjahr jeder Fallentransekt der Dauermonitoring-Flächen mit einer fünften Bambusfalle in der Laubwand ergänzt. Diese Falle wechselte von Fangintervall zu Fangintervall ihren Standort und wurde an Rebstöcken angebracht, die im Vorjahr noch nicht befangen wurden und mindestens vier Rebstöcke (2008) bis maximal acht Rebstöcke (2009) vom Dauerstandort entfernt lagen. Aufgrund des rotierenden Standortwechsels wurde diese Falle als Rotationsfalle bezeichnet. Das Montageschema dieser Falle ist in Abbildung 3 dargestellt.

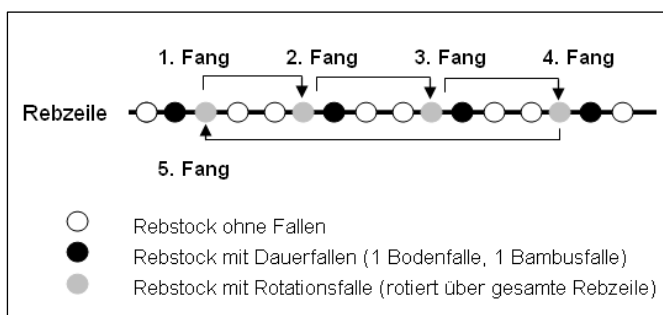


Abbildung 3: Prinzip der Fallenmontage der Rotationsfalle in den Dauermonitoring-Flächen.

Bodenphotoelektrot zur Ermittlung der Larvenaktivität

Mit Bodenphotoektoren wurden phänologische Daten, wie zum Beispiel die Bestimmung des Aufwanderungszeitpunktes der L₄-Larven vom Oberbodenbereich zur Erdoberfläche ermittelt. Bodenphotoektoren fangen alle Bodenarthropoden, die sich in der umgrenzten Fläche des Ektors aufhalten und positiv Fototaktisch reagieren, d.h. nach oben zur einfallenden Lichtquelle wandern (MÜHLENBERG 1993). Das Tageslicht dringt nur durch die

Öffnung der Fangdose ins Eklektorinnere ein, so dass die zum Licht wandernden Insekten direkt in die Fangdose mit der Fangflüssigkeit geraten und dadurch abgetötet und konserviert werden (MÜHLENBERG 1993).

Die verwendeten Bodenphotoeektoren wurden aus dem abgeschlossenen Forschungsprojekt „Untersuchungen zur Bedeutung und Lebensweise phytophager Thripse in Rebanlagen“ (WIPFLER 2006) übernommen (Abbildung 4). Die Eklektoren bestanden aus einem auf den Kopf gestellten Kunststoff-Trichter (Innendurchmesser 30 cm), der durch außen aufgetragenen schwarzen Sprühlack lichtundurchlässig wurde. Auf der Innenseite wurde mit Sprühkleber und Sand eine raue Oberfläche geschaffen, die den Ohrwurmlarven das Hinaufklettern erleichtern sollte. Die Kopfdose, die die Fangflüssigkeit (Ethylenglykol in einer Konzentration von 50 %) enthielt, wurde aus einer 2-Liter-Kunststoffdose gefertigt, aus der der Boden herausgeschnitten wurde. Die Dose wurde mit der Schraubdeckelöffnung auf den Trichter gesetzt und mit Silikon befestigt und abgedichtet. In die Unterseite der Dose wurde zuvor eine Öffnung für einen Schlauch gebohrt, mit dem die Fangflüssigkeit in ein Sammelgefäß abgelassen werden konnte. Die Fangdosen wurden mit abnehmbaren und dicht sitzenden Deckeln aus Kunststoffpetrischalen (Durchmesser 13,5 cm) verschlossen und mit Silikon abgedichtet. Zwei Eklektoren wurden von 30. April bis 7. Juli 2008 in der neunten Rebzeile (Sorte: Reberger) der Sortenmix-Anlage in Neustadt-Mußbach installiert.

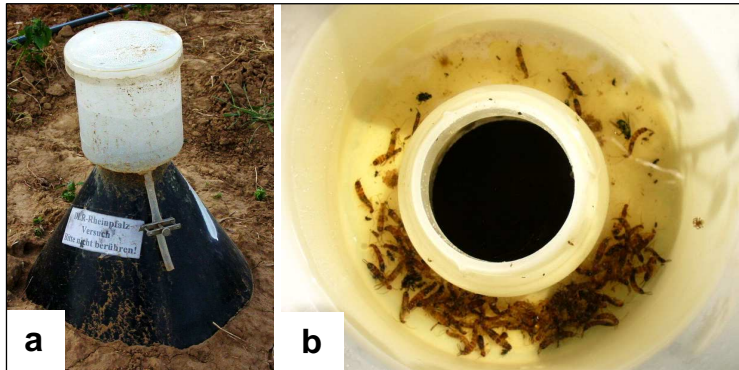


Abbildung 4: Bodenphotoeektor zum Nachweis aufwandernder L₄-Larven von *F. auricularia* im Boden mit Aufbau (a) und Wochenfang mit L₄-Larven (b), Neustadt-Mußbach 2008, Fotos: R. Wipfler, C. Huth.

2.2 Auswahl und Charakteristik der Dauermonitoring-Flächen

Ein Projektschwerpunkt in den Versuchsjahren 2007, 2008 und 2009 war das Dauermonitoring in ausgewählten Rebanlagen von Neustadt-Mußbach, Leistadt und Kallstadt. Primäres Ziel des Dauermonitorings waren phänologische Untersuchungen zur räumlichen und zeitlichen Individuenverteilung während der Vegetationsperiode von Mai bis Oktober sowie die Ermittlung von biotischen und abiotischen Umweltfaktoren, welche einen direkten Einfluss auf die räumliche und zeitliche Populationsentwicklung hatten. Des Weiteren sollte anhand der mehrjährigen Daueruntersuchungen geklärt werden, ob flächenspezifische Unterschiede in der Populationsentwicklung über drei Jahre, wie zum

Beispiel Populationswachstum und -rückgang oder jahresabhängige Populationsschwankungen, bestehen.

Die Dauermonitoring-Flächen wurden nach Rebsorte, Bewirtschaftungsmethode und Bodenart ausgewählt. Diese Kriterien sind in Tabelle 3 für alle Dauermonitoring-Flächen im Überblick dargestellt. Zusätzlich sind für jede Fläche der Beginn und das Ende des Monitorings sowie die in dem Versuch verwendete Fallenanzahl tabellarisch aufgeführt. Ergänzend sind im Anhang die schematischen Flächenpläne mit den Fallentransekten aufgeführt (Anhang: Abbildung 2 bis 11, Tabelle 3).

Tabelle 3: Überblick zu den Dauermonitoring-Versuchen 2007 bis 2009;

Abkürzungen: UB = unbegrünte Rebanlage, AB = alternierend begrünte Rebanlage, BB = begrünte Rebanlage, SL = sandiger Lehm Boden, LS = lehmiger Sandboden, BO = Bodenfalle, BA = Bambusfalle, RF = Rotationsfalle, KW = konventionelle Bewirtschaftung, KUW = kontrolliert umweltschonende Bewirtschaftung, BW = biologische Bewirtschaftung.

Versuchsziel	Rebsorte / Fläche / Ort / Charakteristik	Fallenanzahl	Beginn	Ende
Populationsbiologie (Anhang: Abbildung 2)	Riesling / 1458 m ² / Kallstadt / BB, SL, KW,	8 (4 BO / 4 BA) 1 RF seit 2008	22.05.07 02.06.08 05.06.09	16.10.07 16.10.08 12.10.09
Populationsbiologie (Anhang: Abbildung 3)	Riesling / 900 m ² / Kallstadt / AB, SL, KW	8 (4 BO / 4 BA) 1 RF seit 2008	22.05.07 02.06.08 05.06.09	16.10.07 16.10.08 12.10.09
Populationsbiologie (Anhang: Abbildung 4)	Riesling / 2300 m ² / Kallstadt / UB, LS, KW	8 (4 BO / 4 BA) 1 RF seit 2008	22.05.07 02.06.08 05.06.09	16.10.07 16.10.08 12.10.09
Populationsbiologie (Anhang: Abbildung 5)	Portugieser / 700 m ² / Leistadt / UB, AB, LS, KW	8 (4 BO / 4 BA) 1 RF seit 2008	22.05.07 02.06.08 05.06.09	16.10.07 16.10.08 12.10.09
Populationsbiologie (Anhang: Abbildung 6)	Silvaner / 500 m ² / Neustadt-Mußbach / UB, AB, LS, KW	8 (4 BO / 4 BA) 1 RF seit 2008	22.05.07 02.06.08 05.06.09	16.10.07 16.10.08 12.10.09
Populationsbiologie (Anhang: Abbildung 7)	Schwarzriesling / 1000 m ² / Neustadt-Mußbach / AB, LS, KW	8 (4 BO / 4 BA) 1 RF seit 2009	16.06.08 22.06.09	16.10.08 27.07.09
Populationsbiologie (Anhang: Abbildung 8)	Sortenmix / 800 m ² / Neustadt-Mußbach / AB, SL, KUW	104 (52 BO / 52 BA) 13 RF seit 2008	22.05.07 02.06.08 05.06.09	16.10.07 16.10.08 12.10.09
Populationsbiologie (Anhang: Abbildung 9)	Riesling / 1400 m ² / Neustadt-Mußbach / AB, SL, BW	8 (4 BO / 4 BA)	16.06.08	16.10.08
Populationsbiologie (Anhang: Abbildung 10)	Riesling / 600 m ² / Neustadt-Mußbach / UB (Junganlage), SL, BW	8 (4 BO / 4 BA)	16.06.08	16.10.08
Populationsbiologie (Anhang: Abbildung 11)	Riesling / 430 m ² / Neustadt-Mußbach / AB, LS, BW	8 (4 BO / 4 BA)	16.06.08	16.10.08

Rebsorte

Erstes Auswahlkriterium war die Rebsorte, da Fachleute und zahlreiche pfälzische Weinbaubetriebe seit etwa 2005 einen starken Ohrwurmbefall in kompakten Trauben, wie zum Beispiel Riesling, feststellten. Demzufolge wurden Rebanlagen mit dicht- und lockerbeerigen Rebsorten für das Monitoring ausgewählt, um die Befallsdichten dieser Sorten während der Traubenreife und vor der Traubenlese zu bestimmen und zu

vergleichen. Die für das Monitoring ausgewählten Rebsorten sind in der Tabelle 4 dargestellt und charakterisiert.

Die Sortenmix-Anlage „Mußbacher Glockenzehnt“ wurde für den Sortenvergleich hinsichtlich der Befallsdichte von *F. auricularia* ausgewählt, weil hier 24 verschiedene Sorten reihenweise nebeneinander angebaut wurden und dadurch alle auf die Fläche einwirkenden biotischen und abiotischen Umweltfaktoren ähnlich waren. Des Weiteren wurden 2006 innerhalb der gesamten Anlage sehr hohe Befallsdichten registriert.

Tabelle 4: Überblick und Charakteristik der Rebsorten nach AMBROSI et al. 1998 in den Versuchsfeldern Neustadt-Mußbach, Leistadt und Kallstadt.

Sorte	Traubenstruktur	Trauben- größe	Reife- termin	Versuchs- fläche
RIESLING ▪ Weißweinsorte	dichtbeerig, kompakt, geschultert	klein bis mittelgroß	mittelreif spätreif	Neustadt-Mußbach Leistadt, Kallstadt
HELIOS ▪ Weißweinsorte	lockerbeerig, nicht geschultert	mittelgroß bis groß	frühreif	Neustadt-Mußbach
CABERNET BLANC ▪ Weißweinsorte	sehr lockerbeerig	mittelgroß	mittelreif spätreif	Neustadt-Mußbach
VIOGNIER ▪ Weißweinsorte	dichtbeerig, kompakt, abgestumpft	mittelgroß	mittelreif spätreif	Neustadt-Mußbach
GOLDMUSKATELLER ▪ Weißweinsorte	lockerbeerig, länglich, walzenförmig	mittelgroß	mittelreif spätreif	Neustadt-Mußbach
SILVANER ▪ Weißweinsorte	dichtbeerig, kompakt, walzenförmig bis geschultert	mittelgroß	mittelreif spätreif	Neustadt-Mußbach
PINOTIN ▪ Rotweinsorte	sehr lockerbeerig, selten geschultert, schmal, lang	mittelgroß bis groß	mittelreif spätreif	Neustadt-Mußbach
VB 91-26-5 ▪ Rotweinsorte	lockerbeerig, nicht geschultert	mittelgroß bis groß	mittelreif spätreif	Neustadt-Mußbach
REBERGER ▪ Rotweinsorte	lockerbeerig	mittelgroß bis groß	mittelreif spätreif	Neustadt-Mußbach
RUBINET ▪ Rotweinsorte	lockerbeerig, nicht geschultert	mittelgroß bis groß	mittelreif spätreif	Neustadt-Mußbach
LAGREIN ▪ Rotweinsorte	dichtbeerig, geschultert	groß	mittelreif spätreif	Neustadt-Mußbach
TEMPRANILLO ▪ Rotweinsorte	lockerbeerig, oft doppelt geschultert, lang	groß	mittelreif spätreif	Neustadt-Mußbach
SPÄTBURGUNDER ▪ Rotweinsorte	dichtbeerig, walzenförmig, selten geschultert	klein bis mittelgroß	mittelreif spätreif	Neustadt-Mußbach
ROSENMUSKATELLER ▪ Rotweinsorte	mittel dichtbeerig, kaum geschultert, walzenförmig	groß	mittelreif spätreif	Neustadt-Mußbach
PORTUGIESE ▪ Rotweinsorte	dichtbeerig, beidseitig geschultert, länglich	mittelgroß bis groß	frühreif	Leistadt

Begrünungsart (konventionelle Bewirtschaftung)

Das zweite Auswahlkriterium war die Bewirtschaftungsmethode, die sich im vorliegenden Fall aus der Art der Bodenbearbeitung, der Begrünungsform und dem Einsatz von Pflanzenschutzmitteln zusammensetzte. Agrarökologische Studien haben gezeigt, dass sich die Bewirtschaftungsform entweder direkt über die toxischen Wirkungen eingesetzter Pflanzenschutzmittel oder indirekt über die Veränderungen in der Habitatstruktur und den damit verbundenen mikroklimatischen und raumstrukturellen Veränderungen auf die

Populationsdichte von Bodenarthropoden auswirkt (EKSCHEMITT et al. 1997). Aufgrund dieser Erkenntnisse sollte festgestellt werden, ob ein möglicher Zusammenhang zwischen der Befallsdichte von *F. auricularia* und der sich aus der Bodenbearbeitung ergebenden Begrünungsform bestand.

Für die Untersuchungen wurden drei Riesling-Anlagen in Kallstadt ausgewählt, die in derselben Gemarkung in unmittelbarer Nachbarschaft zueinander lagen, demselben Makroklima ausgesetzt waren und die gleiche Bodenart aufwiesen. Infolgedessen waren auftretende Unterschiede zwischen den Individuendichten höchstwahrscheinlich auf die unterschiedlichen Begrünungsformen der Anlagen zurückzuführen. Die erste Riesling-Anlage war vollständig begrünt. Die Dauerbegrünung hatte sich über mehrere Jahre hinweg entwickelt. Direkt neben dieser Anlage befand sich die zweite Riesling-Anlage, die alternierend begrünt war und deren Dauerbegrünung sich ebenfalls über mehrere Jahre hinweg natürlich entwickelt hatte. Die dritte Riesling-Anlage befand sich 100 m von den beiden ersten entfernt und war durch intensive Bodenbearbeitung vollständig unbegrünt.

Bewirtschaftung (Umstellung der Bodenbearbeitung)

In den zwei folgenden Rebanlagen wurde das Dauermonitoring über drei Jahre hinweg durchgeführt, weil sich die Bodenbewirtschaftung und dadurch die Begrünungsform von 2007 gegenüber 2008 und 2009 unterschieden.

Als erste Fläche mit Bewirtschaftungsumstellung wurde eine Portugieser-Anlage in Leistadt ausgewählt, die 2007 auch für den Vergleich der Bodenarten herangezogen wurde. Die Anlage war 2007 während der Vegetationsperiode vollständig unbegrünt und wies in den Wintermonaten 2007 bis 2008 eine natürliche Winterbegrünung auf. Diese Winterbegrünung blieb 2008 in jeder zweiten Gasse ganzjährig bestehen, so dass die Anlage 2008 alternierend begrünt war. Durch die erhöhte Vegetationsdeckung verringerten sich der Offenbodenanteil und die Intensität der Bodenbewirtschaftung. 2009 war die Fläche ebenfalls alternierend begrünt, jedoch wurde die Begrünung gassenweise gewechselt: die im 2008 unbegrünteren Gassen waren 2009 begrünt und die 2008 begrünteren Gassen waren 2009 unbegrünt.

Die zweite Rebanlage war eine Silvaner-Anlage aus Neustadt-Mußbach, deren Gassen ab April 2007 mit einer Mulchschicht aus Kompostrinde abgedeckt wurden. Im Herbst 2007 wurde zusätzlich Ölrettich (*Raphanus sativus* ssp. *oleiformes*) als Winterbegrünung in alle Gassen eingesät. Diese sehr dichte und hohe Winterbegrünung wurde bis Ende Juni 2008 nicht abgemulcht. Folglich erhöhte sich im Vergleich zu 2007 die Vegetationsdeckung und damit verringerten sich der Offenbodenanteil und die Intensität der Bodenbewirtschaftung. Ab Juli 2008 wurde der Ölrettich abgemulcht und in jeder zweiten Gasse in den Boden eingearbeitet, so dass die Anlage anschließend alternierend begrünt war. Im Herbst 2008

wurden keine Winterbegrünungspflanzen eingesät. Es entwickelte sich eine natürliche Winterbegrünung, die bis Ende Juni 2009 nicht abgemulcht wurde und stark aufgewachsen war. Im Juli wurde die Begrünung in jeder zweiten Gasse in den Boden eingearbeitet, so dass die Fläche ab dann alternierend begrünt war. Anhand dieser Studien sollte der potentielle Einfluss einer veränderten Bodenbearbeitung auf die Populationsdichten im Vergleich zur Vorjahresbewirtschaftung untersucht werden.

Bewirtschaftung (Vergleich K UW- und Bioanbau)

Ab 2008 wurde in drei Rebanlagen überprüft, ob sich die Befallsdichten zwischen zwei K UW-Anlagen (K UW: Kontrolliert Umweltschonender Weinbau) und einer biologisch bewirtschafteten Fläche unterscheiden. Von der ersten K UW-Anlage mit 24 Rebsorten wurde eine Riesling-Reihe für den Vergleich genutzt. Die zweite K UW-Fläche war eine Riesling-Anlage. Die dritte Riesling-Anlage wurde biologisch bewirtschaftet und zusätzlich für den Vergleich der Bodenarten genutzt. Alle Rebanlagen waren alternierend begrünt, etwa gleich alt und wiesen dieselbe Bodenart auf. Die Bio-Riesling-Anlage wurde im Vergleich zu den zwei K UW-Flächen nach Bioland-Richtlinien bewirtschaftet: Einsatz von organischen Düngern, Verbot von wasserlöslichen und synthetischen Düngern sowie Klärschlamm, nur mechanische Bodenpflege, Verbot von Herbiziden, Pflanzenschutz ohne chemisch-synthetisch wirkende Fungizide und Insektizide (BIOLAND 2010).

Bodenart (konventionelle Bewirtschaftung)

Das dritte Auswahlkriterium war die Bodenart. In freilandökologischen Studien mit Kurzflügelkäfern (Staphylinidae) in Rebanlagen des Saale-Unstrut-Gebietes wurde ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Bodenart und der Arten- und Individuenverteilung festgestellt (HUTH 2005). Aufgrund der ähnlichen Habitatansprüche und der sich im Boden vollziehenden Eiablage und Larvalentwicklung von Ohrwürmern und Kurzflügelkäfern (DETTNER & PETERS 1999) sollte überprüft werden, ob die Bodenart einen Einfluss auf die Eiablage und damit auf die Populationsdichte von *F. auricularia* hat. Für diese Untersuchungen wurden Rebanlagen mit den Bodenarten „sandiger Lehm“ (Lehmboden) und „lehmiger Sand“ (Sandboden) ausgewählt.

2007 wurde eine unbegrünte und konventionell bewirtschaftete Portugieser-Anlage mit Sandboden aus Leistadt für das Dauermonitoring ausgewählt. Obwohl diese Anlage in den Folgejahren alternierend begrünt war, blieb sie als Dauerversuchsfläche bestehen. 2008 wurde eine alternierend begrünte und ebenfalls konventionell bewirtschaftete Schwarzriesling-Anlage mit Sandboden aus Neustadt-Mußbach ins Dauermonitoring einbezogen, um einen möglichen Einfluss der Bodenart auf die Befallsdichten in verschiedenen Regionen zu verfolgen.

Bodenart (biologische Bewirtschaftung)

Mit einem weiteren Freilandversuch im Versuchsjahr 2008 sollte überprüft werden, ob die Bodenart auch in biologisch bewirtschafteten Rebanlagen Einfluss auf die Populationsdichten von *F. auricularia* hat. Der Vergleich fand zwischen einer Riesling-Anlage mit Lehmboden und einer Riesling-Anlage mit Sandboden eines Bio-Betriebes statt. Die Rebanlagen waren alternierend begrünt, etwa gleich alt und befanden sich in angrenzenden Gemarkungen.

2.3 Erfassung biotischer und abiotischer Umweltfaktoren

Biotische Faktoren

Um mögliche Korrelationen zwischen der Individuenverteilung von *F. auricularia* und den Begrünungsarten der Dauermonitoring-Flächen zu bestimmen, wurde die Deckung der Rebanlagenflora unter Verwendung der Raunkiaerschen Abundanz-Deckungsskala ermittelt (BRAUN-BLANQUET 1964). Die Vegetationsaufnahmen wurden von 2007 bis 2009 an jedem Fallenstandort auf einer Fläche von 1 m² einmal im Juni oder Juli durchgeführt.

Da Ohrwürmer als typische Lückensystembewohner beschrieben werden, zu deren Tagespräferenzhabitaten vorwiegend gemulchte Flächen zählen (KOEHLER & CASTNER 1994), wurde für jeden Fallenstandort der Anteil des toten organischen Materials (TOM) mit der Abundanz-Deckungsskala nach BRAUN-BLANQUET (1964) einmal pro Versuchsjahr bestimmt.

Ein möglicher Zusammenhang zwischen der Befallsintensität von *F. auricularia* und der Wuchsform des Rebstockes wurde über die Parameter Rebsorte, Triebanzahl, Traubenanzahl pro Trieb und Traubenstruktur für jeden Fallenstandort einmal pro Versuchsjahr ermittelt.

Zur Ermittlung der Befallsdichte von *F. auricularia* in den Trauben wurde am 12. September 2007 (zwei Wochen vor der Lese) eine umfangreiche Traubenauswertung durchgeführt. Anhand der Untersuchungen sollte einerseits die Befallsdichte pro Traubenzone ermittelt werden. Zum anderen sollte überprüft werden, ob ein möglicher Zusammenhang zwischen der Befallsdichte in der Traube und morphologischen Traubeneigenschaften wie Locker- und Dichtbeerigkeit, Traubengewicht, in die Traube eingewachsene Rebblätter sowie der Traubengesundheit hinsichtlich des Fäulnis- und Trockenbeerenanteils besteht. Für den Versuch wurden insgesamt 432 Riesling-Trauben aus den Traubenzonen A, B und C (Abbildung 5) aus zwei Rebanlagen in Neustadt-Mußbach geerntet und einzeln in PVC-Tüten verpackt, damit die in den Trauben sitzenden Ohrwürmer nicht flüchten konnten. Die verpackten Trauben wurden bei -38 °C für 24 Stunden in der Tiefkühltruhe eingefroren.

Danach wurden die Traubenproben entnommen, spezielle Traubenparameter und der Ohrwurmbefall pro Traube ermittelt. Die räumliche Einteilung der Rebstockzonen erfolgte nach den Drähten der Erziehungseinrichtung: Zone A entsprach dem Bereich von Veredlungsstelle bis Biegdraht, Zone B entsprach dem Bereich von Biegdraht bis Hilfsbiegdraht, Zone C entsprach dem Bereich von Hilfsbiegdraht bis Heftdraht und Zone D entsprach dem Bereich von Heftdraht bis Rankdraht (Abbildung 5).

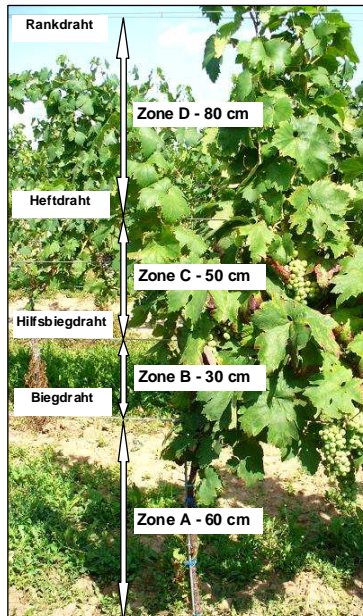


Abbildung 5: Traubenzone des Rebstockes: Zone A: Veredlungsstelle bis Biegdraht, Zone B: Biegdraht bis Hilfsbiegdraht, Zone C: Hilfsbiegdraht bis Heftdraht, Zone D: Heftdraht bis Rankdraht, Neustadt-Mußbach 2007, Foto: C. Huth.

Um den Aktivitätsradius der als ortstreu eingestuften Ohrwürmer (LAMB 1975) zu ermitteln, fanden Markierungsversuche mit Ohrwürmern in einer Riesling-Anlage in Neustadt-Mußbach von 29. August bis 20. September 2007 statt. Im Zentralbereich der Rebanlage wurde eine Versuchsparzelle angelegt, die sich jeweils über eine Sticklelänge dreier Rebzeilen erstreckte (Abbildung 6). Von den fünf Stöcken jeder Sticklelänge wurden die drei mittig gelegenen Stöcke als Fallenstandorte mit jeweils einer Boden- und einer Bambusfalle ausgewählt (Abbildung 6). Anhand der Fallenfänge der markierten Ohrwürmer sollte der Aktivitätsradius, d.h. die Distanz vom Freilassungspunkt zum Fangsystem, festgestellt werden. Für den Versuch wurden jeweils 20 Ohrwürmer an den Zangen und 20 Individuen auf beiden Flügeldecken mit weißem Autolack (Auto-Lackierung Liedy, Neustadt/Weinstraße) markiert (Abbildung 6), weil dieser sehr kratzfest ist und von den Insekten nicht mehr abgeputzt werden konnte. Die Auftragung des Lackes erfolgte mit einem dünnen Zeichenpinsel. Danach wurden die Ohrwürmer, getrennt nach Markierungen, in Kunststoffboxen gesetzt und in die Versuchsfläche gebracht. Die Ohrwürmer mit den Flügeldeckenmarkierungen wurden im Bodenbereich der Versuchsparzelle ausgesetzt, weil die Markierungen auf den Flügeldecken auffälliger im dunklen Bodenbereich waren als die Zangenmarkierungen. Zum Aussetzen wurden die Plastikgefäße mit den Ohrwürmern in die Begrünung der Gasse gestellt und eine kleine Menge vom hier verfügbaren Substrat (Blätter,

Gras, Erde) in den Behälter gefüllt, so dass sich die Ohrwürmer an ihre Umgebung gewöhnen konnten und sich nach dem Transport beruhigten. Erst nach zwei Stunden wurden die Gefäße mit dem Substrat, in dem sich die Ohrwürmer komplett verkrochen hatten, vorsichtig auf dem Boden entleert. Die Ohrwürmer mit den Zangenmarkierungen wurden in der Traubenzone ausgesetzt, weil die Zangen der Ohrwürmer zwischen den Beeren der Trauben eher sichtbar waren als die Flügeldecken. Zunächst wurden die 20 Ohrwürmer vom Behälter in ein Gazenetz (20 cm breit, 40 cm lang) überführt und um eine mit Rebblättern verdeckte große Traube gebunden, die sich zwischen Heft- und erstem Rankdraht befand. Die Ohrwürmer wanderten direkt im Anschluss vom Netz in die Traube. Nach zwei Stunden wurde das Netz geöffnet und erst am nächsten Tag entfernt, damit die Ohrwürmer nicht durch die Störung die Traube durch Herausfallen wieder verlassen. Nach dem Aussetzen der markierten Ohrwürmer wurden die Fallenstandorte drei Tage hintereinander kontrolliert, danach erfolgte nur noch eine wöchentliche Bonitur.

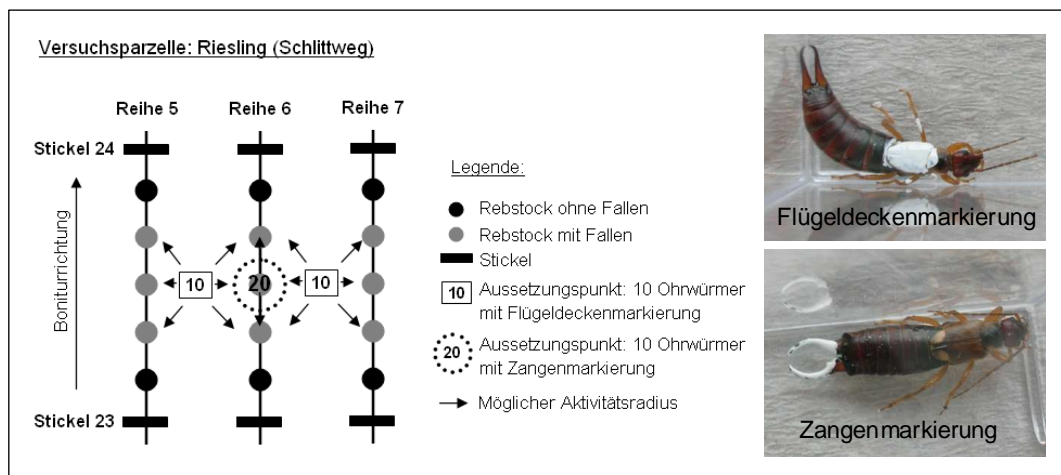


Abbildung 6: Ermittlung des Aktivitätsradius von *F. auricularia* in einer Riesling-Anlage, Neustadt-Mußbach 2007, Fotos: C. Huth.

Im Vorfeld der Untersuchung wurden verschiedene Markierungsfarben bei *F. auricularia* getestet, da das Insekt ein intensives Putzverhalten zeigt (BEIER 1959) und deshalb die Kennzeichnungen gegen mechanische Einwirkungen stabil sein müssen. Neben dieser Eigenschaft sollte die Farbe auf fettigem Untergrund gut haften, da die Körperoberfläche des Ohrwurms mit einem öligen, wasserabstoßenden Sekret umgeben ist, das von den Hautdrüsen der Rückenschilder abgegeben wird (BEIER 1959). Weißer Nagellack und weißer Permanent-Marker (verschiedene Hersteller) waren als Markierungsfarben nicht geeignet, weil die Ohrwürmer diese Farbstoffe schon nach 24 Stunden völlig vom Körper entfernt hatten.

In ausgewählten Randbereichen zweier Rebanlagen in Kallstadt und Leistadt wurde 2007 und 2008 ein zusätzliches Dauermonitoring mit Boden- und Bambusfallen durchgeführt, um

einerseits die Befallsdichten in Fettwiesen, Hecken- und Obstgehölzen zu bestimmen. Andererseits sollten die Individuenzahlen dieser Habitats mit denen der angrenzenden Rebanlage verglichen werden. In Leistadt wurde ein Heckenrandstreifen, der sich entlang des oberen Randes der Portugieser-Anlage erstreckte, befangen. Der Randstreifen, in dem eine Boden- und Bambusfalle installiert wurde, bestand aus bis zu 3 m hohen Hartriegelgehölzen (*Córnus sanguínea* LINNAEUS 1753) und Brombeer-Büschen (*Rúbus spec.*). Ein zweites Monitoring fand mit einer Bambusfalle im Kronenbereich (in 1,50 m Höhe) eines einzeln stehenden Feldahorns (*Ácer campéstre* LINNAEUS 1753) statt. Der Erfassungsort befand sich neben dem Friedhof, am unteren Ende der Portugieser-Anlage.



Abbildung 7: Vollständig begrünte Riesling-Anlage mit Randvegetation, Kallstadt 2007:
a - Rebstöcke,
b - Graben mit Ruderalvegetation,
c - Gebüsch mit Obstbäumen,
Foto: C. Huth.

Die Fallenstandorte des Feldversuchs in Kallstadt sind in Abbildung 7 dargestellt. Das Monitoring fand in einer vollständig begrünten Riesling-Anlage (Abbildung 7a), in einem Entwässerungsgraben mit Ruderalvegetation (Abbildung 7b) und im Stammbereich in 1,50 m Höhe eines Birnbaums (*Pýrus commúnis* LINNAEUS 1753) und eines Pflaumenbaums (*Prúnus doméstica* LINNAEUS 1753) statt, die in einem Hecken- und Obstgehölzstreifen wuchsen (Abbildung 7c). In der Begrünung der Rebanlage dominierten die Gewöhnliche Quecke (*Elymus répens* (LINNAEUS) GOULD 1947) und der Gewöhnliche Löwenzahn (*Taráxacum officinále* WEBER EX F. H. WIGGERS 1780). Diese Pflanzen wurden mehrmals im Jahr abgemulcht und bildeten eine lückige Krautschicht mit 50 bis 75 % Deckung aus. Dagegen zeigte die verwilderte Ruderalvegetation im Graben einen hohen und dichten Aufwuchs. Das Gewöhnliche Knäuelgras (*Dáctylis glomeráta* LINNAEUS 1753), das Wiesen-Labkraut (*Gálium mollúgo* LINNAEUS 1753), der Blutrote Hartriegel (*Córnus sanguínea* LINNAEUS 1753) und die Echte Hunds-Rose (*Rósa canína* LINNAEUS 1753) traten nur in der Grabenvegetation auf.

Abiotische Faktoren

Um die Bewirtschaftungsintensität über die Bewirtschaftungsmethode als abiotischen Umweltfaktor in die Auswertung einfließen zu lassen, wurden die jeweiligen Bewirtschaftungsarten der Dauermonitoring-Flächen quantifiziert. Vollständig begrünte

Rebanlagen mit extensiver Bodenbearbeitung wurden mit der Variable „1“ quantifiziert. Alternierend begrünte Flächen mit intensiverer Bodenbewirtschaftung wurden mit der Variable „2“ und unbegrünte Versuchsflächen mit Mulchabdeckung aus Kompostrinde mit der Variable „3“ gekennzeichnet. Die unbegrünten Anlagen mit Offenboden und intensivster Bearbeitung wurden mit der Variable „4“ quantifiziert.

Der Offenbodenanteil, d.h. der Anteil an vegetationsloser Fläche, wurde methodisch analog zu den Vegetationserhebungen entlang der Bodenfallentransekte einmal pro Versuchsjahr bestimmt.

Die Bodenarten der Dauermonitoring-Flächen waren bekannt. In den Anlagen trat entweder sandiger Lehm und lehmiger Sand auf. Die Einteilung der Bodenarten richtet sich nach dem Bodengefüge und damit nach der Verteilung der Korngrößen (SCHEFFER et al. 1998). Die Korngrößen teilt man in Kies (2 bis 63 mm), Sand (0,063 bis 2,0 mm), Schluff (0,002 bis 0,063 mm) und Ton (< 0,002 mm) ein. Lehm besteht aus den drei Kornfraktionen Sand, Schluff und Ton. Die Anteile und Mischung von Sand, Schluff und Ton bestimmen die Bodenart: lehmiger Sand (0 bis 8 Gewichtsprozent (GP) Ton, 10 bis 50 GP Schluff, 45 bis 90 GP Sand), sandiger Lehm (17 bis 25 GP Ton, 15 bis 18 GP Schluff, 47 bis 68 GP Sand) (SCHEFFER et al. 1998). Das Gefüge eines Bodens wirkt sich stark auf seine Ergiebigkeit aus. Böden mit einem hohen Prozentsatz an Sand sind oft nicht in der Lage, ausreichend Wasser für die Pflanzenversorgung zu speichern. Sie verlieren dadurch auch pflanzliche Nährstoffe, die mit dem Wasser in den Untergrund sickern. Böden mit einem größeren Anteil an feineren Teilchen, beispielsweise Tone und Lehme, sind ausgezeichnete Wasserspeicher und können Nährstoffe gut halten. Für die statistische Auswertung wurden die Bodenarten als Binärdaten verschlüsselt: Beim Vorhandensein einer Bodenart wurde die Variable „1“, beim Nichtvorhandensein die Variable „0“ vergeben.

Die Messung makroklimatischer Parameter von 2007 bis 2009 erfolgte mit den agrarmeteorologischen Wetterstationen (Stationstyp: Hoffmann AME 16) des Landes Rheinland-Pfalz in den Orten Freinsheim und Neustadt an der Weinstraße.

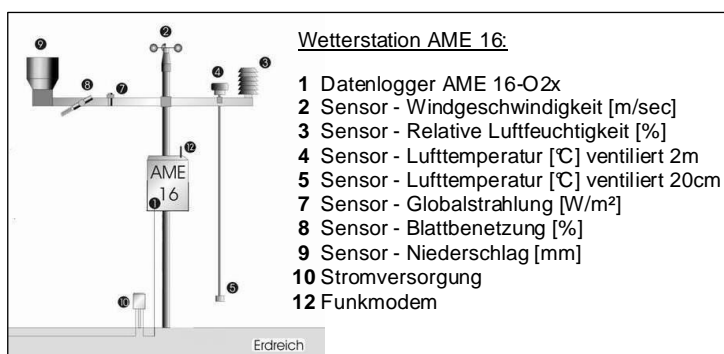


Abbildung 8: Aufbau der Wetterstation AME 16 (DLR 2007 bis 2009).

Die Wetterstationen messen unterschiedliche Parameter, die in einem Datenlogger gespeichert werden und über Funk am PC abgerufen werden können (Abbildung 8).

Als makroklimatische Parameter für die Datenauswertung wurden die Lufttemperatur in 20 cm und 2 m Höhe, die relative Luftfeuchtigkeit, der Niederschlag, die Blattnässe (Blattbenetzung) und die Anzahl der Sonnenstunden pro Tag (Globalstrahlung) verwendet.

Mikroklimatische Temperatur- und Luftfeuchtemessungen in Freiland- und Laborversuchen erfolgten 2008 und 2009 mit HOBO[®]Prov2-Datenloggern (synoTECH Sensor und Messtechnik GmbH) (Abbildung 9). Diese Datenlogger sind durch das wetterfeste Gehäuse, externe Sensoren und den erweiterten Temperaturmessbereich von -40 bis +70 °C besonders geeignet (SYNOTECH 2008).

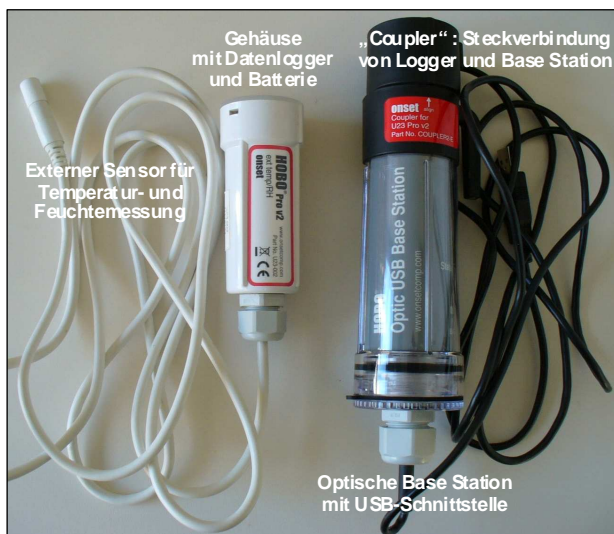


Abbildung 9: Aufbau des HOBO[®]Prov2-Datenloggers und der optischen Base-Station, Foto: C. Huth 2008.

Der Feuchtesensor (Messbereich von 0 bis 100 % relative Feuchte) ist unempfindlich gegen eine eventuelle Sättigung durch Regen und Kondensat. Durch eine optische USB-Schnittstelle waren die Logger kompatibel zu einer optischen Base-Station, durch welche die Logger mit der HOBOware-Software eingestellt, gestartet oder Daten ausgelesen werden können (Abbildung 9). Die Datenlogger wurden für Klimamessungen (Messintervall: zwei Stunden) in den Dauermonitoring-Flächen, in der Laborzucht und in Bambusfallen und Trauben verwendet. In den Rebanlagen wurden die Logger im Zentralbereich der Rebanlage in einem Metallstickel in 1,50 m Höhe mit Bindendraht montiert, damit das Gehäuse nicht durch Laubpflegemaßnahmen beschädigt wurde. Die Messsensoren wurden circa 30 cm entfernt vom Stickel direkt an einem Trieb (zwischen Heft- und erstem Rankdraht) zwischen den Trauben mit Bindendraht befestigt. Die Standorte der Datenlogger sind in den Flächenplänen (siehe Anhang) eingezeichnet. Bei den Zuchtversuchen waren die Datenlogger entweder direkt am Zuchtbehälter befestigt oder lagen daneben.

2.4 Nestkartierung

Zur Aufklärung des Brut- und Überwinterungsverhaltens von *F. auricularia* in Abhängigkeit von der Bodenstruktur und Bodenbegrünung wurde vom 5. Dezember 2007 bis 15. Mai 2008 in der Sortenmix-Anlage in Neustadt-Mußbach eine umfangreiche Nestkartierung durchgeführt. Diese großflächige Rebanlage wurde für die Untersuchung ausgewählt, weil anhand des Dauermonitorings von Mai bis September 2007 hohe Befallsdichten ermittelt wurden.

Während des Versuchszeitraumes wurden in der Fläche standortspezifisch 300 Bodengrabungen vorgenommen: 100 Grabungen im Unterstockbereich der Rebstöcke (davon 50 Grabungen im angehäuften Unterstockbereich und 50 Grabungen im nicht angehäuften Unterstockbereich), 100 Grabungen in den begrüneten Gassen und 100 Grabungen in den unbegrüneten Gassen (Anhang: Abbildung 12). Die Grabungen fanden in der gesamten Fläche der Rebanlage statt und wurden jeweils fünf Stöcke entfernt von den Dauermonitoring-Fallenstandorten durchgeführt, um störende Eingriffe in die dortige Habitatstruktur zu vermeiden. Pro Rebstock wurden drei Grabungen vorgenommen: eine Grabung direkt im Unterstockbereich des Rebstockes, eine zweite Grabung auf Höhe des Rebstockes in der Mitte der begrüneten Gasse und eine dritte Grabung auf Höhe des Rebstockes in der unbegrüneten Gasse (Abbildung 10).

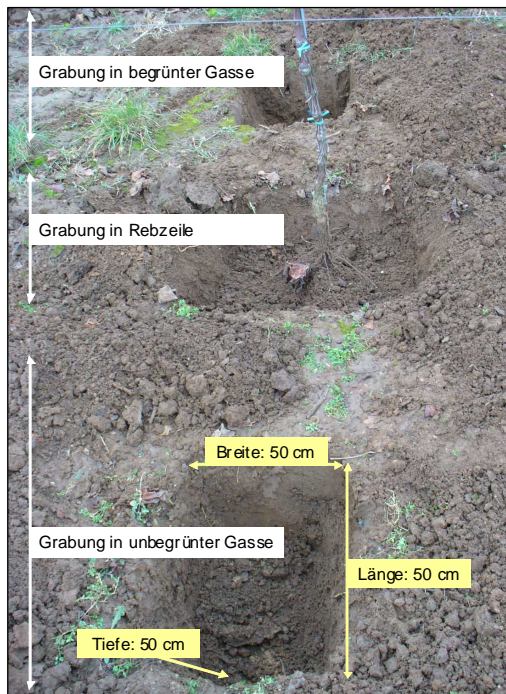


Abbildung 10: Nestkartierung in einer Sortenmix-Anlage: eine Grabung in der begrüneten Gasse, eine Grabung in der Rebzeile und eine Grabung in der unbegrüneten Gasse mit Größenmaßen des Grabungsloches, Neustadt-Mußbach 2007 bis 2009, Foto: C. Huth.

Die Grabungen wurden mit dem Spaten durchgeführt. Ein Grabungsloch war 50 cm breit, 50 cm lang und 30 cm (Unterstockbereich) bis 50 cm (Gassenbereich) tief. Im Unterstockbereich der Rebstöcke wurde nur 30 cm tief gegraben, da sonst zu viele Rebwurzeln beschädigt worden wären. Für jeden Grabungsort wurden folgende Parameter

bestimmt: Vegetationsdeckung, Art und Morphologie der Pflanzenwurzeln, Bodenbeschaffenheit, Bodentyp, Beschaffenheit der Nestumgebung, Weibchen- und Männchenanzahl pro Nest, Nesttiefe, Eianzahl pro Nest und Standortbesonderheiten wie Tierbauten.

Im Rahmen des 2008 und 2009 durchgeführten Bodenpflegeversuches mit Tiefengrubbern und Umbrechen der Begrünung fand eine zweite Nestkartierung vom 6. April bis 11. Mai 2009 in der Sortenmix-Anlage statt. Während des Versuchszeitraumes wurden in der gesamten Fläche in Abhängigkeit der jeweiligen Versuchsparzellen 120 Bodengrabungen vorgenommen (Kapitel 2.5.6). Zusätzlich dazu, wurden in der Kontrollparzelle zwölf Grabungen in winterbegrüntem Gassen durchgeführt, um zu überprüfen, ob Nester an den Pflanzenwurzeln der Winterbegrünung angelegt werden. Die zweite Nestkartierung erfolgte methodisch entsprechend der ersten.

2.5 Befallsregulation am Boden

Ein weiterer Schwerpunkt des Forschungsprojektes war, die Populationsdichte von *F. auricularia* durch mechanische, chemische und biologische Maßnahmen im Oberbodenbereich der Rebanlagen zu reduzieren.

Tabelle 5: Freilandversuche zur Befallsregulation im Bodenbereich der Rebanlagen von 2007 bis 2009, Abkürzungen: UB = unbegrünte Rebanlage, AB = alternierend begrünte Rebanlage, BB = begrünte Rebanlage, SL = sandiger Lehmboden, BO = Bodenfalle, BA = Bambusfalle, RF = Rotationsfalle, KUW = kontrolliert umweltschonende Bewirtschaftung.

Versuchsziel	Rebsorte / Ort / Charakteristik	Fallenanzahl	Beginn	Ende
Anhäufung von Bodensubstrat im Unterstockbereich	Sortenmix / Neustadt-Mußbach / AB, SL, KUW	100 (Grabungen)	05.12.07	15.05.08
Kalkstickstoff PERLKA®	Sortenmix / Neustadt-Mußbach / AB, SL, KUW	160 (80 BO / 80 BA)	02.06.08	26.09.08
Kalkstickstoff PERLKA®	Huxel / Neustadt-Mußbach / AB, SL, KUW	48 (24 BO / 24 BA)	29.05.08	03.07.08
Nematoden <i>H. bacteriophora</i>	Regent / Neustadt-Mußbach / AB, SL, KUW	240 (120 BO / 120 BA)	29.05.08	03.07.08
Folienabdeckung in Gassenmitte	Sortenmix / Neustadt-Mußbach / AB, SL, KUW	35 (21 BO / 14 BA)	16.06.08	21.07.08
Begrünungsstörung durch Kreiselegge	Riesling / Neustadt-Mußbach / UB, AB, BB, SL, KUW	48 (24 BO / 24 BA) 3 RF seit 2009	02.06.08 05.06.09	16.10.08 12.10.09
Tiefengrubbern mit Umbruch der Begrünung	Sortenmix / Neustadt-Mußbach / AB, SL, KUW	192 (96 BO / 96 BA) 24 RF seit 2009	05.06.09	27.07.09
Strohaufgabe in unbegrünter Gasse	Spätburgunder / Neustadt-Haardt / AB, SL, KUW	100 (60 BO / 40 BA)	22.05.09	18.06.09

Es sollte überprüft werden, inwieweit methodisch verschiedene Eingriffe in die Habitatstruktur des Bodenbereiches die Überwinterungs- und Entwicklungsphase von *F. auricularia* stören und damit eine Befallsregulation schon vor der Vegetationsperiode möglich ist. Alle Freilandversuche zur Befallsregulation im Bodenbereich der Rebanlagen sind mit Versuchsziel, Versuchscharakteristik, Versuchszeitraum und Fallenzahl in Tabelle 5 aufgeführt. Zusätzlich ist der detaillierte Versuchsaufbau mit Flächenplan für jeden Versuch separat im Anhang abgebildet (Anhang: Abbildungen 13 bis 18).

2.5.1 Anhäufung von Bodensubstrat im Unterstockbereich

Ein Großteil des Entwicklungszyklus von *F. auricularia*, wie zum Beispiel Nestbau, Eiablage, Aufzucht der ersten Larvenstadien sowie die Überwinterung vollzieht sich im Boden (LAMB 1976). Es kann davon ausgegangen werden, dass eine Störung während der Diapause und während der Larvenaufzucht die Individuenzahl in Rebflächen effektiv reduzieren kann. Der maschinelle Bodenbruch könnte zum einen den Nestbau und damit die Entwicklungsphase stören, zum anderen könnte der Bodenbruch überwinternde Ohrwürmer, die sich bereits im Spätherbst im Diapausestadium befinden, verletzen oder abtöten. Weiterhin wäre auch denkbar, dass die Weibchen ihre Nester von tieferen, meist verdichteten Bodenschichten in die lockeren Anhäufungen verlagern. Im Falle dieser Reaktion könnten durch das maschinelle Abpflügen der Anhäufungen im Frühjahr ebenfalls Nester zerstört und damit Larven und Adulte geschädigt werden.

Zur Überprüfung dieser Hypothese wurde die Winterbearbeitung des Bodens in einer Sortenmixanlage in Neustadt-Mußbach umgestellt. Die Anlage wurde in zwei gleichgroße Parzellen aufgeteilt. In einer Parzelle (Reihe 1 bis 12) wurde der Boden im Unterstockbereich der Rebstöcke mit einem Einscharpflug dammartig bis zur Veredlungsstelle auf eine Höhe von circa 20 cm im November 2007 aufgeschüttet (Abbildung 11, Anhang: Abbildung 8).

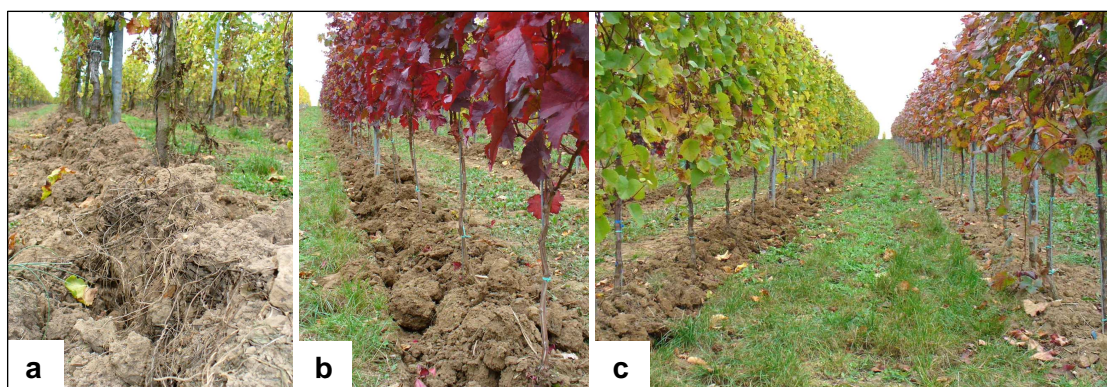


Abbildung 11: Umstellung der Winterbodenbearbeitung auf eine Erdanhäufung im Unterstockbereich in einer nicht im Versuch einbezogenen Huxel-Anlage (a) und der Sortenmix-Versuchsanlage (b) mit Vergleich einer angehäuften Rebzeile und einer nicht angehäuften Kontrollzeile (c), Neustadt-Mußbach 2007, Fotos: C. Huth.

In der zweiten Parzelle (Reihe 13 bis 24), die als Kontrolle fungierte, wurde auf das Aufschieben verzichtet. Das Anhäufen wurde ursprünglich zum Frostschutz der Veredlungsstelle, zum Aufbrechen von Oberbodenverdichtungen und zur besseren Aufnahme von Niederschlagswasser eingesetzt (MÜLLER et al. 2000). Der aufgeschobene Erddamm um die Rebstöcke blieb bis zum Mai 2008 bestehen, danach wurde der Boden mit einer Räumschar abgepflügt.

2.5.2 Kalkstickstoff PERLKA®

Untersuchungen in der Agrarwirtschaft haben gezeigt, dass Kalkstickstoff neben der herbiziden und fungiziden Wirkung auch eine reduzierende Wirkung auf Arthropoden und Mollusken aufweist (ALZCHEM 2009). Beispielsweise wurden Kohlfiegen-Arten (*Phorbia spec.*) und die Schnellkäfer-Larven (Elateridae) durch den Einsatz von Kalkstickstoff in Agrarflächen stark reduziert. Des Weiteren konnten durch Kalkstickstoffdüngungen in Rapsfeldern Schneckenlege und ausgewachsene Schnecken sehr effektiv bekämpft werden.

Um zu überprüfen, ob das in der ersten Abbauphase des Kalkstickstoffs entstehende Cyanamid abtötend auf die im Boden lebenden Larven von *F. auricularia* wirkt, wurden im April 2008 zwei Freilandversuche angelegt. Als Präparat wurde das im Weinbau verwendete Kalkstickstoffgranulat PERLKA® (AlzChem Trostberg GmbH) eingesetzt.

Die Untersuchungen fanden in einer Sortenmix-Anlage (02.06. bis 26.09.08) und in einer Huxel-Anlage (25.05. bis 03.07.08) in Neustadt-Mußbach statt, in denen im Vorjahr starke Befallsdichten von *F. auricularia* nachgewiesen wurden. Beide Flächen wurden gedrittelt und in eine unbehandelte Kontrollparzelle und zwei Kalkstickstoffparzellen unterteilt, in denen jeweils ein Fallentransekt installiert wurde (Anhang: Abbildung 13, 14). Das Granulat PERLKA® wurde am 21. April 2008 mit dem Düngestreuer Typ „Vicon“ ausgebracht, der die Substanz auf der Bodenoberfläche der Versuchspartellen verteilte. In der ersten Kalkstickstoffparzelle wurde die für den Weinbau vorgegebene Düngemenge von 3 kg/a ausgebracht. In der anderen Parzelle wurde mit der doppelten Menge von 6 kg/a gedüngt, um zu überprüfen, bei welcher Menge eine Insektizidwirkung eintritt. Parallel zur Feldstudie wurde ein Laborversuch durchgeführt (Kapitel 2.8).

2.5.3 Insektenpathogene Nematoden: *Heterorhabditis bacteriophora*

In Anlehnung an die 2007 durchgeführten Laborversuche mit insektenpathogenen Nematoden der Art (*Heterorhabditis bacteriophora* POINAR 1975), die bis zu 90 % der Ohrwürmer abtöteten, wurde 2008 ein Freilandversuch in einer im Vorjahr stark befallenen Regent-Anlage in Neustadt-Mußbach angelegt. Es sollte überprüft werden, ob sich der Einsatz von *H. bacteriophora* zur Befallsregulation der L₄-Larven im Oberboden von April bis

Mai für die weinbauliche Praxis eignet. Als Nematodenpräparat wurde Nematop[®]50 (e-Nema GmbH, Schwentental) verwendet. Dieses Präparat wird zur biologischen Bekämpfung der Larven und Puppen des Gefurchten Dickmaulrüsslers (*Otiorhynchus sulcatus* FABRICIUS 1775) im Zierpflanzen- und Gartenbau sowie in Baumschulen eingesetzt (E-NEMA 2007).

Die Versuchsfläche wurde in zwei Kontroll- und zwei Nematodenparzellen aufgeteilt (Anhang: Abbildung 15), die jeweils eine Flächengröße von 250 m² umfassten. Die Nematodensuspension (Konzentration: 500.000 Nematoden/m²) wurde am 19. Mai 2008 von 9.00 bis 11.00 Uhr manuell per Gießkannen in den zwei Nematodenplots ausgebracht. Anschließend wurden beide Parzellen in der gleichen Weise mit Leitungswasser nachbehandelt, um die Nematoden von der Bodenoberfläche in den Boden zu schwemmen. Zehn Tage nach Ausbringen der Nematodensuspension wurden die Boden- und Bambusfallen zur Individuenerfassung installiert. Während des Eingrabens der Bodenfallenzylinder in den Kontroll- und Nematodenparzellen wurden alle gefundenen Nester, in denen sich L₄-Larven befanden, gezählt.

2.5.4 Folienabdeckung in Gassenmitte

Anlass für diesen Freilandversuch waren vorausgehende Beobachtungen, bei denen sich zahlreiche Individuen von *F. auricularia* unter PVC-Markierungsbändern in Rebanlagen und unter Bodenschutzfolien in der Rebschule und in Spargelanlagen zu Aggregationsverbänden sammeln. Die Affinität des Gemeinen Ohrwurms zu diesen künstlich geschaffenen Refugien ist möglicherweise auf bestimmte klimatische Bedingungen unter der Folienabdeckung und den hier tagsüber geschaffenen Lichtschutz zurückzuführen. Mit der vorliegenden Untersuchung sollte festgestellt werden, ob ein künstlich angelegter Foliendamm in der Mitte einer Rebasse von *F. auricularia* als Ersatzhabitat angenommen wird und ob sich dadurch der Anteil an aufwandernden Ohrwürmern in die Laubwand, insbesondere schon vor der Traubenreife, verringern lässt. Falls die Insekten, angelockt vom Foliendamm, nicht in den Rebstock aufwandern, wäre dies ein Hinweis dafür, dass *F. auricularia* aufgrund der mangelnden Raumressourcen und Strukturarmut am Boden die Tagesrefugien in der Laubwand aufsucht.

Für den Versuch wurde ein Foliendamm verwendet, wie er zur Aufzucht von Reben in der Rebschule des DLR-Rheinpfalz angelegt wird. Der Damm wurde am 29. Mai 2008 in einer unbegrünten Gasse zwischen zwei im Vorjahr stark befallenen Rebzeilen 21 und 22 einer Sortenmix-Anlage in Neustadt-Mußbach montiert (Anhang: Abbildung 8). In Gassenmitte wurde ein cirka 50 cm hoher Erddamm maschinell aufgeschüttet und maschinell mit schwarzer Schutzfolie abgedeckt. Über die gesamte Dammlänge von 102 m wurde ein Transekt mit Bodenfallen montiert. Die Boden- und Bambusfallen in den angrenzenden Rebzeilen 21 und 22 dienten als Kontrollfallen (Anhang: Abbildung 8). Sowohl im

Foliendamm als auch an einem benachbarten Rebstock wurden Datenlogger installiert, um die Lufttemperatur und die Luftfeuchtigkeit beider Habitate aufzuzeichnen. Am 20. Juli 2008 wurde die schwarze Folie entfernt und im verbliebenen Erddamm 50 randomisierte Probegrabungen durchgeführt, um die Ansiedlung von *F. auricularia* im Damm zu überprüfen.

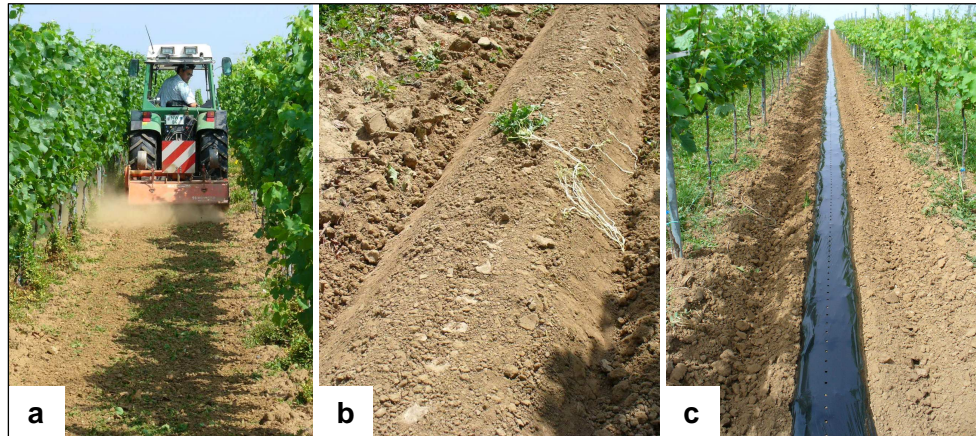


Abbildung 12: Anlegen eines Damms mit Folienabdeckung in Gassenmitte einer Sortenmix-Anlage mit Bodenlockerung als Arbeitsvorbereitung **(a)**, mit aufgeschobenem Erddamm **(b)** und Folienabdeckung des Erddammes **(c)**, Neustadt-Mußbach 2008, Fotos: C. Huth.

2.5.5 Mechanische Störung der Begrünung

Um zu überprüfen, ob sich auch kleinflächige mechanische Eingriffe in die Begrünung während der Aufwanderungsphase von *F. auricularia* auf die Befallsdichte im Laubwandbereich auswirken, wurde ab Juni 2008 ein Bodenpflegeversuch in einer Riesling-Anlage in Neustadt-Mußbach durchgeführt. Die Rebanlage bestand aus drei Parzellen, die sich hinsichtlich der Bodenbewirtschaftung und damit auch der Begrünung unterschieden (Anhang: Abbildung 16). Die Gassen der ersten Parzelle wurden bis zu dreimal im Jahr gegrubbert und waren dadurch unbegrünt. Die Gassen der zweiten Parzelle waren dauerbegrünt, wobei die Begrünung bis zu dreimal im Jahr abgemulcht wurde. Die Dauerbegrünung der dritten Parzelle wurde am 30. Juni 2008 mit der Kreiselegge aufgebrochen. In den drei Parzellen wurde jeweils ein zentral gelegenes Fallentransekt installiert (Anhang: Abbildung 16). Die populationsbiologischen Untersuchungen in dieser Rebanlage wurden auch 2009 fortgeführt, da in diesem Versuchsjahr die Begrünung in der dritten Parzelle nicht mehr umgebrochen wurde und dadurch ein Vergleich zur Populationsentwicklung 2008 möglich war.

2.5.6 Tiefengrubbern mit Umbrechen der Begrünung

Im dritten Projektjahr wurde ein Bodenpflegeversuch mit Umbrechen der Dauerbegrünung und Tiefenbodenlockerung bis zu 30 cm Tiefe durchgeführt. Ziel dieser Maßnahmen war, die überwinterten Adulten und die Gelege, die sich bis zu 20 cm tief im Boden befinden, bereits in den Wintermonaten stark zu reduzieren. Aufgrund der Ergebnisse des Dauermonitorings 2007 und der ersten Nestkartierung 2007/2008 hat sich nämlich gezeigt, dass die Intensität der Bewirtschaftung und die daraus resultierende Vegetationsdeckung beziehungsweise die Begrünungsform die Befallsdichten im Boden- und Laubwandbereich entscheidend beeinflussen. Weiterhin sollte überprüft werden, ob die Population durch einen zweimaligen Eingriff ins Bodengefüge stärker geschädigt wird als durch eine Maßnahme. Denn in vorausgegangenen Laborversuchen wurde beobachtet, dass die Weibchen nach der einmaligen Zerstörung ihrer Brutkammern innerhalb von 24 Stunden ein neues Nest anlegten und einen Großteil der zerstreuten Eier wieder zu einem Gelege formierten.

Für den Versuch wurde eine stark befallene Sortenmix-Anlage in Neustadt-Mußbach mit 24 Rebreihen ausgewählt, die zum Teil bereits 2007 und 2008 im Dauermonitoring integriert war und zur Nestkartierung genutzt wurde. Die Fläche wurde in drei Parzellen unterteilt (Anhang: Abbildung 18). In der ersten Parzelle wurden zwei Tiefenbodenlockerungen (abgekürzt: 2 x Grubbern) vorgenommen und die Begrünung umgebrochen: am 3. November 2009 bis 20 cm tief, am 2. April 2009 bis 35 cm tief (Abbildung 13a, b). In der zweiten Parzelle wurde die Dauerbegrünung mit einer Tiefenbodenlockerung umgebrochen (abgekürzt: 1 x Grubbern): am 3. November 2009 bis 20 cm tief.



Abbildung 13: Bodenpflegeversuch mit Tiefenbodenlockerung in einer Sortenmix-Anlage: Tiefengrubbern in einer unbegrünten Gasse (a), Tiefengrubbern mit Umbrechen der Begrünung in einer begrüneten Gasse (b), Kontrollparzelle mit winterbegrünter Gasse (c) und mit dauerbegrünter Gasse (d), Neustadt-Mußbach 2009, Fotos: C. Huth.

Ursprünglich sollten die Bodenlockerungen im November bis in eine Tiefe von 35 cm erfolgen. Da zu dieser Zeit der Boden extrem trocken war, wurde nur 20 cm tief gelockert. Die dritte Parzelle diente als Kontrolle, in der sich alternierend dauer- und winterbegrünte

Gassen abwechselten (Abbildung 13c, d, Anhang: Abbildung 18) und von November 2008 bis April 2009 keine Bodenpflegemaßnahmen durchgeführt wurden.

Um potenzielle Auswirkungen des Tiefengrubberns mit Umbrechen der Begrünung auf die überwinternden Ohrwürmer und die Gelege nachzuweisen, wurde vom 6. April bis 11. Mai 2009 in der gesamten Anlage eine Nestkartierung durchgeführt. Dabei wurden in den Versuchspartellen insgesamt 120 Bodengrabungen vorgenommen: 60 Grabungen in der Kontrollparzelle und 60 Grabungen in der Bodenpflegeparzelle, davon 30 Grabungen im nur einmal gegrubberten Abschnitt und 30 Grabungen im zweimal gegrubberten Abschnitt (Anhang: Abbildung 18). Die zweite Nestkartierung wurde methodisch entsprechend der ersten durchgeführt (Kapitel 2.4).

2.5.7 Strohaufgabe in unbegrünter Gasse

Ziel dieser Feldstudie war es, durch das Aufbringen einer Strohaufgabe in den unbegrünter Gassen die Habitatbedingungen in der Überwinterungs- und Brutphase sowie in der Aktivitätsperiode für *F. auricularia* derart zu verbessern, dass die Insekten nur noch in geringer Anzahl in den Rebstock aufwandern. Freilandversuche im Saale-Unstrut-Gebiet haben gezeigt, dass in Rebanlagen mit Strohaufgaben temporär höhere Arten- und Individuenzahlen von Kurzflügelkäfern (Staphylinidae) erfasst wurden als in unbegrünter Anlagen (HUTH 2005). Insbesondere in den Wintermonaten bot die ganzjährige Strohabdeckung vielen sonst subdominant aufgetretenen Arten ein kältegeschütztes und ungestörtes Winterquartier. Da die Larvenentwicklung des Ohrwurms stark temperaturabhängig ist (LAMB 1976a, b), ist anzunehmen, dass die Strohschicht als Bruthabitat bevorzugt wird. Zudem erhöht Strohmulch die Habitatheterogenität und der omnivore Ohrwurm findet ein umfangreiches Nahrungsangebot in der Strohschicht vor: Schimmelpilze, Detritus, Milben und Insektenlarven. Des Weiteren weist die Strohschicht ein wärmeres und feuchteres Klima auf als der Rohboden.

Die aufgeführten Hypothesen wurden 2009 in einer alternierend begrünter Spätburgunder-Anlage in Neustadt-Haardt überprüft, weil in dieser Fläche bereits im Spätherbst 2008 Strohmulch zur Verbesserung des Bodenhumusgehaltes in den unbegrünter Bereichen aufgebracht wurde. In der Versuchsfläche wurden zwei Rebzeilen ausgewählt, die eine dauerbegrünter Gasse begrenzen und zwei Rebzeilen, die sich links- und rechts neben einer mit Stroh abgedeckten unbegrünter Gasse befanden (Anhang: Abbildung 17). In den Versuchsreihen wurden die Fallentransekte mit Boden- und Bambusfallen installiert. In der dauerbegrünter Gasse und der Strohgasse wurden Bodenfallen über die gesamte Gassenlänge verteilt (Anhang: Abbildung 17). Der Versuch begann am 22. Mai 2009, weil sich die L₄-Larven zu dieser Zeit noch im Oberbodenbereich aufhielten und dadurch gut mit Bodenfallen erfasst werden konnten. Am 18.04.09 endete die Untersuchung.

2.6 Befallsregulation in der Laubwand

Tabelle 6: Befallsregulation im Rebstamm- und Laubwandbereich der Rebanlagen von 2007 bis 2009, Abkürzungen: UB = unbegrünte Rebanlage, AB = alternierend begrünte Rebanlage, SL = sandiger Lehmboden, LS = lehmiger Sandboden, BO = Bodenfalle, BA = Bambusfalle, EP = Eierpappenfalle, KW = konventionelle Bewirtschaftung, KUW = kontrolliert umweltschonende Bewirtschaftung, BW = biologische Bewirtschaftung.

Versuchsziel	Rebsorte / Ort / Charakteristik	Fallenanzahl	Beginn	Ende
Laubwandbereich INSEKTIZIDE:				
<u>Vorversuch:</u> SpinTor	Riesling / Deidesheim / AB, SL, KUW	8 EP	29.06.07	06.07.07
<u>Vorversuch:</u> SpinTor	Gewürztraminer / Deidesheim / AB, SL, KUW	8 EP	29.06.07	06.07.07
<u>Vorversuch:</u> SpinTor	Cabernet-Cubin / Neustadt- Königsbach / AB, SL, KUW	8 EP	29.06.07	06.07.07
<u>Vorversuch:</u> SpinTor, Reldan 22	Silvaner / Neustadt-Mußbach / AB, SL, KUW	12 BA	22.06.07	15.08.07
SpinTor, Reldan 22, Confidor WG 70	Sortenmix / Dackenheim / UB (Junganlage), SL, KW	604 x visuell	20.06.08	26.06.08
SpinTor, Reldan 22, Confidor WG 70	Riesling / Deidesheim / AB, SL, KUW	120 (60 BO / 60 BA)	20.06.08	25.09.08
SpinTor	Riesling / Neustadt-Mußbach / AB, SL, KUW	120 (60 BO / 60 BA)	08.08.08	25.09.08
SpinTor, Steward®	Riesling / Neustadt-Mußbach / AB, SL, KW	120 (60 BO / 60 BA)	20.07.09	10.09.09
Steward®	Dornfelder / Neustadt-Mußbach / AB, SL, KUW	80 (40 BO / 40 BA)	20.07.09	10.09.09
SpinTor	Portugieser / Roschbach / AB, SL, KW	120 (60 BO / 60 BA)	30.07.09	10.09.09
Laubwandbereich REPELLENTSUBSTANZEN:				
2-Methyl-1,4- benzochinon	Sortenmix / Neustadt-Mußbach / AB, SL, KUW	10 EP	02.08.07	16.08.07
2-Methyl-1,4- benzochinon	Gewürztraminer / Neustadt- Gimmeldingen / AB, SL, KUW	60 EP 60 x visuell	17.08.07	24.08.07
ENVIRepel	Regent / Neustadt-Mußbach / AB, SL, KUW	108 (54 BO / 54 BA)	23.07.08	29.08.08
Laubwandbereich HABITATVERÄNDERUNG:				
Traubenausdünnung mittels Vollernter	Riesling / Neustadt-Mußbach / AB, SL, KUW	18 (9 BA, 9 EP)	06.07.07	13.07.07
Entlaubung der Traubenzone	Ortega / Neustadt-Mußbach / AB, SL, KW	180 (90 BO / 90 BA)	02.07.08	20.08.08
Laubwandkalkung: Hydrocal®S11/30	Portugieser / Ellerstadt / AB, LS, BW	80 (40 BO / 40 BA)	21.07.08	09.09.08
Laubwandkalkung: Hydrocal®Super 85	Riesling-Chardonnay / Ellerstadt / AB, SL, BW	80 (40 BO / 40 BA)	21.07.08	23.09.08
Rebstammbereich BARRIEREN:				
Tonmineral Kaolin	Regent / Neustadt-Mußbach / AB, SL, KUW	192 (76 BO / 116 BA)	03.06.09	17.06.09
Leimringe	Regent / Neustadt-Mußbach / AB, SL, KUW	32 (16 BO / 16 BA)	22.05.09	22.07.09

Freilanduntersuchungen zur Befallsregulation von *F. auricularia* im Laubwandbereich bildeten in den Versuchsjahren 2008 und 2009 den Projektschwerpunkt. Durch den Einsatz von mechanischen, chemischen und biologischen Maßnahmen im Rebstamm- und Laubwandbereich sollte die Aufwanderung der L₄-Larven ab Juni und die Befallsdichten der Adulten im Laubwandbereich während der Traubenreife reduziert werden.

Die Freilandversuche zur Befallsregulation im Laubwandbereich der Rebanlagen sind mit Versuchsziel, Versuchscharakteristik, Versuchszeitraum und Fallenanzahl in Tabelle 6 aufgeführt. Mit Ausnahme von kleinflächig und nur einmalig durchgeführten Vorversuchen ist für jeden Versuch der detaillierte Versuchsaufbau mit Flächenplan separat im Anhang (Abbildungen 19 bis 29) abgebildet.

2.6.1 Insektizidvorversuche 2007

2007 fanden kleinflächige Vorversuche mit zwei Insektiziden zur Befallsregulation des Gemeinen Ohrwurms statt. Zunächst wurde das Insektizid SpinTor getestet, da aus dem Apfelanbau bekannt war, dass das Insektizid eine schädigende Wirkung auf *F. auricularia* hat, wenn dieser größere Mengen an Blattmaterial aufnimmt (DANIEL et al. 2005). Ferner war das Insektizid zum damaligen Versuchszeitpunkt bereits im deutschen Weinbau zur Bekämpfung des Einbindigen Traubenwicklers, des Bekreuzten Traubenwicklers, des Springwurmwicklers und des Rombenspanners (*Peribatodes rhomboidaria* DENIS & SCHIFFERMÜLLER 1775) genehmigt. Der Wirkstoff Spinosad ist eine Mischung aus Spinosyn A und D, die bei der aeroben Fermentation des Bodenbakteriums (*Saccharopolyspora spinosa* Mertz & Yao 1990) entstehen (SPARKS et al. 1998). Die Wirkstoffaufnahme erfolgt primär über Fraßaktivität sowie über Körperkontakt (SALGADO 1997, 1998). Spinosad ist ein Neurotoxin, das beim Insekt zu einer anhaltenden Muskelkontraktion, zu Erschöpfungs- und Schockzuständen und letztendlich zur Lähmung führt (DOWAGRO 2010). Diese Schädigungen werden durch eine Überreizung ausgelöst, indem Spinosad wie Acetylcholin am nikotinischen Achetylcholinrezeptor wirkt aber durch die Acetylcholinesterase nicht mehr abgebaut wird (SALGADO 1997, 1998). Der Wirkstoff scheint aber auch die GABA Rezeptoren (Transmembranproteine in Nervenzellen) zu beeinflussen, wodurch die Nahrungsaufnahme eingestellt wird und innerhalb kürzester Zeit die Lähmung und der Tod eintreten (SALGADO 1997, 1998).

Zusätzlich zu SpinTor wurde das Insektizid Reldan 22 in die Vorversuche einbezogen, weil mittels Insektizidtests in pfälzischen Steinobstanlagen von 2001 bis 2003 festgestellt wurde, dass Reldan 22 den Ohrwurm-Befall im Baumkronenbereich kurzzeitig reduziert (DAHLBENDER & HENSEL 2006). Der Wirkstoff Chlorpyrifos-Methyl gehört zur Wirkstoffgruppe der Phosphorsäureester und wird über Körperkontakt, durch Fraßaktivitäten sowie über die Atmung von den Schadinsekten aufgenommen (DOWAGRO 2008). Dieses Nervengift führt

beim Schadorganismus durch die Überreizung des Nervensystems zum Tod. Durch die Hemmung des Enzyms Acetylcholinesterase am synaptischen Spalt wird das Acetylcholin nicht mehr zerlegt und es erfolgt eine Dauererregungsleitung (WEHNER & GEHRING 1995).

Insektizidvorversuch I mit SpinTor

Für diesen Vortest wurden drei Rebanlagen an verschiedenen Standorten ausgewählt, die zum Versuchsbeginn sehr hohe Befallsdichten von *F. auricularia* im Laubwandbereich aufwiesen: eine Riesling-Anlage in Deidesheim, eine Gewürztraminer-Anlage in Deidesheim sowie eine Cabernet Cubin-Anlage in Neustadt-Königsbach. Alle Flächen wurden in zwei gleich große Parzellen geteilt. Eine Parzelle wurde mit SpinTor behandelt und die andere diente als unbehandelte Kontrolle. Die SpinTor-Applikation (0,01 %) erfolgte am 29. Juni ab 10.00 Uhr morgens nacheinander in allen drei Rebanlagen mit einem Wanner Sprühgerät SZA 24. Einen Tag nach der Applikation wurden in allen Kontroll- und SpinTor-Parzellen zentrale Fallentransekte, bestehend aus vier Eierpappenfallen im Rebstammbereich, installiert. Das Fangintervall umfasste den Zeitraum von 30. Juni bis 6. Juli.

Insektizidvorversuch II mit SpinTor und Reldan 22

Für den Versuch wurde eine zu Versuchsbeginn stark befallene Silvaner-Anlage in Neustadt-Mußbach ausgewählt. Als Versuchspot wurden die zwei zentral in der Anlage gelegenen Rebzeilen 16 und 17 verwendet und über ihre gesamte Länge in jeweils drei Parzellen gleicher Größe aufgeteilt: Kontrollplot, SpinTor-Plot sowie Reldan 22-Plot. In jeder Parzelle wurden vier Bambusfallen für eine Vorbonitur vom 22. bis 29. Juni montiert. SpinTor (0,01 %) und Reldan 22 (0,2 %) wurden am 9. Juli ab 8.00 Uhr mit einem Parzellentunnelspritzgerät Modell „NW“ im jeweiligen Plot ausgebracht. Einen Tag nach der Applikation wurden die Bambusfallen zur Individuenerfassung wieder am Rebstock angebracht und in vierzehntägigem Rhythmus geleert bis 15. August 2007.

2.6.2 Insektizidversuche 2008

Wie 2007 bereits begonnen, wurde auch 2008 die Wirkung der Insektizide SpinTor und Reldan 22 auf *F. auricularia* weiter untersucht. Neben SpinTor und Reldan 22 wurde in zwei Rebanlagen zusätzlich noch Confidor WG 70 appliziert, da für andere Neonicotinoide wie Thiacloprid bereits die schädigende Wirkung auf den Gemeinen Ohrwurm im Laborversuch beschrieben wurde (LAHUSEN et al. 2006). Darüber hinaus war Confidor WG 70 2008 bereits zur Bekämpfung der Reblaus (*Dactylosphaera vitifoliae* FITCH 1855) und von Thripsen (Thysanoptera) in Nichtertragsanlagen im deutschen Weinbau genehmigt. Der Wirkstoff Imidacloprid ist ein systemisches Insektizid mit Kontakt- und Fraßwirkung, das sowohl über den Pflanzensaft als auch über die Blattfläche vom Schadinsekt aufgenommen werden kann (BAYERCROPSCIENCE 2010). Imidacloprid wirkt beim Insekt wie Acetylcholin am

nikotinischen Achetylcholinrezeptor der Nervenzellen, es wird aber nicht durch die Acetylcholinesterase abgebaut, so dass ein Dauerreiz ausgelöst wird (WEHNER & GEHRING 1995).

Bei den Insektizidversuchen 2008 wurden im Vergleich zum Versuchsjahr 2007 die Nachtaktivität, die versteckte Lebensweise sowie das Entwicklungsstadium des Ohrwurms berücksichtigt und die Versuche dementsprechend konzipiert. Im Vergleich zu den Untersuchungen 2007 wurden 2008 in den Flächen wesentlich mehr Fallen zur Individuenerfassung installiert, um die Stichprobenanzahl zu erhöhen und damit die statistische Auswertung zu optimieren. Alle Insektizidtests wurden mit Ausnahme eines Versuches in einer Junganlage in Riesling-Anlagen durchgeführt, da diese kompakte Sorte während der Traubenreife massiv befallen war und in Rheinland-Pfalz am häufigsten angebaut wird.

Insektizidversuch I mit SpinTor, Reldan 22 und Confidor WG 70

Der erste Insektizidversuch 2008 wurde in einer im gleichen Jahr gepflanzten Sortenmix-Anlage in Dackenheim durchgeführt, weil Anfang Juni hohe Individuenansammlungen von L₄-Larven und adulten Ohrwürmern an den Jungreben in den Pflanzröhren beobachtet wurden. Mittels der Untersuchung sollte die Wirkung der drei Insektizide auf *F. auricularia* in Pflanzröhren überprüft werden. Die für die Feldstudie verwendeten Rebzeilen wurden in eine Kontrollreihe und drei Insektizidreihen gegliedert (Anhang: Abbildung 19). Die Applikationen erfolgten am 13. Juni von 8.00 bis 11.00 Uhr mit einer 5-Liter-Druckspritze Modell „Planta 5“. Dabei wurde jede Jungrebe in jeder Pflanzröhre für vier Sekunden mit dem jeweiligen Insektizid behandelt: SpinTor (0,01 %), Reldan 22 (0,2 %) und Confidor WG 70 (0,01 %). Die Jungreben der Kontrollreihe wurden auf die gleiche Weise mit Leitungswasser behandelt.

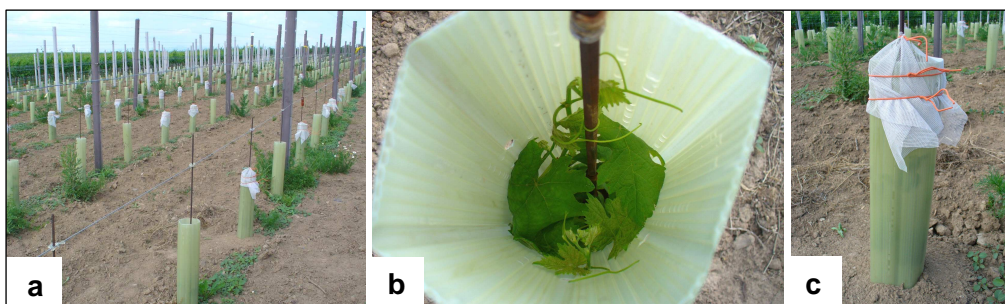


Abbildung 14: Insektizidversuch SpinTor, Reldan 22 und Confidor WG 70 in einer Sortenmix-Junganlage (a), Pflanzröhre ohne Gaze (b) und Pflanzröhre mit Gaze (c), Dackenheim 2008, Fotos: C. Huth.

Für einen Worst-Case-Versuch wurden pro Reihe 15 Pflanzröhren an der oberen Öffnung mit Gaze netzen unmittelbar nach der Applikation verschlossen (Abbildung 14). Hierdurch sollte das Flüchten der Ohrwürmer verhindert werden. Sieben Tage nach der Behandlung wurden die Individuenzahlen in den eingenetzten Pflanzröhren visuell bestimmt. Die Netze

wurden nach der Auswertung nicht wieder montiert, da schon während der Netzmontage ein Teil der Ohrwürmer die Röhre unterirdisch über den Erdboden verlassen hatte, so dass die eingetzten Röhren nicht direkt als Käfige fungierten. Der gesamte Versuch fand vom 13. bis 26. Juni 2008 statt.

Insektizidversuch II mit SpinTor, Reldan 22 und Confidor WG 70

Der zweite Insektizidversuch 2008 mit SpinTor, Reldan 22 und Confidor WG 70 wurde in einer Riesling-Anlage in Deidesheim durchgeführt. Der Versuch fand einerseits statt, um den Wirkungsgrad und die Wirkungsdauer der drei Insektizide nach einer Nachtapplikation auf die Ohrwürmer zu bestimmen. Beobachtungen im Vorjahr hatten gezeigt, dass sich die dämmerungs- und nachtaktiven Ohrwürmer von 22.00 bis 5.00 Uhr aktiv in der Laubwand bewegen, um Nahrung und neue Refugien zu suchen. Demzufolge erhöht sich bei einer Nachtapplikation die Kontaktwirkung zwischen Ohrwurm und Insektizid, während die Insekten tagsüber weitgehend geschützt in ihren Verstecken sitzen und dadurch mit am Tag applizierten Mitteln weniger in Berührung kommen. Andererseits sollte überprüft werden, in welchem Entwicklungsstadium des Ohrwurms die Insektizide am effektivsten wirken. Während der ersten Behandlungen Mitte Juni waren noch überwiegend L₄-Larven aktiv, die vermutlich aufgrund ihres dünneren Chitinskelettes eine höhere Insektizidempfindlichkeit aufweisen können. Des Weiteren sollten die Untersuchungen klären, ob ein oder zwei Insektizidbehandlungen des jeweiligen Mittels nötig sind, um die Befallsdichten während des Traubenreifeprozesses bis zur Traubenlese effektiv zu reduzieren.

Für die Untersuchung wurde die Versuchsfläche in eine Kontrollparzelle und drei Insektizidparzellen aufgeteilt, in denen zentral jeweils ein Fallentransekt angelegt wurde (Anhang: Abbildung 20). Die Mittel wurden am 19. Juni nachts von 3.00 bis 6.00 Uhr mit einem Parzellentunnelspritzgerät Modell „NW“ ausgebracht: SpinTor (0,01 %), Reldan 22 (0,2 %), Confidor WG 70 (0,01 %). Die zweite Nachtbehandlung wurde am 7. August im unteren Teil der Fläche in gleicher Weise wie die erste vorgenommen.

Insektizidversuch III mit SpinTor

In Anlehnung an die Ergebnisse der Insektizidversuche in Dackenheim und Deidesheim fand ein dritter Insektizidversuch in einer Riesling-Anlage in Neustadt-Mußbach statt. Anhand der Feldstudie sollte festgestellt werden, ob Unterschiede zwischen dem Wirkungsgrad und der Wirkungsdauer einer Tag- und Nachtapplikation von SpinTor auftreten.

Für den Versuch wurde die Rebanlage in drei gleichgroße Abschnitte geteilt: Kontrollparzelle, Parzelle mit SpinTor-Nachtapplikation, Parzelle mit SpinTor-Tagapplikation (Anhang: Abbildung 21). In jedem Plot wurde ein zentraler Fallentransekt angelegt. In der Nachtparzelle wurde SpinTor (0,01 %) am 5. August um 21.30 Uhr und in der Tagparzelle am 6. August um 7.30 Uhr mit einem Wanner Sprühgerät SZA 24 in die Laubwand appliziert.

Da mit den verwendeten Bambusfallen nur der Stockbefall ermittelt werden konnte, wurde am 29. August eine zusätzliche Traubenauswertung zur Absicherung der bisherigen Ergebnisse in den beiden SpinTor-Parzellen und in der Kontrollparzelle der Riesling-Anlage durchgeführt. Hierzu wurden aus jedem Plot drei Rebstöcke ausgewählt, von denen alle Trauben abgeschnitten wurden. Im Labor wurde die Gesamtindividuenzahl für die Trauben eines Rebstockes bestimmt und mit dem aus den Bambusfallenfängen ermittelten Stockbefall des gleichen Rebstockes vom 29. August verglichen.

2.6.3 Insektizidversuche 2009

Im dritten Versuchsjahr wurde die Wirkung des 2007 und 2008 getesteten Insektizids SpinTor erneut auf Ohrwürmer überprüft, weil für SpinTor am 1. Juli 2009 eine Genehmigung im deutschen Weinbau nach § 11 Absatz 2 PflSchG für 120 Tage erteilt wurde. Da die Wirksamkeit des Mittels gegen *F. auricularia* stark von den Applikationszeiten abhängt, fanden 2009 drei weitere Freilandversuche statt.

Zusätzlich zu SpinTor wurde der befallsreduzierende Effekt von Steward® auf den Gemeinen Ohrwurm in einem Groß- und Kleinversuch untersucht. Basis für die Feldstudie waren 2008 Mittelprüfungen in Apfelanlagen, die gezeigt haben, dass Steward® die Populationsdichten von *F. auricularia* am stärksten reduziert (VOGT et al. 2009). Der Wirkstoff Indoxacarb gehört zur Wirkstoffgruppe der Oxadiazine und beeinflusst die spannungsabhängigen Natrium-Kanäle in den Nervenzellen (LAPIED et al. 2001, KARG 2005). Dabei reagiert Indoxacarb direkt mit den Na⁺-Kanälen und verändert dadurch die Leitfähigkeit, wodurch sich die Kanäle länger öffnen und ein vermehrter Fluss von Na⁺-Ionen entsteht (KARG 2005). Folglich erhöht sich das Membranpotential der Nervenzellen, die Erregbarkeit nimmt zu und letztendlich wird die Dauererregung erreicht, die zur Lähmung führt (KARG 2005). Ferner ist Steward® im deutschen Weinbau zur Bekämpfung des Einbindigen und Bekreuzten Traubenwicklers, des Springwurmwicklers, des Rombenspanners und der Grünen Rebzikade (DUPONT 2009) genehmigt. Das Mittel kann beispielsweise gegen die Grüne Rebzikade mit maximal drei Anwendungen eingesetzt werden.

Insektizidversuch I mit SpinTor

Der erste SpinTor-Versuch 2009 lief in einer Regent-Anlage in Neustadt-Mußbach, die 2007 und 2008 sehr hohe Ohrwurmdichten im Laubwandbereich aufwies. Ziel des Versuches war es, die Wirksamkeit des Insektizids bei einer späten Tagapplikation in der Dämmerung zu testen.

Da die Regent-Anlage nur aus sechs Reihen bestand, wurden zusätzlich zwei Reihen einer benachbarten Sortenmix-Anlage in den Versuch integriert (Anhang: Abbildung 22), denn

zwischen der Kontroll- und Insektizidparzelle sollte wenn möglich eine Pufferzone liegen, um eine potenzielle Abdrift des Mittels in die Kontrolle zu vermeiden. Der Fallentransekt wurde jeweils in der Zentralreihe der beiden Versuchspartellen aufgebaut. Aufgrund zahlreicher Regentage wurde SpinTor (0,01 %) erst am 30. Juni am Ende der Aufwanderungsphase der L₄-Larven mit einem Wanner-Sprühgerät SZA 24 im SpinTor-Plot appliziert.

Insektizidversuch II mit SpinTor

Der zweite Spintor-Versuch 2009 fand in einer sehr stark befallenen Portugieser-Anlage in Roschbach statt. In der 22 Jahre alten Anlage wurden vor Versuchsbeginn Massenansammlungen von Ohrwürmern unter der extrem stark ausgeprägten Borke der Rebstämme beobachtet, die zur Traubenreife in hohen Dichten in die Laubwand einwanderten. Ziel des Versuches war es, wiederholt zu überprüfen, ob sich die Befallsdichten durch eine Nachtbehandlung während der Traubenreife mindestens um die Hälfte reduzieren lassen oder ob zwei Spritzungen nötig sind. Außerdem sollte abgeklärt werden, ob sich der Befallsdruck mit einer räumlich begrenzten Insektizidapplikation auf ein für die Praxis akzeptables Maß reduzieren lässt. Im Versuch wurde SpinTor (0,01 %) teilweise nur in die Traubenzzone und nicht auf die gesamte Laubwand appliziert. Ein Vorteil dieser bei entsprechender Indikation gängigen Ausbringung von Insektiziden in der Praxis ist die Kostenersparnis durch weniger Spritzflüssigkeit.

Da die Portugieser-Anlage mit 37 Reihen sehr großflächig war, wurden eine Kontroll- und drei SpinTor-Parzellen mit unterschiedlichen Applikationsterminen und -zonen angelegt und ein Fallentransekt in der Zentralreihe jedes Plots montiert (Anhang: Abbildung 23). Die folgenden Applikationen wurden nachts von 22. bis 23. Uhr mit einem Wanner-Tunnelspritzgerät durchgeführt:

- Behandlung 1 (abgekürzt: B1): Eine SpinTor-Applikation am 30. Juli in die komplette Laubwand
- Behandlung 2 (abgekürzt: B2): Zwei SpinTor-Applikationen mit einer Applikation am 30. Juli in die komplette Laubwand und einer weiteren Applikation drei Wochen vor der Lese am 13. August nur in die Traubenzzone
- Behandlung 3 (abgekürzt: B3): Eine SpinTor-Applikation drei Wochen vor Lese am 13. August nur in die Traubenzzone.

Insektizidversuch III mit Steward® und SpinTor

In einem weiteren Insektizidversuch wurden die Wirkungen der Insektizide SpinTor und Steward® während der Traubenreife bis zur Lese miteinander verglichen.

Als Versuchsfläche wurde eine Riesling-Anlage in Neustadt-Mußbach ausgewählt, die im Juni 2009 sehr starken Ohrwurm-Befall aufwies. Die Anlage wurde in zwei gleichgroße Insektizidparzellen und eine zentral gelegene Kontrollparzelle geteilt, in denen jeweils ein

Fallentransekt zentral angelegt wurde (Anhang: Abbildung 24). Um die Wirkungen der beiden Insektizide auf *F. auricularia* unmittelbar vergleichen zu können, wurden am 21. Juli von 8.00 bis 9.00 Uhr SpinTor (0,01 %) und Steward® (0,0125 %) mit einem Wanner-Sprühgerät SZA 24 ausgebracht.

Insektizidversuch IV mit Steward®

Der zweite Insektizidversuch mit Steward® diente als kleinflächige Wiederholung des dritten Versuchs und wurde angelegt, um die Wirkung des Mittels auf *F. auricularia* in einer anderen Rebanlage mit einer weiteren Rebsorte erneut zu testen.

Die Untersuchung fand in drei Reihen einer Dornfelder-Anlage in Neustadt-Haardt statt, in der im Juni 2009 sehr hohe Befallsdichten festgestellt wurden. Die Reihen 20 und 21 dienten als Steward®-Parzelle, wobei in jeder Reihe ein Fallentransekt mit zehn Fallenstandorten eingerichtet wurde. Als unbehandelte Kontrolle stand aufgrund anderer Versuche nur die dritte Reihe zur Verfügung, in der ein zentraler Fallentransekt mit 20 Erfassungspunkten angelegt wurde. Steward® (0,0125 %) wurde am 21. Juli ab 10.00 Uhr, direkt im Anschluss an die erste Steward®-Tagbehandlung in der Riesling-Anlage, mit einem Wanner-Sprühgerät SZA 24 appliziert.

2.6.4 Repellentsubstanz 2-Methyl-1,4-benzochinon

F. auricularia besitzt auf der Dorsalseite des vorderen Abdominalbereiches paarige Wehrdrüsen, aus denen das chinonhaltige Sekret 2-Methyl-1,4-benzochinon zur Feindabwehr ausgestoßen wird (DETTNER & PETERS 1999). In populationsbiologischen Studien über das Aggregationsverhalten des Gemeinen Ohrwurms stellten WALKER et al. (1993) fest, dass eine dem Abwehrsekret identische 2-Methyl-1,4-benzochinon-Lösung in den Konzentrationen 0,01 mol/Liter und 0,1 mol/Liter einen signifikanten Abstoßungseffekt (Repellenteffekt) auf die im Labor gehaltenen Insekten hatte.

In Anlehnung an diese Ergebnisse wurden zwei Freilandversuche durchgeführt, um die von WALKER et al. (1993) beobachtete Repellentwirkung auf *F. auricularia* unter Freilandbedingungen in Rebanlagen zu überprüfen. Mittels der Versuche sollte festgestellt werden, ob am Rebstamm befestigtes Trägermedium, aus dem die Repellentsubstanz ausdampft (Abbildung 15b), die Ohrwürmer dauerhaft an der Einwanderung in die Laubwand hindert. Als Trägermedium wurde Holzwolle verwendet, mit der Eierpappenfallen gefüllt wurden (Abbildung 15a). Im Vorfeld wurde die Holzwolle 24 Stunden in zwei verschiedenen konzentrierten Lösungen unter Luftabschluss eingeweicht: 0,01 M 2-Methyl-1,4-benzochinon-Lösung und 0,1 M 2-Methyl-1,4-benzochinon-Lösung. Die Benzochinon-Lösungen wurden mit p-Toluchinon (neoLab Migge Laborbedarf-Vertriebs GmbH, Heidelberg) hergestellt.



Abbildung 15: Repellentversuch mit Eierpappenfallen, deren Holzwoolfüllungen mit 2-Methyl-1,4-benzochinon getränkt wurden **(a)** und Versuchsrebstock mit Fallensystem **(b)**, Neustadt-Mußbach 2007, Fotos: C. Huth.

Vorversuch mit 2-Methyl-1,4-benzochinon

Im Vorversuch sollte die von WALKER et al. (1993) beschriebene Repellentwirkung der zwei unterschiedlich konzentrierten Benzochinon-Lösungen auf den Gemeinen Ohrwurm untersucht werden. Zusätzlich wurde noch ein Ansatz mit Ohrwurm-Kotlösung hergestellt, um festzustellen, ob große Kotmengen in einem Tagesrefugium einen Anziehungs- oder Abstoßungseffekt auf die Ohrwürmer haben. WALKER et al. (1993) wiesen nach, dass das Abwehrsekret 2-Methyl-1,4-benzochinon auch im Kot enthalten ist. Im Labor konnten die Autoren zeigen, dass chinonhaltiger Kot keinen signifikanten Repellenteffekt auf Artgenossen hatte. Im Gegensatz dazu stellten WALKER et al. (1993) in Freilandstudien fest, dass der Kot in großen Mengen an attraktiven Tagesruheplätzen abgegeben wird und auf Artgenossen anziehend wirkt. Die für den Versuch benötigte Kotlösung wurde aus 40 mg Ohrwurm Kot, der unter Rühren in 50 ml Leitungswasser aufgelöst wurde, hergestellt. Um zu überprüfen, wie stark die Repellentwirkung ist, wenn sich im Trägermedium eine attraktive Nahrungsquelle befindet, wurde partiell auf die Innenseite der Eierpappenfalle Honig aufgebracht. Aus früheren Freilandstudien ist bekannt, dass *F. auricularia* von Zuckerverbindungen, wie zum Beispiel dem von Blattläusen abgesonderten Honigtau angelockt wird (LAHUSEN et al. 2006).

Für den Vorversuch wurden zwei stark befallene Rebzeilen mit den Rotwein-Neuzüchtungen Accent und Bolero im Zentralbereich einer Sortenmix-Anlage in Neustadt-Mußbach ausgewählt. In jeder Rebzeile wurden fünf stark befallene Rebstöcke ausgewählt, an denen die unterschiedlich behandelten Eierpappenfallen am Rebstamm angebracht wurden: eine unbehandelte Kontrollfalle, eine Falle mit 0,01 M Benzochinon-Lösung, eine Falle mit 0,1 M Benzochinon-Lösung, eine Falle mit Kotlösung und eine Falle mit 0,1 M Benzochinon-Lösung plus Honig. Vor der Fallenmontage am 9. August 2007 wurden alle im Rebstock siedelnden Ohrwürmer durch starkes Schütteln des Stockes und durch Absammeln entfernt. Nach sieben Tagen wurden die Fallen abgenommen und der Test beendet.

Hauptversuch mit 2-Methyl-1,4-benzochinon

Da der Vorversuch mit einer sehr geringen Stichprobengröße durchgeführt wurde, aus der möglicherweise durch standortbedingte Schwankungen der Individuenzahlen subjektive Testergebnisse resultierten, wurde eine zweite Untersuchung mit einem höheren Stichprobenumfang durchgeführt. In dem Versuch wurde ausschließlich der Repellenteffekt der 0,1 M Benzochinon-Lösung getestet.

Für die Studie wurden drei Versuchspartzen in einer Riesling-Anlage in Deidesheim eingerichtet, die außerhalb der bereits mit SpinTor behandelten Rebzeilen lagen. Die mittlere Versuchspartze diente als Kontrollplot, in der unbehandelte Eierpappenfallen am Rebstamm montiert wurden. Die Partzen links und rechts der Kontrollpartze dienten als Benzochinon-Partzen, in denen die mit Benzochinon behandelten Eierpappenfallen angebracht wurden. Um eine hohe Stichprobenanzahl in jeder Partze zu gewährleisten, wurde pro Sticklelänge eine Lebendfalle am 17. August 2007 für sieben Tagen montiert. In jeder Partze wurden 20 Fallen angebracht. Nach sieben Tagen wurden die Fallen entfernt und während des Fallenabbaus die Gesamtindividuenzahl pro Stock visuell bestimmt. Hierzu wurde der entsprechende Rebstock dreimal kräftig geschüttelt, die Ohrwürmer in einer weißen Wanne am Boden aufgefangen und gezählt. Anschließend wurden die ermittelten Individuenzahlen in den Fallen und an den Rebstöcken miteinander verglichen, um zu überprüfen, ob sich der Geruch einer Benzochinon-Falle über den ganzen Stock verteilt und somit den Ohrwurmbefall in der Laubwand reduziert oder verhindert hat.

2.6.5 Pflanzenstärkungsmittel ENVIREpel

Das nahezu aus 100 % Knoblauchextrakt bestehende biologische Pflanzenstärkungsmittel ENVIREpel (BIODOMO GmbH, Baden-Baden) soll laut Vertreiber (Raiffeisenmarkt Bad Dürkheim) eine Repellentwirkung auf *F. auricularia* haben und nach einer dreimaligen Behandlung die Ohrwürmer aufgrund seines starken Knoblauchduftes aus der Laubwand vertreiben. In einem kleinflächig angelegten Testversuch Ende September 2006 konnte der Repellenteffekt nicht bestätigt werden. Im Rahmen der 2008 durchgeführten Untersuchungen zur Befallsregulierung wurde mit diesem Extrakt ein zweiter Versuch mit kontinuierlich fangenden Fallensystemen und einem längeren Versuchszeitraum angelegt, um die aus 2006 vorliegenden Ergebnisse zu überprüfen.

Für die Studie wurde eine Regent-Anlage in Neustadt-Mußbach ausgewählt, die im Vorjahr sehr hohe Befallsdichten aufwies. Die Fläche wurde in eine Kontroll- und eine ENVIREpel-Partze geteilt und jeweils ein zentral gelegener Fallentransekt installiert (Anhang: Abbildung 25). In der ENVIREpel-Partze wurde die gesamte Laubwand genau nach Herstellerangabe dreimal im Abstand von sieben bis zehn Tagen (21. Juli, 30. Juli, 7. August) jeweils am frühen Morgen mit einer 0,5 %igen ENVIREpel-Lösung behandelt. Die

Applikationen erfolgten mit einem Parzellentunnelspritzgerät Modell „NW“. Da mit den verwendeten Bambusfallen nur der Stockbefall ermittelt werden konnte, wurde am 29. August, zehn Tage vor der Lese, eine zusätzliche Traubenbonitur zur Absicherung der bisherigen Ergebnisse in der Kontroll- und ENVI-Repel-Parzelle durchgeführt. Hierzu wurden aus jeder Parzelle jeweils 20 etwa gleichgroße und kompakte Trauben abgeschnitten und in Folientüten verpackt und im Labor ausgewertet.

2.6.6 Ausdünnung der Laubwand mit dem Vollernter

Freilandbeobachtungen haben gezeigt, dass der Ohrwurm auf manuelle Erschütterungen am Tagesruheplatz mit einem Fluchtverhalten reagiert (BEIER 1959). Um zu überprüfen, ob diese artspezifische Fluchtreaktion vom Rebstock auf den Boden als Methode zur Befallsregulation in Frage kommt, wurde ein zur Ausdünnung von Trauben umgebauter Vollernter als maschineller Schüttler eingesetzt.

Der Versuch fand am 6. Juli 2007 in einer Riesling-Anlage in Neustadt-Mußbach statt. Im Zentrum der Fläche wurden die Rebzeilen 54 und 55 als Versuchsreihen ausgewählt. Jede Versuchsreihe wurde in drei gleichlange Abschnitte eingeteilt. Der erste und der dritte Abschnitt fungierten als Kontrolle und im zweiten Abschnitt fand die einmalige Ausdünnung von Trauben mit einem Vollernter Typ „ERO“ statt. Danach wurden in den drei Abschnitten der Reihe 54 jeweils drei Bambusfallen und in drei Abschnitten der Reihe 55 jeweils drei Eierpappenfallen für sieben Tage in der Laubwand montiert. Am 13. Juli wurde der Versuch abgeschlossen.

2.6.7 Ein- und beidseitige Entlaubung der Traubenzone

Bei Entblätterungsversuchen zur Prävention der Graufäule (*Botrytis cinerea* PERSOON 1794) in Rebanlagen in Rheinhessen wurde beobachtet, dass in beidseitig entblätterten Laubwänden nur noch sporadisch Ohrwürmer auftraten. Vermutlich führte die Entfernung der Blätter in der Traubenzone zu einer Verschlechterung der artspezifischen Raum-, Nahrungs- und Klimaressourcen.

Zur Überprüfung dieser Annahmen wurde 2008 ein Entlaubungsversuch in einer im Vorjahr stark mit *F. auricularia* befallenen Ortega-Anlage in Neustadt-Mußbach durchgeführt. Dazu wurden im Zentrum der Rebanlage jeweils zwei Kontroll- und vier Entlaubungstransecte angelegt: zwei einseitig entlaubte und zwei beidseitig entlaubte Reihenabschnitte (Anhang: Abbildung 26). In den Entlaubungstransecten wurden am 1. Juli von 8.00 bis 10.00 Uhr die Traubenzonen jeweils einseitig (wetterabgewandte Seite) oder beidseitig mit einem Traubenzonenentlauber Modell „Binger-Seilzug“ entblättert (Abbildung 16). Nach der Maßnahme wurden in allen Transecten die Boden- und Bambusfallen installiert und HOBO®Prov2-Datenlogger zur Messung der Lufttemperatur und der Luftfeuchtigkeit im

Laubwandbereich montiert. Der Versuch endete am 20. August, eine Woche vor der Ortega-Lese.

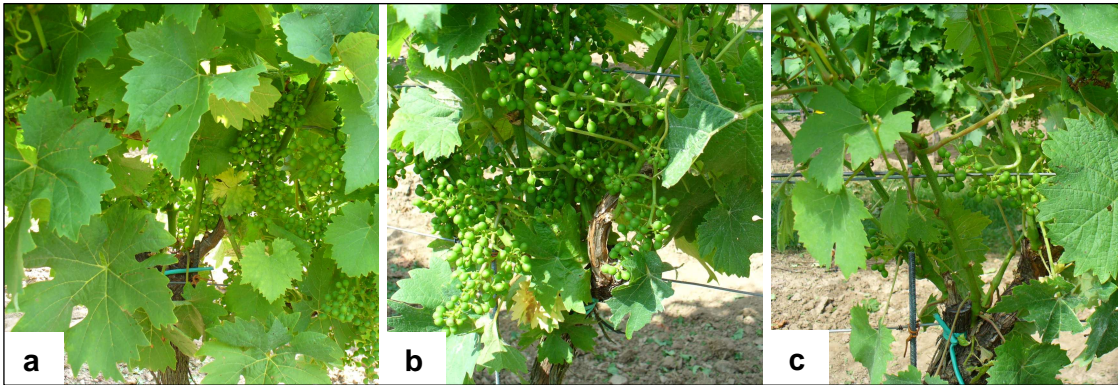


Abbildung 16: Entlaubungsversuch im Traubenzonenbereich einer Ortega-Anlage mit nicht entlaubten Kontrollstöcken **(a)**, einseitig entlaubten Stöcken **(b)** und beidseitig entlaubten Stöcken **(c)**, Neustadt-Mußbach 2008, Fotos: C. Huth.

2.6.8 Laubwandkalkung mit Hydrocal

Löschkalk (Calciumhydroxid: $\text{Ca}(\text{OH})_2$) wird als Blatt- und Bodendünger eingesetzt und ist unter anderem als Hydrocal®SUPER 85 (Löschkalk mit Magnesium) und Hydrocal®S11/30 (Löschkalk mit Schwefel) bei der Firma Schneider Verblasetechnik e.K. erhältlich. Da die Präparate einen hohen basischen pH-Wert (12,6) aufweisen, sollen die Mittel Insekten und Schnecken schädigen (VERBLASETECHNIK 2008).

In Anlehnung an diese Ergebnisse wurden 2008 in Zusammenarbeit mit der Fachhochschule Geisenheim zwei Hydrocal-Versuche in Ellerstadt angelegt. Während die Fachhochschule Untersuchungen zur Applikationstechnik von Hydrocal-Präparaten durchführte, sollte im Rahmen der Studien zur Befallsregulation überprüft werden, ob sich die Individuendichten von *F. auricularia* mittels Einbringen von Löschkalk in die Laubwand reduzieren lassen. Die Studien liefen vom 21. Juli bis 2. September sowohl in einer Portugieser- als auch in einer Riesling-Anlage. Die Portugieser-Anlage wurde in eine Kontroll- und Hydrocal-Parzelle geteilt, in denen zentral jeweils ein Fallentransekt angelegt wurde (Anhang: Abbildung 27). In dieser Fläche wurde die Wirkung von Hydrocal®S11/30 auf den Ohrwurm getestet. Für eine zweite Untersuchung wurde eine mit Hydrocal®SUPER 85 komplett behandelte Riesling-Anlage ausgewählt. Eine unmittelbar angrenzende Chardonnay-Anlage diente als unbehandelte Kontrolle (Anhang: Abbildung 28).

Obwohl die Studie in zwei unterschiedlichen Rebanlagen stattfand, beeinträchtigte dies die Versuchsergebnisse nicht, da Riesling und Chardonnay kompakte Weißweinsorten sind (AMBROSI et al. 1998), beide Anlagen eine alternierende Begrünung aufwiesen, in gleicher Weise bewirtschaftet wurden und beide Flächen aufgrund der direkten Nachbarschaft zueinander durch ein sehr ähnliches Mikroklima geprägt waren. In beiden Anlagen erfolgten

neun Laubwandkalkungen mit einem Verblasegerät SV 30 (Abbildung 17). Sämtliche Kalkungen erfolgten in beiden Flächen an den gleichen Tagen. Die Kontrollflächen beider Anlagen wurden nach gleichen ökologischen Richtlinien bewirtschaftet. Die Erfassung der Befallsdichten fand erst nach der sechsten Laubwandkalkung statt, um zu überprüfen, ob sich durch die Kalkung die Individuendichte wenige Wochen vor der Lese reduzieren lässt.

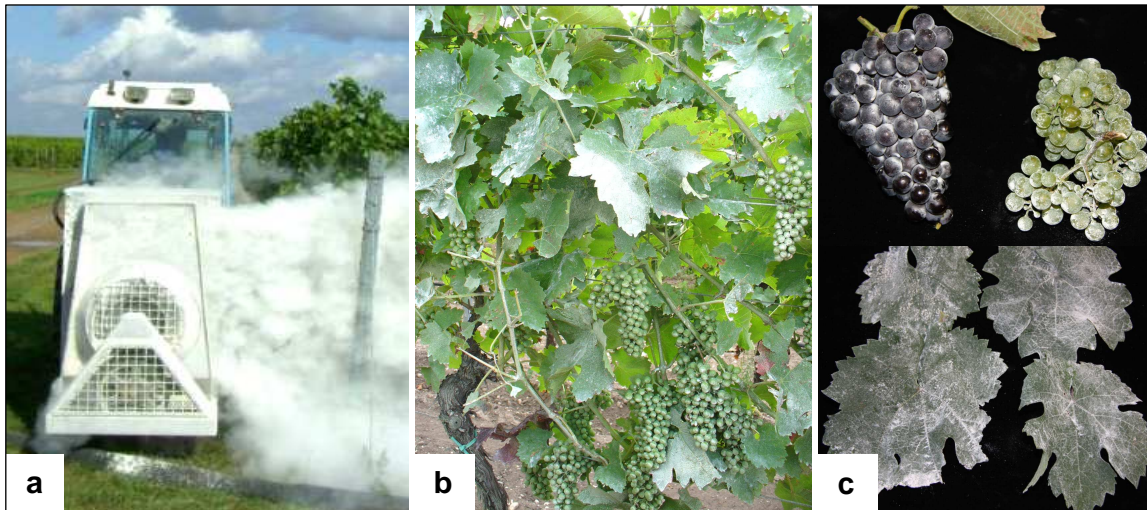


Abbildung 17: Laubwandkalkung mit Löschkalk in einer Portugieser-Anlage: Applikation mit dem Verblasegerät SV 30 (Bildquelle: VERBLASETECHNIK 2008) (a), vollständig gekalkter Portugieser-Stock (b) und Löschkalkbelege auf einer Portugieser-Traube, einer Riesling-Traube und Riesling-Blättern (c), Ellerstadt 2008, Fotos: R. Rueff, C. Huth.

2.6.9 Stammbehandlung mit Kaolin

Das Tonmineral Kaolin wird ursprünglich im Obstbau zur Prävention vor Sonnenbrand auf Früchten eingesetzt (GLENN et al. 2002). Es wirkt zusätzlich repellent auf Obstbau-Schadinsekten, wie Blattläuse (Aphidoidea) und den Gemeinen Birnenblattsauger (*Cacopsylla pyri* LINNAEUS 1758) (GLENN et al. 1999, WYSS & DANIEL 2004). Kaolin bildet auf der jeweils besprühten Oberfläche einen Partikelfilm aus, der als physikalische Barriere und Repellentsubstanz wirkt (GLENN et al. 1999). Blattlausarten, wie zum Beispiel die Schwarze Pekannuss-Blattlaus (*Melanocallis caryaefoliae* DAVIS 1910), waren nicht mehr in der Lage, sich auf kaolinbehandelten Blattunterseiten zu halten (COTTRELL et al. 2002). Versuche von GLENN et. al (1999) haben gezeigt, dass sich Birnenblattsauger auf den mit Kaolin behandelten Pflanzenteilen erschwert fortbewegen konnten, was zu einer reduzierten Nahrungsaufnahme und Eiablage führte. Ferner wurden die Befallsdichten von *C. pyri* in einer stark geschädigten Birnenanlage mit einer dreifachen Kaolin-Vorblütebehandlung über 90 % signifikant reduziert (DANIEL & WYSS 2006). Kaolin hat aufgrund seiner Repellentwirkung allerdings auch geringe Nebenwirkungen auf nützliche Insekten (DANIEL & WYSS 2006).

In Anlehnung an diese Ergebnisse wurde 2009 die Barrierewirkung von Kaolin auf den Gemeinen Ohrwurm in der Rebanlage getestet. Mit der Maßnahme sollte die mit der Rebblüte beginnende Aufwanderung der L₄-Larven vom Boden- in den Laubwandbereich verhindert werden. Als Kaolin-Präparat wurde Surround® (Stähler Suisse SA, Zofingen Schweiz) verwendet. Für den Versuch wurde eine stark befallene Regent-Anlage in Neustadt-Mußbach ausgewählt und zwei Kaolin-Parzellen sowie zwei unbehandelte Kontrollparzellen eingerichtet (Anhang: Abbildung 29). Am 3. Juni, vor der Aufwanderungsphase der L₄-Larven in die Laubwand, wurde Surround® (2 % = 32 kg/ha, Standardwassermenge 1600 l/ha) mit einer 5-Liter-Rückenspritze Modell „Planta 5“ in den Kaolin-Parzellen appliziert. Die milchig weiße Substanz wurde cirka 20 Sekunden lang über den gesamten Rebstamm (Boden- bis Austriebsstelle Boglebe) gesprüht, bis die Rinde komplett weiß gefärbt war (Abbildung 18a). In gleicher Weise wurden die unteren Abschnitte der Metallstickel behandelt. Mit diesen Maßnahmen sollte die mit der Rebblüte beginnende Aufwanderung der L₄-Larven vom Boden- in den Laubwandbereich verhindert werden.



Abbildung 18: Kaolin-Applikation am Rebstamm und am Metallstickel (a) an einem Regent-Rebstock, im Innenbereich von Bambusfallen (b) und im Außenbereich von Bambusfallen (c), Neustadt-Mußbach 2009, Fotos: C. Huth.

Zusätzlich wurden 20 Bambusfallen innen und außen komplett mit Surround® besprüht (Abbildung 18b, c) und an unbehandelte Rebstöcke angebracht, um zu testen, ob die auf der Fallenoberfläche haftende Substanz die Ohrwürmer daran hindert, die Falle zu besiedeln.

2.6.10 Montage von Leimringen am Rebstamm

Seit einigen Jahren werden in Obstanlagen, speziell bei Steinobst wie Aprikosen, Süßkirschen und Pfirsichen, ansteigende Populationsdichten von *F. auricularia* beobachtet, wodurch immer häufiger Fraßschäden und Verkotungen an den Früchten entstehen (DAHLBENDER & HENSEL 2006). Deshalb werden am Baumstamm Leimringe als mechanische Barriere angebracht, die aufwandernde Ohrwürmer erfolgreich davon abhalten, in die Baumkrone beziehungsweise den Fruchtbereich einzuwandern (DAHLBENDER & HENSEL

2006). In Anlehnung an diese Ergebnisse sollte in Rebanlagen überprüft werden, ob sich durch die Leimring-Methode die Befallsdichten im Laubwandbereich der Rebstöcke ebenfalls reduzieren lassen.

Der Versuch fand 2009 in acht Stickellängen einer Regent-Anlage in Neustadt-Mußbach statt, die in den Vorjahren hohe Befallsdichten aufwies. Die Leimringe wurden am 22. Mai an den Rebstöcken von jeweils vier Stickellängen, vor der Aufwanderungsphase der L₄-Larven, angebracht. Die Rebstöcke der anderen vier Stickellängen blieben unbehandelt und dienten als Kontrolle (Anhang: Abbildung 29). Die Leimringe wurden aus beidseitig klebenden Nexa Lotte-Leimtafeln (Scotts Celaflor GmbH & Co. KG, Mainz) hergestellt. Die Tafeln wurden in etwa 4 cm breite Streifen geschnitten und am Rebstamm in 20 cm Höhe über der Veredlungsstelle angebracht. Jeder Leimring wurde zusätzlich mit Draht am Rebstamm befestigt (Abbildung 19a), um Hohlräume zwischen den lockeren Rindenschichten und der Leimfläche zu vermeiden. An den Metallstickeln und Drähten neben den Leimring-Rebstöcken wurde eine Barriere aus Tanglefood-Leim (The Tanglefood Company, Michigan, USA) angebracht, damit die Ohrwürmer nicht über diese Wege in die Leimring-Stöcke einwandern konnten (Abbildung 19b bis 19d). An den Versuchsstöcken wurden im Boden- und Laubwandbereich die herkömmlichen Fallensysteme montiert und wöchentlich ausgewertet.

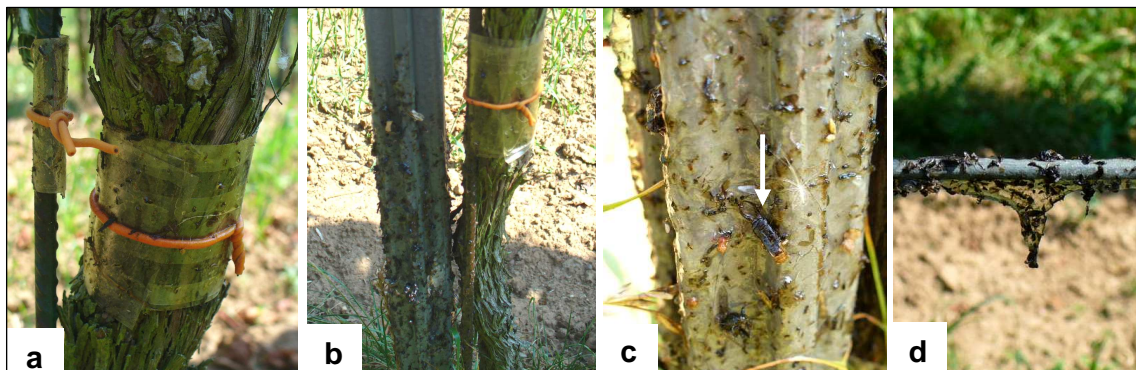


Abbildung 19: Leimring-Versuch mit Leimringen am Rebstamm und Metallstützstab (a), am Rebstamm und angrenzendem Metallstickel (b), festgeklebtes Ohrwurm-Männchen am Metallstickel (c) und Tanglefood-Leim an Drahttrahmenerziehung (d) in einer Regent-Anlage, Neustadt-Mußbach 2009, Fotos: C. Huth.

Der Versuch wurde Ende Juli beendet, weil durch stark überhängende Triebe zwischen den Leimring- und Kontrollstöcken keine Barriere mehr bestand und der Arbeitsaufwand zu groß gewesen wäre, die Triebe mit Tanglefood-Leim partiell einzureiben.

2.7 Zuchtmethoden




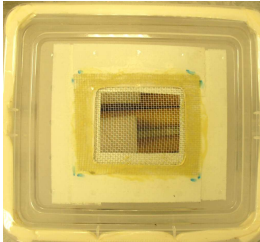





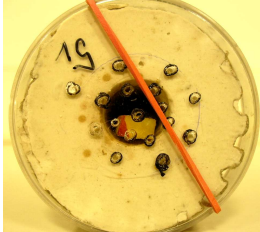


Für die im Labor durchgeführten Zuchtversuche und Versuche zur Befallsregulation wurden verschiedene Zucht- und Versuchsbehälter entwickelt und nachgebaut. Tabelle 7 gibt einen Überblick zum Aufbau und der Verwendung der 2007 bis 2008 eingesetzten Zucht- und Versuchsbehälter. In den Terrarien und Kunststoffboxen wurden aus dem Freiland entnommene Versuchstiere gehalten. Zur Bodenabdeckung wurden zwei Lagen Cellulosepapier ausgelegt, auf die zusätzliche Versteckmöglichkeiten, wie zum Beispiel Bambus- und Pappröhren, angebracht wurden. Als Zuchtbehälter dienten Vollglasterrarien, Reblauskästen nach KOPF (2000), Kunststoffgefäße und Gipsröhren nach LAMB & WELLINGTON (1974). Letztere wurden in Zuchtbehälter umgebaut, weil LAMB & WELLINGTON (1974) mit dieser Methode gute Erfolge erzielten. Der Vorteil ist, dass der Gips das aufgenommene Wasser nach und nach, ähnlich wie natürlicher Boden, abgibt und so für den Ohrwurm optimale Bodenfeuchtebedingungen vorliegen (LAMB & WELLINGTON 1974).

Für die Gipsröhren wurden Pappzylinder mit einem Innendurchmesser von 4 cm und einer Länge von 10 cm geformt, in die der flüssige Baugips (Hornbach Baumarkt AG, Wiesbaden) eingefüllt wurde. Nach dessen Aushärtung wurde über die gesamte Zylinderlänge eine Brutröhre im Durchmesser von 1 cm gebohrt. Als Deckel diente eine PVC-Petrischale mit Luftlöchern. Je nach Versuchsansatz wurden die Zuchtbehälter mit Lehm-, Sand-, Baugips- oder Celluloseboden bestückt (Tabelle 7).

Die verwendeten Bodenarten „sandiger Lehm“ und „lehmiger Sand“ stammten aus den Dauermonitoring-Flächen. Der grobkörnige und spaltenreiche Boden aus sandigem Lehm wurde aus einer Sortenmix-Anlage in Neustadt-Mußbach entnommen, die 2007 sehr hohe Befallsdichten von *F. auricularia* aufwies. Der sehr feinkörnige lehmige Sand stammte aus einer Portugieser-Anlage in Leistadt, in der bis zum Entnahmezeitpunkt sehr geringe Individuenzahlen registriert wurden. Alle Zuchtbehälter wurden jeweils dienstags und freitags gereinigt und mit circa 10 ml abgestandenem Leitungswasser zweimal leicht besprüht. Das Besprühen mit Wasser ist für die Wasseraufnahme der Ohrwürmer und deren artspezifische Luftfeuchtebedingungen essentiell (HERTER 1943). Die Fütterung mit Apfel und das Entfernen und Zählen von toten Ohrwürmern erfolgte ebenfalls dienstags und freitags. Den Versuchstieren im Labor wurde ein natürlicher Tag-Nacht-Rhythmus angeboten.

Um Dunkelheit im Erdreich der Zuchtbehälter zu schaffen, wurde ein Lichtschutz aus mehrschichtiger Pappe um den Bodenbereich des Behälters angebracht. Die Zuchtversuche liefen unter relativ konstanter Raumtemperatur von 20 °C ab, welche durch die Raumklimaanlage des Labors eingestellt war. Sowohl bei den Zuchtversuchen im Labor als auch im Freiland wurden die Lufttemperatur und die Luftfeuchtigkeit mit HOBO®Prov2-Datenloggern erfasst.

Tabelle 7: Zucht- und Versuchsbehälter für *F. auricularia*, Fotos: C. Huth 2007, 2008.

Frontansicht	Draufsicht	Aufbau	Verwendung
<p>Terrarium</p> 		<p>Aufbau:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Terrarium mit Fliegengitterdeckel - Länge 60 cm, Höhe 35 cm, , Tiefe 30 cm <p>Inhalt:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Zellstoffboden mit Eierpappen + Bambusröhren - Lehm- und Komposterde <p>Konzeption:</p> <ul style="list-style-type: none"> - eigene Entwicklung 	<p>Labor:</p> <p>Aufbewahrungsbehälter für Versuchstiere</p> <p>Versuchsbehälter für Bodenversuch</p>
<p>Kunststoffbox</p> 		<p>Aufbau:</p> <ul style="list-style-type: none"> - PVC-Waschmittelbox mit Gazeeinsatz im Deckel - Länge 20 cm, Höhe 26 cm, , Tiefe 19 cm <p>Inhalt:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Zellstoffboden mit Eierpappen + Bambusröhren <p>Konzeption:</p> <ul style="list-style-type: none"> - eigene Entwicklung 	<p>Labor:</p> <p>Aufbewahrungsbehälter für Versuchstiere:</p> <p>1 x Weibchen 1 x Männchen</p> <p>Versuchsbehälter für Insektizidversuche</p>
<p>Vollglasterrarium</p> 		<p>Aufbau:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vollglasterrarium mit Fliegengitterdeckel - Länge 30 cm, Höhe 26 cm, , Tiefe 24 cm <p>Inhalt:</p> <ul style="list-style-type: none"> - grobkörniger Lehmboden - feinkörniger Sandboden <p>Konzeption:</p> <ul style="list-style-type: none"> - eigene Entwicklung 	<p>Labor:</p> <p>2 Ansätze für Zuchtversuche:</p> <p>1 x Lehmboden 1 x Sandboden</p>
<p>Reblaskasten</p> 		<p>Aufbau:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Plexiglaskasten mit Gazedeckel - Länge 60 cm, Höhe 80 cm, Tiefe 10 cm <p>Inhalt:</p> <ul style="list-style-type: none"> - grobkörniger Lehmboden - feinkörniger Sandboden <p>Konzeption:</p> <ul style="list-style-type: none"> - eigene Entwicklung 	<p>Labor:</p> <p>2 Ansätze für Zuchtversuche:</p> <p>1 x Lehmboden 1 x Sandboden</p> <p>Freiland:</p> <p>2 Ansätze für Zuchtversuche:</p> <p>1 x Lehmboden 1 x Sandboden</p>
<p>Gipsröhre</p> 		<p>Aufbau:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gipsröhre mit Luftlochdeckel (PVC-Petrischale) - Durchmesser 5,5 cm - Länge 14 cm <p>Inhalt:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gipsbohrung fungiert als Brutröhre <p>Konzeption:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nachbau von LAMB & WELLINGTON (1974) 	<p>Labor:</p> <p>5 Ansätze für Zuchtversuche</p>
<p>Kunststoffgefäß</p> 		<p>Aufbau:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gefäß mit Gazedeckel - Durchmesser 6,5 cm - Höhe 6,5 cm <p>Inhalt:</p> <ul style="list-style-type: none"> - grobkörniger Lehmboden - Gipsboden <p>Konzeption:</p> <ul style="list-style-type: none"> - eigene Entwicklung 	<p>Labor:</p> <p>40 Ansätze für Zuchtversuche:</p> <p>38 x Lehmboden 2 x Gipsboden</p> <p>Freiland:</p> <p>4 Ansätze für Zuchtversuche:</p> <p>4 x Lehmboden</p>

Die im Freiland stehenden Zuchtbehälter wurden während der Wintermonate mit Polystyrolplatten vor Frostschäden geschützt.

2008 wurden ausschließlich Vollglasterrarien und Kunststoffboxen für die Versuche weiter benutzt. Die Gipsröhren, die Kunststoffgefäße sowie die Reblauskästen wurden wegen schlechter Zuchtergebnisse nicht mehr eingesetzt. Als neues Zuchtgefäß wurden Kunststoffboxen (Buchsteiner Internet Shop) von 11 cm Breite, 11 cm Länge und 8 cm Höhe verwendet (Abbildung 20). Die Durchlüftung der Boxen erfolgte über jeweils fünf mit Gaze verschlossenen Bohrungen im Deckel (Abbildung 20a).

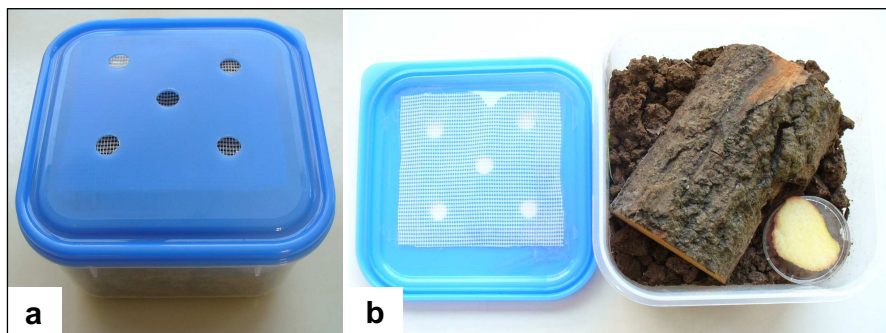


Abbildung 20: Kunststoffbox als Zuchtgefäß (a) und Innenansicht mit Lehm- boden, Borkenstück und Nahrungsquelle (b), Fotos: C. Huth 2008.

Als Zuchtmedium wurden wie 2007 naturbelassene Sand- und Lehmböden aus den Dauermonitoring-Flächen in Leistadt und Neustadt-Mußbach eingesetzt. Um den brütenden Weibchen bessere Verstecke sowie Ablagemöglichkeiten für die Eier anzubieten, wurden 8 cm lange Borkenstücke von der Zitterpappel (*Populus tremula* LINNAEUS 1753) auf die Bodenoberfläche gelegt (Abbildung 20b). Aufgrund der geringen Zuchterfolge von November 2007 bis Mai 2008 wurden im zweiten Versuchsjahr die Störungen durch Futtergabe und Reinigung der Behälter reduziert. Des Weiteren wurden die Zuchtbehälter in Räumen mit natürlich schwankender Temperatur und Luftfeuchtigkeit aufgestellt.

2.8 Laborversuche zur Befallsregulation

Insektenpathogene Nematoden

Heterorhabditis bacteriophora (POINAR 1975) ist ein entomopathogener Nematode, der zur biologischen Schädlingsbekämpfung auf mehr als 200 ha Anbaufläche pro Jahr in Deutschland, den Niederlanden, Belgien, Dänemark und Australien im Gartenbau eingesetzt wird (PETERS & VLUG 2005). Dabei dringen die Dauerlarven über die Haut und Körperöffnungen (zum Beispiel Tracheensystem) in das Schadinsekt ein und geben ein Bakterium in die Blutbahn des Wirtes ab, welches diesen innerhalb weniger Tage abtötet (CICHE 2007, E-NEMA 2007). *H. bacteriophora* ist besonders gegen Larvenstadien von Blatthornkäfern (Scarabaeidae), wie zum Beispiel den Junikäfer (*Phyllopertha horticola* LINNAEUS 1758), und Rüsselkäfern (Curculionidae), wie zum Beispiel den Gefurchten

Dickmaulrüssler (*Otiorhynchus sulcatus* FABRICIUS 1775) wirksam (PETERS & VLUG 2005, E-NEMA 2007). Des Weiteren setzte KÖPPLER (2003) *H. bacteriophora* erfolgreich im Obstbau gegen die Kirschfruchtfliege (*Rhagoletis cerasi* LINNAEUS 1758) ein.

In Anlehnung an diese Ergebnisse wurde zunächst in einem Laborversuch 2007 überprüft, ob sich *H. bacteriophora* zur Bekämpfung von adulten Ohrwürmern eignet. Als Versuchsgefäße dienten drei Kunststoffbehälter (Höhe 15 cm, Durchmesser 18 cm), die mit jeweils 2,7 kg Lehmboden gefüllt waren. In zwei Behältern wurde der Boden mit unterschiedlich konzentrierten Nematoden-Suspensionen gegossen. Die Suspension 1 wurde aus dem Präparat „Nematop“ (e-nema GmbH, Schwentimental) hergestellt und beinhaltete auf 286 ml Wasser 0,15 g Nematoden, die Suspension 2 wurde aus dem Präparat „Nemagreen“ (e-nema GmbH, Schwentimental) produziert und beinhaltete dagegen auf 286 ml Wasser nur 0,13 g Fadenwürmer. Der dritte Behälter diente als Kontrolle, so dass der Boden mit 286 ml unbehandeltem Wasser gegossen wurde. Nach den Applikationen wurden pro Gefäß 15 männliche und 15 weibliche Ohrwürmer eingesetzt. Da sich die Nematoden nur im feuchten Boden schnell vermehren können (PETERS & VLUG 2005), wurden die Versuchsbehälter im 3-Tage-Rhythmus mit jeweils 100 ml abgestandenem Wasser gegossen. Der Versuch begann am 22. August lief bei etwa 20°C Raumtemperatur bis zum 19. September.

Insektenpathogene Pilze

Metarhizium anisopliae (METSCHINKOFF 1879, SOROKIN 1883) ist ein bekanntes und gut charakterisiertes Entomopathogen mit einem sehr großen Wirkungsspektrum gegen etwa 160 Insektenarten (KELLER 1991). Dabei erfolgt nach der perkutanen Infektion des Wirtsinsektes die Vermehrung des Pilzes im Zielorganismus mit der Bildung von toxischen Metaboliten, durch die der Wirt abgetötet wird (RATH 2000). Dieser fakultativ obligate Parasit, den man weltweit in der natürlichen Bodenflora nachgewiesen hat (KELLER 1991), wird erfolgreich zur biologischen Schädlingsbekämpfung gegen den Gefurchten Dickmaulrüssler, den Junikäfer (*Rhizotrogus marginipes* MULSANT 1842) und einige Heuschrecken (Saltatoria)- und Termitenarten (Isoptera) unter Freilandbedingungen eingesetzt (LOMER et al. 1997, RATH 2000). Unter Laborbedingungen ist diese Pilzart auch gegen den Großen Borkenkäfer (*Ips typographus* LINNAEUS 1758) sowie die häufig in Rebanlagen vorkommende Winden-Glasflügelzikade (*Hyalesthes obsoletus* SIGNORET 1865) wirksam (KOLLER 2007, MAIXNER et al. 2003).

Aufgrund dieser Erkenntnisse wurde in zwei Laborversuchen untersucht, ob sich *M. anisopliae* zur Bekämpfung von adulten Ohrwürmern eignet und ob eine Infektion am Futterplatz sowie im Tagesrefugium möglich ist. Bei anderen Insektengruppen, wie zum Beispiel Termiten, wurde durch Labor- und Freilandversuche bereits belegt, dass sich eine

Metarhizium-Infektion im Nest oder am Futterplatz sehr schnell durch das artspezifische Putz- und Sozialverhalten in der Kolonie ausbreitet und damit eine sehr schnelle und effiziente Termitenbekämpfung möglich ist (RATH 2000). Obwohl *F. auricularia* im Gegensatz zu den Termiten kein staatenbildendes Insekt ist, verfügt diese Art jedoch auch über ein ausgeprägtes Aggregationsverhalten, wodurch sich immer mehrere Individuen um eine Nahrungsquelle und ein Tagesrefugium gruppieren (LAMB 1975, DETTNER & PETERS 1999). Deshalb wurde mit dem ersten Experiment die Infektion über den Futterplatz und mit dem zweiten die Infektion über die Bambusfalle getestet.

Für den ersten Laborversuch 2007 wurde das Nährmedium in Agarplatten ausgebracht, mit *M. anisopliae* beimpft und sieben Tage unter Laborklimabedingungen (Lufttemperatur: cirka 20 °C, relative Luftfeuchte: cirka 50 %) kultiviert. Nach einer Woche hatten sich auf der Agarplatte zwei große Pilzmycelkreise gebildet. Diese infizierte Platte wurde in eine Kunststoffbox (Tabelle 7) gestellt, welches zur Hälfte mit Lehmboden gefüllt war. In diesen Behälter wurden am 31. August 15 Ohrwürmer eingesetzt, die bereits eine Woche unter Laborbedingungen gehalten wurden. Um die Insekten auf den Pilzrasen zu locken, wurde ein Apfelstück mittig auf die Agarschale gelegt. Ein zweites Versuchsgefäß mit ebenfalls 15 Ohrwürmern diente als Kontrolle, in dem sich nur Lehmboden befand. Der Versuch wurde nach 20 Tagen am 19. September beendet. Der zweite Infektionstest mit Bambusröhren fand vom 2. bis 30. November 2007 statt. Hierzu wurde das Nährmedium in den geschlossenen Röhrenende gefüllt, mit Pilzsporen beimpft (Abbildung 21a, c) und sieben Tage unter Laborklimabedingungen (Lufttemperatur: cirka 20 °C, relative Luftfeuchte: cirka 50 %) kultiviert.

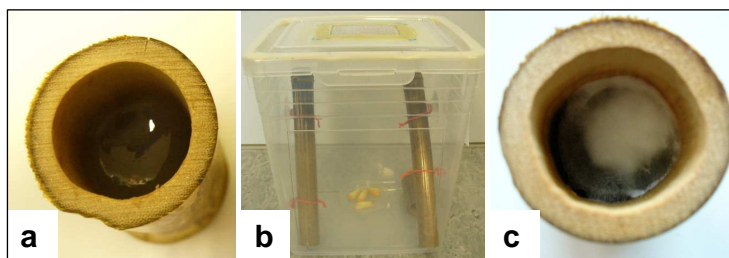


Abbildung 21: Laborversuch 2007 mit *M. anisopliae*: Bambusröhre mit Nährmedium (a), Versuchsbehälter (b) Bambusröhre mit Pilzrasen (c), Fotos: C. Huth.

Nach einer Woche wurden die verpilzten Bambusröhren in einem sterilen Versuchsbehälter mit Saugnäpfen vertikal angebracht (Abbildung 21b), so dass die 20 eingesetzten Ohrwürmer einwandern konnten. Die hierfür verwendeten Versuchstiere lebten schon mehrere Wochen unter Laborbedingungen. Ein zweiter Versuchsbehälter mit pilzfremen Bambusröhren und 20 Ohrwürmern diente als Kontrolle. Zweimal in der Woche wurde der gesamte Inhalt jedes Versuchsbehälters mit etwa 50 ml Wasser besprüht, die Ohrwürmer gefüttert und unter dem Binokular auf Pilzbefall untersucht. Die *Metarhizium*-Pilzkultur wurde von der DSMZ (Deutsche Sammlung von Mikroorganismen und Zellkulturen GmbH,

Braunschweig) bezogen und nach den vorgeschriebenen Kultivierungsbedingungen auf dem Nährmedium Kartoffel-Glucose-Agar gezüchtet.

Kalkstickstoff PERLKA®

Das Granulat PERLKA® wurde am 21. April 2008 in zwei Rebanlagen ausgebracht. Parallel zum Freilandversuch begann am 23. April 2008 ein Laborversuch, um die reduzierende Wirkung des Präparates auf Ohrwurmweibchen und Larven unter optimalen Abbaubedingungen zu testen. Laut Hersteller findet eine Umsetzung von Kalkstickstoff zu den auf Insekten tödlich wirkendem Cyanamid nur in feuchtem Boden statt (ALZCHEM 2009). Für den Laborversuch wurden keine Ohrwürmer aus der Zucht entnommen sondern Freilandtiere verwendet, da die L₁-Larven aus der Zucht wesentlich kleiner waren und schwächer wirkten als die im Freiland gefundenen L₁-Larven. Die für den Versuch benötigten Weibchen und Larven wurden während der Nestkartierung in der Sortenmix-Anlage in Neustadt-Mußbach am 23. April 2008 aus dem Oberboden einer Spätburgunder-Reihe entnommen. Dabei wurde das vollständige Nest mit dem umgebenden Boden in ein Plastikgefäß überführt, mit einem luftdurchlässigen Deckel verschlossen, ins Labor gebracht und nach folgenden Ansätzen beschriftet:

- Kontrolle: 1 ♀ + 10 L₁-Larven
- PERLKA®-A einfach: 1 ♀ + 30 L₁-Larven
- PERLKA®-B einfach: 1 ♀ + 20 L₁-Larven
- PERLKA®-doppelt: 1 ♀ + 20 L₁-Larven

Je nach Ansatz wurde das Kalkstickstoffpräparat PERLKA® in den feuchten Boden der Versuchsgefäße in einfacher oder doppelter Menge oberflächlich eingearbeitet. Für die Ansätze „PERLKA-A einfach“ und „PERLKA-B einfach“ wurden 0,65 g Präparat auf 216 cm² (Fläche Versuchsgefäß) gegeben, was im Freilandversuch der Konzentration von 3 kg/a entspricht, für den Ansatz „PERLKA-doppelt“ 1,3 g Präparat auf 216 cm² (Fläche Versuchsgefäß) entsprechend der Konzentration von 6 kg/a im Freilandversuch. Im Kontrollgefäß wurde kein Kalkstickstoff eingebracht. Der Boden aller Versuchsgefäße wurde wöchentlich mit 10 ml Wasser besprüht, um optimale Abbaubedingungen für das Präparat zu schaffen. Des Weiteren wurde einmal pro Woche frisches Futter (Apfelstück) in die Versuchsgefäße gegeben und die Wirkung des Präparates auf Weibchen und Larven beobachtet. Der Versuch endete am 24. Juni 2008.

Tanglefood-Leim

Zusätzlich zu dem 2009 in einer Regent-Anlage durchgeführten Leimring-Versuch (Kapitel 2.6.10) wurde ein begleitender Laborversuch angelegt. Es wurde überprüft, ob die Ohrwürmer auch über den Leimring fliegen können, wenn sich die Nahrungsquelle

ausschließlich über dem Leimring befindet oder ob die Insekten versuchen, den Leimring zu passieren. Obwohl der Gemeine Ohrwurm Flügel besitzt, nutzt er sein Flugvermögen nur in Ausnahmefällen (BEIER 1959).

Als Versuchsbehälter diente eine Kunststoffbox (Tabelle 7), in der ein 5 cm dicker Leimring (Tanglefood-Leim) mit einem Holzspatel über die gesamten Innenseiten aufgetragen wurde (Abbildung 22a). Am Deckel des Behälters war mit Bindedraht zentral ein Stück Apfel als Nahrungsquelle befestigt (Abbildung 22b). Danach wurden auf dem Gefäßboden, unter dem Leimring, 40 adulte Ohrwürmer (Freilandtiere) eingesetzt und zwei Bambusröhren als Behausungen dazugelegt. Der Versuch lief von 1. bis 31. Juli, wobei täglich Beobachtungen stattfanden.

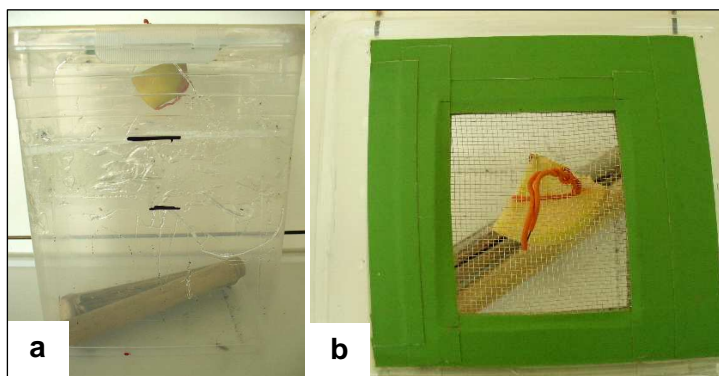


Abbildung 22: Versuchsbehälter für den Laborversuch mit einem Leimring aus Tanglefood **(a)** und Draufsicht auf Deckel des Behälters mit Apfel als Nahrungsquelle **(b)**, Fotos: C. Huth 2009.

Insektizide SpinTor und Steward®

Der erste Laborversuch mit SpinTor und Steward® 2009 diente dazu, die Art der körperlichen Schädigungen des Ohrwurms nach einer Insektizidapplikation festzustellen und zu bestimmen, wie viel Zeit von der Behandlung bis zum Eintreten der ersten Schädigungen verging.

Als Versuchsbehälter wurden drei Kunststoffboxen (Tabelle 7) mit jeweils 50 eingesetzten Ohrwürmern (Freilandtiere) verwendet. Ein Behälter mit Bambusröhren diente als Kontrolle. Im zweiten Behälter wurde um 7.00 Uhr SpinTor (0,01 %) und im dritten Behälter um 7.30 Uhr Steward® (0,0125 %) appliziert. Die Spritzflüssigkeit wurde vor der Freilandbehandlung abgefüllt. Die Applikationen wurden mit einer Sprühflasche im Abstand von 30 cm zu den Ohrwürmern durchgeführt. Erst nach der Behandlung wurden auf den Behälterboden Bambusröhre als Tagesrefugien ausgelegt. Dadurch war sichergestellt, dass jedes Versuchstier mit dem Insektizid in Kontakt kam und sich nicht vor der Behandlung in die Bambusröhre zurückziehen konnte. Nach der Applikation wurde stündlich das Verhalten der Ohrwürmer beobachtet und die Art der eintretenden Insektizidwirkungen beschrieben. Am ersten Versuchstag (31. Juli) wurde das Verhalten der Versuchstiere von 7.00 bis 0.30 Uhr protokolliert. Ab dem zweiten Tag fand nur noch eine wöchentliche Kontrolle bis zum 21. August statt.

In einem zweiten Laborversuch 2009 wurden wiederholt verschiedene Möglichkeiten der Insektizidaufnahme getestet: Insektizidaufnahme durch direkten Körperkontakt, durch die Nahrung und durch die Überquerung einer behandelten Oberfläche. Auch für diesen Versuch wurden Kunststoffboxen (Tabelle 7) als Versuchsbehälter verwendet. Für die Untersuchung wurden sieben von ihnen mit jeweils 50 Ohrwürmern (Freilandtiere) bestückt. In jedem Behälter wurden Cellulosepapier und Bambusröhren als Tagesrefugien ausgelegt und Apfel als Nahrung angeboten. In Abhängigkeit vom jeweiligen Versuchsansatz wurden die Tagesrefugien und der Apfel mit den Insektiziden SpinTor und Steward® behandelt. Der Versuch gliederte sich in folgende Ansätze:

- Kontrolle: Behälter mit unbehandelten Tagesverstecken und unbehandeltem Apfel
- SpinTor-Kontakt: Ohrwürmer mit SpinTor (0,01 %) besprüht und danach in unbehandelten Behälter eingesetzt
- SpinTor-Apfel: Apfel zwei Stunden in SpinTor (0,01 %) eingelegt und dann den Ohrwürmern als Nahrung angeboten. Tiere und Versuchseinheit blieben unbehandelt
- SpinTor-Oberfläche: Cellulosepapier und Bambusröhren oberflächlich mit SpinTor (0,01 %) besprüht und danach Ohrwürmer eingesetzt
- Steward®-Kontakt: Ohrwürmer mit Steward® (0,0125 %) besprüht und danach in unbehandelte Behälter eingesetzt
- Steward®-Apfel: Apfel zwei Stunden in Steward® (0,0125 %) eingelegt und dann den Ohrwürmern als Nahrung angeboten. Tiere und Versuchseinheit blieben unbehandelt
- Steward®-Oberfläche: Cellulosepapier und Bambusröhren oberflächlich mit Steward® (0,0125 %) besprüht und danach Ohrwürmer eingesetzt

Die für den Versuch verwendeten Insektizidlösungen wurden aus der Spritzbrühe von Freilandversuchen entnommen. Die verschiedenen Behandlungen erfolgten am 23. Juni 2009. Bis zum 13. August fanden wöchentliche Kontrollen statt.

2.9 Versuche zur Übertragung von pilzlichen Pathogenen

2.9.1 Laborversuche

Da der Gemeine Ohrwurm omnivor ist, sollte mittels eines Laborversuches festgestellt werden, ob die Konidienträger der Graufäule (*Botrytis cinerea* PERSOON 1794) eine mögliche Nahrungsquelle darstellen und wenn ja, ob das Insekt dann durch Fraß- und Bewegungsaktivitäten in der Traubenzone als Vektor in Frage kommt. Bereits CROXALL et al. (1951) wiesen an Äpfeln eine positive Korrelation zwischen dem Ohrwurm-Fraß und dem Auftreten der Monilia-Fäule (*Monilinia fructigena* HONEY 1945) an den geschädigten Früchten nach.

Vorversuch mit *B. cinerea* im Labor

Zunächst fand am 25. Juli 2007 ein kleiner Laborversuch statt, mit dem untersucht wurde, ob *F. auricularia* das Mycel und die Konidienträger mit Sporen der Graufäule frisst, wenn keine

oder noch weitere Nahrungsquellen angeboten werden. Für die Untersuchung wurden zwei identische Kunststoffbehälter (18 cm lang, 12 cm breit, 10 cm hoch) mit jeweils zehn aus dem Freiland entnommenen Individuen (5 ♀, 5 ♂) verwendet. Im ersten Behälter wurden die Ohrwürmer auf eine Agarplatte überführt, die mit Mycel und Konidienträgern bewachsen war. Im zweiten Versuchsbehälter wurde den Insekten zusätzlich zum Graufäule-Rasen ein halber Apfel als Nahrung auf der Agarschale angeboten. Der Versuch lief über 24 Stunden.

Versuch I mit *B. cinerea* und *P. crustosum* im Labor

In einem weiteren Laborversuch, der vom 9. bis 15. Oktober 2008 stattfand, wurde überprüft, in welchem Umfang die Graufäule und der Pinselschimmel (*Penicillium crustosum* THOM 1930) durch Bewegungsaktivitäten des Ohrwurms in der Traube übertragen werden können. Ferner wurde untersucht, inwieweit sich die angewandte Versuchsmethodik für derartige Versuche eignet.

Für jede Pilzart wurden im Labor jeweils vier Agarplatten mit Pilzrasen vorbereitet. Pro Ansatz wurden jeweils fünf Ohrwürmer in die Petrischale auf den Pilzrasen entlassen, um sich mit Mycel, Konidienträgern und Sporen zu infizieren (Abbildung 23a, b).

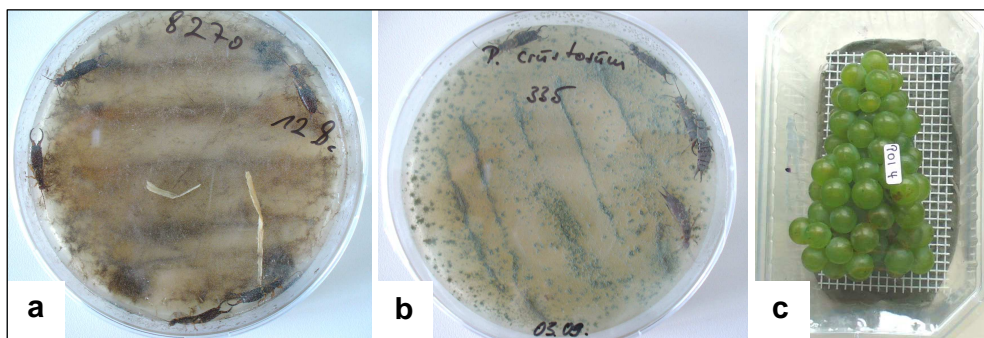


Abbildung 23: Bestimmung des Übertragungspotentials von *B. cinerea* (a) und *P. crustosum* (b) durch *F. auricularia* in Silvaner-Trauben (c), Fotos: C. Huth 2008.

Nach zehn Minuten wurden die Ohrwürmer entnommen und in eine Plastiktüte mit einer gesunden, pilzf freien Silvaner-Traube gesetzt. Nach einer Stunde wurden die infizierten Versuchstiere aus der Traube geschüttelt und die Trauben in ein Kunststoffgefäß (18 cm lang, 12 cm breit, 10 cm hoch) mit feuchtem Cellulosepapier und Gitter überführt, welches im Sachgebiet „Mykologie“ (DLR-Rheinpfalz) für derartige Pilzversuche verwendet wurde (Abbildung 23c). Zu den vier *Botrytis*- und den vier *Penicillium*-Ansätzen wurden noch vier Kontrollansätze aufgebaut, in deren Trauben keine Ohrwürmer gesetzt wurden. Alle zwölf Versuchsbehälter wurden anschließend in die Klimakammer (Zoth GmbH & Co. KG, Westernohe) bei 25 °C Lufttemperatur und 70 % Luftfeuchtigkeit gestellt, um das Pilzwachstum zu beschleunigen. Nach einer Woche erfolgte die visuelle Bonitur, bei welcher der prozentuale Pilzbefall pro Traube (0 bis 100 %) mit *B. cinerea* und *P. crustosum* bestimmt wurde.

Versuch II mit *B. cinerea* im Labor

In Anlehnung an den Laborversuch 2008 wurde ein zweiter Laborversuch vom 23. September bis 14. Oktober 2009 durchgeführt. Anhand des Tests wurde untersucht, in welchem Umfang die Graufäule durch dauerhaft in der Traube sitzende Ohrwürmer übertragen werden kann oder ob ein Pilzbefall ausbleibt, wenn sich die Insekten ausschließlich vom Pilzrasen ernähren.

Die Versuchsmethodik wurde vom vorhergehenden Versuch übernommen (Abbildung 23c), jedoch mit der Verwendung von Riesling-Trauben. Dazu wurden zehn Versuchsbehälter benötigt. Für die fünf *Botrytis*-Ansätze wurden die entsprechenden Ohrwürmer 24 Stunden in einem Behälter gehalten, in dem zwei Agarplatten mit *Botrytis*-Kulturen (Mycel mit Konidienträgern) lagen, auf denen sich die Insekten mit den Sporen stark kontaminierten. Am 30. September wurden pro Behälter sieben kontaminierte Ohrwürmer auf die Riesling-Traube gesetzt. Bis zum Versuchsende (nach 21 Tagen) blieben die Ohrwürmer in den Boxen ohne zusätzliche Nahrungs- und Wasserquelle. Pro Versuchsgefäß wurden sieben Individuen eingesetzt, weil Traubenbonituren gezeigt hatten, dass das Befallsmittel der Sorte Riesling bei sieben Individuen pro Traube lag. Zu den fünf *Botrytis*-Ansätzen wurden fünf Kontrollansätze aufgebaut, in deren Trauben keine Ohrwürmer eingesetzt wurden. Alle Versuchsbehälter kamen anschließend in eine Klimakammer mit 25 °C Lufttemperatur und 70 % Luftfeuchtigkeit, um das Pilzwachstum zu beschleunigen. Danach erfolgte im 7-Tage Rhythmus eine visuelle Bonitur, in deren Verlauf der prozentuale Befall pro Traube (0 bis 100 %) mit *B. cinerea* bestimmt wurde.

2.9.2 Freilandversuch

Die dritte Studie zur Pathogenübertragung fand vom 23. September bis zum 5. Oktober 2009 in einer Riesling-Anlage (Hoheweg) in Neustadt-Mußbach statt. Wie im vorher beschriebenen zweiten Laborversuch (Kapitel 2.9.1) sollte überprüft werden, in welchem Umfang die Graufäule durch dauerhaft in der Traube sitzende Ohrwürmer übertragen werden kann.

Für den Test wurden Rebstöcke ausgewählt, deren Trauben keinen *Botrytis*-Befall zeigten. Von diesen Rebstöcken wurden sechs gleich große, dichtbeerige Trauben mit cirka 20% verrieselten Beeren ausgewählt. Durch die Verrieselung wurde die Traubenstruktur aufgelockert, wodurch der Kot der Versuchstiere aus den Trauben heraus fiel und sich dadurch das Risiko einer *Botrytis*-Beereninfektion durch Ohrwurmkot reduzierte (TAHER 2009). Die Versuchstiere wurden 24 Stunden in einem Behälter gehalten, in dem zwei Agarplatten mit *Botrytis*-Kulturen lagen, auf denen sich die Insekten mit den Mycel, Konidienträgern und Sporen stark kontaminierten. Danach wurden jeweils sieben Ohrwürmer in einen kleinen Plastikbeutel überführt und zur Versuchsfläche gebracht. Die im Vorfeld

ausgewählten Trauben wurden mit Gazenetzen (30 cm lang, 20 cm breit) umhüllt und sieben kontaminierte Ohrwürmer pro Netz eingesetzt (Abbildung 24). Nach dem Einsetzen der Versuchstiere wurden die Netze mit Bindedraht am Traubenstiel dicht verschlossen. Nach zwölf Tagen wurden die eingenetzten Trauben mit den Ohrwürmern abgeschnitten und zur Auswertung ins Labor gebracht.



Abbildung 24: Übertragung von *B. cinerea* durch *F. auricularia* in eingenetzten Riesling-Trauben, Neustadt-Mußbach 2009, Foto: C. Huth.

2.10 Fraßversuche

2.10.1 Laborversuch

2009 fand im Labor ein Fraßversuch statt, um zu klären, ob *F. auricularia* intakte Spätburgunder-Beeren und intakte Riesling-Beeren anfrisst, wenn keine andere Nahrungs- und Wasserquelle zur Verfügung steht. Beispielsweise beobachtete PHILLIPS (1981) durch den Ohrwurm verursachte Fraßschäden an Äpfeln, wenn die Insekten in hohen Individuendichten auftraten und alternative Nahrungsressourcen knapp waren. Dabei frisst *F. auricularia* sowohl an unverletzten Früchten PHILLIPS (1981) als auch an Apfelfruchtfleisch, nachdem andere Insekten und Vögel die Fruchthaut verletzt haben (FOX-WILSON 1942).

Für den Test wurden am 22. September gesunde Riesling-Trauben und am 29. September gesunde Spätburgunder-Trauben im Freiland abgeschnitten und in einer speziell ausgestatteten Transportkiste in das Labor überführt, ohne die Beeren zu verletzen. Im Labor wurden die Trauben vorsichtig geteilt, so dass diese in die Versuchsbehälter passten (Abbildung 25). In jedem Versuchbehälter war eine Kunststoffröhre zur Wasserversorgung für die Traube angebracht. Die Traubenstiele wurden durch die Deckelöffnung in die Röhren gesteckt, damit die Beeren der Traube über den gesamten Versuchszeitraum gut mit Wasser versorgt waren und nicht zusammentrockneten (Abbildung 25). Während des Vertrocknens bilden sich Risse in der Beerenhaut, an denen Ohrwürmer fressen können.

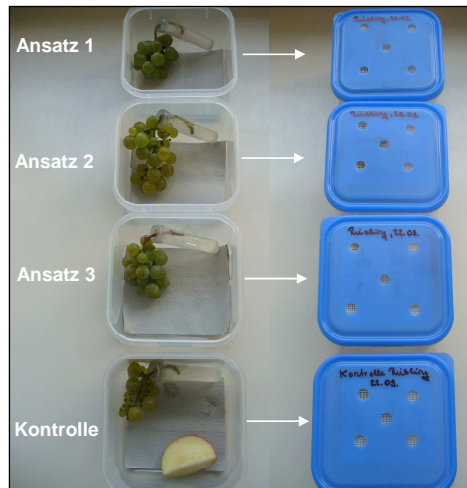


Abbildung 25: Versuchsaufbau zum Fraßversuch mit Riesling-Trauben 2009, Foto: C. Huth.

Für jede Traubensorte wurden vier Versuchsbehälter verwendet, in die jeweils sieben Ohrwürmer eingesetzt wurden: drei Behälter zur Überprüfung der Fraßwirkung, in denen den Ohrwürmern außer der Traube keine andere Nahrungs- und Wasserquelle zur Verfügung stand, ein Kontrollbehälter, der neben der Traube noch ein Apfelstück als Nahrungs- und Wasserquelle enthält. Apfel gehörte im Rahmen der Laborhaltung zur bevorzugten Nahrung der Ohrwürmer. Während des Versuchszeitraumes wurden wöchentlich die Apfelstückchen gewechselt und das Wasser in den Plastikröhrchen aufgefüllt. Die Trauben wurden entsprechend auf Fraßstellen überprüft. Für beide Rebsorten wurde der Versuch nach 21 Tagen abgebrochen, weil die Trauben einzutrocknen begannen.

2.10.2 Freilandversuch

In dieser Freilandstudie wurde 2007 überprüft, ob der Gemeine Ohrwurm intakte Riesling-Beeren anfrisst, wenn keinerlei andere Nahrungs- und Wasserressourcen zur Verfügung stehen. Der Versuch fand vom 28. August bis 4. September in der Sortenmix-Anlage in Neustadt-Mußbach statt.

Für die Untersuchung wurden aus einer Riesling-Reihe zufällig 20 etwa gleich große und gesunde Trauben ausgewählt und mit Gaze netzen (30 cm lang, 20 cm breit) umhüllt (Abbildung 24). Zehn der eingeknetzten Trauben dienten als Kontrolle. In die Netze der restlichen zehn Trauben wurden jeweils 20 Ohrwürmer für sieben Tage eingesetzt. Während dieser Zeit stand den in den Gaze netzen eingeschlossenen Ohrwürmern keine andere Nahrungsquelle als die Riesling-Beeren zur Verfügung. Nach einer Woche wurden alle eingeknetzten Trauben mit den Ohrwürmern vom Rebstock abgeschnitten und im Labor auf Fraßschäden untersucht.

Um die Ergebnisse der Netzversuche abzusichern, wurden im September 2007 aus dieser und einer weiteren Rebanlage insgesamt 432 Riesling-Trauben entnommen und entsprechend ausgewertet (Kapitel 2.3: biotische Faktoren, Traubenbonitur).

2.11 Analytik

Die Massenansammlungen von *F. auricularia* im Lesegut sowie die zwischen Stielgerüst und Einzelbeeren stark verkoteten Trauben stellen für die Weinwirtschaft zur Lesezeit ein großes Problem dar. Sowohl Winzer als auch Fachleute vermuten, dass das in der Abwehrdrüse ebenso wie im Kot enthaltene Abwehrsekret 2-Methyl-1,4-benzochinon in hohen Konzentrationen den Wein sensorisch negativ beeinflussen kann (Geruch, Geschmack). Aufgrund dieser Annahmen wurden seit Oktober 2007 analytische Untersuchungen im Sachgebiet „Phytopharmakologie“ (DLR- Rheinpfalz, Neustadt) durchgeführt.

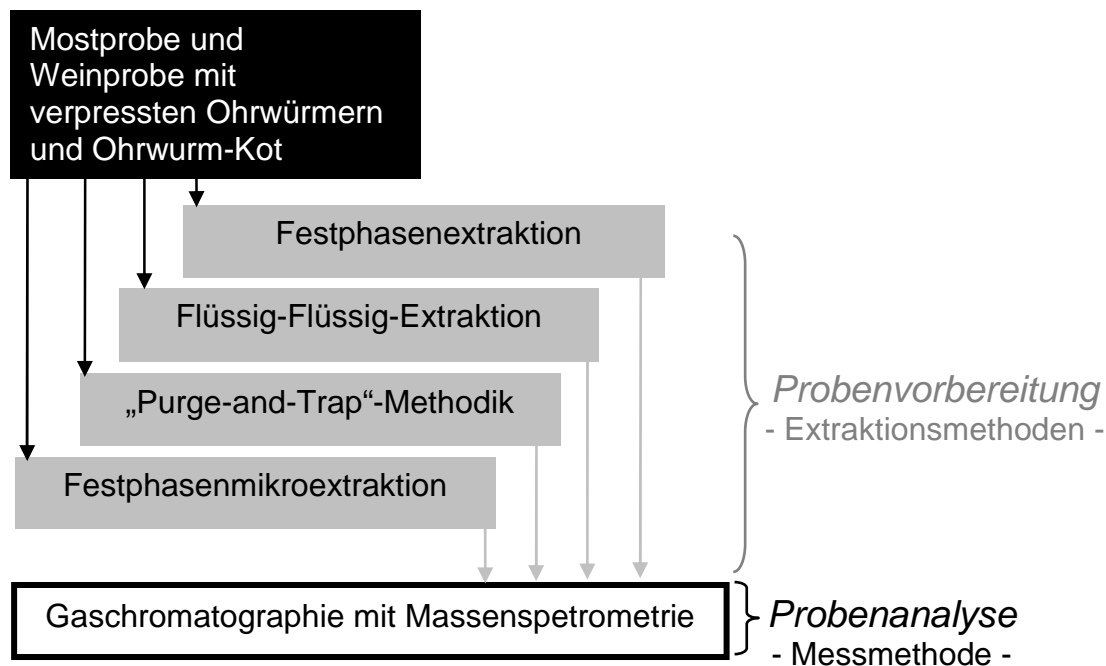


Abbildung 26: Schema zur Benzochinon-Analytik mit Methoden zur Probenvorbereitung und Probenanalyse von kontaminierten Most- und Weinproben.

Bevor die gewonnenen Most- und Weinproben auf benzochinonhaltige Inhaltsstoffe untersucht werden konnten, mussten zunächst die Messbarkeit der Zielsubstanz 2-Methyl-1,4-benzochinon mittels Gaschromatographie überprüft und mehrere für die Substanz in Frage kommende Extraktionsmethoden getestet werden (Abbildung 26). Hauptziel war, eine zuverlässige Nachweismethode für die Substanz 2-Methyl-1,4-benzochinon zu validieren, mit der gezielte Substanznachweise aus Most- und Weinproben möglich sind.

2.11.1 Gaschromatographie mit Massenspektrometrie

Der Gaschromatograph (GC) dient der Auftrennung des zu untersuchenden Stoffgemisches in einzelne chemische Verbindungen (GOTTWALD 1995). Das Gerät besteht aus einem Injektorblock und einer Trennsäule, die im GC-Ofen installiert ist (Abbildung 27a). Als mobile

Phase wird bei der GC ein inertes Trägergas wie Helium benutzt, welches die in den GC-Injektorblock eingespritzte Probe auf die Trennsäule transportiert. Die Trennsäule im GC-Ofen ist eine Kapillare mit einem bestimmten Trägermaterial (stationäre Phase), die das Stoffgemisch durch Adsorptions- und Desorptionsprozesse auftrennt. So werden die einzelnen Komponenten des Substanzgemisches in Abhängigkeit ihrer Affinität zur stationären Phase und des gewählten Ofentemperaturprogramms mehr oder weniger stark zurückgehalten und treten am Ende der Säule getrennt aus.

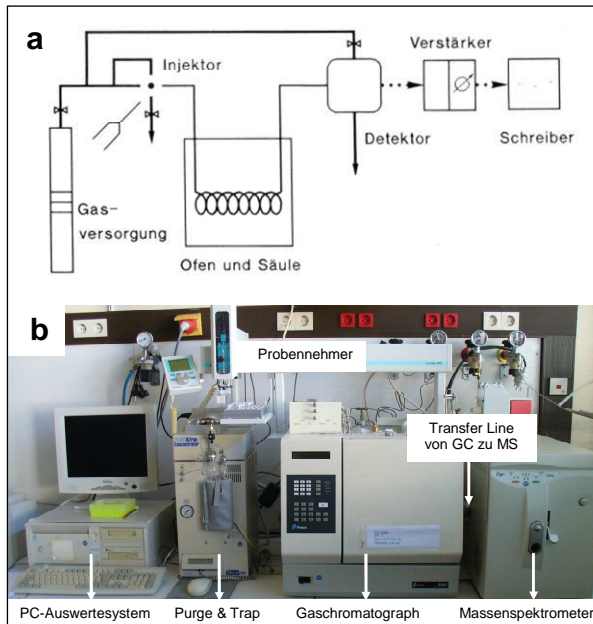


Abbildung 27: Funktionsweise eines Gaschromatographen nach GOTTWALD (1995) (a) und Aufbau der GCMS mit GC-Modell „Finnigan 9001“, MS-Modell „Iontrap GCQ 1“ und PC-Auswertesystem (DLR-Rheinpfalz, Neustadt/Weinstraße) (b), Foto: C. Huth 2009.

Die Aufgabe des Massenspektrometers (MS) ist die Signalerzeugung für ein Chromatogramm, mit dem das Stoffgemisch analysiert werden kann. Immer dann, wenn eine andere Substanz als das Trägergas die Säule verlässt, wird eine der Komponentenmenge proportionale elektrische Signalgröße erzeugt. Das dazu erzeugte elektrische Signal wird nach einer elektronischen Verstärkung von einem PC-Auswertesystem zeitabhängig aufgezeichnet, dabei entsteht das Chromatogramm mit den Substanzenpeaks. Aus der Peakfläche oder der Peakhöhe des entsprechenden Substanzenpeaks kann über einen Standard auf die Menge der Substanz und damit auch auf die quantitative Zusammensetzung des ganzen Substanzgemisches geschlossen werden (GOTTWALD 1995). Als Retentionszeit bezeichnet man die Zeit, die von der Injektion bis zum Auftreten des Peaks verstreicht. Die Retentionszeiten sind unter Standardbedingungen für jede Substanz charakteristisch.

Die im folgenden Kapitel 2.11.2 beschriebenen Methoden dienen der Gewinnung von Extrakten aus Ohrwürmern, Ohrwurmkot und Wein, die aus Trauben mit zugefügtem Ohrwurmkot oder zugegebenen Ohrwürmern hergestellt wurden. Infolge der resultierenden Matrixbelastung der Probe sollte ein Verfahren zur Identifikation und Quantifizierung der für

den Ohrwurm charakteristischen Leitsubstanzen eingesetzt werden, welches eine gute Detektion mit hoher Selektivität ermöglicht. Da sich diese Substanzen durch Geruch bemerkbar machen, wenn eine Verdunstung stattfindet, bot sich der Einsatz eines Gaschromatographen gekoppelt mit einem massenselektiven Detektor an (Abbildung 27b):

Eigenschaften GCMS:

- Gaschromatograph: Finnigan 9001
- Massenspektrometer: Iontrap GCQ der Firma Axel Semrau
- Ionvolume: 180 °C
- Transfer Line: 250 °C
- Filament: Start nach 5,0 min
- Modus: Full-Scan 50 - 500 (0,23 Sekunden pro Scan)

Zuerst wurde durch Variation der Trennsäule ein geeigneter Adsorber gesucht. Zum Einsatz kamen die Kapillarsäulen mit unpolaren Eigenschaften ZB-1, ZB-5 und ZB-Wax mit jeweils 30 m x 0,25 mm Innendurchmesser und einer Filmdicke von 0,5 µm sowie eine ZB-624 Säule mit jeweils 30 m x 0,25 mm Innendurchmesser und einer Filmdicke von 1,4 µm, die sich besonders zur Trennung flüchtiger Substanzen eignet. Da nicht nur Flüssigextrakte injiziert wurden, sondern auch Injektionen in Form von Desorptionen von einer SPME-Faser und nach der Purge-and-Trap-Technik erfolgten, erreichte eine ZB-624 Kapillarsäule mit einer höheren Filmdicke die beste Trennung und Peaksymmetrie. Dazu wurde folgendes Temperaturprogramm gewählt:

- Säule: Kapillarsäule ZB-624 (Hersteller: Phenomenex)
- Injektortemperatur: 250 °C - Injektionsvolumen: 3 µl splitlos
- Injektortemperatur: 260 °C - SPME Faserdesorption
- Trägergas: Helium
- Fließgeschwindigkeit: 40,00 cm/sec
- Ofenprogramm:

Ofentemperatur 1: 60 °C	Isozeit 1: 4,0 min
	Heizrate 1: 10 °C/min
Ofentemperatur 2: 220 °C	Isozeit 2: 5,0 min
	Heizrate 2: 20 °C/min
Ofentemperatur 3: 260 °C	Isozeit 3: 9,0 min

Bei zu starkem Untergrund im Massenspektrum wurde die Probe im SIM-Modus gemessen, so dass störende Fragmente stärker ausgeblendet wurden. Nachdem das Temperaturprogramm validiert war, wurde nach Testläufen mit den verschiedenen Extrakten das MS-System im SIM-Modus gefahren.

Um eine Quantifizierung der Konzentrationen an 2-Methyl-1,4-benzochinon und 2-Methyl-1,4-hydrochinon in den verschiedenen Extrakten durchführen zu können, wurde das MS-System mit Standardlösungen kalibriert. Diese Referenzlösungen wurden folgendermaßen hergestellt: zuerst wurde eine Substanzmenge zwischen 15 und 20 mg in einem 2 ml Eppendorf-Cap abgewogen und dann das entsprechende Volumen Aceton zupipettiert, um eine Konzentration von 10 mg/ml zu erhalten. Durch die zweimalige 1:10 Verdünnung ergab sich eine Konzentration von 100 µg/ml. Die Entnahme von 1,0 ml beziehungsweise 0,5 ml Stammlösung und anschließendes Auffüllen auf 10 ml in einem Messkolben ergaben die Kalibrationsstandards 10 µg/ml und 5 µg/ml. Diese wurden beide 1:10 verdünnt, um die

Konzentrationen 1,0 und 0,5 µg/ml zu erhalten. Im letzten Schritt wurde der Standard 0,1 µg/ml durch einen weiteren Verdünnungsschritt aus der Konzentrationslösung 1,0 µg/ml hergestellt. Somit ergab sich mit den Referenzen in den Konzentrationen von 0,1; 0,5; 1,0; 5,0 und 10,0 µg/ml an 2-Methyl-1,4-benzochinon und 2-Methyl-1,4-hydrochinon eine Kalibrationsgerade, mit der eine Quantifizierung der Konzentrationen in den Extrakten möglich war.

2.11.2 Analytische Trennverfahren

Mittels der gängigen Extraktionsmethoden sollten die Störkomponenten des Ohrwurm-Kotes und der im Lesegut verpressten Ohrwürmer aus Most- und Weinproben herausgelöst werden.

Festphasenextraktion (SPE - solid phase extraction)

Mit diesem Extraktionsverfahren sollte die gesuchte Substanz aus sehr verdünnten Lösungen angereichert werden, wobei zunächst verschieden modifizierte SPE-Kartuschen getestet wurden, um das in Most- und Weinproben enthaltene 2-Methyl-1,4-benzochinon zu binden und dadurch einen Substanznachweis zu ermöglichen.

Bei der SPE handelt es sich um einen physikalischen Extraktionsprozess, der zwischen einer flüssigen und einer festen Phase stattfindet (OTTO 2006). Die flüssige Phase, auch Elutionsmittel genannt, setzt sich aus einem oder mehreren Lösungsmitteln zusammen. Die feste Phase, auch als Säule oder Adsorber bezeichnet, kann sowohl aus festem als auch aus flüssigem Material bestehen. Bei der SPE findet zwischen den zwei Phasen ein Adsorptionsprozess statt, wobei die Wechselwirkung der Zielsubstanz mit dem Adsorber entweder stärker oder schwächer ist als mit dem Elutionsmittel. Als Wechselwirkungen treten zwischenmolekulare Bindungskräfte wie Van-der-Waals-Kräfte, Dipolkräfte und Wasserstoffbrückenbindungen auf. Dadurch werden entweder Zielsubstanzen zurückgehalten und unerwünschte Stoffe eluiert oder Zielsubstanzen eluiert und unerwünschte Stoffe zurückgehalten. Folglich wird entweder eine Anreicherung oder Reinigung (clean up) der Zielsubstanz erreicht.

Für die Extraktion wurde eine hochkonzentrierte 2-Methyl-1,4-benzochinon-Lösung angesetzt, die eine intensive Gelbfärbung besaß. Die für SPE verwendeten Kartuschen mit den verschiedenen Adsorbentien sind in Tabelle 8 aufgeführt. Zuerst wurden alle Kartuschen gespült (konditioniert): 1. Spülen mit zwei Bettvolumen (= Liter Spülwasser/Liter Ionenaustauscher) Hexan, 2. Spülen mit zwei Bettvolumen Methanol, 3. Stabilisieren mit zwei Bettvolumen Wasser neutral/1 % Methanol. Nach der Konditionierung der Kartuschen wurden 100 ml der Benzochinon-Lösung (Wasser mit 1 % Methanol wurde auf 10 µg

2-Methyl-1,4-benzochinon dotiert) in jede Kartusche auf die Adsorber aufgetragen (Abbildung 28a).

Tabelle 8: Auflistung der für die Festphasenextraktion verwendeten Adsorber und die mittels Chromatogramm errechnete prozentuale Wiederfindungsrate für die Substanz 2-Methyl-1,4-benzochinon.

Absorbertyp + Eigenschaften	Hersteller	Wiederfindungsrate GCMS (in %)
C-2-Säule (500 mg)	Macherey - Nagel	0
C-8-Säule (500 mg)	Macherey - Nagel	0
C-18-Säule (1000 mg)	Macherey - Nagel	0
C-Ph-Säule (500 mg)	Macherey - Nagel	0
C-HR-X-Säule (500 mg)	Macherey - Nagel	0
Strata XL (200 mg), grobporig	Phenomenex	0
Strata XL (500 mg), grobporig	Phenomenex	0,5
Strata X (200 mg), feinporig	Phenomenex	0,5 bis 1,0
Strata X (500 mg), feinporig	Phenomenex	37,23

Bei der im Anschluss durchgeführten Adsorption wurde die Lösung mittels Unterdruck durch die verschiedenen Säulen gesaugt, damit sich das 2-Methyl-1,4-benzochinon zwischen der festen und flüssigen Phase verteilen, in der festen Phase anreichern und damit aus der flüssigen Phase extrahiert werden konnte (Abbildung 28a). Bei einer Adsorption des Benzochinons an die Säulenmatrix kam es zur Ausbildung eines gelben Ringes.

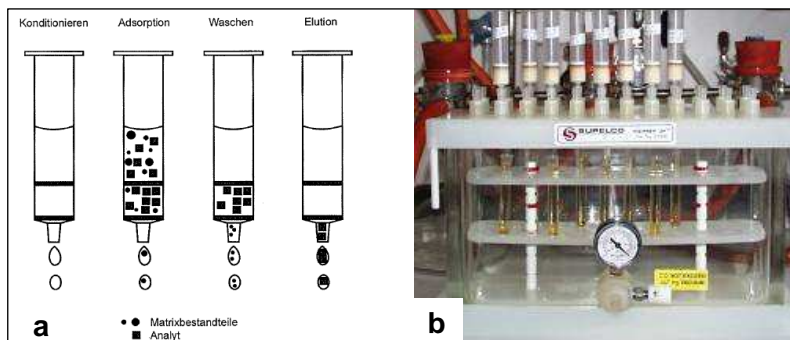


Abbildung 28: Festphasenextraktion in vier Arbeitsschritten (UNIVERSITÄT GRAZ 2009) (a) und Aufbau eines Moduls für die Festphasenextraktion mit acht SPE-Säulen im Analytiklabor des DLR-Rheinpfalz, Foto: M. Twertek 2007 (b).

Nach einem Trocknungsschritt mittels Durchblasen von Stickstoff durch die Säulen wurden die auf den Adsorbieren angereicherten Substanzen mit Methanol und Aceton von der Säule eluiert (Abbildung 28a). Nach der Elution wurde die Substanz ausgeblasen und in 500 µL Aceton gelöst. Das Ausblasen stellte einen kritischen Analyseschritt für den Substanznachweis dar, weil während des Ausblasens die Substanz in Abhängigkeit vom getesteten Adsorber verschwand, so dass die Wiederfindungsrate hier bei 0 % lag (Tabelle 8). Der Extrakt wurde gaschromatographisch vermessen (Kapitel 2.11.1).

Flüssig-Extraktionen

Die Flüssig-Flüssig-Extraktion wurde parallel zur klassischen Festphasenextraktion durchgeführt. Mit dieser Trennmethode sollte die Substanz 2-Methyl-1,4-benzochinon aus einer Mostprobe extrahiert werden. Bei diesem Verfahren werden Stoffgemische aufgrund ihrer unterschiedlichen Löslichkeiten in einem hydrophilen Lösungsmittel wie Wasser und einem hydrophoben, organischen Lösungsmittel aufgetrennt. Diese Verteilung beruht auf den unterschiedlichen Löslichkeiten des anzureichernden Stoffes in beiden Flüssigkeiten (OTTO 2006). Dabei geht je nach Größe der Gleichgewichtskonstante eine bestimmte Menge an Substanz in das Extraktionsmittel über und kann mit diesem abgetrennt werden. Bei wiederholter Zugabe des Extraktionsmittels und erneuter Abtrennung lässt sich die zu extrahierende Substanz fast vollständig gewinnen.

Zunächst wurde mittels Flüssig-Flüssig-Extraktion versucht, die Substanz 2-Methyl-1,4-benzochinon aus den Körpern der Ohrwürmer herauszulösen und anschließend mit GCMS die Substanzmenge an 2-Methyl-1,4-benzochinon in der Probe zu bestimmen. Die Extraktion lief folgendermaßen ab: eine Probe aus 30 g Ohrwürmern wurde mit einem Mixer zerkleinert und mit 60 ml des Lösungsmittels Trichlormethan mazeriert. Anschließend wurde die Probe zentrifugiert (5000 U/min), um das Gemisch in Protein- und Chloroformphase aufzutrennen. Die Proteinphase, die sämtliche organische Individuenreste beinhaltet, wurde verworfen. Die Chloroformphase, in der sich die Substanz 2-Methyl-1,4-benzochinon aus den Ohrwurm-Körpern gelöst hatte, wurde gaschromatographisch vermessen (Kapitel 2.11.1).

Von der auf 2-Methyl-1,4-benzochinon zu untersuchenden Mostprobe wurden zweimal 100 ml abgefüllt und mit jeweils 100 ml BiVe-Wasser verdünnt. Im Anschluss wurde einer Probe 100 ml Chloroform und der anderen 100 ml Dichlormethan als lipophile Extraktionsmittel zugesetzt. Im Anschluss wurden beide Stoffgemische in einen Scheidtrichter gefüllt und eine Stunde kräftig geschüttelt. Durch das Schütteln vermischten sich die Lösung mit der zu extrahierenden Komponente und das Extraktionsmittel. Da bei beiden Proben nach 30 min keinerlei Abscheidungen zu sehen waren, wurden beide Stoffgemische mit dem hydrophilen Extraktionsmittel Natriumchlorid versetzt und wieder geschüttelt. Durch die Salzzugabe konnte der Effekt des Übertrittes der gelösten organischen Komponente aus der wässrigen Phase (Wasser) in die organische Phase (Chloroform, Dichlormethan) verstärkt werden.

Mittels Flüssig-Extraktion wurde versucht, die Substanz 2-Methyl-1,4-benzochinon aus dem Ohrwurm-Kot herauszulösen und anschließend mit GCMS die Substanzmenge an 2-Methyl-1,4-benzochinon in der Probe zu bestimmen. Die Extraktion lief folgendermaßen ab: eine Probe mit 1 g Ohrwurm-Kot aus der Laborzucht wurde in 10 ml Chloroform aufgenommen. Anschließend wurde die Probe zentrifugiert (5000 U/min), um das Gemisch in Protein- und Chloroformphase aufzutrennen. Die Proteinphase, die sämtliche organische Kotreste beinhaltet, wurde verworfen. Die Chloroformphase, in der sich die Substanz

2-Methyl-1,4-benzochinon aus dem Ohrwurm-Kot gelöst hatte, wurde gaschromatographisch vermessen (Kapitel 2.11.1).

Purge-and-Trap-Technik

Dieses Trennverfahren wurde als zusätzliche Extraktionsmethode für die Substanz 2-Methyl-1,4-benzochinon in Most- und Weinproben angewandt. Ein großer Vorteil dieser Methode ist, dass leichtflüchtige organische Komponenten, die in geringen Konzentrationen im µg/L- bis pg/L-Bereich vorliegen, leicht aus Stoffgemischen extrahiert werden können (OTTO 2006). Bei der Purge-and-Trap-Technik wird Stickstoff durch die Probe geleitet, die mit einem Heizmantel erwärmt wird. Durch die Erhöhung der Temperatur gelangen die leichtflüchtigen organischen Komponenten in die Gasphase. Diesen Prozess nennt man Spülen (purge). In einer Adsorptionsfalle werden die flüchtigen Komponenten an einem Adsorbens angereichert und damit eingefangen (trap). Anschließend wird die Adsorberfalle erhitzt und die einzelnen Komponenten zur chemischen Analyse in den Gaschromatographen transportiert.

Tabelle 9: Probenaufgabe mittels Purge-and-Trap-Technik

Parameter	Vorgabe
Temperatur der Ventile / Transferline zum GC	130 °C
Probenhalter	40 °C
Purge-Temperatur	30 °C / 50 °C / 70 °C
Probenerhitzer	Off (LHKW) / On (Anisole)
Purge-Beginn	0 min (LHKW) / 0,7 min (Anisole)
Vorerwärmung der Probe	0 min (LHKW) / 0,8 min (Anisole)
Temperatur der Probe	40 °C (LHKW) / 50 °C (Anisole)
Purge-Zeit	11 min
Start des GC	Start der Desorption
Kühlfalle	Off
Trap-Erwärmung vor Desorption	175 °C
Desorptionszeit	4 min
Desorptionstemperatur	180 °C
Trap-Regenerationszeit	10 min
Trap-Regenerationstemperatur	225 °C
Entfernung von Wasser aus der Trap	240 °C
Druckausgleich vor Regeneration	2 min

Für diese Methode wurden 10 ml der Most- beziehungsweise Weinprobe eingesetzt. Der Ablauf der Probenaufgabe mittels Purge-and-Trap-Technik ist in Tabelle 9 stichpunktartig aufgeführt.

Festphasenmikroextraktion (SPME - solid phase microextraction)

Die Festphasenmikroextraktion wurde als ein weiteres Verfahren zur Extraktion der Substanz 2-Methyl-1,4-benzochinon aus Most- und Weinproben angewendet. Diese Trennmethode hat sich in den letzten Jahren als vorteilhaft gegenüber der Festphasenextraktion aus folgenden Gründen erwiesen: einfache Handhabung, die Möglichkeit zur vollständigen Automatisierung

und damit zu einer erheblichen Zeitersparnis, der Verzicht auf Lösungsmittel und die direkte Überführung der Analyte in den Injektor des Gaschromatographen, wodurch Kontaminationen durch Probenvorbereitungsschritte nahezu auszuschließen sind (ARTHUR & PAWLISZYN 1990).

Für die SPME wurden 25 ml der Weinprobe entnommen und in einem SPME-Vial mit 5 g Kochsalz versetzt, um den Effekt des Übertrittes der gelösten organischen Komponente aus der wässrigen Phase an den Adsorber in der Gasphase zu verstärken. Im Anschluss wurde eine Kanüle, in der sich die Adsorptionsfaser befand, in das Probegefäß eingestochen und in die Gasphase getaucht. Danach wurde durch Drücken die Faser ausgefahren. Sobald der Faseradsorber freilag, absorbierten die Moleküle des Analyten auf der Faser. Bei dieser Analyse wurden verschiedene Fasertypen verwendet, um zu überprüfen, an welcher Faser das Benzochinon am stärksten angelagert wird. Folgende Fasertypen wurden getestet: Carboxen 75 µm, Polydimethylsiloxane 100 µm und Polyacrylate Coating 85 µm. Nach der Adsorption und Einstellung des Verteilungsgleichgewichtes wurde die jeweilige Faser exakt nach 30 min in die Schutzkanüle eingezogen. Danach wurde die Kanüle manuell in den Injektorblock des Gaschromatographen eingeführt und die jeweilige Faser durch Drücken ausgefahren. Aufgrund der hohen Temperatur im Injektorblock erfolgte eine Desorption der Analyte von der Faser in die Gasphase und es erfolgte die gaschromatographische Trennung (Kapitel 2.11.1).

2.11.3 Substanzversuche mit Testweinen

Abbauversuch durch Zugabe von 2-Methyl-1,4-benzochinon in Wein

Da die Substanz 2-Methyl-1,4-benzochinon aus Flüssigkeiten sehr leicht verdampft und somit ein Substanznachweis nicht mehr möglich ist, wurde anhand des Abbauversuches überprüft, wie lange die Substanz in einem Glas mit Testwein mittels Extinktionsmessung nachweisbar ist.

Zunächst wurde die Extinktion von 2-Methyl-1,4-benzochinon in Wasser bestimmt. Dazu wurden 100 ml Wasser mit 200 µl 2-Methyl-1,4-benzochinon (1 mg/ml in Wasser) versetzt und die Extinktion bei 249,5 nm gemessen. Daraufhin wurden 100 ml Wein der Sorte Riesling pipettiert und 200 µl 2-Methyl-1,4-benzochinon zugegeben. Dann wurde jeweils im Abstand von 30 min über 2 h die Extinktion gemessen.

Sensorikprüfung von Spätburgunder(Weißherbst)-Wein mit Ohrwürmern

Um mögliche Geruchs- und Geschmacksbeeinträchtigungen von Weinen durch das mit den Ohrwürmern ins Lesegut geratene Abwehrsekret 2-Methyl-1,4-benzochinon zu untersuchen, wurden zwei Sensorikprüfungen mit einem Spätburgunder-Weißherbst-Wein durchgeführt, der vor dem Traubenpressen mit einer definierten Menge an Ohrwürmern versetzt wurde.

Am 4. Oktober 2006 wurden für den Versuch 100 kg Spätburgunder-Trauben geerntet und im Anschluss das Lesegut mit 1600 Ohrwürmern versetzt und gepresst. Für die Kontrolle wurden Trauben ohne Ohrwürmer gepresst und der Traubensaft anschließend mit Reinhefe ausgebaut. Die sensorischen Weinprüfungen der Kontroll- und Testvarianten fanden am 7. November 2007 und am 6. März 2008 mit jeweils zwölf verschiedenen Prüfern (Laien und Fachleute) statt. Die Prüfer beurteilten den Geschmack und den Geruch der jeweiligen Varianten nach dem Schulnotensystem und notierten zusätzlich Geschmacks- und Geruchsauffälligkeiten.

Sensorikprüfung von Riesling-Wein mit Ohrwurmkot

Um zu testen, ob die im Ohrwurmkot enthaltene Substanz 2-Methyl-1,4-benzochinon zu möglichen Geruchs- und Geschmacksbeeinträchtigungen in Weinen führt, wurden zwei Sensorikprüfungen mit einem Riesling-Wein durchgeführt, der aus stark verkoteten Riesling-Trauben hergestellt wurde.

Für diesen Versuch wurden insgesamt 240 Riesling-Trauben verwendet, die nach einer Traubenbonitur in 133 verkotete (45 kg) und 107 nicht verkotete (15 kg) Trauben getrennt wurden. Die nicht verkoteten Trauben wurden am 13. September 2007 gepresst und der Traubensaft anschließend mit Reinhefe ausgebaut. Dieser Ansatz diente als Kontrolle. Die verkoteten Trauben, mit Kotmengen von 0,02 bis 0,38 g Kot pro Traube, wurden ebenfalls am 13. September 2007 gepresst und in gleicher Weise wie die Kontrolle ausgebaut.

Die sensorischen Weinprüfungen der Kontroll- und Testvarianten fanden am 2. Dezember 2008 mit zwölf verschiedenen Prüfern (Laien und Fachleute) und am 13. März 2009 mit elf verschiedenen Prüfern statt. Die Prüfer beurteilten den Geschmack und den Geruch der jeweiligen Varianten nach dem Schulnotensystem und notierten zusätzlich Geschmacks- und Geruchsauffälligkeiten.

2.12 Datenauswertung

Test auf Normalverteilung

Mit dem Shapiro-Wilk-Test wurden die zu verrechnenden Datenreihen auf Normalverteilung geprüft, um zu entscheiden, ob die Stichprobenvergleiche über parametrische beziehungsweise nichtparametrische Tests vorgenommen werden müssen. Der Test ist im Statistikprogramm XLSTAT (Version 2007.8.01) integriert.

Logarithmustransformation

Stichproben, die nicht normalverteilt waren, wurden einer Logarithmustransformation unterzogen. Durch diese Transformation, die auf dem dekadischen Logarithmus basiert, wird die Varianzheterogenität verringert und in vielen Fällen eine akzeptable Annäherung der

Verteilung der Datenreihe an eine Normalverteilung erzielt. (MCCUNE & MEFFORD 1999). Das Verfahren wurde mit dem Statistikprogramm PC-ORD (MCCUNE & MEFFORD 1999) durchgeführt.

Parametrische Tests

Bei normalverteilten Stichproben wurden für die Mittelwertvergleiche parametrische Tests verwendet, da diese Verfahren eine bessere Teststärke als nichtparametrische Methoden aufweisen (COHEN 1988). Die Teststärke beschreibt die Aussagekraft eines statistischen Tests (COHEN 1988).

Für den statistischen Vergleich der Mittelwerte zweier normalverteilter Datenreihen wurde der Student-t-Test eingesetzt. Dessen Teststatistik beschreibt in der Nullhypothese einen nicht signifikanten Unterschied der beiden Mittelwerte, der durch einen p-Wert größer oder gleich dem vorgegebenen Signifikanz-Niveau $\alpha = 0,05$ ausgedrückt wird (KÖHLER et al. 2002). Der Nullhypothese steht die Alternativ-Hypothese gegenüber, die einen signifikanten Unterschied zwischen zwei Mittelwerten anzeigt, der durch einen p-Wert kleiner als dem vorgegebenen Signifikanz-Niveau erreicht wird (KÖHLER et al. 2002).

Für den statistischen Vergleich von mehr als zwei normalverteilten Stichproben wurde eine einfaktorielle Varianzanalyse (ANOVA) durchgeführt. Da die Varianzanalysetabelle bei einem signifikanten Ergebnis keine Auskunft darüber gibt, welche zwei Mittelwerte sich signifikant unterscheiden und welche nicht, wurde in diesen Fällen anschließend ein paarweiser Mittelwertvergleich nach Tukey (HSD-Test) durchgeführt. Bei nichtsignifikanten Ergebnissen ist davon auszugehen, dass alle Stichproben aus der gleichen Grundgesamtheit stammen (KÖHLER et al. 2002). Alle parametrischen Testverfahren sind im Programm XLSTAT (Version 2007.8.01) enthalten.

Nichtparametrische Tests

Für den statistischen Vergleich von zwei Stichproben wurde der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test eingesetzt, weil dieses Verfahren keine Normalverteilung für die Grundgesamtheiten mehr fordert (KÖHLER et al. 2002). Der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test prüft anhand zweier gepaarter Stichproben die Gleichheit der zentralen Tendenzen der zugrundeliegenden Grundgesamtheiten (BORTZ 2008). Im Anwendungsbereich ergänzt er den Vorzeichentest, da er nicht nur die Richtung, d.h. das Vorzeichen, der Differenzen, sondern auch die Höhe der Differenzen zwischen zwei gepaarten Stichproben berücksichtigt (BORTZ 2008). Die Teststatistik besagt in der Nullhypothese, dass die Verteilung der beiden Stichproben nicht signifikant verschieden ist, was durch einen größeren p-Wert als dem vorgegebenen Signifikanz-Niveau $\alpha = 0,05$ ausgedrückt wird. Der Nullhypothese steht die Alternativ-Hypothese gegenüber, die einen signifikanten Unterschied zwischen den Verteilungen der

beiden Stichproben beschreibt, der durch einen kleineren p-Wert als dem vorgegebenen Signifikanz-Niveau gekennzeichnet ist.

Der statistische Vergleich von mehr als zwei nicht normalverteilten Datenreihen wurde mit dem Kruskal-Wallis-Test durchgeführt, weil auch diese Methode keine normalverteilten Grundgesamtheiten voraussetzt (KÖHLER et al. 2002). Der Kruskal-Wallis-Test führt eine einfaktorielle Varianzanalyse durch, um zu überprüfen, ob zwischen mehr als zwei Faktorstufen signifikante Unterschiede auftreten oder ob alle Stichproben der gleichen Grundgesamtheit entstammen und sich dadurch nicht kennzeichnend unterscheiden (KÖHLER et al. 2002). Analog zum Tukey-Test bei den parametrischen Testverfahren, wurde bei den nichtparametrischen Tests das Verfahren nach Dunn benutzt (zweiseitiger Test), um paarweise Signifikanzen zwischen den einzelnen Varianten zu prüfen. Alle nichtparametrischen Testmethoden sind im Programm XLSTAT (Version 2007.8.01) integriert.

Cluster-Analyse

Mit der agglomerativen Cluster-Analyse wurden zunächst Ähnlichkeitsverhältnisse zwischen den Dauermonitoring-Flächen 2007 aufgrund der Individuenverteilung von *F. auricularia* im Boden- und Laubwandbereich aufgezeigt. Durch dieses Klassifikationsverfahren können die Informationen größerer Datensätze kondensiert und durch die Einteilung in Klassen extrahiert werden. Als Distanzmaß wurde die quadrierte euklidische Distanz eingesetzt und das Cluster-Verfahren nach WARD (1963) verwendet. Die Analyse fasst die gebildeten Cluster so zusammen, dass die Varianz innerhalb der Gruppen minimiert und zwischen den Gruppen maximiert wird (JONGMAN et al. 1987). Das am Ende einer Cluster-Analyse produzierte Dendrogramm gibt durch die Cluster-Aufteilung die vorhandenen Muster der Daten wieder.

Redundanzanalyse (RDA - redundancy analysis)

Um zu analysieren, ob die erhobenen biotischen und abiotischen Umweltfaktoren die Populationsdichte von *F. auricularia* beeinflussen, wurde eine Redundanzanalyse eingesetzt (JONGMAN et al. 1995). Dafür wurde die jeweilige Matrix mit den Individuenzahlen mit einer standardisierten Umweltdatenmatrix, die je nach Fragestellung alle relevanten Umweltfaktoren enthielt, verrechnet. Mit dem im RDA-Verfahren enthaltenen Manteltest (Forward-Selection) wurden die Umweltfaktoren ermittelt, welche die Individuenverteilung signifikant ($\alpha = 0,05$) erklären (JONGMAN et al. 1995, TER BRAAK & SMILAUER 2002).

Die Ergebnisse der Redundanzanalyse wurden in Ordinationsplots (Triplots) dargestellt. Neben der Lage der Untersuchungsflächen und der räumlichen Artverteilung wurden auch die signifikanten Umweltparameter als Vektorpfeile angezeigt. Die relative Vektorlänge ist bedeutend für die Stellung der Umweltvariablen, denn mit zunehmender Länge verstärkt sich

die Korrelation des Parameters gegenüber den abgebildeten Arten (TER BRAAK & SMILAUER 2002). Aufgrund der Platzierung der Vektorpfeile können Informationen über die Zusammenhänge der Umweltfaktoren zueinander abgeleitet werden (TER BRAAK & SMILAUER 2002). Stehen die Umweltvektoren senkrecht aufeinander, besteht kein Zusammenhang zwischen ihnen. Ordnen sich die Pfeile in einem Winkel über 90° an, sind die Variablenkorrelationen negativ geprägt, d. h., wenn sich ein Faktor verstärkt, verliert der zweite an Wirkung. Bildet sich zwischen den Parametervektoren ein Winkel unter 90° aus, kann eine positive Korrelation angenommen werden. Für die Durchführung der linearen Gradientenanalysen wurde das Programm CANOCO For Windows nach TER BRAAK & SMILAUER (2002) verwendet.

Wirkungsgrad (WG)

Um die Wirkung befallsregulierender Maßnahmen und Pflanzenschutzmittel auf den Gemeinen Ohrwurm zu bestimmen, wurden der Wirkungsgrad nach ABBOTT (1925) nach der Formel 2.1 und der Wirkungsgrad nach HENDERSON & TILTON (1955) nach der Formel 2.2 berechnet.

2.1

$$\text{WG} = (X - Y) / X * 100$$

WG - Wirkung nach ABBOTT (1925)
 X - Wert der Kontrolle
 Y - Wert des Prüfgliebes

2.2

$$\text{WG} = [1 - (Y_n * X_v / Y_v * X_n)] * 100$$

WG - Wirkung nach HENDERSON & TILTON (1955)
 X_v - Wert der Kontrolle vor der Behandlung
 X_n - Wert der Kontrolle nach der Behandlung
 Y_v - Wert der Variante vor der Behandlung
 Y_n - Wert der Variante nach der Behandlung

3. Ergebnisse

3.1 Fangmethoden

Fallentypen

Um die im Rebstock aktiven Ohrwürmer zu erfassen, wurden vor Beginn der Freilandversuche 2007 vier Lebendfallentypen auf ihre Fangeffektivität getestet. Abbildung 29 zeigt die absolute Fangeffektivität, d.h. die mittlere Individuenzahl pro Fallentyp jeder getesteten Lebendfalle. Die durchschnittliche Individuenzahl wurde aus 13 Einzelwerten berechnet. Anhand der Balkenhöhen zeigt sich, dass die Fangeffektivität von der Holzwollröhre zum Blumentopf über die Eierpappe bis zum Bambusfalle kontinuierlich zunimmt.

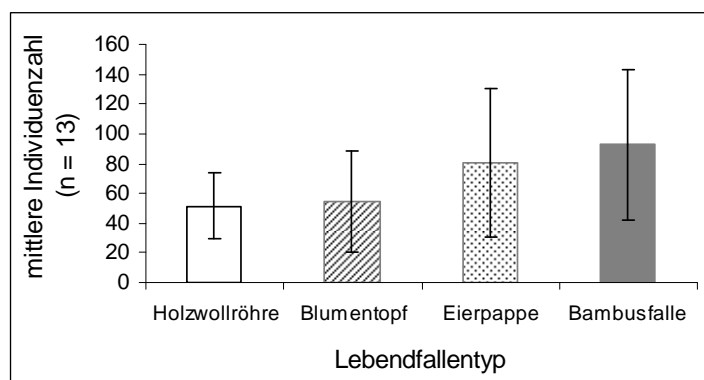


Abbildung 29: Absolute Fangeffektivität von vier getesteten Lebendfallentypen in einer Sortenmix-Anlage, Neustadt-Mußbach 29.05. bis 01.06.2007.

Der statistische Vergleich der Fangzahlen mittels Student-t-Test ($\alpha = 0,05$) hat ergeben, dass die Fangzahlen der Bambusfalle signifikant höher waren als die der Holzwollröhre und des Blumentopfs (Tabelle 10). Hingegen unterscheiden sich die Fangzahlen der Eierpappen- und Bambusfalle nicht signifikant (Tabelle 10). Da die Eierpappenfallen ähnlich hohe Fangzahlen wie die Bambusfallen erzielten, wurden diese Fangeinheiten auch bei einigen Versuchen eingesetzt.

Tabelle 10: Vergleich der absoluten Fangeffektivität zwischen den vier getesteten Lebendfallentypen im Laubwandbereich einer Sortenmix-Anlage nach Student-t-Test ($\alpha = 0,05$) auf der Grundlage der logarithmustransformierten Fangzahlen, Neustadt-Mußbach 2007.

Stichprobe 1	Stichprobe 2	p-Wert
Bambusrohrbündel	Blumentopf	0,034
Bambusrohrbündel	Holzwollröhre	0,020
Bambusrohrbündel	Eierpappe	0,374
Eierpappe	Blumentopf	0,146
Eierpappe	Holzwollröhre	0,136
Holzwollröhre	Blumentopf	0,837

Weiterhin wurde für jeden Fallentyp die prozentuale Fangeffektivität bestimmt, die den prozentualen Individuenanteil pro Fangeinheit angibt. Dabei wurde die für jeden Fallentyp

ermittelte Individuenzahl zu der Gesamtindividuenzahl aller vier Fallentypen ins Verhältnis gesetzt. In Abbildung 30 wird deutlich, dass die Bambusfalle mit 33% und die Eierpappen mit 29 % am effektivsten fingen. Dagegen war die prozentuale Fangeffektivität der Blumentöpfe sowie der Holzwollröhren um mehr als die Hälfte geringer als die der Eierpappen und der Bambusfallen. Aufgrund dieser Ergebnisse wurde die Bambusfalle von den vier Fallentypen für alle Dauermonitoring- und Bekämpfungsversuche ausgewählt, weil sie am effektivsten fing.

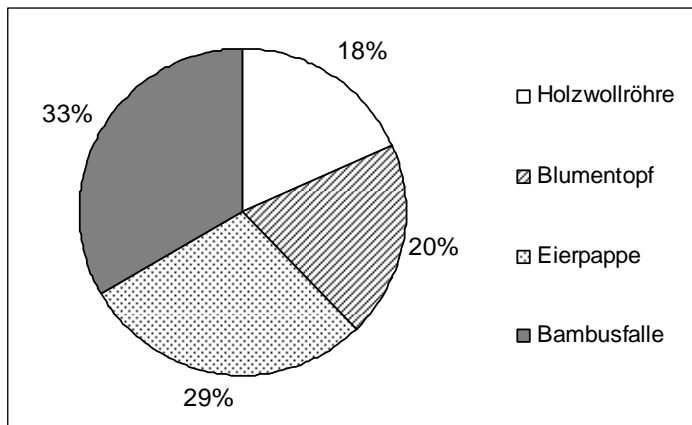


Abbildung 30: Prozentuale Fangeffektivität von vier getesteten Lebendfallentypen in der Laubwand einer Sortenmix-Anlage, Neustadt-Mußbach 29.05. bis 01.06.2007.

Vergleich der Fängigkeit zwischen Barber- und Bambusfallen

Da *F. auricularia* ein mobiles Insekt ist, das in Abhängigkeit von bestimmten Umweltbedingungen und Ressourcenverfügbarkeiten seine Tagesrefugien von Mai bis Oktober wechselt, wurden in allen Freilandversuchen zur Individuenerfassung Barber- und Bambusfallen eingesetzt.

In allen drei Versuchsjahren hat sich gezeigt, dass die Fängigkeit der beiden Fallentypen vom Fangzeitpunkt abhängig war. Aufgrund der Datenfülle ist in Abbildung 31 nur ein Vergleich der Fallenfängigkeit in der Sorte Riesling für 2007 dargestellt. Tendenziell ähnliche Ergebnisse wurden mit diesen Fallentypen auch in allen anderen Versuchsflächen unabhängig von der Rebsorte von 2007 bis 2009 erzielt. Der Kurvenverlauf in Abbildung 31 zeigt deutlich, dass die Barberfallen am Boden während der gesamten Fangperiode durchschnittlich weniger Individuen fingen als die Bambusfallen in der Laubwand. Mit den Barberfallen wurden die meisten Individuen von Ende Mai bis Ende Juni erfasst, dabei lagen die Fangzahlen durchschnittlich zwischen 66 und 72 Individuen. Ab Anfang Juli nahm die Anzahl der gefangenen Tiere in den Barberfallen stark ab und ab Ende September wurden keine Individuen mehr in den Fallen nachgewiesen. Während mit Barberfallen am Boden schon Ende Mai Ohrwürmer gefangen wurden, konnte das Auftreten der Insekten in der Laubwand erst Anfang Juni durch Bambusfallen festgestellt werden. Mitte Juni wurden mit durchschnittlich 141 Individuen pro Bambusfalle die höchsten Fangzahlen in der Laubwand ermittelt. Von Anfang Juli bis Anfang August nahmen die Individuendichten im

Laubwandbereich kontinuierlich ab und stiegen dann nochmals bis Mitte August auf durchschnittlich 73 Ohrwürmer pro Bambusfalle an. Ab Mitte August bis Mitte September nahmen die Individuenzahlen im Laubwandbereich tendenziell stark ab. Ende September befanden sich keine Ohrwürmer mehr in den Bambusfallen.

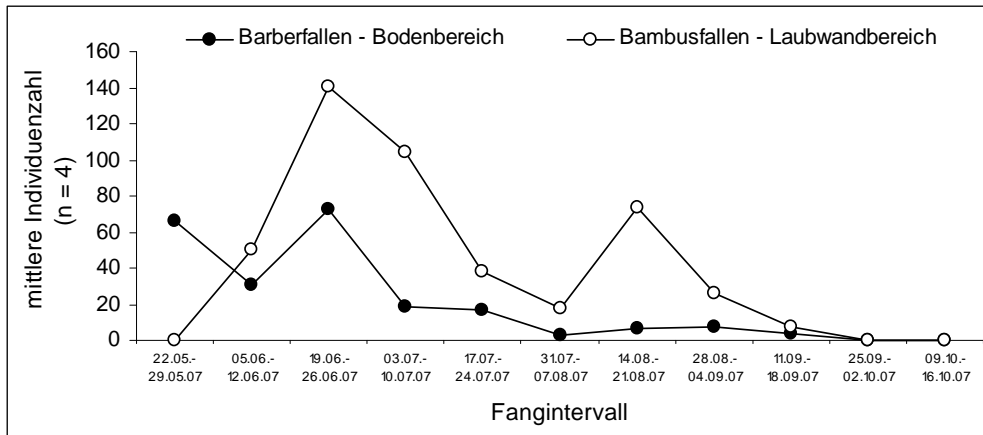


Abbildung 31: Fängigkeit von Barber- und Bambusfallen während der Fangperiode von Ende Mai bis Mitte Juni in der Sorte Riesling einer Sortenmix-Anlage, Neustadt-Mußbach 2007.

Überprüfung der Fängigkeit von Bambusfallen

In zwei weiteren Feldversuchen wurde überprüft, wie stark die Fängigkeit der Bambusfallen ist, wenn der Rebstock bereits reife Trauben gebildet hat, die für *F. auricularia* sehr attraktive Tagesrefugien darstellen. Beobachtungen während des Dauermonitorings haben ergeben, dass sich in den Fallen über die Hälfte der im Rebstock sitzenden Ohrwürmer aufhalten müssen, damit objektive Aussagen zum Rebstockbefall mittels Bambusfallen gemacht werden können. In Tabelle 11 sind die Ergebnisse des Freilandversuches in einer Sortenmix-Anlage mit 13 Rebsorten aufgeführt. Verglichen wurden die Individuenzahlen in der Bambusfalle eines Rebstockes (zum Beispiel Individuenzahl Falle 1) mit den Individuenzahlen, die in allen Trauben desselben Rebstockes (zum Beispiel Individuenzahl Rebstock 1) ermittelt wurden. Die Auswertung ergab, dass sich bis auf 13 (Tabelle 11: hellgelb unterlegt) von 52 Fangereignissen mehr Individuen in den Bambusfallen als in den Trauben des jeweiligen Rebstockes aufhielten.

Mit einem zweiten Fallenversuch 2007 wurde zum einen die Fängigkeit der Bambusfallen bei einer kompakten Rebsorte kurz vor der Traubenlese nochmals geprüft. Zum anderen wurde festgestellt, ob zum Abfangen aller im Rebstock siedelnden Ohrwürmer eine, zwei oder drei Fallen pro Stock angebracht werden müssen. Die Ergebnisse in Tabelle 12 zeigen, dass sich immer eine gewisse Anzahl an Individuen in den reifen, kompakten Riesling-Trauben aufhielt und dass es mit den entsprechenden Fallen nicht gelang, alle Individuen eines Rebstockes in Fallen zu erfassen. Trotzdem wurden in drei von vier Fangereignissen in den

ERGEBNISSE

Bambusfallen mehr als doppelt so viele Individuen aufgenommen als in allen Trauben eines Rebstockes. Dabei war die Anzahl der mit den Fallen gefangenen Individuen nicht von der Anzahl der am Rebstock angebrachten Fallen abhängig. Mit einer Bambusfalle wurde ein größerer Anteil (77 bis 84 %) an Ohrwürmern abgefangen als mit zwei (42 %) oder sogar drei (68 %) Bambusfallen pro Rebstock.

Tabelle 11: Vergleich der Individuenzahlen von *F. auricularia* in der Bambusfalle eines Rebstockes mit den Individuenzahlen, die in allen Trauben desselben Rebstockes ermittelt wurden, Sortenmix-Anlage in Neustadt-Mußbach 2007.

Rebsorte	Individuen- zahl Rebstock 1	Individuen- zahl Falle 1	Individuen- zahl Rebstock 2	Individuen- zahl Falle 2	Individuen- zahl Rebstock 3	Individuen- zahl Falle 3	Individuen- zahl Rebstock 4	Individuen- zahl Falle 4
<u>Weißweinsorten:</u>								
Riesling	0	7	10	27	5	11	20	25
Helios	20	48	20	2	50	6	0	25
Cabernet Blanc	0	8	0	3	0	14	0	15
Viognier	20	9	10	25	10	12	0	0
Goldmuskateller	10	17	10	16	10	14	10	35
<u>Rotweinsorten:</u>								
Pinotin	5	25	25	38	20	30	100	81
VB 91-26-5	10	36	30	44	25	0	10	24
Reberger	15	19	20	14	25	32	10	46
Rubinet	25	4	20	18	10	4	30	34
Lagrein	10	14	15	9	20	20	15	34
Tempranillo	20	34	1	9	20	8	5	39
Spätburgunder	20	12	3	3	10	15	15	75
Rosenmuskateller	0	3	3	16	0	44	2	82

Tabelle 12: Vergleich der Individuenzahlen von *F. auricularia* in Abhängigkeit vom Erfassungsort (Rebstock, Trauben, Bambusfallen) in Riesling-Stöcken einer Sortenmix-Anlage, Neustadt-Mußbach 2007.

1 Bambusfalle pro Rebe			
Traubenanzahl im gesamten Rebstock	Individuenzahl im gesamten Rebstock	Individuenzahl in allen Trauben	Individuenzahl in der Bambusfalle
15	114 (100 %)	18 (16 %)	96 (84 %)
16	35 (100 %)	8 (23 %)	27 (77 %)

2 Bambusfallen pro Rebe			
Traubenanzahl im gesamten Rebstock	Individuenzahl im gesamten Rebstock	Individuenzahl in allen Trauben	Individuenzahl in den Bambusfallen
14	66 (100 %)	38 (58 %)	28 (42 %)

3 Bambusfallen pro Rebe			
Traubenanzahl im gesamten Rebstock	Individuenzahl im gesamten Rebstock	Individuenzahl in allen Trauben	Individuenzahl in den Bambusfallen
13	65 (100 %)	21 (32 %)	44 (68 %)

Nach einem Insektizidversuch 2008 sollte wiederholt die Fängigkeit der Bambusfallen einen Monat vor der Traubenlese bei einer kompakten Rebsorte bestimmt werden. Dazu wurden von den mit Bambusfallen bestückten Reben alle Trauben abgeschnitten und deren Ohrwurm-Anzahl bestimmt. Aus der Individuenzahl aller Trauben und der Individuenzahl der Bambusfalle eines Rebstockes wurden die prozentualen Individuenanteile für die Trauben und die Falle eines Rebstockes errechnet und in Tabelle 13 aufgeführt. Die Ergebnisse machen deutlich, dass die Bambusfallen 50 bis 80 % aller in der Laubwand siedelnden Individuen erfassten und dadurch der Individuenanteil in den Fallen entweder gleich hoch oder deutlich über dem Individuenanteil in den Trauben lag.

Tabelle 13: Absolute und prozentuale Fangeffektivität von Bambusfallen nach einem Insektizidversuch in einer Riesling-Anlage, Neustadt-Mußbach 25.09.2008.

Variante	Gesamttraubengewicht pro Rebe (in g)	Individuenzahl aller Trauben	Individuenzahl in Lebendfalle
Rebstock a1	2865	8 (24 %)	25 (76 %)
Rebstock a2	3263	7 (29 %)	17 (71 %)
Rebstock a3	2738	6 (19 %)	25 (81 %)
Rebstock b1	2246	1 (10 %)	9 (90 %)
Rebstock b2	3114	4 (22 %)	14 (78 %)
Rebstock b3	2829	2 (20 %)	8 (80 %)
Rebstock c1	2921	1 (50 %)	1 (50 %)
Rebstock c2	2397	1 (14 %)	6 (86 %)
Rebstock c3	3043	0	0

Mit einem weiteren Freilandversuch wurde die Fängigkeit der Bambusfalle in Abhängigkeit von der Anzahl an Fangröhren bestimmt. Aus Abbildung 32 ist ersichtlich, dass die aus nur einer Fangröhre bestehenden Bambusfallen gleiche beziehungsweise minimal geringere Fangzahlen aufwiesen, wie die gewöhnlich verwendeten Bambusfallen mit drei Fangröhren. Da die Anzahl an Stichproben unterschiedlich war, konnte der Student-t-Test mit einem fallenspezifischen Fangzahlenvergleich nicht durchgeführt werden.

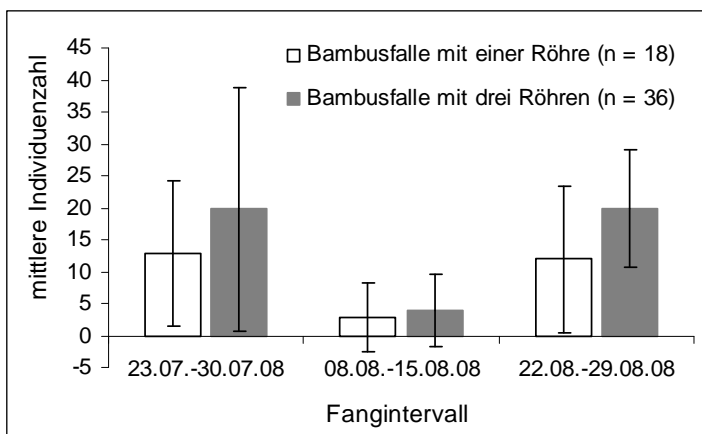


Abbildung 32: Fängigkeit von *F. auricularia* in Bambusfallen mit einer und mit drei Fangröhren in einer Regent-Anlage, Neustadt-Mußbach 2008.

Klimavergleich zwischen Bambusfalle, Traubeninnerem und Laubwand

Vom 29.08. bis 04.10.2009 wurden Mikroklimamessungen in der Traubenzzone eines Riesling-Stockes, im Traubeninneren einer Riesling-Traube und im Inneren einer Bambusröhre durchgeführt, um die Klimabedingungen dieser drei *Forficula*-Habitate zu dokumentieren und zu vergleichen. Die Verläufe der Temperaturgraphen in den Abbildungen 33 und 34 zeigen, dass sowohl zwischen den Tagtemperaturen als auch zwischen den Nachttemperaturen der drei Ohrwurm-Habitate in Abhängigkeit vom Messtag keine oder nur minimale Unterschiede bestanden. In der Traubenzzone und im Traubeninneren betrug die Tagesmittel-Temperatur 19 °C und im Falleninneren 20 °C. Nachts lag die durchschnittliche Temperatur in den drei Habitaten bei 14 °C. Der statistische Vergleich (Tukey (HSD): $\alpha = 0,05$) der Tagtemperaturen zwischen Traubenzzone, Traubeninnerem und Falleninnerem erbrachte keine signifikanten Unterschiede. Zwischen den Nachttemperaturen dieser drei Habitate wurden ebenfalls keine statistisch abgesicherten Unterschiede errechnet.

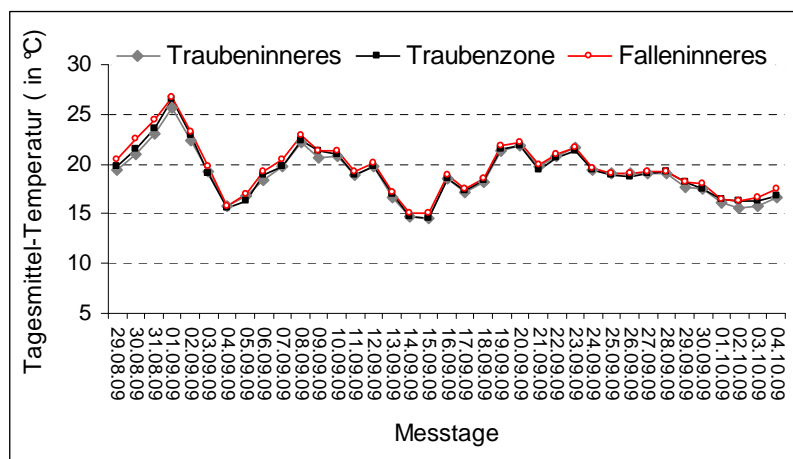


Abbildung 33: Vergleich der Tagesmittel-Temperaturen (in °C) von 8.00 bis 19.00 Uhr zwischen der Traubenzzone eines Riesling-Stockes, dem Traubeninneren einer Riesling-Traube und dem Falleninneren einer Bambusfalle, Neustadt-Mußbach 2009.

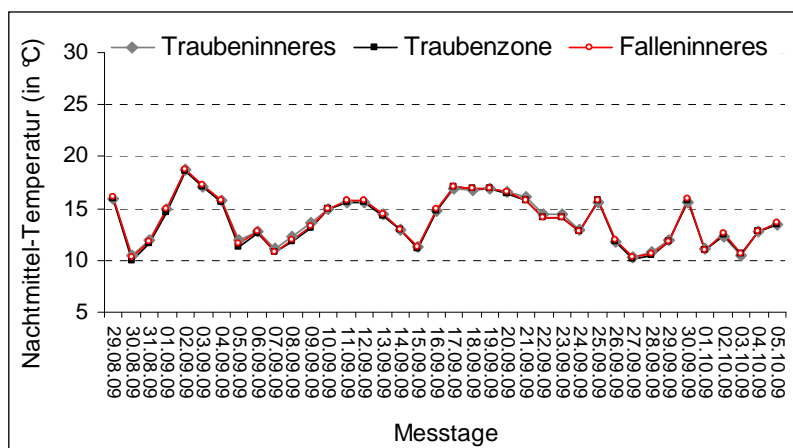


Abbildung 34: Vergleich der Nachtmittel-Temperaturen (in °C) von 20.00 bis 7.00 Uhr zwischen der Traubenzzone eines Riesling-Stockes, dem Traubeninneren einer Riesling-Traube und dem Falleninneren einer Bambusfalle, Neustadt-Mußbach 2009.

Die Abbildungen 35 und 36 zeigen, dass die Tages- und Nachtmittel-Luftfeuchten im Falleninneren über den gesamten Versuchszeitraum hinweg am konstantesten waren und nicht so stark schwankten wie in der Traubenzzone und im Traubeninneren. Die durchschnittliche Luftfeuchtigkeit in der Traubenzzone war mit 67 % tagsüber am geringsten.

Im Falleninneren wurde mit 69 % ein etwas höheres Mittel der Tagesluftfeuchte errechnet. Im Traubeninneren war die durchschnittliche Luftfeuchtigkeit am Tag mit 72 % am höchsten. Der statistische Vergleich (Kruskal-Wallis-Test (Dunns Prozedur): $\alpha = 0,05$) der Datenreihen ergab, dass die Tagesluftfeuchte in der Traubenzone signifikant geringer war als im Traubeninneren. Die Tagesluftfeuchte des Falleninneren unterschied sich nicht signifikant von der Tagesluftfeuchte der Traubenzone sowie der Tagesluftfeuchte des Traubeninneren. Nachts war das Luftfeuchtemittel des Traubeninneren mit 81 % am höchsten. In der Traubenzone wurde eine etwas niedrigere Nachtmittel-Luftfeuchtigkeit von 80 % ermittelt und im Falleninneren wurde nachts mit durchschnittlich 67 % die niedrigste Luftfeuchtigkeit errechnet. Zwischen den Nachtluftfeuchten der Traubenzone und des Traubeninneren bestanden keine signifikanten Unterschiede (Kruskal-Wallis-Test (Dunns Prozedur): $\alpha = 0,05$). Jedoch wurden im Falleninneren signifikant geringere Nachtluftfeuchten gemessen als in der Traubenzone und im Traubeninneren.

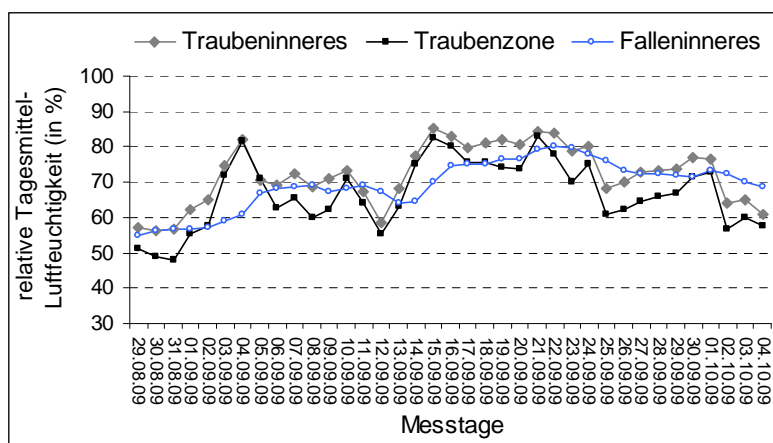


Abbildung 35: Vergleich der Tagesmittel-Luftfeuchten von 8.00 bis 19.00 Uhr zwischen der Traubenzone eines Riesling-Stockes, dem Traubeninneren einer Riesling-Traube und dem Falleninneren einer Bambusfalle, Neustadt-Mußbach 2009.

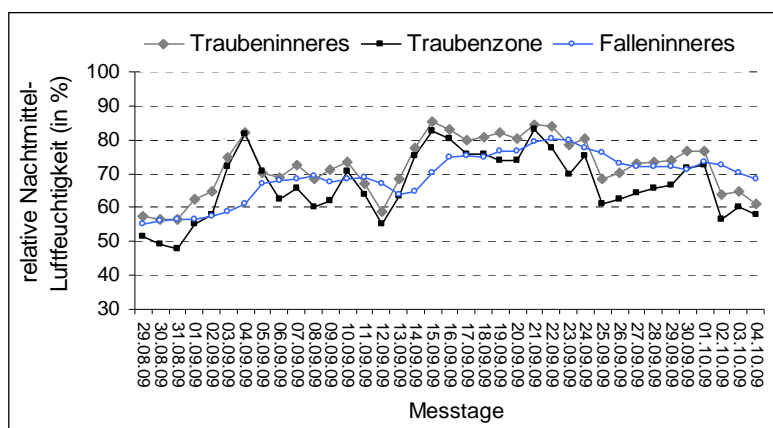


Abbildung 36: Vergleich der Nachtmittel-Luftfeuchten von 20.00 bis 7.00 Uhr zwischen der Traubenzone eines Riesling-Stockes, dem Traubeninneren einer Riesling-Traube und dem Falleninneren einer Bambusfalle, Neustadt-Mußbach 2009.

Überprüfung des Wegfangeffektes mittels Rotationsfallen

Durch die zusätzliche Montage von Rotationsfallen ab 2008 wurde überprüft, ob durch die ständige Individuenentnahme in den Dauermonitoring-Flächen ein Wegfangeffekt auftritt. Da die Ergebnisse in allen Versuchsanlagen tendenziell gleich waren, sind in der Tabelle 14 die Ergebnisse einer Sortenmix-Anlage beispielhaft für 13 Rebsorten 2008 und 2009 aufgeführt.

Die Ergebnisse zeigen, dass bei 15 von 25 Vergleichen das Jahresmittel der Individuenzahlen der Rotationsfallen über dem der Dauerfallen lag. Jedoch waren die Unterschiede zwischen den durchschnittlichen Jahresindividuenzahlen der Dauer- und Rotationsfallen bis auf zwei Vergleichsfälle (Pinotin 2008, Spätburgunder 2009) von einem bis zehn Individuen relativ niedrig.

Tabelle 14: Vergleich der Jahresmittel-Individuenzahlen zwischen Dauer- und Rotationsfallen für 13 verschiedene Weinsorten einer Sortenmix-Anlage, Neustadt-Mußbach 2008/2009; die Jahresmittel-Individuenzahlen wurden jeweils aus acht Wochenmitteln errechnet.

Rebsorte	Jahresmittel 2008 Dauerfallen	Jahresmittel 2008 Rotationsfallen	Jahresmittel 2009 Dauerfallen	Jahresmittel 2009 Rotationsfallen
Weißweinsorten:				
Riesling	41	58	54	52
Helios	49	40	47	43
Cabernet Blanc	24	34	32	36
Viognier	41	51	65	48
Goldmuskateller	31	33	55	55
Rotweinsorten:				
Pinotin	26	55	29	37
VB 91-26-5	35	40	39	28
Reberger	25	42	32	25
Rubinet	37	39	39	42
Lagrein	41	39	35	46
Tempranillo	36	35	41	40
Spätburgunder	39	48	53	19
Rosenmuskateller	36	39	58	63

Bodenelektor zur Ermittlung der Larvenaktivität

Die Bodenelektoren wurden in einer Sortenmix-Anlage in Neustadt 2008 aufgestellt, um den Aufwanderungszeitpunkt der L₄-Larven vom Oberboden zur Erdoberfläche zu bestimmen. In unmittelbarer Nähe zum Bodenelektor befand sich ein Dauermonitoring-Standort mit Barberfalle, so dass die Fangzahlen beider Fangsysteme unmittelbar miteinander verglichen werden konnten.

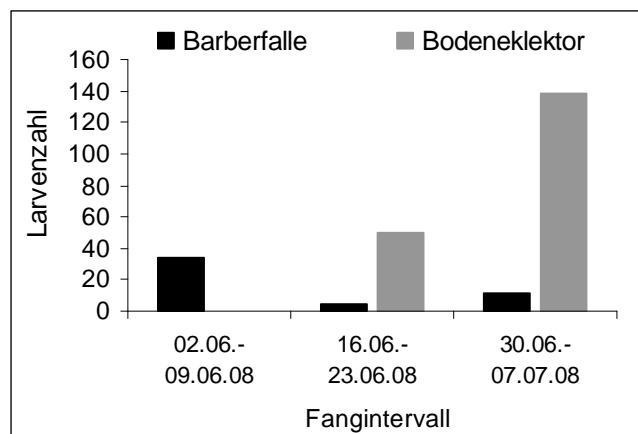


Abbildung 37: Vergleich der erfassten L₄-Larven von *F. auricularia* zwischen einer Barberfalle und einem Bodenelektor in einer Sortenmix-Anlage, Neustadt-Mußbach 2008.

Abbildung 37 macht deutlich, dass die Barberfalle bereits im ersten Fangintervall von 02.06. bis 09.06.08 34 L₄-Larven erfasst hat, die auf der Erdoberfläche aktiv waren. Erst im zweiten Fangintervall von 16.06. bis 23.06.08 wurden L₄-Larven im Bodenelektor nachgewiesen.

Während mit der Barberfalle bis zum zweiten Fangintervall nur vier Individuen erfasst wurden, fing der Bodenelektor bis dahin 50 Ohrwürmer. Am Ende des dritten Fangintervalls vom 30.06. bis 07.07.08 stieg die Individuenzahl im Bodenelektor nochmals um mehr als das Doppelte auf 135 Tiere an. In der Barberfalle befanden sich lediglich elf Ohrwürmer.

Markierungsversuche

Die Markierungsversuche zur Bestimmung des Aktivitätsradius von *F. auricularia* in einer Riesling-Anlage lieferten keine Ergebnisse, weil die markierten Versuchstiere nicht mehr im Boden- und im Laubwandbereich der Rebstöcke aufgefunden wurden.

3.2 Individuenverteilung in den Dauermonitoring-Flächen

3.2.1 Flächengruppierung der Dauermonitoring-Flächen

Nach der Fangperiode Juni bis Oktober 2007 wurden die im Boden- und Laubwandbereich ermittelten Individuenzahlen von *F. auricularia* und alle weiteren biotischen und abiotischen Umweltdaten der Dauermonitoring-Flächen verrechnet, um eine Flächengruppierung zu erhalten. Des Weiteren wurden die Umweltfaktoren ermittelt, die einen möglichen Einfluss auf die Populationsdichte des Ohrwurms hatten, um die Folgeversuche detaillierter anlegen zu können.

Agglomerative Cluster-Analyse

Berechnungsgrundlage für die Cluster-Analyse waren die Jahresmittel der Individuenzahlen der sechs Dauermonitoring-Flächen, die aus den 17 flächenspezifischen Wochenmitteln der Individuenzahlen des Fangzeitraumes 5. Juni bis Oktober 2007 errechnet wurden. Die verwendeten Abkürzungen der Flächennamen in den Dendrogrammen sind in Tabelle 15 erklärt.

Sowohl das für den Bodenbereich als auch das für den Laubwandbereich erstellte Dendrogramm zeigt eine von den Jahresmitteln der Individuenzahlen abhängige Aufteilung in zwei voneinander getrennte Clustergruppen: Cluster 1 und Cluster 2 (Abbildung 38 und 39). Unabhängig davon, ob der Flächengruppierung die im Boden oder die in der Laubwand ermittelte Individuenanzahl zu Grunde liegt, gliedert sich ein Großteil der Neustädter Versuchsreihen aufgrund seiner hohen Individuenzahlen als Cluster 2a und 2b von den übrigen Dauermonitoring-Flächen des Clusters 1a und 1b visuell ab (Abbildung 38 und 39). Während in den meisten Versuchstransekten der alternierend begrünzten Sortenmix-Anlage im Bodenbereich 18 bis 22 Individuen (Abbildung 38: Cluster 2a, Cluster 2b) und im Laubwandbereich 44 bis 78 Individuen (Abbildung 39: Cluster 2a, Cluster 2b) im Jahresdurchschnitt erfasst wurden, waren die Jahresmittel der Individuenzahlen der übrigen

Dauermonitoring-Flächen teilweise deutlich niedriger (Abbildungen 38 und 39: Cluster 1a, Cluster 1b).

Tabelle 15: Erläuterungen zu den Abkürzungen der Flächennamen, die in den Dendrogrammen verwendet wurden.

Abkürzung	Ort	Rebsorte	Begrünungsart der Rebanlage
L_PO_OB	Leistadt	PORTUGIESE	Ohne Begrünung
K_RI_GB	Kallstadt	RIESLING	Geschlossen (vollständig) Begrünt
K_RI_HB	Kallstadt	RIESLING	Halboffen (alternierend) Begrünt
K_RI_OB	Kallstadt	RIESLING	Ohne Begrünung
N_RI_HB	Neustadt-Mußbach	RIESLING	Halboffen (alternierend) Begrünt
N_HE_HB	Neustadt-Mußbach	HELIOS	Halboffen (alternierend) Begrünt
N_PI_HB	Neustadt-Mußbach	PINOTIN	Halboffen (alternierend) Begrünt
N_CB_HB	Neustadt-Mußbach	CABERNET BLANC	Halboffen (alternierend) Begrünt
NV5_HB	Neustadt-Mußbach	VB 91-26-5	Halboffen (alternierend) Begrünt
N_RB_HB	Neustadt-Mußbach	REBERGER	Halboffen (alternierend) Begrünt
N_RU_HB	Neustadt-Mußbach	RUBINET	Halboffen (alternierend) Begrünt
N_LA_HB	Neustadt-Mußbach	LAGREIN	Halboffen (alternierend) Begrünt
N_TE_HB	Neustadt-Mußbach	TEMPRANILLO	Halboffen (alternierend) Begrünt
N_SB_HB	Neustadt-Mußbach	SPÄTBURGUNDER	Halboffen (alternierend) Begrünt
N_VI_HB	Neustadt-Mußbach	VIOGNIER	Halboffen (alternierend) Begrünt
N_GO_HB	Neustadt-Mußbach	GOLDMUSKATELLER	Halboffen (alternierend) Begrünt
N_RO_HB	Neustadt-Mußbach	ROSENMUSKATELLER	Halboffen (alternierend) Begrünt
N_SM_OB	Neustadt-Mußbach	SILVANER mit MULCH	Ohne Begrünung

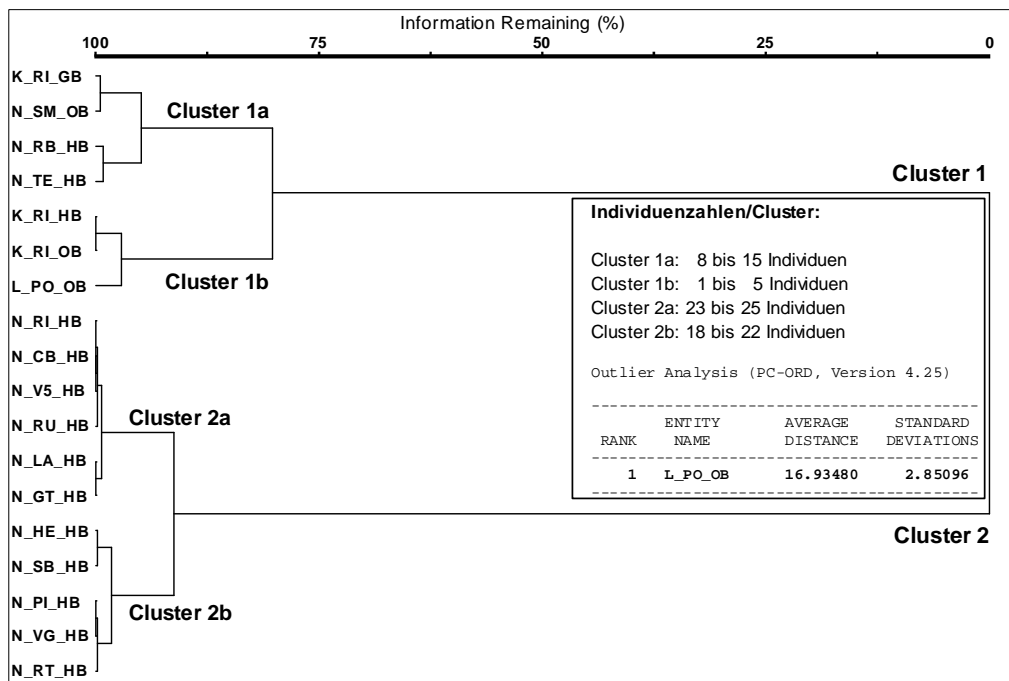


Abbildung 38: Dendrogramm der agglomerativen Cluster-Analyse über sechs Dauermonitoring-Flächen auf Grundlage der am Boden erfassten Individuen von *F. auricularia* von 5. Juni bis 16. Oktober 2007.

Mittels der Outlier-Analyse („Ausreißer-Analyse“) wurde für die Rebsorte Reberger (N_RB_HB) der Sortenmix-Anlage die höchste Jahresmittel-Individuenzahl in der Laubwand errechnet (Abbildung 38: Cluster 2b). Die geringsten Jahresmittel der Individuenzahlen im Boden- und Laubwandbereich wiesen die Flächen auf, die in den Abbildungen 38 und 39 den Cluster 1b bilden. Zu den Flächen zählen die unbegrünte Riesling-Anlage (K_RI_OB) und die alternierend begrünte Riesling-Anlage (K_RI_HB) aus Kallstadt sowie die unbegrünte Portugieser-Anlage (L_PO_OB) aus Leistadt. In diesen Rebanlagen wurden auf der Bodenoberfläche im Jahresmittel ein bis fünf Individuen erfasst und in der Laubwand sechs bis 14. Die Leistädter Portugieser-Anlage hob sich infolge der niedrigsten Jahresmittel-Individuenzahl im Boden- und im Laubwandbereich von den übrigen Flächen des Clusters 1b ab (Abbildungen 38 und 39). Durch die Outlier-Analyse wurde diese Rebanlage als die im Bodenbereich mit *F. auricularia* am geringsten besiedelte Versuchsfläche eingestuft (Abbildung 38).

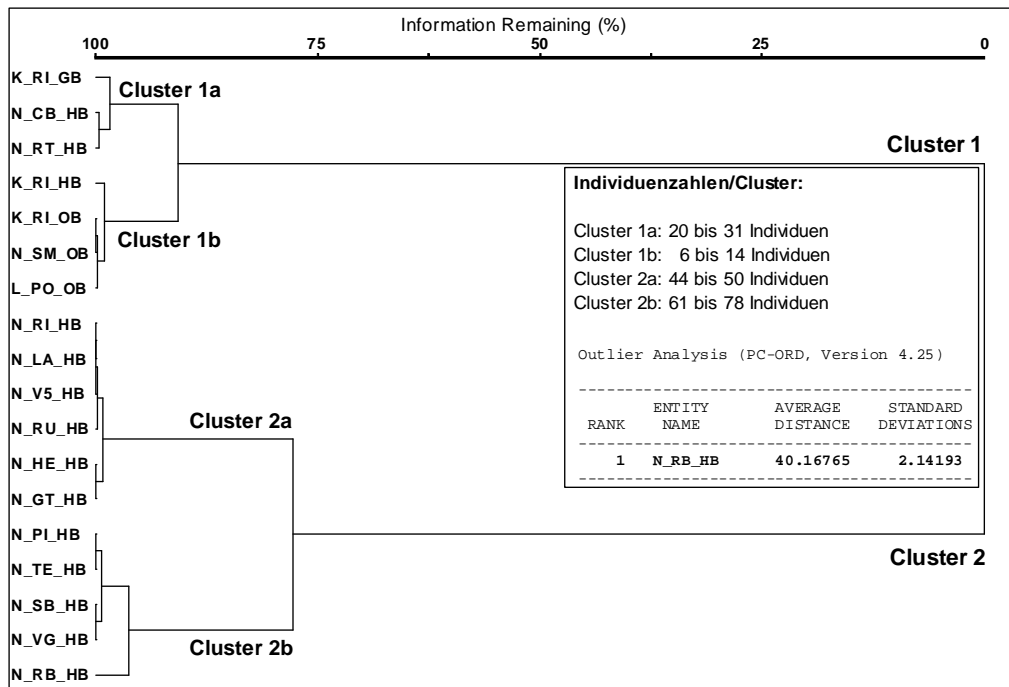


Abbildung 39: Dendrogramm der agglomerativen Cluster-Analyse über sechs Dauermonitoring-Flächen auf Grundlage der in der Laubwand erfassten Individuen von *F. auricularia* von 5. Juni bis 16. Oktober 2007.

In der Neustädter Silvaner-Anlage mit Kompostmulchauflage (N_SM_OB) wurden im Laubwandbereich ebenfalls sehr wenige Individuen gefangen, wodurch diese Fläche im Cluster 1b mit Jahresmitteln von acht bis 15 Individuen eingeordnet wurde (Abbildung 38). Im Bodenbereich dieser Anlage wurde eine höhere Jahresmittel-Individuenzahl errechnet, so dass die Fläche dem Cluster 1a (Jahresmittel-Individuenzahl: 20 bis 31) zugeordnet wurde (Abbildung 38).

In der vollständig begrünten Riesling-Anlage in Kallstadt (K_RI_GB) wurden auf der Bodenoberfläche und in der Laubwand mehr Individuen erfasst als in den intensiver bewirtschafteten Kallstädter Riesling-Anlagen (K_RI_OB, K_RI_HB). Aufgrund der höheren Individuenzahlen im Jahresdurchschnitt wurde die vollständig begrünte Riesling-Anlage dem Cluster 1a zugeordnet, während die intensiver bewirtschafteten Riesling-Anlagen durch die geringeren Befallszahlen im Cluster 1b gruppiert wurden (Abbildungen 38 und 39).

Redundanzanalyse (RDA)

Unter Verwendung einer Redundanzanalyse wurde versucht, die auf der Individuenverteilung basierenden und durch die Clusteranalyse aufgezeigten Ähnlichkeitsmuster zwischen den sechs Dauermonitoring-Anlagen durch biotische und abiotische Umweltfaktoren zu erklären. Aus den in Tabelle 16 aufgelisteten p-Werten ist ersichtlich, dass die Vegetationsdeckung, sechs makroklimatische Parameter, die Bodenarten und die Bewirtschaftungsintensität die Individuenverteilung im Boden- und im Laubwandbereich signifikant beeinflussen (RDA-Forward-Selection: $\alpha = 0,05$, Tabelle 16: grau unterlegt). Die Traubendichte, die Anzahl der Triebe pro Rebstock und das sich auf der Bodenoberfläche angereicherte tote organische Material, wie zum Beispiel abgestorbene Blatt- und Holzmasse, hatten keinen signifikanten Einfluss auf die Individuenverteilung in den Versuchsanlagen (RDA-Forward-Selection: $\alpha = 0,05$, Tabelle 16: weiß unterlegt).

Tabelle 16: Ergebnisse der RDA-Forward-Selection aus 14 Umweltfaktoren und den im Zeitraum Juni bis Oktober 2007 ermittelten Individuenzahlen im Boden- und Laubwandbereich. Der p-Wert zeigt, ob der jeweilige Umweltfaktor die Individuenverteilung signifikant ($\alpha = 0,05$) erklärt.

Artmatrix (Individuenzahlen)	Umweltmatrix (Umweltfaktoren)	p-Wert
Individuenzahlen 2007 (Unterstock + Laubwand)	Vegetationsdeckung	0,001
Individuenzahlen 2007 (Unterstock + Laubwand)	Lufttemperatur in 20 cm Höhe	0,001
Individuenzahlen 2007 (Unterstock + Laubwand)	mittlere Sonnenstundenanzahl	0,001
Individuenzahlen 2007 (Unterstock + Laubwand)	Blattnässe in 2 m Höhe	0,001
Individuenzahlen 2007 (Unterstock + Laubwand)	Lufttemperatur in 2 m Höhe	0,002
Individuenzahlen 2007 (Unterstock + Laubwand)	relative Luftfeuchte in 2 m Höhe	0,002
Individuenzahlen 2007 (Unterstock + Laubwand)	Niederschlagsmenge in 50 cm Höhe	0,002
Individuenzahlen 2007 (Unterstock + Laubwand)	sandiger Lehm (Bodenart)	0,003
Individuenzahlen 2007 (Unterstock + Laubwand)	lehmiger Sand (Bodenart)	0,004
Individuenzahlen 2007 (Unterstock + Laubwand)	Offenbodenanteil (vegetationslos)	0,018
Individuenzahlen 2007 (Unterstock + Laubwand)	Bewirtschaftungsintensität	0,021
Individuenzahlen 2007 (Unterstock + Laubwand)	Traubendichte in %	0,150
Individuenzahlen 2007 (Unterstock + Laubwand)	Anzahl der Triebe pro Rebstock	0,357
Individuenzahlen 2007 (Unterstock + Laubwand)	Totes organisches Material (TOM)	0,611

Der Triplot in Abbildung 40 veranschaulicht die Zusammenhänge zwischen den signifikanten Umweltfaktoren aus Tabelle 16 (Vektorpfeile) und den ermittelten Individuenzahlen im

Bodenbereich (Forficula_Unterstockbereich) und im Laubwandbereich (Forficula_Laubwand) der Dauermonitoring-Parzellen (Dreiecksymbole).

Die 12 Versuchspartellen der Neustädter Sortenmix-Anlage mit alternierender Begrünung (graue Dreiecke) gliedern sich als Gruppe im linken Ordinationsraum von den restlichen Partellen ab. Grund dafür waren die hohen Individuenzahlen auf der Bodenoberfläche und in der Laubwand, die im Triplot durch die geringe Distanz der Flächendreieckssymbole zu den Artpunkten „Forficula_Unterstockbereich“ und „Forficula_Laubwand“ aufgezeigt werden. Die hohen Individuenzahlen resultieren laut RDA-Forward-Selection aus der Bodenart „sandiger Lehm“, der Zusammensetzung der Vegetationsdeckung sowie aus den makroklimatischen Faktoren: Blattnässe, Sonnenstundenmittel, Niederschlag und Lufttemperatur. Diese Korrelationen werden im Triplot durch die direkte Lage der Artpunkte (weißes, schwarzes Kreissymbol) an den Vektorspitzen der zuvor genannten Umweltfaktoren ausgedrückt. Des Weiteren zeigen diese Umweltvektoren aufgrund ihrer Winkelstellung unter 90° eine positive Korrelation zueinander, d.h. mit zunehmendem Lehmgehalt des Bodens verstärkt sich auch die Vegetationsdeckung.

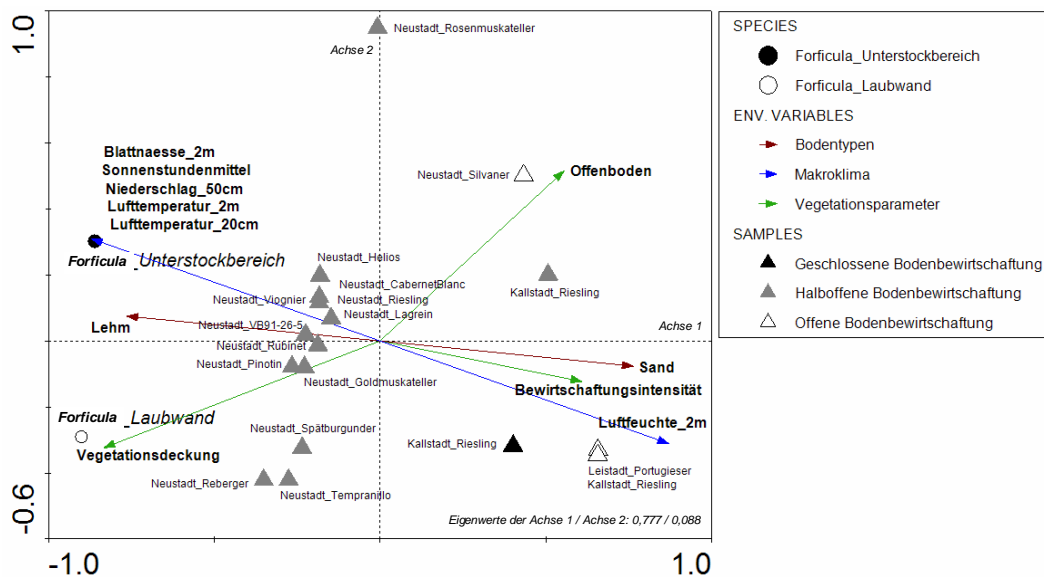


Abbildung 40: RDA-Triplot der ersten und zweiten Achse mit den Dauermonitoring-Parzellen, der Individuenverteilung von *F. auricularia* im Boden- und Laubwandbereich und den signifikanten ($\alpha = 0,05$) Umweltparametern. Die Ordination basiert auf den Jahresmitteln der Individuen- und Umweltdaten von 2007, wobei die Umweltdatenmatrix standardisiert wurde.

Die Neustädter Silvaner-Anlage, die drei Kallstädter Riesling-Anlagen sowie die Leistädter Portugieser-Anlage wurden aufgrund ihrer wesentlich geringeren Individuenzahlen von den zwölf Partellen der Neustädter Sortenmix-Anlage stark distanziert und im rechten Ordinationsraum angeordnet. Auffällig ist, dass die Flächensymbole (weiße Dreiecke) der unbegrünten Kallstädter Riesling-Anlage und der unbegrünten Leistädter Portugieser-Anlage direkt neben den Vektorspitzen der Umweltvektoren „Sand“, „Bewirtschaftungsintensität“ und

„Luftfeuchte_2m“ liegen. Im Triplot zeigt sich, dass die Umweltvektoren „Sand“ und „Bewirtschaftungsintensität“ in einem Winkel von über 90° zu dem Umweltvektor „Vegetationsdeckung“ stehen, wodurch sich eine negative Korrelation zwischen diesen drei Umweltvariablen ergibt: die Vegetationsdeckung nimmt mit zunehmender Bewirtschaftungsintensität und zunehmendem Sandanteil im Boden ab.

Im Vergleich zu den unbegrünten Rebanlagen in Kallstadt und Leistadt wurden in der unbegrünten Neustädter Silvaner-Anlage, in deren Gassen Kompostbindenmulch aufgebracht worden war, höhere Individuenzahlen im Boden- und Laubwandbereich ermittelt. Infolge der Mulchauflage stieg der vegetationsfreie Offenbodenanteil in dieser Rebanlage stark an. Deshalb wurde diese Fläche (weißes Dreieck) im Triplot direkt neben der Spitze des Umweltvektors „Offenboden“ angeordnet. Da der Vektor „Offenboden“ im Ordinationsplot mit einem Winkel von über 90° zu dem Vektor „Vegetationsdeckung“ steht, wird eine negative Korrelation ausgedrückt, da mit zunehmendem Offenbodenanteil die Vegetationsdeckung abnimmt. Entgegengesetzt ordnen sich die Vektoren „Offenbodenanteil“, „Sand“ und „Bewirtschaftungsintensität“ in einem Winkel von unter 90° zueinander an, wodurch eine positive Korrelation entsteht, denn mit zunehmendem Sandanteil im Boden und zunehmender Bewirtschaftungsintensität nimmt auch der Offenbodenanteil zu.

Dauermonitoring-Flächen: Individuenzahlen im Überblick

Die Ergebnisse in Tabelle 17 zeigen, dass im Bodenbereich (BB) der Dauermonitoring-Flächen von 2007 bis 2009 wesentlich weniger Individuen gefangen wurden als im Laubwandbereich (LB). Während in Abhängigkeit vom Jahr auf der Bodenoberfläche der Versuchsanlagen insgesamt 49 bis 5158 Ohrwürmer erfasst wurden, waren die absoluten Befallszahlen in der Laubwand mit 51 bis 22792 pro Jahr bei allen Flächen überwiegend deutlich höher. In den Fallentransekten aller Dauermonitoring-Anlagen wurden von 2007 bis 2009 insgesamt 131977 Individuen der Art *F. auricularia* erfasst.

Andere Ohrwurm-Arten wurden bis auf ein Weibchen des Gebüsch-Ohrwurms (*Apterygida media* HAGENBACH 1882) nicht in den Versuchsfeldern nachgewiesen. Das Weibchen befand sich in einer Bambusfalle, die im Randbereich der Leistädter Portugieser-Anlage an einem Rebstock von 9. bis 16. Oktober 2008 angebracht war. In der an die Versuchsfeldfläche angrenzenden Brombeer-Hecke (*Rúbus spec.*) wurde im selben Fangzeitraum ein Gebüsch-Ohrwurm-Männchen mittels Bambusfalle erfasst. Abbildung 41 zeigt *A. media*. Die Art ist kleiner als *F. auricularia* und gelbbraun bis rotbraun gefärbt (STRESEMANN 2005). *F. auricularia* ist glänzend dunkelbraun gefärbt und hat deutlich hellere Extremitäten als *A. media* (STRESEMANN 2005). Des Weiteren haben die Adulten von *F. auricularia*

15 Fühlerglieder, während die Adulten von *A. media* durch zwölf Fühlerglieder gekennzeichnet sind (STRESEMANN 2005).

Tabelle 17: Überblick zu den Individuenzahlen, die im Bodenbereich (BB) und im Laubwandbereich (LB) der Rebanlage sowie in der Randvegetation (*) der Dauermonitoring-Flächen von 2007 bis 2009 ermittelt wurden.

Rebanlagen	BB 2007	LB 2007	BB 2008	LB 2008	BB 2009	LB 2009	Summe
1 Sortenmix NW-Mußbach: 13 Reihen	5158	26919	3530	19619	1528	22792	79546
1 Silvaner NW-Mußbach: 1 Reihe	431	397	478	1090	53	2547	4996
1 Riesling NW-Mußbach: 3 Reihen	X	X	1580	7497	1912	14123	25112
3 Bio-Riesling NW-Mußbach: 3 x 1 Reihe	X	X	400	1424	X	X	1824
1 Schwarzriesling NW-Mußbach: 1 Reihe	X	X	17	93	X	X	110
3 Riesling Kallstadt: 3 x 1 Reihe	808 *	3906 *	659 *	7459*	332	4599	17763
1 Portugieser Leistadt: 1 Reihe	49	256	60 *	979 *	51	1231	2626
alle Flächen							131977

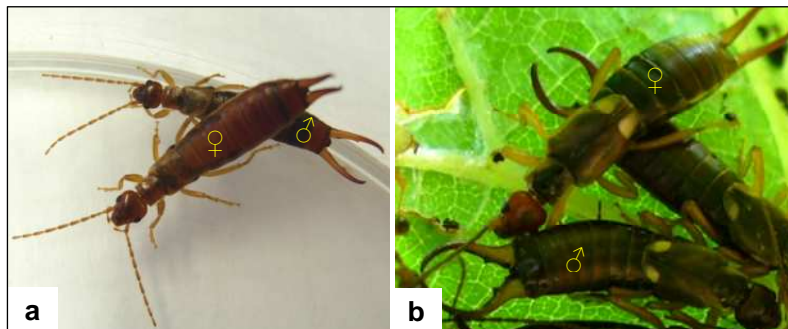


Abbildung 41: Phänotypischer Vergleich zwischen *Apterygida media* (a) und *Forficula auricularia* (b), Fotos: C. Huth 2008.

Randvegetation der Rebanlage

Zusätzlich zum Dauermonitoring in den Rebanlagen, wurden in Kallstadt und Leistadt phänologische Untersuchungen in Randstreifen mit Ruderal- und Gehölzvegetation durchgeführt, um die Populationsentwicklung von *F. auricularia* zwischen Reb- und Randflächen zu vergleichen.

Im Bodenbereich der vollständig begrünten Riesling-Anlage (Rebstock 2, 3) wurden von 06.06. bis 05.09.07 mehr Individuen erfasst als in der Ruderalvegetation (Ruderalfläche 1,2) des Grabens (Abbildung 42). Von 6.06. bis 13.06.07 wurden sowohl in der Begrünung der Rebanlage mit 51 und 137 Ohrwürmern als auch in der Ruderalvegetation mit fünf und 13

Individuen die höchsten Fangzahlen in der Versuchsperiode ermittelt (Abbildung 42). Ab 20. Juni nahmen die Individuenzahlen unabhängig vom Fallenstandort stark ab und ab 12. September wurden weder im Bodenbereich der Rebanlage noch in der Ruderalvegetation Ohrwürmer erfasst (Abbildung 42). 2008 nahmen die Individuenzahlen im Bodenbereich der Rebanlage (Rebstock 2, 3) im Vergleich zu 2007 ab (Abbildung 42, 43). Von 02.06. bis 09.06.08 wurden maximal nur noch 52 Ohrwürmer am Boden gefangen (Abbildung 43). In den folgenden Fangintervallen wurden mit Ausnahme des dritten von 30.06. bis 07.07.08 entweder keine Individuen oder nur vereinzelt Tiere in der Rebanlagenvegetation registriert (Abbildung 43). In der Ruderalvegetation des Grabens traten die höchsten Populationsdichten von 30.06. bis 07.07.08 mit 37 bis 54 Ohrwürmern pro Bodenfläche auf (Abbildung 43). In den anderen Fangintervallen wurden in der Ruderalvegetation entweder keine oder nur einzelne Individuen erfasst (Abbildung 43).

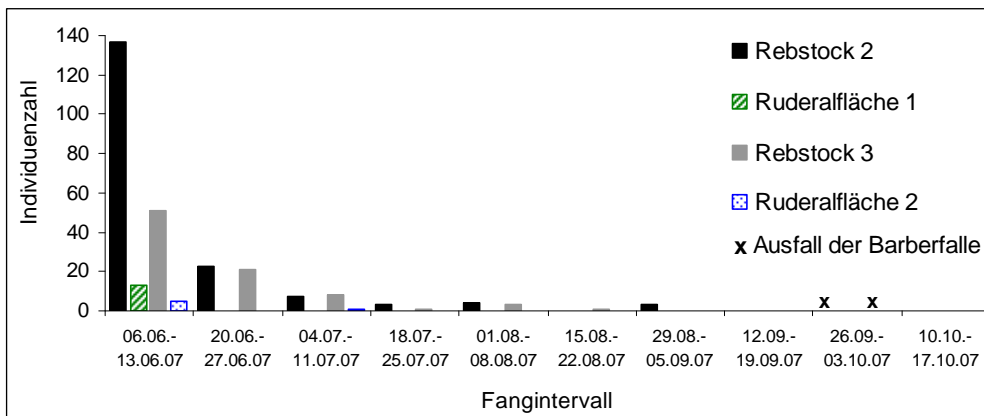


Abbildung 42: Vergleich der Individuenzahlen, die am Boden einer vollständig begrünten Riesling-Anlage und in der Ruderalvegetation eines Grabens ermittelt wurden, Kallstadt 2007.

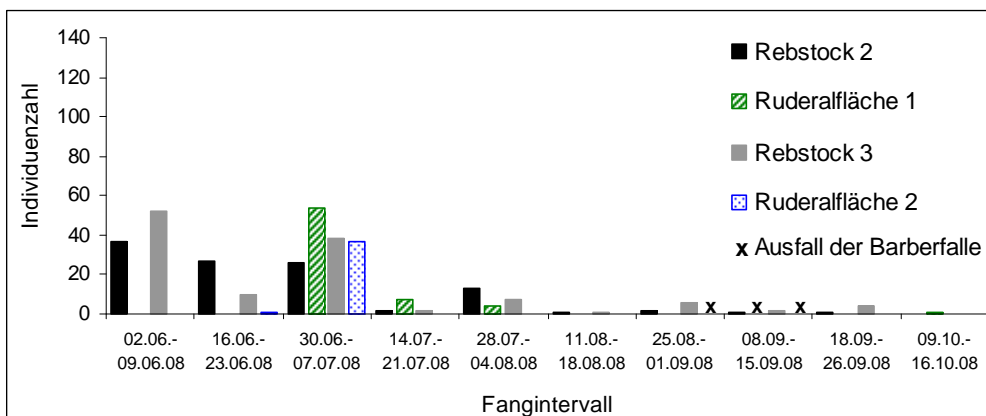


Abbildung 43: Vergleich der Individuenzahlen, die am Boden einer vollständig begrünten Riesling-Anlage und in der Ruderalvegetation eines Grabens ermittelt wurden, Kallstadt 2008.

Zusammenfassend ist anzumerken, dass die phänologische Populationsentwicklung von *F. auricularia* in der Rebanlage und in der Ruderalvegetation 2007 und 2008 tendenziell gleich war.

Aus den Abbildungen 44 und 45 ist ersichtlich, dass in der Laubwand der Rebstöcke 2 und 3 in jedem Fangintervall 2007 und 2008 weniger Ohrwürmer gefangen wurden als im Stammbereich des Birnbaums sowie des Pflaumenbaums. In beiden Versuchsjahren wurden in den Rebstöcken von Anfang Juni bis Anfang Juli die höchsten Populationsdichten mit 30 bis 80 Tieren (2007) und 86 bis 256 Ohrwürmern (2008) pro Rebe ermittelt (Abbildungen 44, 45). Im weiteren Jahresverlauf 2007 und 2008 nahmen die Individuenzahlen in der Laubwand tendenziell ab. Hingegen wurden im Stammbereich der Obstbäume während der Sommermonate 2007 und 2008 zwei starke Anstiege der Individuendichten festgestellt: zum einen Mitte Juni bis Mitte Juli und ein zweites Mal Mitte August bis Mitte September (Abbildungen 44, 45). 2007 wurden im Stammbereich des Birnbaums als höchste Individuendichten 326 Tiere (20.06. bis 27.06.07) und 215 Tiere (15.08. bis 22.08.07) registriert (Abbildung 44). 2008 lagen die höchsten Befallsdichten im Birnbaum bei 314 Individuen (30.06. bis 07.07.08) und 180 Individuen (25.08. bis 01.09.08). Im Stammbereich des Pflaumenbaums wurden 2007 maximal 257 Ohrwürmer (04.07. bis 11.07.07) und 322 Ohrwürmer (15.08. bis 22.08.07) pro Baumstamm registriert. 2008 lagen die höchsten Individuendichten am Pflaumenbaum bei 269 Tieren (30.06. bis 07.07.08) und 126 Tieren (25.08. bis 01.09.08). Sowohl in der Laubwand der Rebstöcke als auch im Stammbereich der Obstbäume nahmen die Individuenzahlen ab Mitte September 2007 und 2008 stark ab, so dass in beiden Habitaten ab 9. Oktober 2007 und 2008 keine Individuen oder nur noch vereinzelt Tiere nachgewiesen wurden (Abbildungen 44, 45).

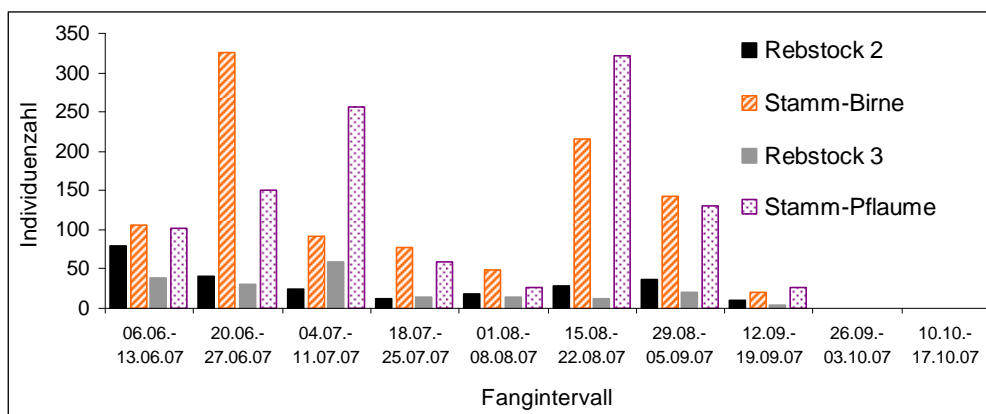


Abbildung 44: Vergleich der Individuenzahlen, die in der Laubwand einer vollständig begrünten Riesling-Anlage und im Stammbereich von Birn- und Pflaumenbäumen eines Gebüschrandstreifens ermittelt wurden, Kallstadt 2007.

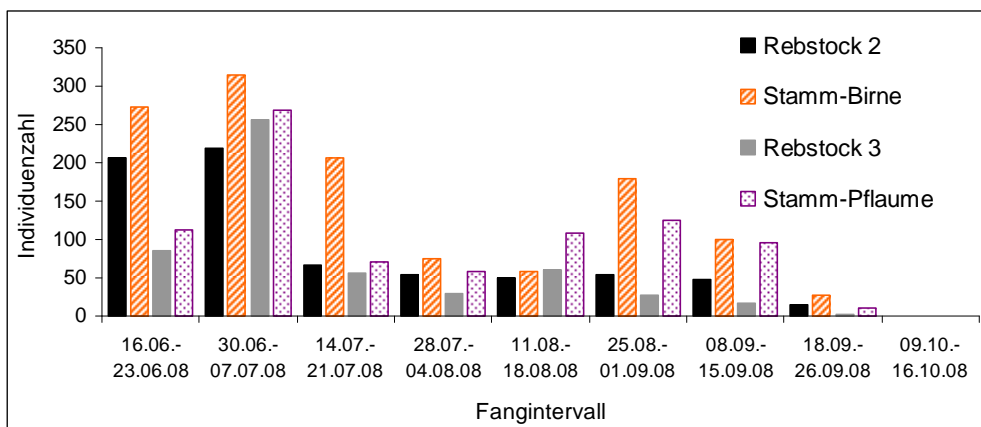


Abbildung 45: Vergleich der Individuenzahlen, die in der Laubwand einer vollständig begrünten Riesling-Anlage und im Stammbereich von Birn- und Pflaumenbäumen eines Gebüschrandstreifens ermittelt wurden, Kallstadt 2008.

In Leistadt fand von Juni bis Oktober 2008 ein weiterer Freilandversuch statt, um die Populationsentwicklung von *F. auricularia* zwischen einer Portugieser-Anlage und angrenzenden Heckengehölzen wie Brombeere und Feldahorn zu vergleichen. Die Ergebnisse sind in Abbildung 46 zusammengefasst. Im Stammbereich des Feldahorns wurden von 30.06. bis 18.08.08 die höchsten Individuendichten mit 26 bis 63 Tieren pro Falle ermittelt. Danach nahm die Individuenzahl bis zum 26. September kontinuierlich ab. Anfang Oktober ließen sich keine Tiere mehr im Stammbereich des Feldahorns nachweisen. In der Brombeer-Hecke wurden von 28.07. bis 18.08.08 die höchsten Fangzahlen mit 18 bis 26 Ohrwürmern pro Fangereinheit ermittelt. In den nachfolgenden zwei Fangintervallen von 25.08. bis 15.09.08 konnten in der Brombeer-Hecke keine Ohrwürmer erfasst werden, da die Fallen entwendet wurden.

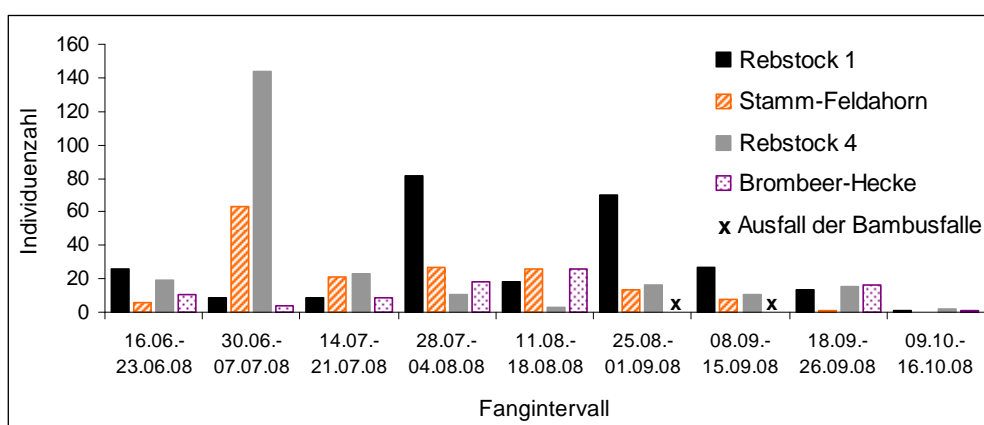


Abbildung 46: Vergleich der Individuenzahlen, die in der Laubwand einer alternierend begrünten Portugieser-Anlage und in Heckengehölzen ermittelt wurden, Leistadt 2008.

In der Laubwand der Rebstöcke 1 und 4 schwankten die Individuenzahlen von 16.06. bis 26.09.08 stark, so dass ein Vergleich der Populationsentwicklung von *F. auricularia* zwischen

dem Laubwandbereich der Rebstöcke und den Heckengehölzen nicht möglich war. Im letzten Fangintervall von 09.10. bis 16.10.08 nahmen die Individuenzahlen unabhängig vom Habitat stark ab.

3.2.2 Einfluss der Rebsorten auf die Individuenverteilung

Durch das Dauermonitoring 2007 bis 2009 in einer Sortenmix-Anlage in Neustadt-Mußbach wurde zum einen untersucht, ob sich die Populationsdichten von *F. auricularia* rebsortenspezifisch im Boden- und Laubwandbereich der drei Versuchsjahre unterscheiden. Des Weiteren wurde die Populationsentwicklung von 2007 bis 2009 für jede der ausgewählten Weiß- und Rotweinsorten auf der Bodenoberfläche und in der Laubwand aufgezeigt.

Vergleich der Individuenzahlen im Bodenbereich verschiedener Rebsorten

In Abbildung 47 wird deutlich, dass zwischen den rebsortenspezifischen Jahresmitteln der Individuenzahlen in jedem Versuchsjahr geringe Unterschiede bestanden, die statistisch nicht abgesichert sind (Tukey (HSD): $\alpha = 0,05$). 2007 wurden im Bodenbereich der Riesling-Reihe mit 19 Individuen und der Cabernet Blanc-Reihe mit 21 Individuen im Jahresdurchschnitt die höchsten Dichten registriert. 2008 wurden auf der Bodenoberfläche der Riesling-Reihe mit 15 Individuen deutlich mehr Ohrwürmer gefangen als in den anderen Weißwein-Sorten, wobei sich die Fangzahlen der Sorten Riesling und Viognier signifikant unterschieden. 2009 lag die durchschnittliche Individuenzahl im Bodenbereich der Riesling-Reihe bei sieben Tieren und war damit im Vergleich zu den andern Weißweinsorten nur geringfügig höher.

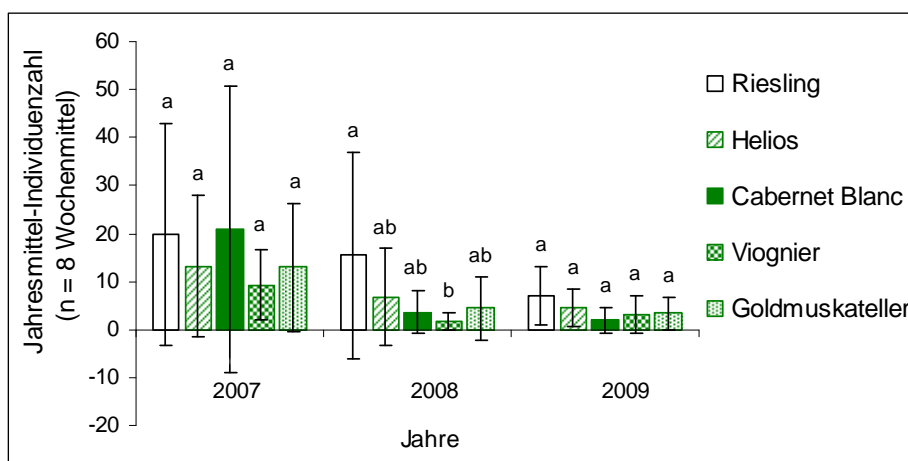


Abbildung 47: Weißweinsortenspezifischer Vergleich der Jahresmittel der Individuenzahlen am Boden einer Sortenmix-Anlage, Neustadt-Mußbach 2007 bis 2009; a, ab, b - Signifikanzgruppen nach Tukey (HSD): $\alpha = 0,05$, die auf logarithmierten Werten basieren.

Aus Abbildung 48 ist ersichtlich, dass die Individuendichten im Bodenbereich der acht Rotweinsorten von 2007 bis 2009 ähnliche Werte im Jahresdurchschnitt wie die Weißweinsorten zeigen. 2007 wurden auf der Bodenoberfläche der Rebreihen Pinotin, VB 91-26-5 und Lagrein die höchsten Jahresmittel mit elf bis 17 Tieren registriert. 2008 und 2009 traten zwischen den sortenspezifischen Jahresmitteln im Bodenbereich aufgrund der niedrigen Individuendichten von drei bis sieben Ohrwürmern pro Bodenfläche nur minimale, nicht signifikante Unterschiede auf (Tukey (HSD): $\alpha = 0,05$).

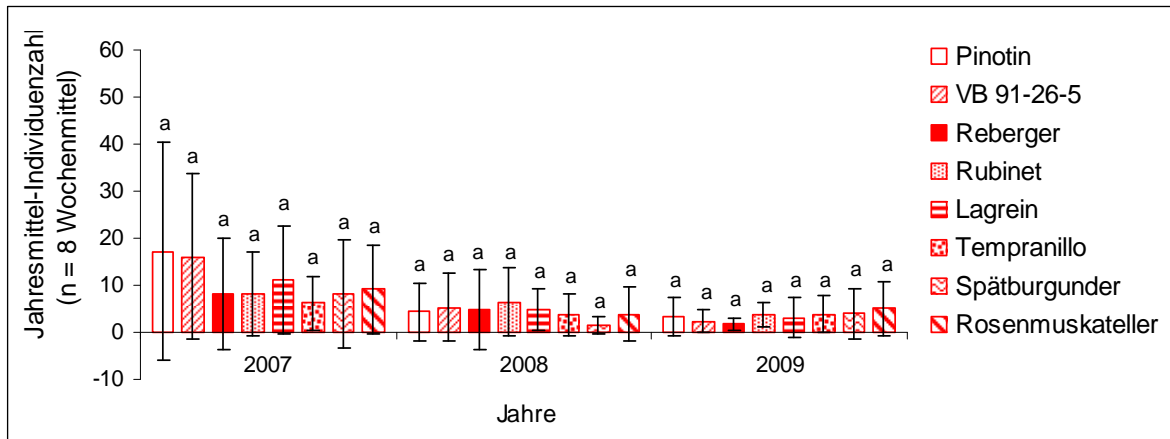


Abbildung 48: Rotweinsortenspezifischer Vergleich der Jahresmittel der Individuenzahlen am Boden einer Sortenmix-Anlage, Neustadt-Mußbach 2007 bis 2009; a - Signifikanzgruppe nach Tukey (HSD): $\alpha = 0,05$, die auf logarithmierten Werten basiert.

Vergleich der Individuenzahlen im Laubwandbereich verschiedener Rebsorten

Abbildung 49 zeigt, dass 2007, 2008 und 2009 in der Laubwand der Sorten Riesling, Helios, Viognier und Goldmuskateller mehrheitlich höhere Individuendichten mit Jahresmitteln von 45 bis 77 Ohrwürmern pro Rebe ermittelt wurden als in der Sorte Cabernet Blanc.

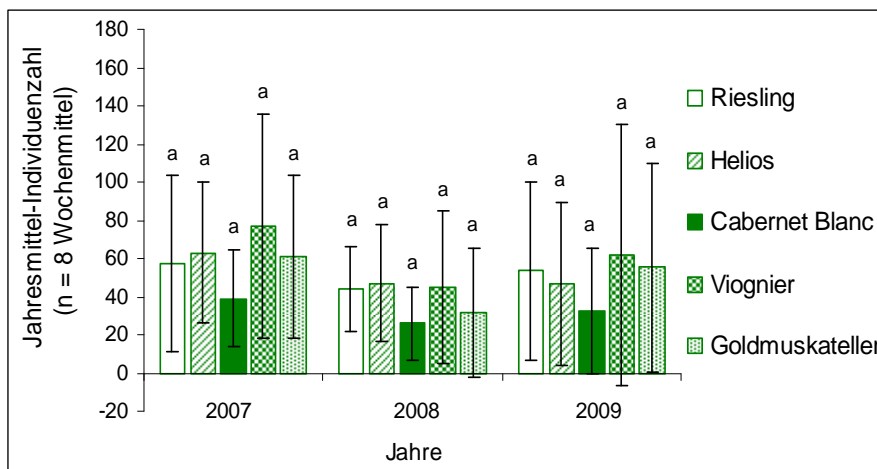


Abbildung 49: Weißweinsortenspezifischer Vergleich der Jahresmittel der Individuenzahlen in der Laubwand einer Sortenmix-Anlage, Neustadt-Mußbach 2007 bis 2009; a - Signifikanzgruppe nach Tukey (HSD): $\alpha = 0,05$, die auf logarithmierten Werten basiert.

In dieser Rebsorte lag der Laubwandbefall im Jahresmittel nur bei 26 bis 39 Ohrwürmern. Jedoch bestanden in den drei Versuchsjahren jeweils zwischen den sortenspezifischen Jahresmitteln der Individuenzahlen keine signifikanten Unterschiede (Tukey (HSD): $\alpha = 0,05$).

Die Auftragung der durchschnittlichen Individuenzahlen 2007, 2008 und 2009 für den Laubwandbereich von acht Rotweinsorten in Abbildung 50 hat ergeben, dass nur 2007 größere sortenspezifische Schwankungen zwischen den Individuenzahlen auftraten.

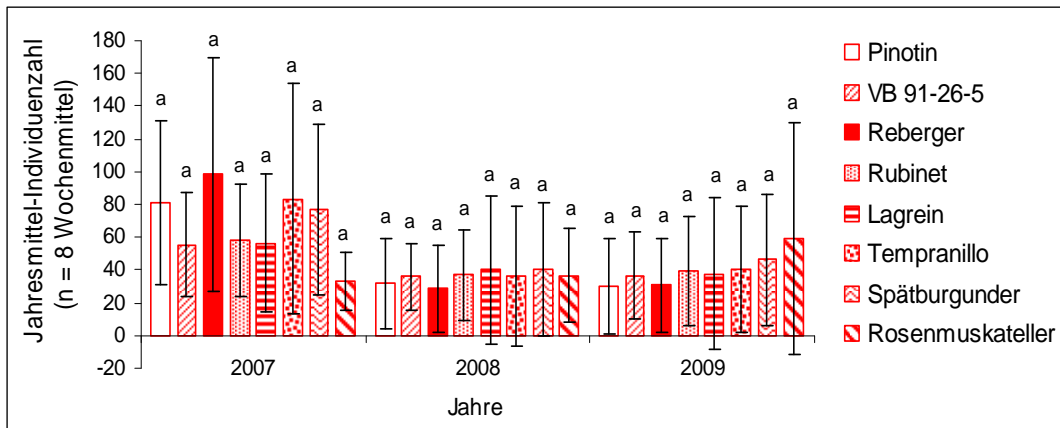


Abbildung 50: Rotweinsortenspezifischer Vergleich der Jahresmittel der Individuenzahlen in der Laubwand einer Sortenmix-Anlage, Neustadt-Mußbach 2007 bis 2009; a - Signifikanzgruppe nach Tukey (HSD): $\alpha = 0,05$, die auf logarithmierten Werten basiert.

2007 wurden in der Laubwand der Sorten Spätburgunder, Tempranillo, Pinotin und Riesling mit 76 bis 98 Individuen im Jahresdurchschnitt wesentlich aber nicht signifikant mehr Ohrwürmer erfasst als in den Reben der Sorten VB 91-26-5, Rubinet, Lagrein und Rosenmuskateller (Tukey (HSD): $\alpha = 0,05$). 2008 und 2009 unterschieden sich die sortenspezifischen Jahresmittel der Individuenzahlen geringfügig und nicht signifikant.

Jahresvergleich der Individuenzahlen für jede Rebsorte im Bodenbereich

Aus Abbildung 51 ist ersichtlich, dass die Individuendichten auf der Bodenoberfläche in jeder Weißweinsorte von 2007 bis 2009 kontinuierlich abnahmen. Während 2007 unabhängig von der Sorte neun bis 21 Ohrwürmer am Boden erfasst wurden, nahmen die Fangzahlen 2008 mit zwei bis 15 Tieren weiter ab. 2009 wurden in vier von fünf Weißweinsorten die geringsten Dichten mit zwei bis sieben Individuen auf der Bodenoberfläche ermittelt. Mit Ausnahme der Sorte Viognier war die Abnahme der Individuenzahlen von 2007 zu 2009 für alle anderen Weißweinsorten nicht signifikant (Tukey (HSD): $\alpha = 0,05$).

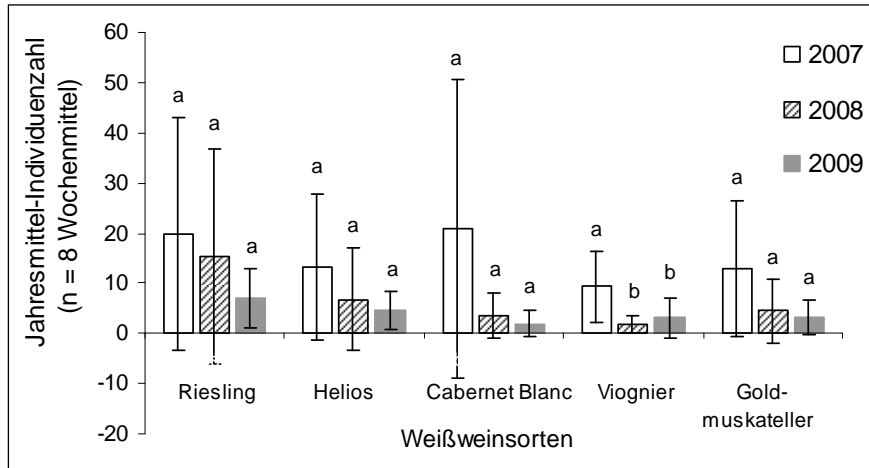


Abbildung 51: Durchschnittliche Individuenzahlen für jede Weißweinsorte am Boden einer Sortenmix-Anlage, Neustadt-Mußbach 2007 bis 2009; a, b - Signifikanzgruppen nach Tukey (HSD): $\alpha = 0,05$, die auf logarithmierten Werten basieren.

Abbildung 52 zeigt im Bodenbereich der acht Rotweinsorten einen Rückgang der Individuendichten von 2007 zu 2009. 2007 wurden wie bei den Weißweinsorten auch am Boden der Rotweinreben die höchsten Fangzahlen mit sechs bis 17 Tieren pro Falle ermittelt. 2008 nahmen die Individuenzahlen in allen Rotweinsorten mit einem bis sechs Ohrwürmern auf der Bodenoberfläche weiter ab. 2009 fielen die Individuendichten am Boden der Rotweinreben mit Ausnahme der Sorten Tempranillo, Spätburgunder und Rosenmuskateller im Vergleich zu 2008 weiter ab. Jedoch waren die jahresbedingten Abnahmen der Individuenzahlen bis auf die Sorte VB 91-26-5 für alle anderen Sorten nicht signifikant (Tukey (HSD): $\alpha = 0,05$).

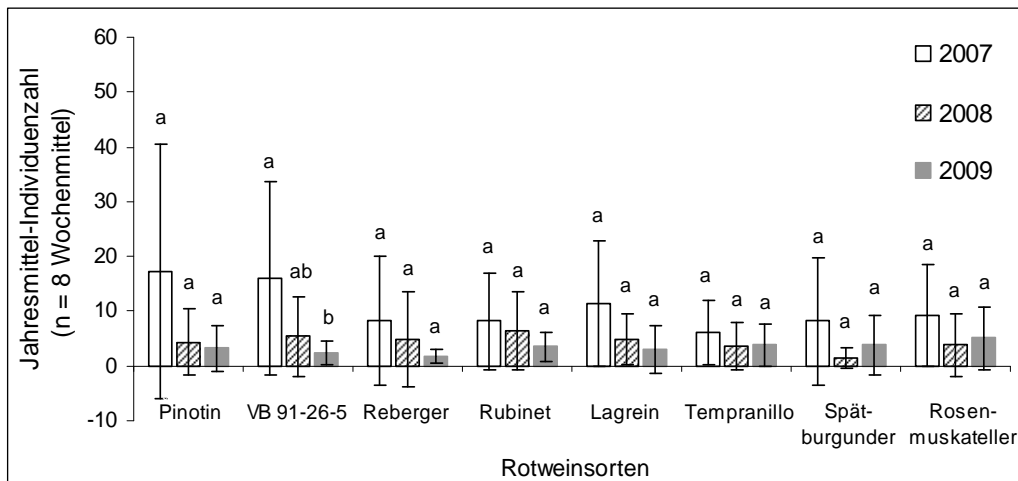


Abbildung 52: Durchschnittliche Individuenzahlen für jede Rotweinsorte am Boden einer Sortenmix-Anlage, Neustadt-Mußbach 2007 bis 2009; a, ab, b - Signifikanzgruppen nach Tukey (HSD): $\alpha = 0,05$, die auf logarithmierten Werten basieren.

Jahresvergleich der Individuenzahlen für jede Rebsorte im Laubwandbereich

Aus Abbildung 53 ist ersichtlich, dass 2007 in der Laubwand aller Weißweinsorten die höchsten Individuendichten mit 39 bis 77 Tieren pro Rebe auftraten. 2008 gingen die Fangzahlen in allen Sorten auf 26 bis 45 Ohrwürmer je Rebstock zurück. 2009 stiegen die Jahresmittel der Individuenzahlen der Sorten Riesling, Cabernet-Blanc, Viognier und Goldmuskateller im Laubwandbereich wieder an, wobei aber das Niveau von 2007 nicht erreicht wurde. Die Ab- und Zunahme der Individuenzahlen war in allen Sorten nicht signifikant (Tukey (HSD): $\alpha = 0,05$).

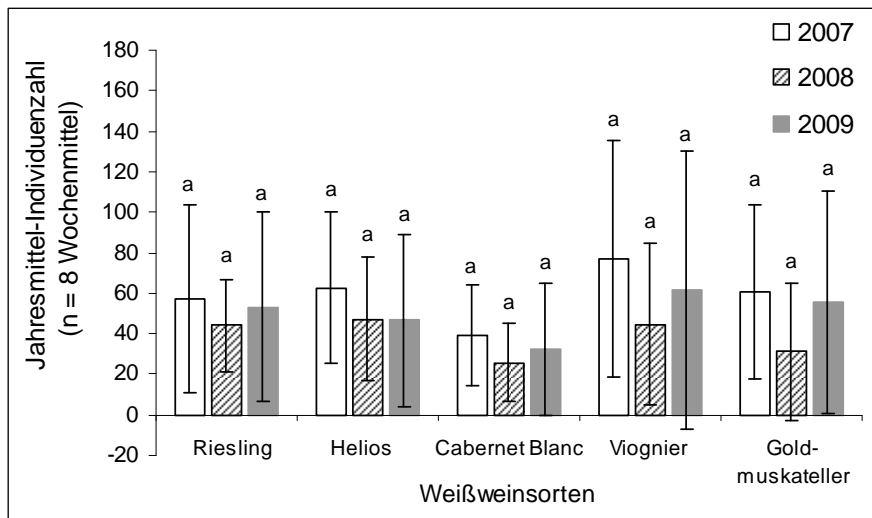


Abbildung 53: Durchschnittliche Individuenzahlen für jede Weißweinsorte in der Laubwand einer Sortenmix-Anlage, Neustadt-Mußbach 2007 bis 2009; a - Signifikanzgruppe nach Tukey (HSD): $\alpha = 0,05$, die auf logarithmierten Werten basiert.

Abbildung 54 zeigt, dass auch 2007 im Laubwandbereich der Rotweinsorten mit Ausnahme der Sorte Rosenmuskateller die höchsten Individuendichten mit 33 bis 98 Individuen pro Rebe registriert wurden. 2008 gingen die Fangzahlen aller Rotweinsorten ebenfalls deutlich zurück, so dass in Abhängigkeit von der Rebsorte nur noch 27 bis 40 Tiere in der Laubwand erfasst wurden. Während bei den Sorten Pinotin, VB 91-26-5 und Lagrein die Jahresmittel der Individuenzahlen 2008 und 2009 vergleichbar waren, wurden bei den Sorten Reberger, Rubinet, Tempranillo, Spätburgunder und Rosenmuskateller 2009 mehr Individuen im Laubwandbereich gefangen als 2008. Bis auf die Sorte Reberger bestanden zwischen den durchschnittlichen Individuenzahlen 2007, 2008 und 2009 jeder Rotweinsorte keine statistisch abgesicherten Unterschiede (Tukey (HSD): $\alpha = 0,05$).

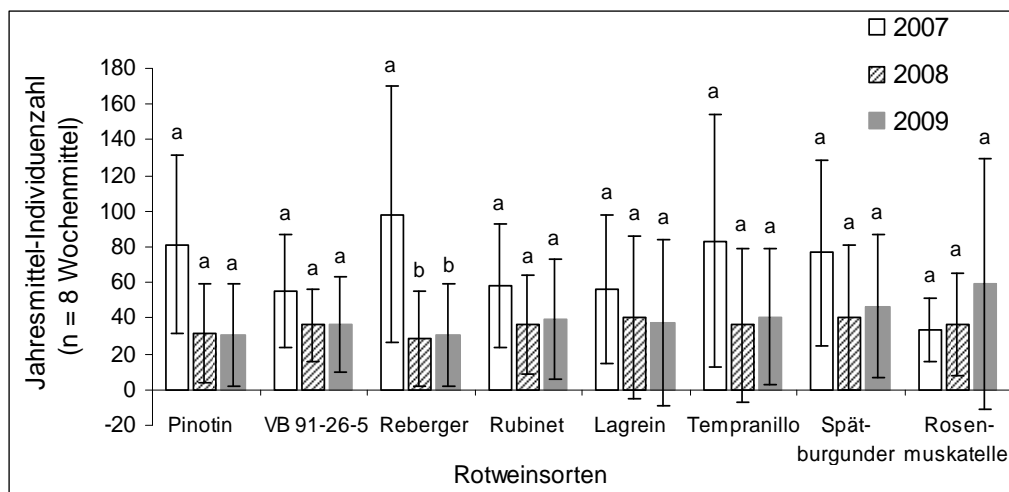


Abbildung 54: Durchschnittliche Individuenzahlen für jede Rotweinsorte in der Laubwand einer Sortenmix-Anlage, Neustadt-Mußbach 2007 bis 2009; a, b - Signifikanzgruppen nach Tukey (HSD): $\alpha = 0,05$, die auf logarithmierten Werten basieren.

Jahresvergleich der maximalen Individuenzahlen für jede Rebsorte im Laubwandbereich

Zusätzlich zu den sortenspezifischen Jahresmitteln der Individuenzahlen von *F. auricularia* in der Laubwand sind in Tabelle 18 die maximalen Individuenzahlen pro Rebstock für ausgewählte Weiß- und Rotweinsorten aufgelistet. Die Maximalwerte wurden während des Dauermonitorings von 2007 bis 2009 mit Bambusfallen in einzelnen Rebstöcken ermittelt.

Tabelle 18: Maximale Individuenzahl von *F. auricularia* pro Rebstock für ausgewählte Weiß- und Rotweinsorten einer Sortenmix-Anlage in Neustadt-Mußbach 2007 bis 2009.

Rebsorte	2007: maximale Individuenzahl/Rebstock	2008: maximale Individuenzahl/Rebstock	2009: maximale Individuenzahl/Rebstock
<u>Weißweinsorten:</u>			
Riesling	159 (26.06.07)	118 (04.08.08, Hagel)	203 (15.06.09)
Helios	185 (24.07.07)	149 (04.08.08, Hagel)	285 (15.06.09)
Cabernet Blanc	130 (26.06.07)	129 (04.08.08, Hagel)	241 (15.06.09)
Viognier	257 (12.06.07)	209 (04.08.08, Hagel)	378 (15.06.09)
Goldmuskateller	201 (10.07.07)	163 (04.08.08, Hagel)	318 (15.06.09)
<u>Rotweinsorten:</u>			
Pinotin	203 (26.06.07)	174 (04.08.08, Hagel)	190 (15.06.09)
VB 91-26-5	156 (26.06.07)	123 (04.08.08, Hagel)	210 (15.06.09)
Reberger	401 (26.06.07)	222 (04.08.08, Hagel)	134 (15.06.09)
Rubinet	136 (26.06.07)	194 (04.08.08, Hagel)	229 (15.06.09)
Lagrein	241 (26.06.07)	218 (04.08.08, Hagel)	266 (15.06.09)
Tempranillo	291 (24.07.07)	234 (04.08.08, Hagel)	172 (15.06.09)
Spätburgunder	324 (26.06.07)	249 (04.08.08, Hagel)	250 (15.06.09)
Rosenmuskateller	115 (21.08.07)	186 (04.08.08, Hagel)	326 (15.06.09)

Die Ergebnisse in Tabelle 18 zeigen, dass die maximalen Individuenzahlen pro Rebstock überwiegend in der Aufwanderungsphase von *F. auricularia* registriert wurden, welche Ende Mai/Anfang Juni beginnt und je nach Wetterbedingungen bis Ende Juni/Anfang Juli andauern kann. Während dieser Zeit lag die Dichte in Abhängigkeit von der Rebsorte bei 118 bis 401 Ohrwürmern pro Rebstock. Bei der Rotweinsorte Reberger wurde mit 401 Ohrwürmern pro Rebe der höchste Befall für den gesamten Versuchszeitraum ermittelt. 2008 wurden infolge eines starken Hagelschlages am 30. Juli die Maximalwerte erst am 4. August erreicht. Zu diesem Zeitpunkt war die Laubwand der Versuchsreben teilweise bis zu 70 % verhagelt und stark entblättert. Die Fangzahlen der Bambusfallen nahmen für diesen Zeitraum auffallend zu, da die Ohrwürmer sich offensichtlich von der Laubwand in die lichtgeschützten Bambusfallen zurückzogen.

Sortenvergleiche hinsichtlich des Traubenbefalls mit *F. auricularia*

Um die Befallsdichten von *F. auricularia* in Riesling- und Regent-Trauben zu ermitteln, wurden am 29.08.08 in einer Riesling- und Regent-Anlage die Individuen in jeweils 40 Trauben gezählt. Die Trauben wurden im Kopfbereich des Rebstockes entnommen. Es wurde darauf geachtet, dass alle Trauben kompakt waren und etwa die gleiche Größe aufwiesen.

In Abbildung 55 wird deutlich, dass in einzelnen Riesling-Trauben neun bis 33 Ohrwürmer gefunden wurden. Der Großteil der Trauben beinhaltete ein bis sechs Individuen. In elf von 40 Trauben wurden keine Ohrwürmer gefunden, obwohl zwischen der Traubenmorphologie der befallenen Trauben und der Trauben ohne Befall keine sichtbaren Unterschiede bestanden. Für die Sorte Riesling wurde Ende August 2008 ein durchschnittlicher Befall von sieben Individuen pro Traube errechnet.

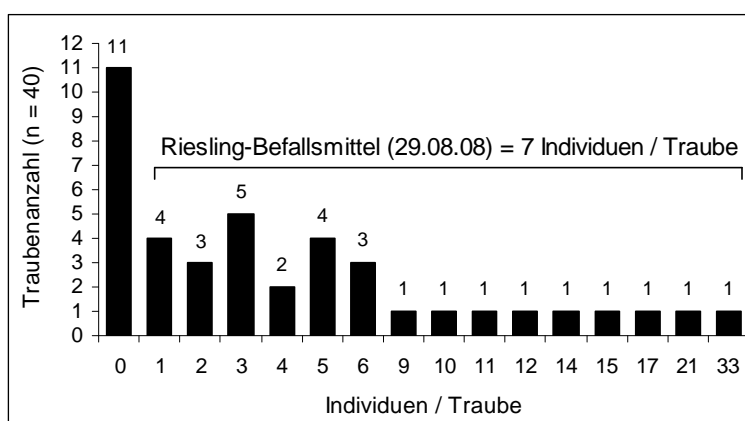


Abbildung 55: Traubenbonitur der Sorte Riesling auf den Traubenbefall mit *F. auricularia*, Neustadt-Mußbach 2008.

Abbildung 56 zeigt, dass in einzelnen Regent-Trauben elf bis 21 Ohrwürmer gefunden wurden. Der überwiegende Teil der Trauben beinhaltete ein bis neun Individuen. In acht von 40 Trauben wurden keine Ohrwürmer gefunden, obwohl sich die Traubenmorphologie der befallenen Trauben und die der Trauben ohne Befall nicht sichtbar unterschieden. Für die

Sorte Regent wurde Ende August 2008 ein Befallsmittel von sechs Tieren pro Traube ermittelt.

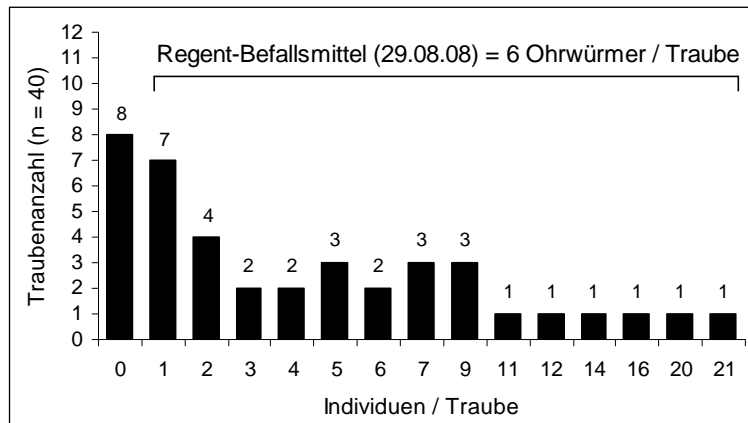


Abbildung 56: Traubenbonitur der Sorte Regent auf den Traubenbefall mit *F. auricularia*, Neustadt-Mußbach 2008.

3.2.3 Einfluss von Traubeneigenschaften auf die Individuenverteilung

Im September 2007 wurden 300 Riesling-Trauben aus den Traubenzonen A, B und C aus zwei Rebanlagen entnommen. Anschließend wurde die Befallsdichte von *F. auricularia* pro Traubenzone ermittelt und überprüft, ob ein möglicher Zusammenhang zwischen der Befallsdichte in der Traube und morphologischen Traubeneigenschaften sowie der Traubengesundheit besteht.

Traubenbefall

Abbildung 57 gibt einen Überblick über die Traubenanzahl mit und ohne Ohrwurm-Befall für die Traubenzonen A bis C: Zone A erstreckt sich von der Veredlungsstelle bis zum Biegedraht, Zone B vom Biegedraht bis zum Hilfsbiegedraht, Zone C vom Hilfsbiegedraht bis zum Heftdraht.

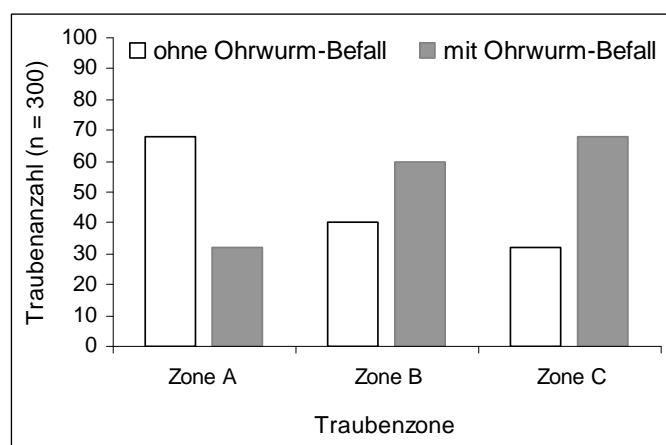


Abbildung 57: Traubenbefall mit *F. auricularia* in den Traubenzonen A, B und C einer Riesling-Anlage, Neustadt-Mußbach 2007.

Während die Anzahl der Trauben ohne Ohrwurm-Befall von der Zone A über die Zone B bis zur Zone C stark abnahm, erhöhte sich die Traubenanzahl mit Ohrwurm-Befall von der Zone A über die Zone B bis zur Zone C. In der Zone A waren von 100 Trauben 32 mit Ohrwürmern besetzt. In der Zone B nahm die Anzahl der befallenen Trauben im Vergleich zur Zone A um

annähernd das Doppelte zu, denn in 60 von 100 Trauben wurde Ohrwurm-Befall festgestellt. In der Zone C wurden in 68 von 100 Trauben Ohrwürmer aufgefunden, so dass die Zone C den höchsten Anteil an befallenen Trauben aufwies.

In Abbildung 58 ist die Individuenzahl dargestellt, die in jeder Traubenzone ermittelt wurde. Die Anzahl an Ohrwürmern nahm von Zone A mit 42 Individuen über Zone B mit 129 Tieren bis zur Zone C mit 187 Individuen stark zu. Dabei hielten sich in den Trauben der Zone A signifikant weniger Ohrwürmer auf als in den Trauben der Zone C (Tukey (HSD): $\alpha = 0,05$). Obwohl die Individuenzahl der Zone B deutlich höher war als die der Zone A, bestanden zwischen den Individuenzahlen beider Zonen keine statistisch abgesicherten Unterschiede.

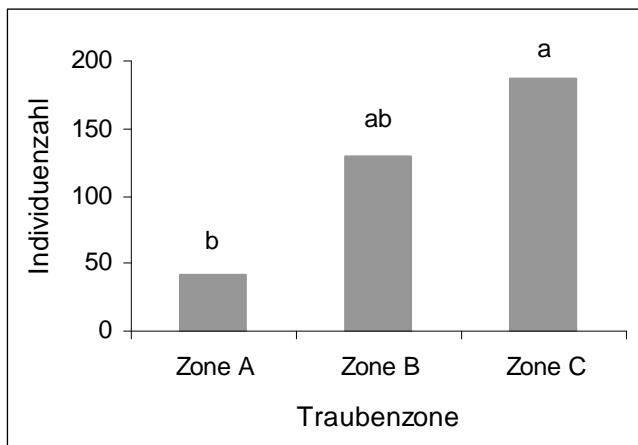


Abbildung 58: Individuenzahl von *F. auricularia* in den Traubenzonen A, B und C einer Riesling-Anlage, Neustadt-Mußbach 2007; a, ab, b - Signifikanzgruppen nach Tukey (HSD): $\alpha = 0,05$.

Abbildung 59 zeigt einen detaillierten Überblick zur Individuenzahl pro Traube in Abhängigkeit von der jeweiligen Traubenzone. In der Traubenzone A wurden in 32 von 100 Trauben Ohrwürmer gefunden. Dabei waren die Individuenzahlen mit ein bis drei Individuen pro Traube sehr gering. In 24 von 32 besetzten Trauben befand sich nur ein Ohrwurm.

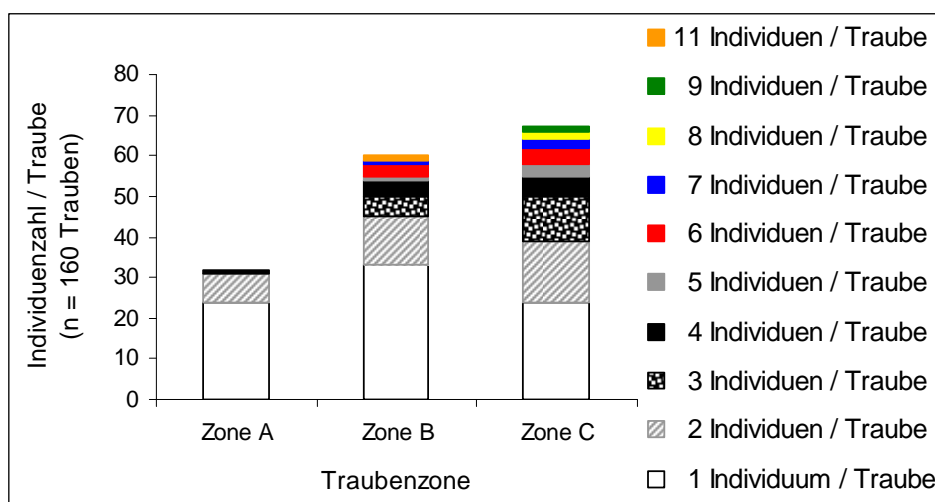


Abbildung 59: Traubenbefall mit *F. auricularia* mit einzeln aufgeführter Individuenzahl pro Traube in den Traubenzonen A, B und C einer Riesling-Anlage, Neustadt-Mußbach 2007.

In der Traubenzone B waren 62 von 100 Trauben mit Ohrwürmern besetzt und der Anteil der Trauben mit ein bis drei Tieren nahm zu. Ferner kamen in der Zone B Trauben vor, die vier bis sieben und elf Tiere enthielten. In der Zone C wurde der höchste Traubenbefall mit *F. auricularia* ermittelt, 68 von 100 Trauben waren mit Ohrwürmern besetzt. Weiterhin erhöhte sich in der Zone C der Anteil der befallenen Trauben mit zwei bis sieben Ohrwürmern. In zwei Trauben wurde ein Besatz von acht Tieren und in einer Traube ein Befall mit neun Individuen ermittelt.

Traubenmorphologie

Um zu überprüfen, ob morphologische Eigenschaften der Trauben wie die Locker- und Dichtbeerigkeit, das Traubengewicht oder in die Traube eingewachsene Rebblätter Einfluss auf den Traubenbefall mit *F. auricularia* haben, wurde ein Manteltest durchgeführt. Die errechneten p-Werte in Tabelle 19 zeigen, dass die vier Traubenparameter den Traubenbefall signifikant steuern (RDA-Forward-Selection: $\alpha = 0,05$).

Tabelle 19: Ergebnisse der RDA-Forward-Selection aus dem Traubenbefall mit *F. auricularia* sowie vier morphologischen Traubeneigenschaften einer Traubenbonitur mit 300 Stichproben. Der p-Wert zeigt, ob der jeweilige Umweltfaktor den Artdatensatz signifikant ($\alpha = 0,05$) erklärt.

Artmatrix (Traubenbefall)	Umweltmatrix (Traubenparameter)	p-Wert
Individuenzahl / Traube	Lockerbeerigkeit	0,002
Individuenzahl / Traube	Dichtbeerigkeit	0,002
Individuenzahl / Traube	Traubengewicht (g)	0,001
Individuenzahl / Traube	Trauben mit Rebblättern	0,001

Die in Tabelle 19 aufgeführten Traubeneigenschaften sind in den Abbildungen 60 bis 62 traubenzonenspezifisch aufgeführt. Abbildung 60 zeigt, dass in der Zone A die Anzahl an lockerbeerigen Trauben mit 34 Stück signifikant höher war als in der Zone B mit zwölf Exemplaren und in der Zone C mit 19 Stück (Tukey (HSD): $\alpha = 0,05$).

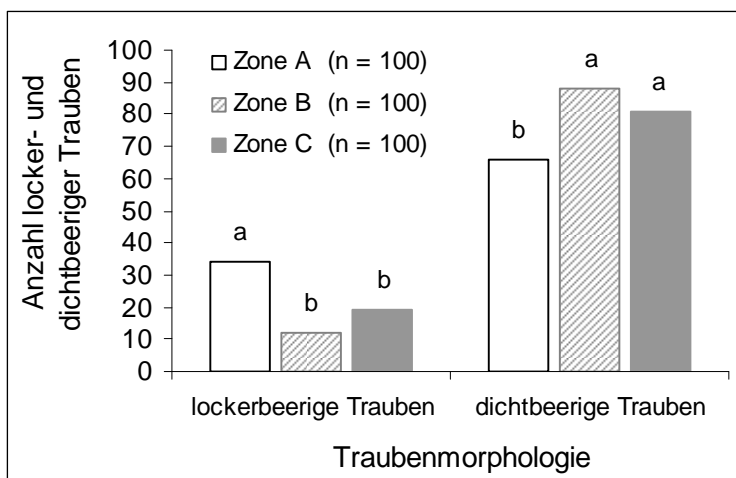


Abbildung 60: Locker- und Dichtbeerigkeit der Trauben in Abhängigkeit von der Traubenzone einer Riesling-Anlage, Neustadt-Mußbach 2007; a, b - Signifikanzgruppen nach Tukey (HSD): $\alpha = 0,05$.

Die Anzahl an dichtbeerigen, kompakten Trauben war in Zone A mit 66 Stück signifikant geringer als in den Zonen B und C mit 88 beziehungsweise 81 dichtbeerigen Trauben.

Aus Abbildung 61 ist ersichtlich, dass die Trauben der Zone A mit durchschnittlich 243 g signifikant leichter waren als die Trauben der Zone B, die im Mittel 289 g wogen (Tukey (HSD): $\alpha = 0,05$). Die Trauben der Zone C waren mit durchschnittlich 265 g ebenfalls schwerer als die aus Zone A, jedoch bestanden zwischen den Traubengewichten beider Zonen keine statistisch abgesicherten Unterschiede.

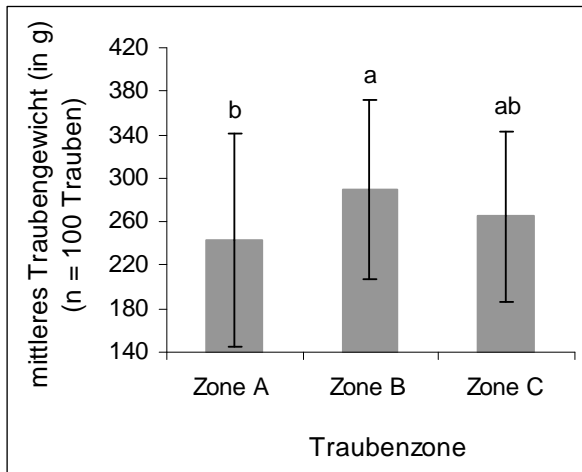


Abbildung 61: Mittleres Traubengewicht (in g) in Abhängigkeit von der Traubenzone einer Riesling-Anlage, Neustadt-Mußbach 2007; a, ab, b - Signifikanzgruppen nach Tukey (HSD): $\alpha = 0,05$.

Neben der Kompaktheit der Trauben und dem Traubengewicht hatten auch in die Traube eingewachsene Rebblätter einen signifikanten Einfluss auf den Ohrwurm-Befall in Trauben. In Abbildung 62 wird deutlich, dass die Anzahl eingewachsener Rebblätter von Zone A über Zone B zu Zone C stark zunahm. Während in Zone A nur fünf von 45 Trauben eingewachsene Rebblätter aufwiesen, wurden in der Zone B bei 13 von 45 Trauben eingewachsene Rebblätter festgestellt. In der Zone C wurden bei 27 von 45 Trauben eingewachsene Rebblätter gefunden. Folglich war die Anzahl der Trauben mit Rebblättern in der Zone C signifikant höher als in den Zonen A und B (Tukey (HSD): $\alpha = 0,05$).

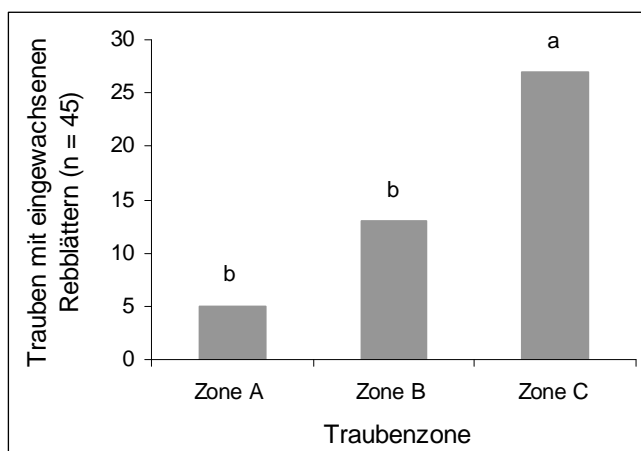


Abbildung 62: Trauben mit eingewachsenen Rebblättern in Abhängigkeit von der Traubenzone einer Riesling-Anlage, Neustadt-Mußbach 2007; a, b - Signifikanzgruppen nach Tukey (HSD): $\alpha = 0,05$.

Traubengesundheit:

Neben der Traubenmorphologie wurde der prozentuale Fäulnis- und Trockenbeerenanteil für alle geernteten Trauben bestimmt. In Laborversuchen wurde belegt, dass die Graufäule (*Botrytis cinerea*) und das Beerenfleisch leicht eingetrockneter Beeren zum Nahrungsspektrum der Ohrwürmer zählen und dass derart geschädigte Trauben in der Regel mehr Individuen aufwiesen. Die Ergebnisse in Tabelle 20 belegen, dass nur ein Fäulnisanteil von 51 bis 100 % einen signifikanten Einfluss auf die Individuenzahlen in den Trauben hatte (RDA-Forward-Selection: $\alpha = 0,05$).

Tabelle 20: Ergebnisse der RDA-Forward-Selection aus dem Traubenbefall mit *F. auricularia* sowie sechs Traubenparametern zur Traubengesundheit der Traubenbonitur mit 300 Stichproben. Der p-Wert zeigt, ob der jeweilige Umweltfaktor den Artdatensatz signifikant ($\alpha = 0,05$) erklärt.

Artmatrix (Traubenbefall)	Umweltmatrix (Traubenparameter)	p-Wert
Individuenzahl / Traube	51-100 % Fäulnisanteil/Traube	0,031
Individuenzahl / Traube	21-50 % Fäulnisanteil/Traube	0,250
Individuenzahl / Traube	1-20 % Fäulnisanteil/Traube	0,064
Individuenzahl / Traube	1-20 % Trockenbeerenanteil/Traube	0,299
Individuenzahl / Traube	21-50 % Trockenbeerenanteil/Traube	0,729

Im Verlauf einer Traubenbonitur wurde festgestellt, dass faule Trauben häufiger mit *F. auricularia* befallen waren als gesunde. In Abbildung 63 sind deshalb nicht nur die Anzahlen der Trauben mit 51 bis 100% Fäulnis aus allen Zonen dargestellt, sondern auch die mit 1 bis 50 % Fäulnis. Aus dem Diagramm geht hervor, dass die Anzahl fauler Trauben von Zone A mit 34 Stück zu den Zonen B und C mit 43 bis 44 Stück zunimmt. Dabei war die Anzahl an Trauben mit einem Fäulnisanteil von 1 bis 20 % und von 51 bis 100 % in den Zonen B und C zum Teil deutlich höher als in der Zone A.

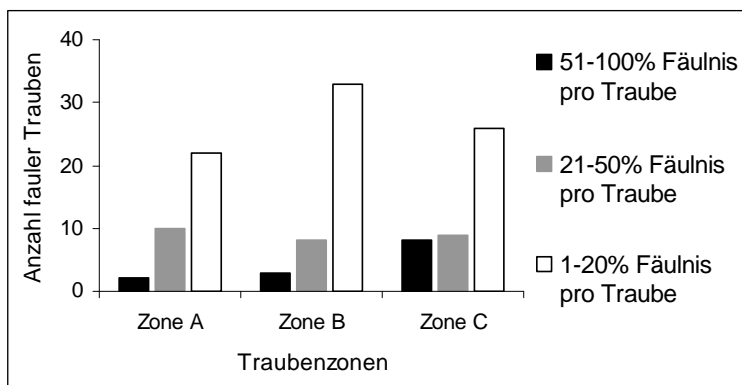


Abbildung 63: Fäulnisanteile der Trauben (n = 121) in Abhängigkeit von der Traubenzone einer Riesling-Anlage, Neustadt-Mußbach 2007.

Auf eine Darstellung der Anteile der Trockenbeeren pro Traube wurde verzichtet, weil nur fünf von 121 Trauben vertrocknete Beeren aufwiesen. In Zone A wurde lediglich eine Traube mit einem Trockenbeerenanteil von 21 bis 50 % gefunden und in Zone C vier Trauben mit einem Trockenbeerenanteil von 1 bis 20 %.

3.2.4 Einfluss der Bewirtschaftung auf die Individuenverteilung

Begrünungsart (konventionelle Bewirtschaftung)

In drei Kallstädter Riesling-Anlagen fand von Juni bis September der Jahre 2007 bis 2009 ein Dauermonitoring statt. Es wurde überprüft, ob ein möglicher Zusammenhang zwischen der Populationsdichte von *F. auricularia* und verschiedenen Begrünungsarten besteht.

Die Ergebnisse für den Bodenbereich sind in den Abbildungen 64 (2007), 65 (2008) und 66 (2009) dokumentiert.

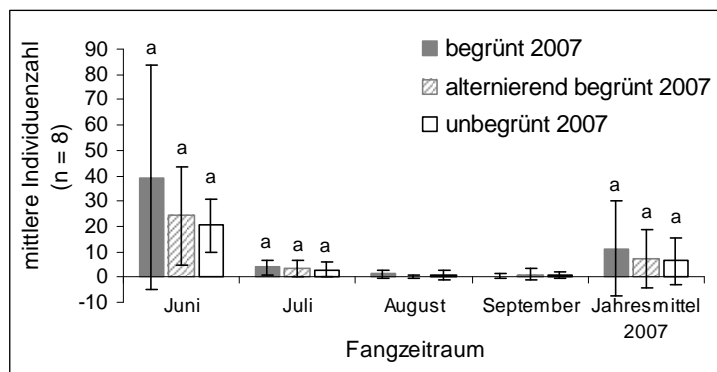


Abbildung 64: Vergleich der Individuenzahlen von *F. auricularia* am Boden von drei unterschiedlich begrüntem Riesling-Anlagen, Kallstadt 2007; a - Signifikanzgruppe nach Kruskal-Wallis-Test (Dunns Prozedur): $\alpha = 0,05$; Jahresmittel wurde aus vier Monatsmitteln errechnet.

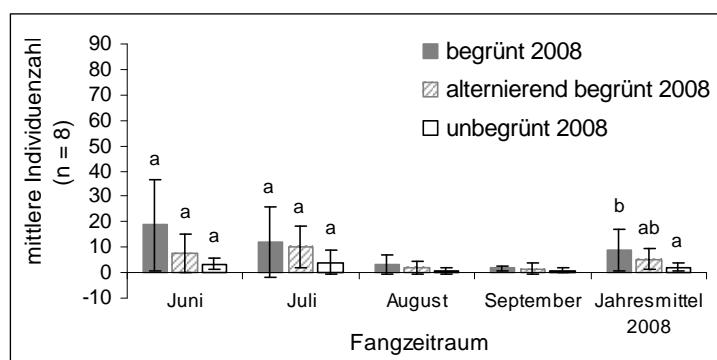


Abbildung 65: Vergleich der Individuenzahlen von *F. auricularia* am Boden von drei unterschiedlich begrüntem Riesling-Anlagen, Kallstadt 2008; a, ab, b - Signifikanzgruppen nach Kruskal-Wallis-Test (Dunns Prozedur): $\alpha = 0,05$; Jahresmittel wurde aus vier Monatsmitteln errechnet.

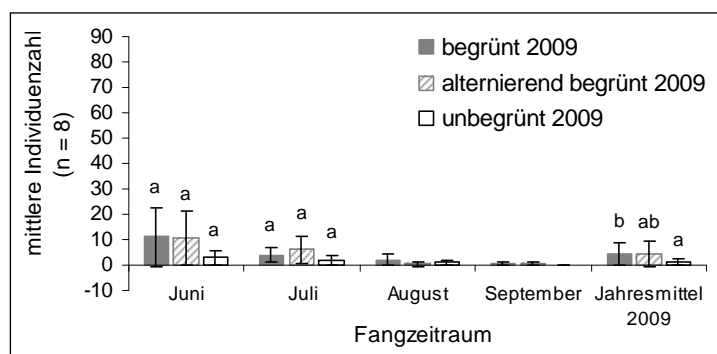


Abbildung 66: Vergleich der Individuenzahlen von *F. auricularia* am Boden von drei unterschiedlich begrüntem Riesling-Anlagen, Kallstadt 2009; a, ab, b - Signifikanzgruppen nach Kruskal-Wallis-Test (Dunns Prozedur): $\alpha = 0,05$; Jahresmittel wurde aus vier Monatsmitteln errechnet.

In den Monaten Juni und Juli aller drei Versuchsjahre wurden am Boden der vollständig begrüntem und alternierend begrüntem Anlage durchschnittlich mehr Individuen erfasst als in der unbegrüntem. Während im Juni der drei Versuchsjahre in der vollständig begrüntem Anlage 39 (2007), 19 (2008) und elf (2009) Ohrwürmer und in der alternierend begrüntem Fläche 24 (2007), acht (2008) und elf (2009) Tiere nachgewiesen wurden, befanden sich am

Boden der unbegrünten Fläche 20 (2007) und drei (2008, 2009) Individuen. Im Juli 2007 und 2009 wurden unabhängig von der Begrünungsart im Durchschnitt nur zwei bis sechs Tiere am Boden erfasst, weshalb auf einen Datenvergleich verzichtet wurde. Im Juli 2008 traten am Boden der vollständig begrünten Anlage zwölf Ohrwürmer und in der alternierend begrünten Fläche zehn Tiere auf, wobei in der unbegrünten Anlage lediglich drei Individuen am Boden nachgewiesen wurden. Obwohl im Juni und Juli 2007 bis 2009 in der vollständig und alternierend begrünten Rebfläche im Vergleich zur unbegrünten Anlage mehr Individuen am Boden registriert wurden, waren die Unterschiede zwischen den Fangzahlen nicht signifikant (Kruskal-Wallis-Test (Dunns Prozedur): $\alpha = 0,05$). In den Monaten August und September 2007 bis 2009 wurden unabhängig von der Begrünungsart am Boden nur ein bis vier Individuen gefangen, so dass die Ergebnisse nur bedingt aussagekräftig sind und deshalb auf einen statistischen Vergleich verzichtet wurde. Auch der Vergleich der Jahresmittel der Individuenzahlen im Bodenbereich zeigt, dass in der vollständig begrünten Anlage mit elf (2007), sieben (2008) und sechs (2009) Ohrwürmern und in der alternierend begrünten Fläche mit neun (2007), fünf (2008) und zwei (2009) Tieren höhere Fangzahlen ermittelt wurden als in der unbegrünten Anlage mit fünf (2007), vier (2008) und zwei (2009) Individuen. Im Jahrdurchschnitt 2008 und 2009 wurden in der vollständig begrünten Fläche signifikant mehr Individuen am Boden erfasst als in der unbegrünten.

Die Ergebnisse für den Laubwandbereich sind in den Abbildungen 67 (2007), 68 (2008) und 69 (2009) dargestellt. In der Laubwand der vollständig und alternierend begrünten Flächen waren in allen drei Versuchsjahren die durchschnittlichen Fangzahlen gegenüber der unbegrünten Anlage höher. Während im Juni der drei Versuchsjahre in der Laubwand der vollständig begrünten Anlage 46 (2007), 131 (2008) und 105 (2009) Ohrwürmer und in der alternierend begrünten Fläche 25 (2007), 92 (2008) und 144 (2009) Tiere erfasst wurden, traten in der Laubwand der unbegrünten Anlage lediglich 20 (2007), zehn (2008) und 30 Individuen auf. Dabei waren die Unterschiede zwischen den Individuenzahlen der vollständig begrünten und unbegrünten Rebanlage im Juni 2007, 2008 und 2009 signifikant (Kruskal-Wallis-Test (Dunns Prozedur): $\alpha = 0,05$). Im Juli wurden in der Laubwand der vollständig begrünten Fläche mit 127 (2008) und 51 (2009) Ohrwürmern pro Falle und der alternierend begrünten Anlage mit 126 (2008) und 57 (2009) Individuen pro Falle signifikant höhere Fangzahlen ermittelt als in der unbegrünten Fläche mit sechs (2008) und 19 (2009) Tieren. Im August und September 2007 bis 2009 nahmen die Individuenzahlen im Laubwandbereich aller Versuchsanlagen gegenüber den Vormonaten ab. Dennoch waren im August 2007 und 2008 die Individuendichten in der Laubwand der begrünten Fläche mit 16 (2007) und 39 (2008) Ohrwürmern signifikant höher als in der unbegrünten Anlage mit fünf (2007) und vier (2008) Tieren. Im September 2007 bis 2009 wurden im Laubwandbereich der drei Anlagen

im Durchschnitt vier bis 16 Individuen gefangen, wobei keine signifikanten Unterschiede zwischen den Monatsmittel errechnet wurden.

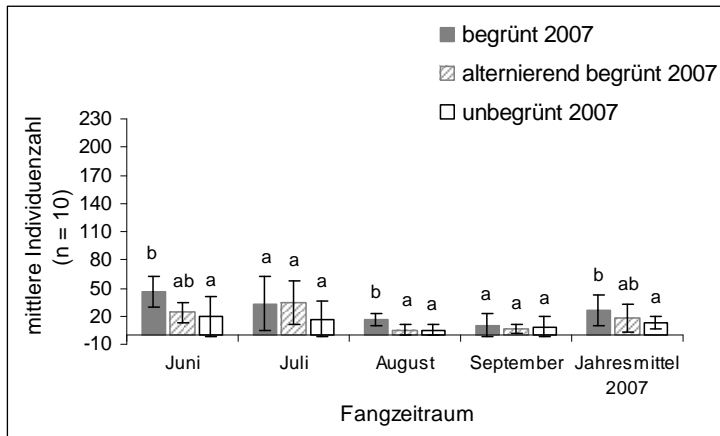


Abbildung 67: Vergleich der Individuenzahlen von *F. auricularia* in der Laubwand von drei unterschiedlich begrüntes Riesling-Anlagen, Kallstadt 2007; a, ab, b - Signifikanzgruppen nach Kruskal-Wallis-Test (Dunns Prozedur): $\alpha = 0,05$; Jahresmittel wurde aus vier Monatsmitteln errechnet.

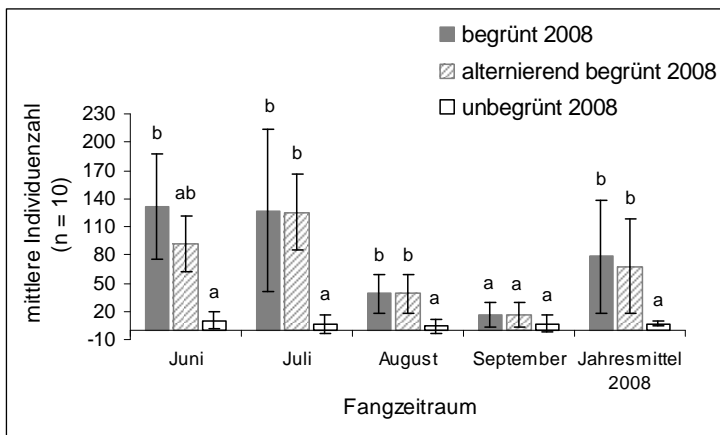


Abbildung 68: Vergleich der Individuenzahlen von *F. auricularia* in der Laubwand von drei unterschiedlich begrüntes Riesling-Anlagen, Kallstadt 2008; a, ab, b - Signifikanzgruppen nach Kruskal-Wallis-Test (Dunns Prozedur): $\alpha = 0,05$; Jahresmittel wurde aus vier Monatsmitteln errechnet.

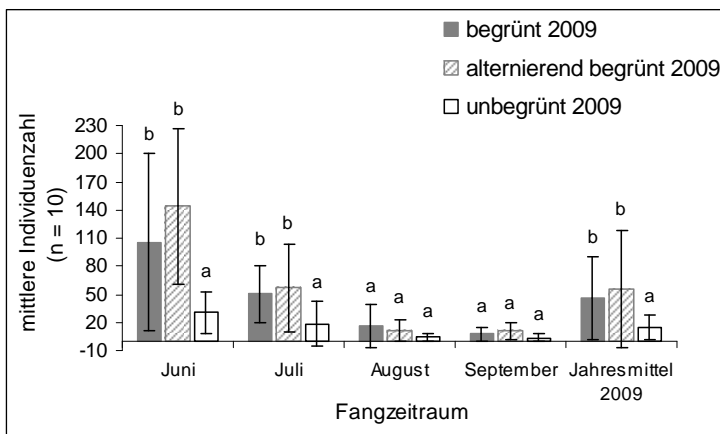


Abbildung 69: Vergleich der Individuenzahlen von *F. auricularia* in der Laubwand von drei unterschiedlich begrüntes Riesling-Anlagen, Kallstadt 2009; a, b - Signifikanzgruppen nach Kruskal-Wallis-Test (Dunns Prozedur): $\alpha = 0,05$; Jahresmittel wurde aus vier

Monatsmitteln errechnet.

Im Jahresvergleich zeigt sich, dass in allen drei Versuchsjahren die Jahresmittel der Individuenzahlen der vollständig begrüntes Anlage mit 26 (2007), 78 (2008) und 45 (2009) Ohrwürmern signifikant höher waren als die der unbegrüntes Fläche mit 13 (2007), sieben (2008) und 14 (2009) Tieren. Mit Ausnahme von 2007 waren die Jahresmittel der Individuenzahlen der alternierend begrüntes Anlage mit 68 (2008) und 56 (2009) Ohrwürmern ebenfalls signifikant höher als in der unbegrüntes Fläche.

Bewirtschaftung (Umstellung der Bodenbearbeitung)

Die erste Untersuchung fand in einer Portugieser-Anlage statt, in der die Gassenbegrünung von 2007 auf 2008 umgestellt wurde. In Abbildung 70 ist deutlich zu erkennen, dass im Bodenbereich der Versuchsfläche von Juni bis September 2007 bis 2009 sehr geringe Individuendichten mit maximal vier Ohrwürmern am Boden ermittelt wurden. Aufgrund der geringen Fangzahlen wurde auf einen statistischen Vergleich verzichtet. Ferner konnte durch die geringen Individuenzahlen nicht festgestellt werden, ob sich die Umstellung der Bodenbearbeitung auf die Individuendichten am Boden auswirkte.

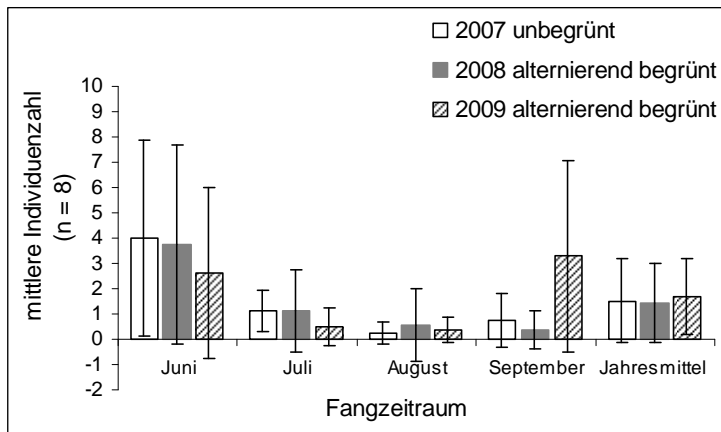


Abbildung 70: Vergleich der Individuenzahlen von *F. auricularia* am Boden einer Portugieser-Anlage, in der die Begrünung von unbegrünt (2007) auf alternierend begrünt (ab 2008) umgestellt wurde, Leistadt 2007 bis 2009; Jahresmittel wurden aus vier Monatsmitteln errechnet.

Aus Abbildung 71 ist ersichtlich, dass die Individuenzahlen in der Laubwand von 2007 bis 2009 abnahmen. Besonders deutlich zeigt sich diese Entwicklung in den Fangmonaten Juni und Juli sowie im Jahresmittel. Im Juni 2007 wurden in der unbegrünten Fläche pro Rebe durchschnittlich 21 Tiere erfasst.

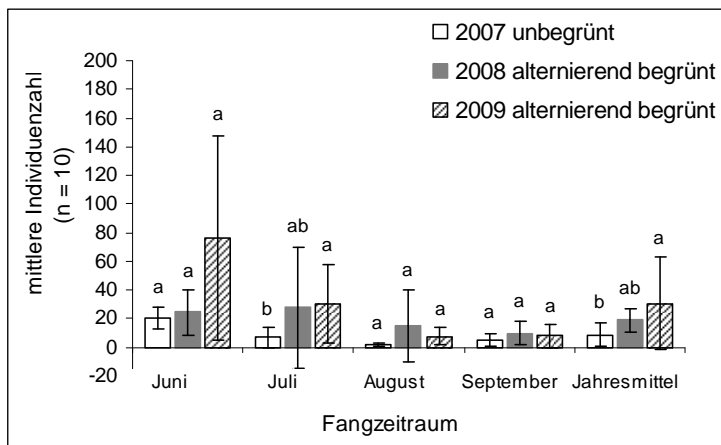


Abbildung 71: Vergleich der Individuenzahlen von *F. auricularia* in der Laubwand einer Portugieser-Anlage, in der die Begrünung von unbegrünt (2007) auf alternierend begrünt (ab 2008) umgestellt wurde, Leistadt 2007 bis 2009; a, ab, b - Signifikanzgruppen nach Tukey (HSD): $\alpha = 0,05$, die auf logarithmierten Werten basieren; Jahresmittel wurden aus vier Monatsmitteln errechnet.

Nach der Umstellung auf eine alternierende Begrünung 2008 nahmen die Fangzahlen im Juni mit durchschnittlich 24 Individuen pro Rebstock geringfügig aber nicht signifikant zu (Tukey (HSD): $\alpha = 0,05$). Im Juni 2009 stiegen die Dichten in der alternierend begrünt Anlage mit durchschnittlich 76 Ohrwürmern pro Rebe stark aber nicht signifikant an. Im Juli 2007 wurden in der Laubwand der unbegrünten Anlage im Mittel sieben Tiere gefangen.

Nach der Umstellung auf eine alternierende Begrünung 2008 nahm die Ohrwurm-Dichte mit durchschnittlich 28 Individuen pro Rebe zu, wobei dieser Anstieg im Vergleich zu 2007 nicht signifikant war. Im Juli 2009 wurden mit 31 Tieren je Rebstock die höchsten Fangzahlen in der Laubwand registriert, die gegenüber 2007 signifikant höher lagen. Der Vergleich der Jahresmittel der Individuenzahlen zeigt, dass 2007 in der noch unbegrünten Rebanlage mit neun Individuen pro Rebe signifikant weniger Ohrwürmer erfasst wurden als 2009 mit 31 Individuen je Rebstock, in dem die Anlage bereits zwei Jahre alternierend begrünt war.

Der zweite Freilandversuch zur Umstellung der Begrünungsform fand von 2007 bis 2009 im Rahmen des Dauermonitorings in einer Silvaner-Anlage statt. In Abbildung 72 wird deutlich, dass sich in der Auflage aus Rindenmulch (2007) und in der Ölrettich-Begrünung (2008) mehr Ohrwürmer aufhielten als in der natürlichen Winterbegrünung (2009). Dieser Trend ist vor allem im Juni und Juli sowie im Jahresmittel zu erkennen. Im Juni 2007 wurden in der Mulchschicht durchschnittlich 41 Tiere erfasst. Nach Umstellung auf Winterbegrünung mit Ölrettich, die bis Ende Juni 2008 erhalten blieb, nahmen die Dichten am Boden mit durchschnittlich 26 Ohrwürmern geringfügig aber nicht signifikant ab (Tukey (HSD): $\alpha = 0,05$). Von 2008 zu 2009 entwickelte sich eine natürliche Winterbegrünung, die bis Ende Juni 2009 nicht abgemulcht wurde und stark aufgewachsen war. Im Juni 2009 waren die Ohrwurm-Dichten in der natürlichen Winterbegrünung mit durchschnittlich vier Individuen signifikant geringer als im Juni 2007 und 2008.

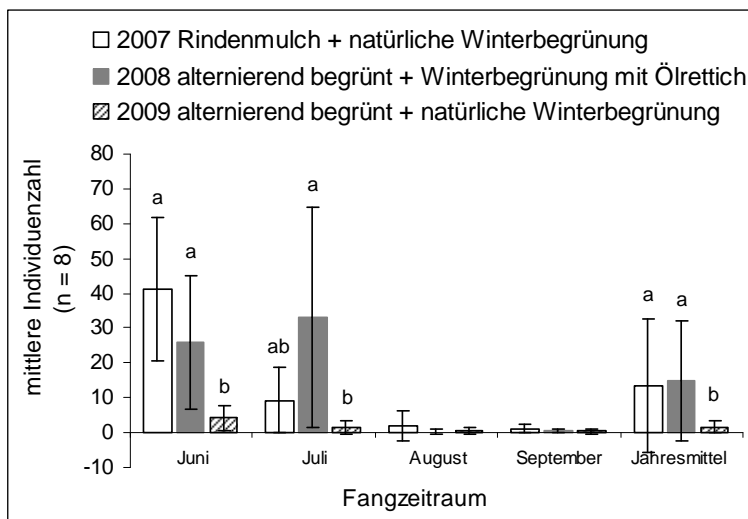


Abbildung 72: Vergleich der Individuenzahlen von *F. auricularia* am Boden einer Silvaner-Anlage, in der die Bewirtschaftung von einer Rindenmulchauflage (2007) auf eine alternierende Begrünung mit unterschiedlicher Winterbegrünung (ab 2008) umgestellt wurde, Neustadt-Mußbach 2007 bis 2009; a, ab, b - Signifikanzgruppen nach Tukey (HSD): $\alpha = 0,05$, die auf logarithmierten Werten basieren; Jahresmittel wurden aus vier Monatsmitteln errechnet.

Im Juli 2007 nahmen die Dichten in der Mulchauflage mit durchschnittlich neun Ohrwürmern je Bodenfläche im Vergleich zu Juni 2007 ab. In der im Juli 2008 abgemulchten Ölrettich-Begrünung wurden die höchsten Fangzahlen am Boden mit durchschnittlich 33 Tieren ermittelt. Im Juli 2009 wurde die natürliche Winterbegrünung in jeder zweiten Gasse in den Boden eingearbeitet und auf alternierende Sommerbegrünung umgestellt. Hier wurden am Boden mit durchschnittlich zwei Tieren signifikant geringere Individuendichten registriert als

im Juli 2008. Im August und September 2007 bis 2009 nahmen die Dichten am Boden mit ein bis vier Individuen stark ab, so dass keine Aussage über der Einfluss der Umstellung der Begrünung auf die Individuendichten möglich war und auf einen Tukey-Test verzichtet wurde. Durch den Vergleich der Jahresmittel der Individuenzahlen ist ersichtlich, dass in der Auflage aus Rindenmulch (2007) mit 13 Tieren und in der Ölrettich-Begrünung mit alternierender Sommerbegrünung (2008) mit 15 Ohrwürmern signifikant höhere Individuendichten ermittelt wurden als in der natürlichen Winterbegrünung mit alternierender Sommerbegrünung (2009) mit zwei Tieren.

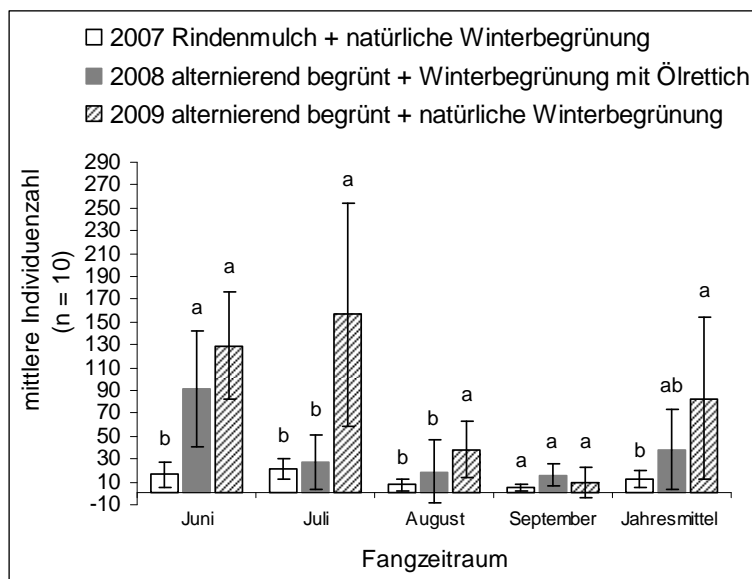


Abbildung 73: Vergleich der Individuenzahlen von *F. auricularia* in der Laubwand einer Silvaner-Anlage, in der die Bewirtschaftung von einer Rindenmulchauflage (2007) auf eine alternierende Begrünung mit unterschiedlicher Winterbegrünung (ab 2008) umgestellt wurde, Neustadt-Mußbach 2007 bis 2009; a, ab, b - Signifikanzgruppen nach Tukey (HSD): $\alpha = 0,05$, die auf logarithmierten Werten basieren; Jahresmittel wurden aus vier Monatsmitteln errechnet.

In Abbildung 73 sind die Ergebnisse für den Laubwandbereich dargestellt. 2007 als die Silvaner-Anlage durch die Schicht aus Rindenmulch unbegrünt war, wurden über alle Fangmonate hinweg deutlich geringere Individuenzahlen in der Laubwand ermittelt als in 2008 und 2009. Mit dem Anlegen der alternierenden Begrünung in 2008 und 2009 stiegen die Ohrwurm-Dichten im Rebstock von Juni bis September deutlich an. Beispielsweise wurden 2007 im Laubwandbereich der mit Rindenmulch bedeckten Fläche in den Monaten Juni (17 Tiere), Juli (21 Tiere) und August (sieben Tiere) signifikant weniger Ohrwürmer erfasst als 2009, in dem die Anlage eine alternierende Sommerbegrünung aufwies (Tukey (HSD): $\alpha = 0,05$). 2009 stiegen die mittleren Fangzahlen pro Rebstock im Juni auf 129 Individuen, im Juli auf 157 Individuen und im August auf 38 Individuen an. Auch im Jahresvergleich zeigt sich ein stufenartiger Anstieg der Individuenzahlen von 2007 zu 2009. Während 2007 der Jahresdurchschnitt in der Laubwand bei zwölf Ohrwürmern lag, stieg dieser 2008 auf 38 Tiere und 2009 auf 83 Individuen an. Demzufolge wurden 2009 in den Reben der alternierend begrünnten Anlage signifikant mehr Ohrwürmer erfasst als 2007, in der die Fläche mit einer Schicht aus Rindenmulch bedeckt war.

Bewirtschaftung (Vergleich biologischer Anbau mit K UW-Anbau)

2008 wurden Feldversuche in einer Bio-Riesling-Anlage und zwei K UW-Riesling-Anlagen durchgeführt, um zu überprüfen, ob sich die Populationsdichten von *F. auricularia* zwischen biologisch bewirtschafteten und nach K UW-Richtlinien (K UW: kontrolliert umweltschonender Weinbau) bearbeiteten Rebflächen unterscheiden.

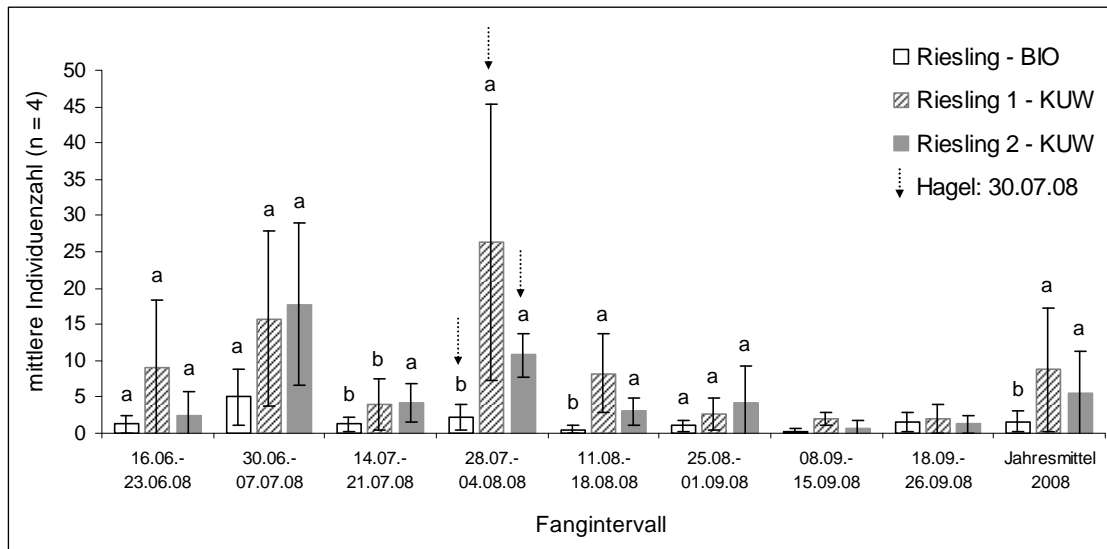


Abbildung 74: Vergleich der Individuenzahlen von *F. auricularia* am Boden einer biologisch bewirtschafteten Riesling-Anlage und zwei Riesling-Anlagen, die nach K UW-Richtlinien bewirtschaftet wurden, Neustadt-Mußbach 2007 bis 2009; a, ab, b - Signifikanzgruppen nach Tukey (HSD): $\alpha = 0,05$, die auf logarithmierten Werten basieren; Jahresmittel wurden aus acht Wochenmitteln errechnet.

Aus Abbildung 74 wird deutlich, dass am Boden der biologisch bewirtschafteten Fläche über den gesamten Versuchszeitraum hinweg geringere Dichten mit durchschnittlich ein bis fünf Ohrwürmern ermittelt wurden als in den beiden K UW-Anlagen, die im Mittel ein bis 26 Tiere aufwiesen. Im vierten (28.07. bis 04.08.08) und im fünften (11.08. bis 18.08.08) Fangintervall wurden signifikant weniger Individuen am Boden der Bio-Riesling-Anlage gefangen als in den beiden K UW-Anlagen (Tukey (HSD): $\alpha = 0,05$). Die am Boden ermittelten Fangzahlen der beiden K UW-Anlagen unterschieden sich mit Ausnahme des dritten Fangintervalls (14.07. bis 21.07.08) nicht signifikant. Der Individuenanstieg im Bodenbereich aller Versuchsflächen in der vierten Fangperiode (28.07. bis 04.08.08) war auf einen starken Hagelschauer und der damit verbundenen Abwanderung der Ohrwürmer von der Laubwand in den Boden zurückzuführen. In der siebten (08.09. bis 15.09.08) und achten (18.09. bis 26.09.08) Fangperiode wurde aufgrund der geringen Individuenzahlen auf einen statistischen Vergleich verzichtet. Im Jahresvergleich war die Ohrwurm-Dichte der biologisch bewirtschafteten Fläche mit zwei Tieren signifikant geringer als die Dichten der beiden K UW-Anlagen, in denen sechs und neun Ohrwürmer pro Bodenfläche registriert wurden.

Abbildung 75 zeigt, dass im Laubwandbereich der Bio-Anlage und der beiden K UW-Flächen in Abhängigkeit vom Fangintervall starke Befallschwankungen auftraten. Zwischen dem dritten und fünften Fangintervall (14.07. bis 18.08.08) wurden in den Reben der biologisch bewirtschafteten Fläche mit durchschnittlich 13 bis 43 Tieren signifikant geringere Dichten ermittelt als in der zweiten K UW-Anlage, deren Rebstöcke ein Befallsmittel von 59 bis 91 Individuen aufwies. Aufgrund dieser Verteilung lag die Individuenzahl der Bio-Anlage im Jahresmittel mit 32 Ohrwürmern signifikant unter dem der zweiten K UW-Anlage mit 50 Tieren je Rebstock.

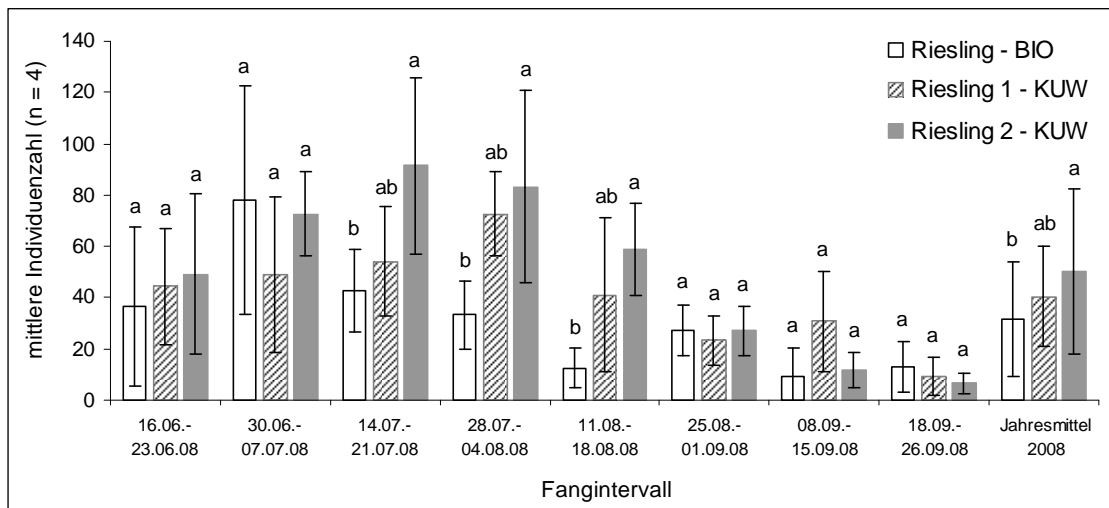


Abbildung 75: Vergleich der Individuenzahlen von *F. auricularia* in der Laubwand einer biologisch bewirtschafteten Riesling-Anlage und zwei Riesling-Anlagen, die nach K UW-Richtlinien bewirtschaftet wurden, Neustadt-Mußbach 2007 bis 2009; a, ab, b - Signifikanzgruppen nach Tukey (HSD): $\alpha = 0,05$; Jahresmittel wurden aus acht Wochenmitteln errechnet.

3.2.5 Einfluss der Bodenarten auf die Individuenverteilung

Bodenart (konventionelle Bewirtschaftung)

Im Verlauf des Dauermonitorings 2007 wurde deutlich, dass die Bodenart einen signifikanten Einfluss auf die Populationsdichte von *F. auricularia* in Rebanlagen hat (Abbildung 40, Tabelle 16). Zusätzlich wurde 2007 durch Laborversuche nachgewiesen, dass Ohrwurm-Weibchen nur in den Zuchtbehältern mit Lehmboden Nester anlegten und Eier ablegten. Im Sandboden gelang der Nestbau nicht und die Eiablage blieb aus. Aufgrund dieser Ergebnisse wurden 2008 Populationsstudien in einer Riesling-Anlage mit Lehmboden und einer Schwarzriesling-Anlage mit Sandboden durchgeführt. Abbildung 76 fasst die Ergebnisse dieser Studie zusammen. In der Riesling-Anlage mit Lehmboden wurden in jedem Fangintervall sowie im Jahresmittel wesentlich aber nicht signifikant mehr Individuen am Boden erfasst als in der Schwarzriesling-Anlage mit Sandboden (Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test: $\alpha = 0,05$). Während in der Fläche mit Lehmboden in Abhängigkeit von der

Fangperiode zwei bis 26 Individuen gefangen wurden, hielten sich am Boden der Rebanlage mit Sandboden maximal zwei Ohrwürmer auf. Im vierten Fangintervall von 28.07. bis 04.08.08, im sechsten Fangzeitraum von 25.08. bis 01.09.08 und in der siebten Fangperiode von 08.09. bis 15.09.08 wurden am Boden der Fläche mit Sandboden keine Tiere gefangen. Im Jahresdurchschnitt war die Individuendichte der Schwarzriesling-Anlage mit Sandboden mit einem Tier signifikant geringer als die der Riesling-Anlage mit Lehmboden mit zehn Ohrwürmern pro Bodenfläche (Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test: $p < 0,0001$).

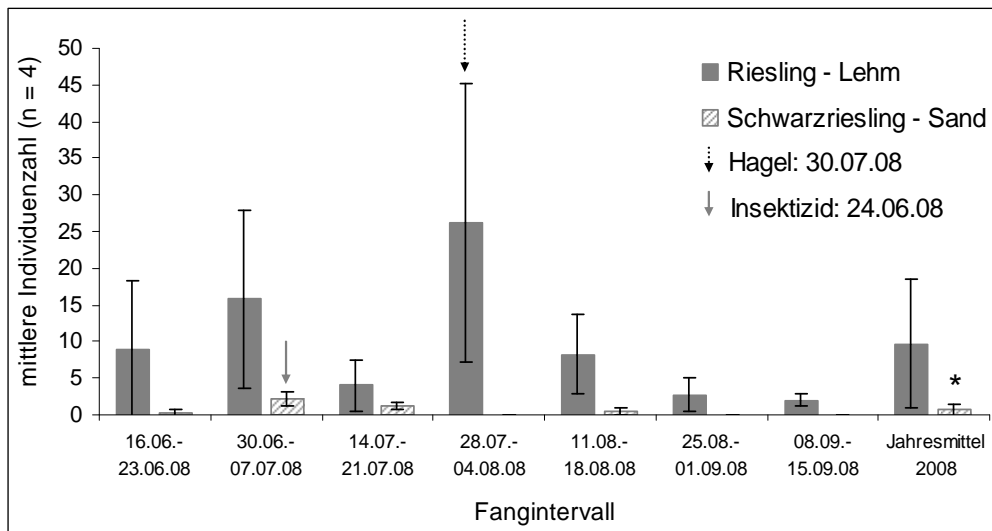


Abbildung 76: Vergleich der Individuenzahlen von *F. auricularia* am Boden einer Riesling-Anlage mit Lehmboden mit einer Schwarzriesling-Anlage mit Sandboden, Neustadt-Mußbach 2008; *signifikante Unterschiede nach Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test: $\alpha = 0,05$; Jahresmittel wurden aus sieben Wochenmitteln errechnet.

Aus Abbildung 77 ist ersichtlich, dass auch in der Laubwand der Riesling-Anlage mit Lehmboden in jeder Fangperiode deutlich aber nicht signifikant mehr Tiere gefangen wurden als in der Schwarzriesling-Anlage mit Sandboden (Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test: $\alpha = 0,05$). Während in der Fläche mit Lehmboden in Abhängigkeit vom Fangintervall 23 bis 73 Individuen pro Rebe gefangen wurden, wiesen die Rebstöcke der Anlage mit Sandboden ein bis 13 Tiere auf. Im Jahresmittel war die Ohrwurm-Dichte der Schwarzriesling-Anlage mit Sandboden mit drei Individuen pro Rebe signifikant geringer als die der Riesling-Anlage mit Lehmboden mit 45 Ohrwürmern je Rebstock (Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test: $p < 0,0001$). Die Ergebnisse für den Boden- und Laubwandbereich der beiden Rebanlagen sind unter Vorbehalt zu betrachten. Zum einen wurde in der Schwarzriesling-Anlage bereits eine Woche nach Versuchsbeginn am 24. Juni eine Insektizidbehandlung mit Steward® durchgeführt. Da zum damaligen Zeitpunkt die befallsreduzierende Wirkung dieses Insektizids auf *F. auricularia* noch nicht bekannt war, wurde der Versuch weitergeführt. Zum anderen wurde die Laubwand der Riesling-Anlage mit Lehmboden am 30. Juli durch einen starken Hagelschauer bis zu 70 % entblättert. Folglich zogen sich viele Ohrwürmer von der

geschädigten Laubwand in den Boden oder in die Bambusfallen zurück, weshalb die Fangzahlen der Barber- und Bambusfallen von 28.07. bis 04.08.08 überdurchschnittlich stark anstiegen.

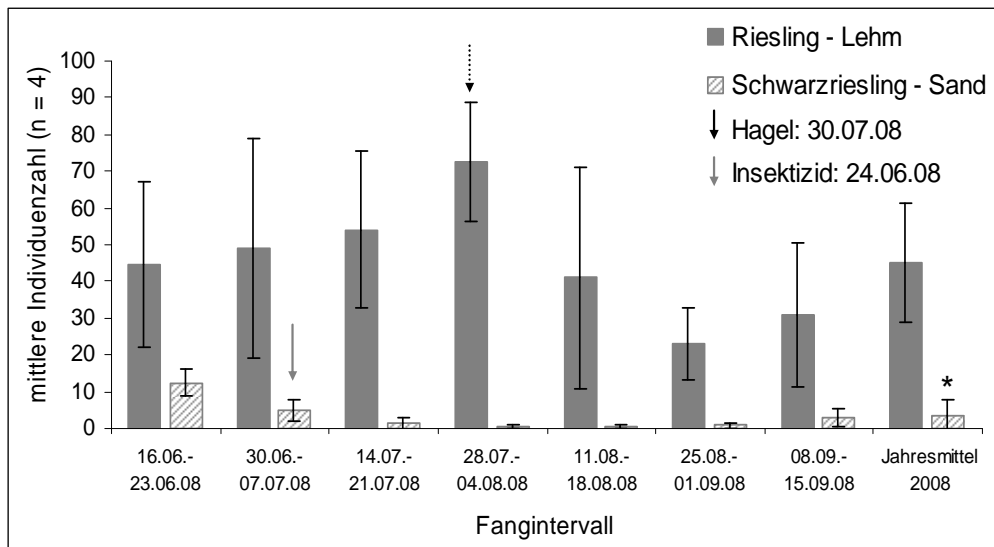


Abbildung 77: Vergleich der Individuenzahlen von *F. auricularia* in der Laubwand einer Riesling-Anlage mit Lehm Boden mit einer Schwarzriesling-Anlage mit Sandboden, Neustadt-Mußbach 2008; *signifikante Unterschiede nach Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test: $\alpha = 0,05$; Jahresmittel wurden aus sieben Wochenmitteln errechnet.

Bodenart (biologische Bewirtschaftung)

In einem weiteren Freilandversuch wurde überprüft, ob die Bodenart auch in biologisch bewirtschafteten Rebanlagen Einfluss auf die Populationsdichten von *F. auricularia* hat. Die Feldstudie fand in einer Riesling-Anlage mit Lehm Boden und einer Riesling-Anlage mit Sandboden eines Bio-Betriebes statt.

Abbildung 78 zeigt, dass am Boden der zwei Rebanlagen mit Ausnahme des zweiten Fangintervalls von 30.06. bis 07.07.08 sehr geringe Individuendichten mit maximal zwei Tieren ermittelt wurden. Im vierten Fangzeitraum von 28.07. bis 04.08.08, in der sechsten Fangperiode von 25.08. bis 01.09.08 und im siebten Fangintervall von 08.09. bis 15.09.08 wurden am Boden der Anlage mit Sandboden keine Ohrwürmer gefangen. Deshalb war ein statistischer Vergleich nur zwischen den höheren Individuenzahlen in der zweiten Fangperiode sinnvoll. In diesem Fangzeitraum wurden am Boden der Anlage mit Lehm Boden signifikant geringere Dichten mit fünf Ohrwürmern pro Bodenfläche ermittelt als in der Fläche mit Sandboden, in der sich durchschnittlich 16 Tiere je Quadratmeter aufhielten (Student-t-Test ($\alpha = 0,05$): $p = 0,009$). Die Jahresmittel der Individuenzahlen beider Rebanlagen unterschieden sich mit zwei Ohrwürmern (Anlage mit Lehm Boden) und drei Ohrwürmern (Anlage mit Sandboden) am Boden nur minimal.

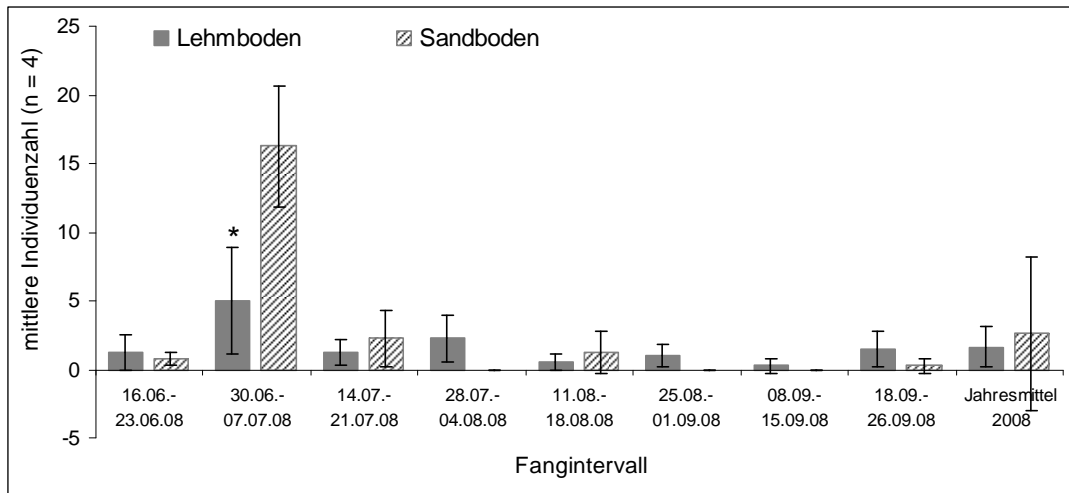


Abbildung 78: Vergleich der Individuenzahlen von *F. auricularia* am Boden zweier biologisch bewirtschafteter Riesling-Anlagen mit Lehm- und Sandboden, Neustadt-Mußbach 2008; *signifikante Unterschiede nach Student-t-Test: $\alpha = 0,05$; Jahresmittel wurden aus acht Wochenmitteln errechnet.

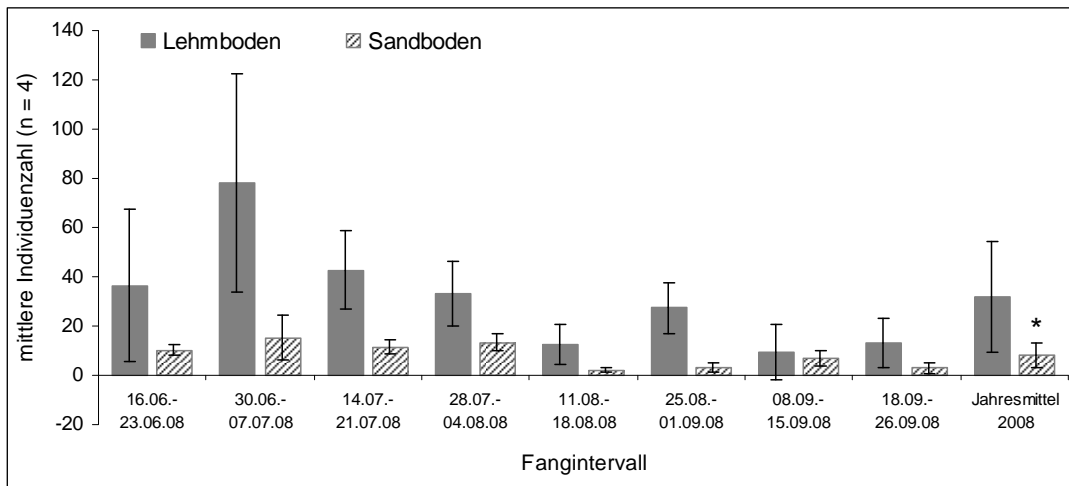


Abbildung 79: Vergleich der Individuenzahlen von *F. auricularia* in der Laubwand zweier biologisch bewirtschafteter Riesling-Anlagen mit Lehm- und Sandboden, Neustadt-Mußbach 2008; *signifikante Unterschiede nach Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test: $\alpha = 0,05$; Jahresmittel wurden aus acht Wochenmitteln errechnet.

In Abbildung 79 wird deutlich, dass in der Laubwand der Fläche mit Sandboden während des Versuchszeitraumes wesentlich aber nicht signifikant geringere Individuendichten mit durchschnittlich zwei bis 15 Tieren pro Rebstock registriert wurden als in der Anlage mit Lehm Boden, in der pro Rebe durchschnittlich zehn bis 78 Ohrwürmer erfasst wurden (Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test: $\alpha = 0,05$). Der Vergleich der Jahresmittel beider Rebanlagen ergab, dass in der Fläche mit Sandboden die Befallsdichten am Rebstock mit acht Tieren signifikant geringer waren als die in der Anlage mit Lehm Boden, in der das Jahresmittel bei 32 Ohrwürmern pro Rebe lag (Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test: $p < 0,0001$).

3.2.6 Einfluss von Makro- und Mikroklima auf die Individuenverteilung

Makroklima

Zusätzlich zur Individuenerfassung 2007 bis 2009 wurden in den Neustädter Dauermonotoring-Flächen von 2007 bis 2009 die Lufttemperatur, die Luftfeuchtigkeit und die Niederschlagsmenge gemessen. Die Wetterstation „Neustadt“ war cirka 2 km von den Versuchsanlagen entfernt. Da sich die Aktivitätsphase von *F. auricularia* und demzufolge auch die Fangperiode im Jahr auf die Monate Juni bis Oktober beschränkt, wurden die makroklimatischen Parameter mit Monats- und Jahresmittel für diesen Zeitraum dargestellt.

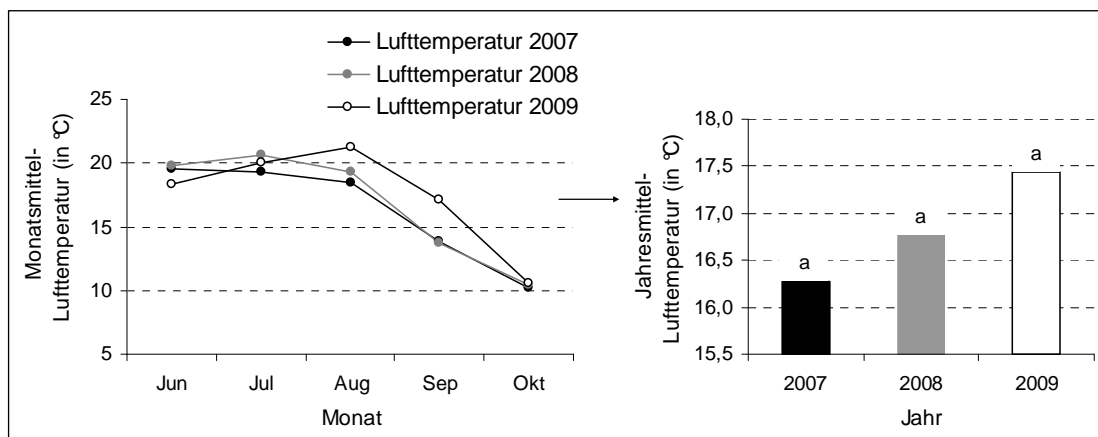


Abbildung 80: Vergleich der Monats- und Jahresmittel der Lufttemperatur (in °C), Neustadt-Mußbach 2007 bis 2009; die Jahresmittel wurden aus sechs Monatsmitteln berechnet, a - Signifikanzgruppe nach Tukey (HSD): $\alpha = 0,05$.

Aus Abbildung 80 ist ersichtlich, dass 2007 bis 2009 für den Zeitraum der Aufzeichnungen nur geringe Unterschiede zwischen den durchschnittlichen Lufttemperaturen gemessen wurden. Die Monatsmittel der Lufttemperaturen 2007 und 2008 nehmen annähernd gleiche Werte an, so dass sich die Jahresmittel mit 16,3 °C (2007) und 16,8 °C (2008) nur minimal und nicht signifikant unterscheiden (Tukey (HSD): $\alpha = 0,05$). 2009 zeigt der Temperaturgraph aufgrund des niedrigeren Junimittels mit 18,3 °C, des höheren Augustmittels mit 21,2 °C sowie des höheren Septembemittels mit 17,1 °C einen anderen Verlauf als die Temperaturgraphen der Vorjahre. Aufgrund der im Vergleich zu 2007 und 2008 erhöhten Temperaturen im August und September ergibt sich für 2009 die höchste Jahresmittel-Temperatur von 17,4 °C. Statistisch bestanden zwischen den Jahresmitteln keine signifikanten Unterschiede.

Abbildung 81 zeigt, dass die durchschnittliche Luftfeuchtigkeit in den Monaten Juni bis Oktober 2007 und 2008 ähnliche Werte annahm. 2009 schwankte die Luftfeuchtigkeit von Monat zu Monat stark und das Augustmittel (67,0 %), das Septembemittel (74,0 %) sowie das Oktobermittel (69,0 %) waren geringer als 2007 und 2008. Demzufolge lag 2009 die Jahresmittel-Luftfeuchtigkeit mit 69,6 % unter dem Jahresmittel 2007 mit 74,4 % und unter

dem Jahresmittel 2008 mit 74,0 %. Die Unterschiede zwischen den Jahresmitteln ließen sich statistisch nicht absichern (Tukey (HSD): $\alpha = 0,05$).

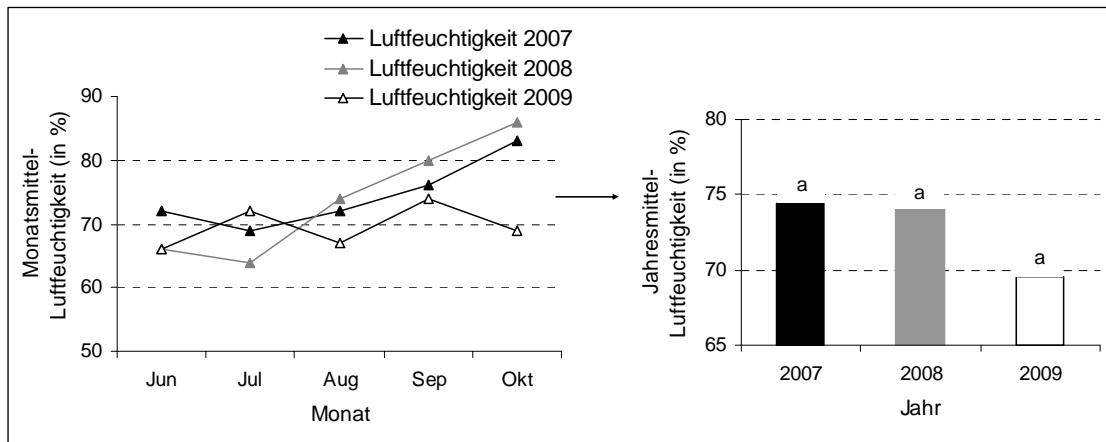


Abbildung 81: Vergleich der Monats- und Jahresmittel der relativen Luftfeuchtigkeit (in %), Neustadt-Mußbach 2007 bis 2009; die Jahresmittel wurden aus sechs Monatsmitteln berechnet, a - Signifikanzgruppe nach Tukey (HSD): $\alpha = 0,05$.

Abbildung 82 macht deutlich, dass sich die Niederschlagsmengen mit Ausnahme des Monats Juli von Juni bis Oktober der jeweiligen Versuchsjahre deutlich unterschieden.

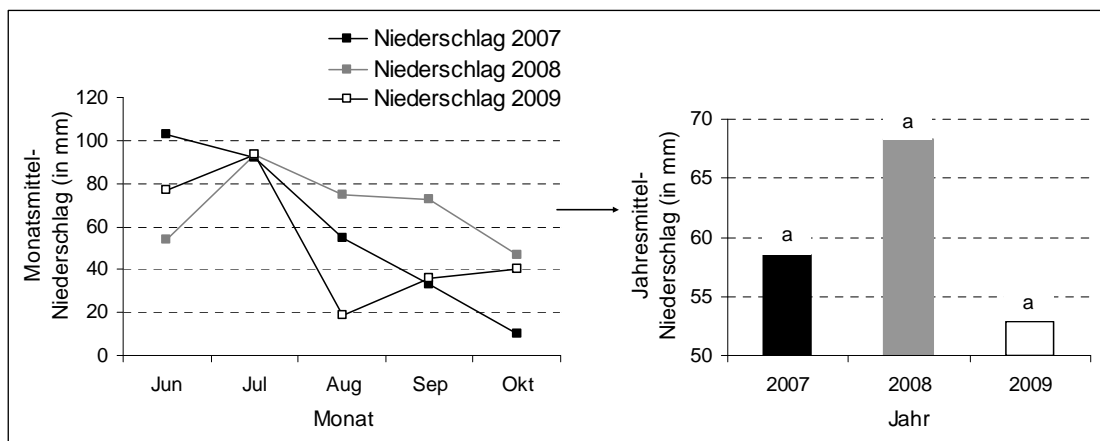


Abbildung 82: Vergleich der Monats- und Jahresmittel der Niederschlagsmenge (in mm), Neustadt-Mußbach 2007 bis 2009; die Jahresmittel wurden aus sechs Monatsmitteln berechnet, a - Signifikanzgruppe nach Tukey (HSD): $\alpha = 0,05$.

Während im Juni 2007 die höchsten Niederschlagsmengen mit 102,4 mm gemessen wurden, war in den Folgejahren der Juli mit 93,2 mm (2008) und 93,6 mm (2009) der regenreichste Monat. Ab August nahmen die Niederschläge in allen drei Jahren ab. 2008 lag das Augustmittel mit 74,4 mm und das Septembermittel mit 72,7 mm deutlich über denen der Jahre 2007 und 2008. Aufgrund dieser beiden regenreichen Monate war 2008 das Jahresmittel mit 68,3 mm Niederschlag höher als 2007 mit 54,4 mm und 2009 mit 52,9 mm. Im August 2009 wurde die geringste Niederschlagsmenge mit 18,6 mm gegenüber August 2007 (54,4 mm) und 2008 (74,4 mm) gemessen. Folglich war das Jahresmittel der

Niederschlagsmenge 2009 mit 52,9 mm wesentlich geringer als 2007 und 2008. Dennoch unterschieden sich die Jahresmittel nicht signifikant (Tukey (HSD): $\alpha = 0,05$).

Um zu überprüfen, ob die Klimafaktoren einen Einfluss auf die Individuenverteilung von *F. auricularia* in der Rebanlage haben, wurde eine Redundanzanalyse durchgeführt. Für das Verfahren wurden die Monatsmittel der Individuenzahlen verwendet, die von 2007 bis 2009 am Boden und in der Laubwand von 13 verschiedenen Rebsorten in einer Neustädter Sortenmix-Anlage ermittelt wurden. Die p-Werte der RDA-Forward-Selection ($\alpha = 0,05$) sind in der Tabelle 21 aufgeführt.

Tabelle 21: Ergebnisse der RDA-Forward-Selection aus den im Boden- und Laubwandbereich ermittelten Individuenzahlen von *F. auricularia* sowie den Lufttemperaturen, den relativen Luftfechtigkeiten und den Niederschlagsmengen 2007 bis 2009. Der p-Wert zeigt, ob der jeweilige Umweltfaktor den Artdatensatz signifikant ($\alpha = 0,05$) erklärt. Die Art- und Umweltmatrizen wurden einer Logarithmus-Transformation unterzogen.

Artmatrix (Individuenzahlen)	Umweltmatrix (Klimafaktoren)	p-Wert
Individuenzahl im Bodenbereich 2007	Lufttemperatur (°C) 2007	0,007
Individuenzahl im Bodenbereich 2007	relative Luftfeuchtigkeit (%) 2007	0,417
Individuenzahl im Bodenbereich 2007	Niederschlagsmenge (mm) 2007	0,135
Individuenzahl im Laubwandbereich 2007	Lufttemperatur (°C) 2007	0,002
Individuenzahl im Laubwandbereich 2007	relative Luftfeuchtigkeit (%) 2007	0,621
Individuenzahl im Laubwandbereich 2007	Niederschlagsmenge (mm) 2007	0,437
Individuenzahl im Bodenbereich 2008	Lufttemperatur (°C) 2008	0,012
Individuenzahl im Bodenbereich 2008	relative Luftfeuchtigkeit (%) 2008	0,744
Individuenzahl im Bodenbereich 2008	Niederschlagsmenge (mm) 2008	0,578
Individuenzahl im Laubwandbereich 2008	Lufttemperatur (°C) 2008	0,302
Individuenzahl im Laubwandbereich 2008	relative Luftfeuchtigkeit (%) 2008	0,016
Individuenzahl im Laubwandbereich 2008	Niederschlagsmenge (mm) 2008	0,456
Individuenzahl im Bodenbereich 2009	Lufttemperatur (°C) 2009	0,701
Individuenzahl im Bodenbereich 2009	relative Luftfeuchtigkeit (%) 2009	0,821
Individuenzahl im Bodenbereich 2009	Niederschlagsmenge (mm) 2009	0,174
Individuenzahl im Laubwandbereich 2009	Lufttemperatur (°C) 2009	0,351
Individuenzahl im Laubwandbereich 2009	relative Luftfeuchtigkeit (%) 2009	0,962
Individuenzahl im Laubwandbereich 2009	Niederschlagsmenge (mm) 2009	0,387

2007 hatte die Lufttemperatur demnach einen signifikanten Einfluss auf die Individuenverteilung in der Laubwand. 2008 beeinflusste die Lufttemperatur die Individuenverteilung am Boden signifikant. Weiterhin hatte 2008 die Luftfeuchtigkeit einen signifikanten Einfluss auf die Individuenverteilung in der Laubwand. 2009 hat sich gezeigt, dass keiner der drei Klimaparameter einen statistisch abgesicherten Einfluss auf die Individuenverteilung hatte. Obwohl die Redundanzanalyse keinen signifikanten Einfluss der Niederschlagsmenge auf die Individuenverteilung im Boden- und Laubwandbereich

errechnet hat, wurden während des Dauermonitorings veränderte Verhaltensweisen von *F. auricularia* auf Starkregen- und Hagelereignisse beobachtet.

Starkregen

Starkregen ist ein Niederschlag hoher Intensität pro Zeiteinheit (LESER et al. 1997). Mehrjährige Pflanzenschutzmittel-Rückstandsmessungen des Sachgebiets Analytik der Abteilung Phytomedizin des DLR-Rheinpfalz haben ergeben, dass Starkregen im Neustädter Raum mit einer Niederschlagsmenge von 10 mm innerhalb einer halben Stunde definiert ist (Dr. Bernd Altmayer, DLR-Rheinpfalz Neustadt-Weinstraße, persönliche Mitteilung). 2007 ging ein Starkregenereignis am 19. Juli in die Auswertung ein. Innerhalb einer halben Stunde (10.10 bis 10.40 Uhr) wurde eine Niederschlagsmenge von 17,1 mm gemessen.

In Tabelle 22 sind die mittleren Individuenzahlen für die Fangperioden vor und nach dem Starkregen aufgelistet und für 13 Rebsorten in Boden- und Laubwandbereich aufgeteilt.

Tabelle 22: Mittlere Individuenzahlen von zwei Fangperioden ohne Starkregen und einer Fangperiode mit Starkregen, im Boden- und Laubwandbereich von 13 Rebsorten einer Sortenmix-Anlage, Neustadt-Mußbach 2007.

Rebsorte	Individuenzahl/Fälle 03.07.-10.07.07 OHNE STARKREGEN	Individuenzahl/Fälle 17.07.-24.07.07 MIT STARKREGEN	Individuenzahl/Fälle 31.07.-07.08.07 OHNE STARKREGEN
LAUBWANDBEREICH			
Helios	64	116	20
Cabernet Blanc	43	65	10
Goldmuskateller	97	129	21
Pinotin	106	121	46
Reberger	112	123	28
Rubinet	70	100	15
Lagrein	54	101	19
Tempranillo	112	160	23
Riesling	104	38	18
Viognier	115	61	12
VB 91-26-5	69	64	26
Spätburgunder	91	51	26
Rosenmuskateller	19	50	36
BODENBEREICH			
Helios	8	21	3
Cabernet Blanc	11	13	0
Pinotin	10	14	1
Lagrein	7	18	4
Tempranillo	9	12	3
Rosenmuskateller	12	13	5
Riesling	19	17	3
Viognier	20	5	6
Goldmuskateller	22	10	6
VB 91-26-5	16	13	4
Reberger	14	7	1
Rubinet	13	7	3
Spätburgunder	5	1	1

Die Ergebnisse für den Laubwandbereich zeigen, dass in acht von 13 Rebsorten die Ohrwürmer auf den Starkregen reagierten, indem sich die Insekten von der stark durchnässten Laubwand in die trockenen Bambusfallen zurückzogen. Als Folge stiegen die Fangzahlen im Vergleich zur vorhergehenden und zur nachfolgenden Fangperiode in den Sorten Helios, Cabernet Blanc, Goldmuskateller, Pinotin, Reberger, Rubinet, Lagrein und Tempranillo stark an (Tabelle 22: Laubwandbereich - hellblau unterlegt). Durch die zum Teil extrem nasse Laubwand wanderten einige Individuen nicht in die Bambusfallen sondern in die trockeneren Oberbodenschichten ab, wodurch in sechs von 13 Rebsorten die Fangzahlen in den Bodenfallen zunahmen (Tabelle 22: Bodenbereich - hellblau unterlegt). Jedoch war der Effekt des Starkregens auf *F. auricularia* am Boden nicht so deutlich ausgeprägt wie in der Laubwand, denn nur in der Bodenzone der Reihen Helios und Lagrein wurden nach dem Niederschlag mehr als doppelt so viele Individuen in den Barberfallen erfasst.

Hagelschauer

In den Abendstunden des 29. Juli 2008 gingen starke Hagelschauer im Raum Neustadt-Mußbach nieder, die in den betroffenen Rebanlagen teilweise eine bis zu 70%ige Entblätterung der Laubwand und starke Traubenschädigungen verursachten. Da während dieser Zeit das Dauermonitoring in der Sortenmix-Anlage in Neustadt-Mußbach lief, konnte beobachtet werden, wie sich Hagelschauer auf das Verhalten von *F. auricularia* im Rebstock auswirken.

Die Ergebnisse sind am Beispiel der Rebsorten Riesling und Spätburgunder dargestellt. In Abbildung 83 wird deutlich, dass im Fangzeitraum mit Hagelschauer von 28.07. bis 04.08.08 mehr Individuen in der Laubwand mit Bambusfallen erfasst wurden als in der Fangperiode vor dem Hagel von 14.07. bis 21.07.08 und nach dem Hagel von 11.08. bis 18.08.07.

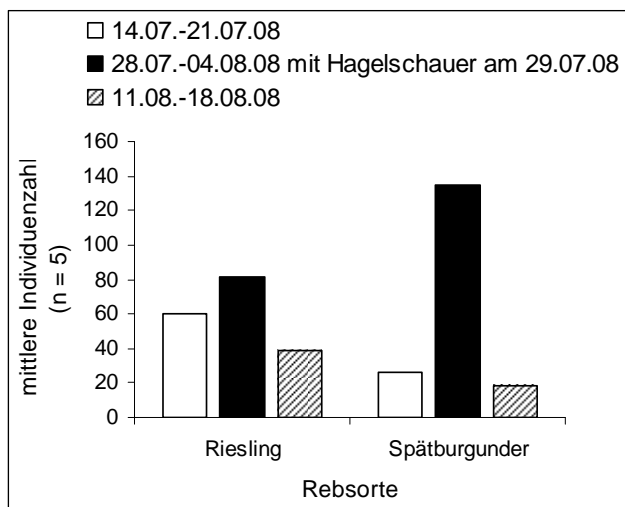


Abbildung 83: Vergleich der Individuenzahlen von *F. auricularia* in der Bambusfalle von Riesling- und Spätburgunder-Reben vor und nach einem Hagelschauer, Neustadt-Mußbach 2008.

In der Laubwand der Rebsorte Riesling stieg die Fangzahl direkt nach dem Hagel auf durchschnittlich 82 Tiere pro Falle an. In den Fangperioden ohne Hagel wurden im Durchschnitt lediglich 60 (14.07. bis 21.07.08) und 39 (11.08. bis 18.08.07) Ohrwürmer mit der Fangeinheit erfasst. In Spätburgunder-Reben wurden vor dem Hagel durchschnittlich 26 Individuen pro Bambusfalle registriert. Nach dem Hagelschauer stieg die durchschnittliche Fangzahl in der Falle auf 134 Tiere an. In der darauf folgenden Fangperiode ohne Hagel wurden mit durchschnittlich 18 Ohrwürmern pro Falle wieder ähnlich niedrige Fangzahlen wie vor dem Hagelschauer ermittelt.

Aus Abbildung 84 ist ersichtlich, dass im Bodenbereich der Riesling- und Spätburgunder-Reben im Erfassungszeitraum mit Hagelschauer von 28.07. bis 04.08.08 die Fangzahlen in den Barberfallen stark anstiegen. Am Boden des Riesling-Transekts wurden nach dem Hagel durchschnittlich 26 Individuen pro Falle erfasst. In den Fangperioden ohne Hagel befanden sich im Mittel vier (14.07. bis 21.07.08) und acht (11.08. bis 18.08.07) Ohrwürmer in einer Barberfalle. Im Bodenbereich der Spätburgunder-Reben stieg die Fangzahl nach dem Hagelschauer auf drei Tiere pro Falle an, während in den Fangperioden ohne Hagel keine Ohrwürmer am Boden der Rebstöcke gefangen wurden.

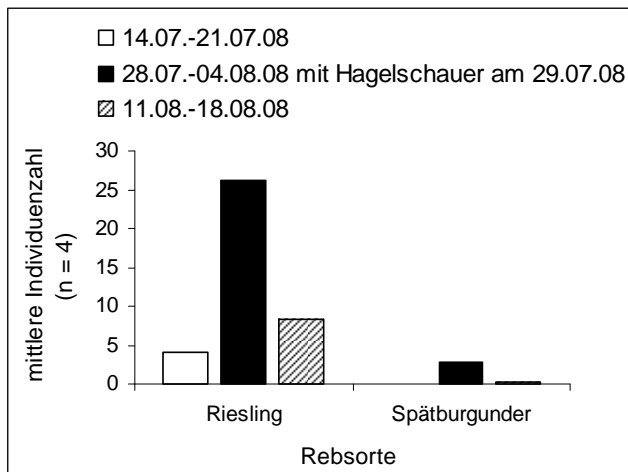


Abbildung 84: Vergleich der Individuenzahlen von *F. auricularia* am Boden von Riesling- und Spätburgunder-Reben vor und nach einem Hagelschauer, Neustadt-Mußbach 2008.

Da vom Hagelschauer auch andere Versuchsfelder betroffen waren, veränderten sich auch in diesen Feldstudien die Fangzahlen am Boden und in der Laubwand. Die Auswirkungen des Hagelereignisses können im Kapitel 3.2.4 (Abbildung 74, Seite 108) und im Kapitel 3.2.5, (Abbildungen 76 und 77, Seite 110/111) eingesehen werden.

Mikroklima

Zusätzlich zu den bereits aufgeführten Makroklimafaktoren wurde überprüft, inwieweit das Mikroklima innerhalb einer Rebanlage die Individuenverteilung von *F. auricularia* bestimmt. Berechnungsgrundlage für die Redundanzanalyse waren die Monatsmittel der Individuenzahlen, die am Boden und in der Laubwand von 13 Rebsorten in einer Neustädter Sortenmix-Anlage 2008 und 2009 ermittelt wurden, sowie die flächenspezifischen

Lufttemperaturen und Luftfeuchten beider Jahre. 2007 konnte nicht ausgewertet werden, da in diesem Jahr keine mikroklimatischen Messungen per Datenlogger aufgezeichnet wurden. Die p-Werte der RDA-Forward-Selection ($\alpha = 0,05$) in Tabelle 23 machen deutlich, dass die mikroklimatische Lufttemperatur im Jahr 2008 einen signifikanten Einfluss auf die Individuenverteilung am Boden und in der Laubwand der Rebstöcke hatte. Alle weiteren Parameter beeinflussten die Ohrwurm-Dichten im Boden- und Laubwandbereich der Reben nicht.

Tabelle 23: Ergebnisse der RDA-Forward-Selection aus den im Boden- und Laubwandbereich ermittelten Individuenzahlen von *F. auricularia* sowie der mikroklimatischen Lufttemperatur (in °C) und der mikroklimatischen Luftfeuchtigkeit (in %). Der p-Wert zeigt, ob der jeweilige Umweltfaktor den Artdatensatz signifikant ($\alpha = 0,05$) erklärt. Die Art- und Umweltmatrizen wurden einer Logarithmus-Transformation unterzogen.

Artmatrix (Individuenzahlen)	Umweltmatrix (Klimafaktoren)	p-Wert
Individuenzahl im Bodenbereich 2008	Lufttemperatur 2008	0,012
Individuenzahl im Laubwandbereich 2008	Lufttemperatur 2008	0,005
Individuenzahl im Bodenbereich 2008	relative Luftfeuchtigkeit 2008	0,790
Individuenzahl im Laubwandbereich 2008	relative Luftfeuchtigkeit 2008	0,750
Individuenzahl im Bodenbereich 2009	Lufttemperatur 2009	0,772
Individuenzahl im Laubwandbereich 2009	Lufttemperatur 2009	0,297
Individuenzahl im Bodenbereich 2009	relative Luftfeuchtigkeit 2009	0,153
Individuenzahl im Laubwandbereich 2009	relative Luftfeuchtigkeit 2009	0,081

Um den Sachverhalt zu verdeutlichen, wurden die Individuenzahlen am Beispiel der Rebsorten Riesling und Spätburgunder in Abhängigkeit von der Lufttemperatur 2008 in den Abbildungen 85 und 86 aufgetragen. Die Temperaturgraphen beider Diagramme zeigen 2008 zwei kühlere Perioden („Kältephasen“) vom 14.07. bis 21.07.08 und 11.08. bis 18.08.08. Die Wochenmittel-Temperatur sank in der ersten Kühleperiode von 21 °C auf 18 °C und in der zweiten von 23 °C auf 18 °C ab.

Abbildung 85 zeigt, dass in den kühlen Perioden die Aktivität der Ohrwürmer am Boden im Vergleich zum vorhergehenden warmen Zeitraum deutlich abnahm. Während im Riesling-Transekt zwei Wochen vor den Kühleperioden durchschnittlich 16 bis 26 Tiere pro Quadratmeter erfasst wurden, verringerten sich während des Kälteeinbruchs die Dichten auf durchschnittlich vier bis acht Ohrwürmer pro Quadratmeter Bodenfläche. Im Bodenbereich der Rebsorte Spätburgunder wurden zwei Wochen vor Einbruch des kühlen Klimas durchschnittlich drei beziehungsweise vier Individuen je Quadratmeter gefangen. In den Kühlephasen waren keine Ohrwürmer auf der Bodenoberfläche des Spätburgunder-Transekts aktiv.

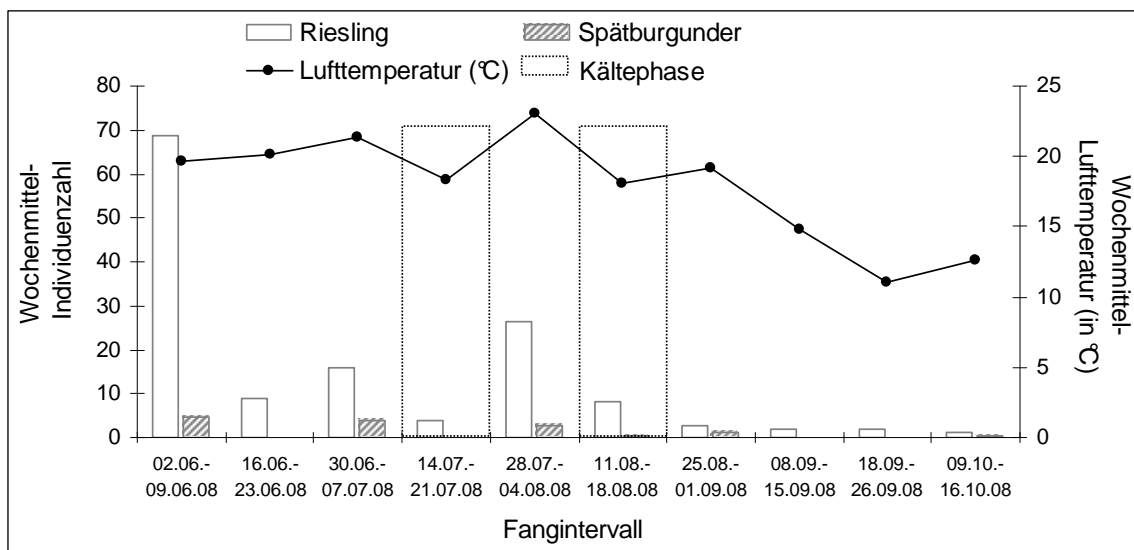


Abbildung 85: Vergleich der Wochenmittel-Individuenzahlen von *F. auricularia* am Boden von Riesling- und Spätburgunder-Reben in Abhängigkeit von der Lufttemperatur (in °C), Neustadt-Mußbach 2008.

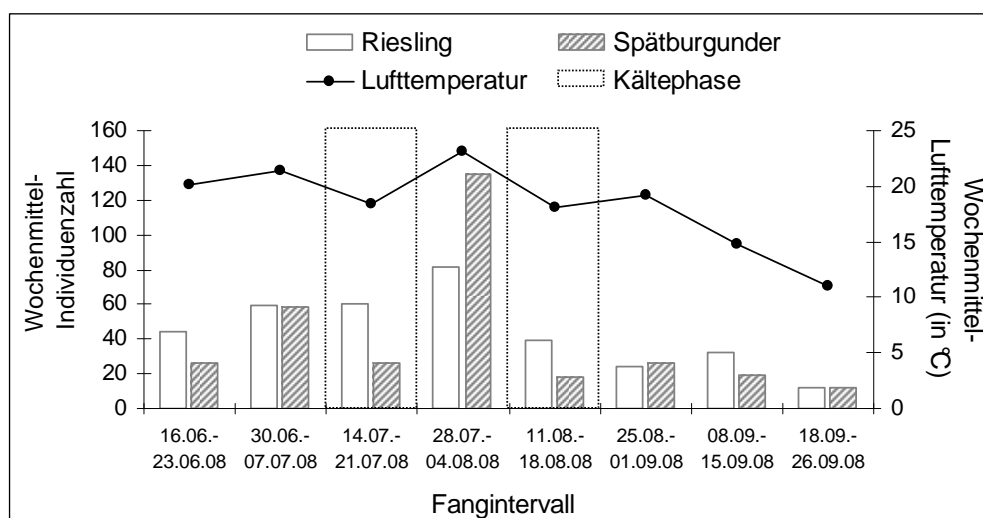


Abbildung 86: Vergleich der Wochenmittel-Individuenzahlen von *F. auricularia* in der Laubwand von Riesling- und Spätburgunder-Reben in Abhängigkeit von der Lufttemperatur (in °C), Neustadt-Mußbach 2008.

Aus Abbildung 86 ist ersichtlich, dass in der Laubwand der Rebsorte Spätburgunder die Fangzahlen mit durchschnittlich 18 bis 26 Tieren pro Rebe während der Kühlephasen deutlich zurückgingen. In den vorangegangenen Fangperioden mit wärmeren Temperaturen wurden in der Laubwand durchschnittlich 58 bis 134 Ohrwürmer erfasst. Im Laubwandbereich des Riesling-Transekts wurde ein Rückgang der Individuenzahlen nur in der zweiten Kältephase von 11.08. bis 18.08.08 nachgewiesen. Dabei verringerten sich die Dichten in der Laubwand von 82 auf 39 Tiere pro Rebe.

3.3. Nestkartierung

Die Untersuchungen zur Brut- und Überwinterungsbiologie von *F. auricularia* wurden im gesamten Oberboden einer Sortenmix-Anlage von Dezember 2007 bis Mai 2008 und von April 2009 bis Mai 2009 durchgeführt. Aufgrund der umfangreichen Datenerhebungen sind die Ergebnisse in folgende Themenkomplexe aufgeteilt: Nestparameter in Abhängigkeit der räumlichen Verteilung, Vegetationsdeckung, Bodenbewurzelung und Bodenbeschaffenheit.

Nestkartierung 2007/2008 - Nestparameter in Abhängigkeit der räumlichen Verteilung

Die Ergebnisse in Abbildung 87 und 88 geben einen Überblick zur räumlichen Verteilung der überwinternden Individuen und der Nester. Die räumliche Verteilung ergibt sich aus dem jeweiligen Grabungsort in der Rebanlage: begrünte Gasse, Unterstockbereich, unbegrünte Gasse. Der statistische Vergleich basiert auf den mittleren Individuenzahlen beziehungsweise den mittleren Nestanzahlen von jeweils 100 Stichproben an den drei Grabungsorten.

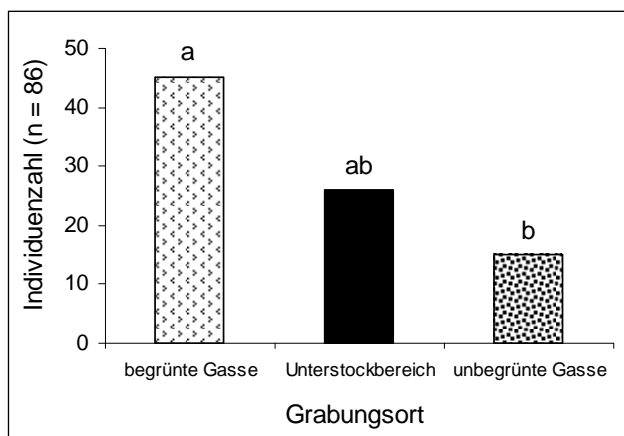


Abbildung 87: Räumliche Verteilung der überwinternden *Forficula*-Weibchen in begrünten und unbegrünten Gassen sowie im Unterstockbereich einer Sortenmix-Anlage, Neustadt-Mußbach 2007/2008; a, ab, b - Signifikanzgruppen nach Tukey (HSD): $\alpha = 0,05$, die auf logarithmierten Werten basieren.

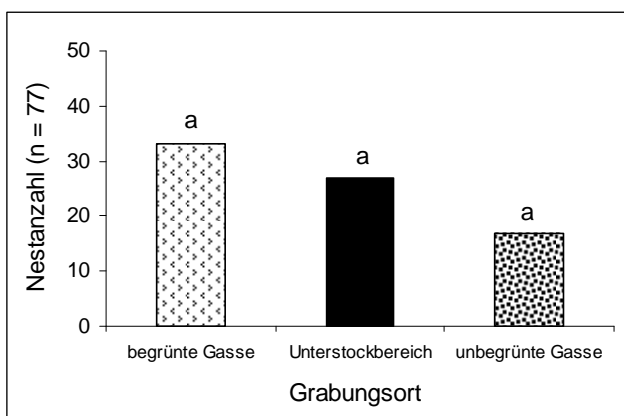


Abbildung 88: Räumliche Nestverteilung von *F. auricularia* in begrünten und unbegrünten Gassen sowie im Unterstockbereich einer Sortenmix-Anlage, Neustadt-Mußbach 2007/2008; a - Signifikanzgruppe nach Tukey (HSD): $\alpha = 0,05$, die auf logarithmierten Werten basiert.

In den begrünten Gassen wurde sowohl mit 45 Weibchen die höchste Anzahl an überwinternden Individuen als auch mit 33 Gelegen die höchste Nestanzahl ermittelt. Im Unterstockbereich unter den Reben überwinternten mit 26 Weibchen weniger Tiere. In diesem Bereich befanden sich nur 27 Nester. Auffällig war, dass alle im Unterstockbereich

gefundenen Gelege in der Randzone zur begrünten Gasse lagen. In den unbegrünten Gassen wurden mit 15 Weibchen und 17 Gelegen die geringste Individuen- und Nestanzahl im Vergleich zu den begrünten Gassen und zum Unterstockbereich ermittelt. Die Anzahl überwinternder Weibchen nahm von der begrünten zur unbegrünten Gasse signifikant ab (Tukey (HSD): $\alpha = 0,05$). Zwischen den Nestanzahlen der begrünten und unbegrünten Gasse sowie des Unterstockbereiches wurden keine statistisch abgesicherten Unterschiede errechnet. In den Abbildungen 87 und 88 wird deutlich, dass die Individuen- und Nestverteilung einem abnehmenden Gradienten von begrünter Gasse über den Unterstockbereich zur unbegrünten Gasse folgt. Ausnahmslos wurden nur überwinternde Weibchen und keine überwinternden Männchen bei den Grabungen aufgefunden. Unmittelbar neben den Weibchen befand sich in der Regel das dazugehörige Gelege. Unabhängig vom Nestfundort lagen nie mehrere Nester direkt nebeneinander, sondern wiesen einen Abstand von mindestens 20 cm zueinander auf.

Zusätzlich zur Nestverteilung in der Versuchsfläche wurden für jeden Nestfundort die Nesttiefe und die Anzahl der Eier beziehungsweise die Anzahl der Larven im Nest bestimmt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 24 zusammengefasst.

Tabelle 24: Nesttiefe und Eianzahl pro Nest für *F. auricularia* in einer Sortenmix-Anlage, Neustadt-Mußbach 2007/2008.

Nestparameter	begrünte Gasse	Unterstockbereich	unbegrünte Gasse
Nesttiefe - Mittelwert (in cm)	4	7	7
Nesttiefe - Minimalwert (in cm)	1	1	1
Nesttiefe - Maximalwert (in cm)	15	20	16
Eianzahl pro Nest - Mittelwert	16	16	13
Eianzahl pro Nest - Minimalwert	1	1	1
Eianzahl pro Nest - Maximalwert	46	40	30

In den begrünten Gassen wiesen die gefundenen Gelege mit durchschnittlich mit 4 cm die geringste Nesttiefe auf. Im Unterstockbereich und in den unbegrünten Bereichen lagen die Nester im Durchschnitt bei 7 cm. Die minimale Nesttiefe war mit 1 cm in allen drei Zonen gleich. Die maximale Nesttiefe in den begrünten Abschnitten betrug 15 cm, im Unterstockbereich 20 cm und in den unbegrünten Gassen 16 cm.

Die Nester in den begrünten Bereichen und im Unterstockbereich wiesen mit durchschnittlich 16 Eiern pro Gelege höhere Eianzahlen auf als die Nester in den unbegrünten Gassen, in denen sich durchschnittlich 13 Eier befanden. In der begrünten Gasse wurde das größte Nest mit 46 Eiern gefunden. Im Unterstockbereich betrug die maximale Eianzahl 40 Eier pro Nest und in der unbegrünten Gasse 30 Eier pro Gelege. In allen drei Zonen befanden sich jedoch auch kleine Nester mit nur einem Ei.

Nestkartierung 2007/2008 - Vegetationsdeckung

Zusätzlich zu den Individuen- und Nestanzahlen wurden an jedem der 300 Grabungsorte die in der Tabelle 25 aufgeführten Umweltparameter bestimmt, um den potenziellen Einfluss der Vegetationsdeckung auf das Überwinterungs- und Brutverhalten des Ohrwurms zu überprüfen. Durch die Verrechnung der Weibchen- und Nestanzahlen mit den Umweltvariablen mittels RDA-Forward-Selection ($\alpha = 0,05$) wurden die Umweltparameter ermittelt, die einen signifikanten Einfluss auf die räumliche Weibchen- und Nestverteilung hatten.

Tabelle 25: Ergebnisse der RDA-Forward-Selection aus den Ei- und Weibchenanzahlen pro Nest sowie den Bodenvariablen der Nestkartierung mit 300 Stichproben, Neustadt-Mußbach 2007/2008. Der p-Wert zeigt, ob der jeweilige Umweltfaktor den Artdatensatz signifikant ($\alpha = 0,05$) erklärt.

Artmatrix (Ei- und Weibchenanzahl)	Umweltmatrix (Bodenfaktoren)	p-Wert
Eianzahl pro Nest + Weibchen pro Nest	Rohboden ohne Begrünung	0,039
Eianzahl pro Nest + Weibchen pro Nest	Begrünung mit Löwenzahn (<i>Taraxacum officinale</i>)	0,049
Eianzahl pro Nest + Weibchen pro Nest	Begrünung mit Sternmiere (<i>Stellaria media</i>)	0,178
Eianzahl pro Nest + Weibchen pro Nest	Begrünung mit Graseinsaat (<i>Elytrigia, Bromus, Hordeum</i>)	0,210
Eianzahl pro Nest + Weibchen pro Nest	Begrünung mit Ackerwinde (<i>Convolvulus arvensis</i>)	0,536

Die p-Werte in Tabelle 25 zeigen, dass die Bodenfaktoren „Rohboden ohne Begrünung“ und „Begrünung mit Löwenzahn (*Taraxacum officinale*)“ die Weibchen- und Nestverteilung in den begrünten und unbegrüntem Gassen sowie im Unterstockbereich signifikant beeinflussen.

Die Zusammenhänge zwischen der standortspezifischen Nestverteilung („Nester“), der Weibchenverteilung („Adulte“) und der Begrünung mit Löwenzahn („Begrünung-Taraxacum“) und Rohboden ohne Begrünung („Rohboden“) sind im RDA-Triplot in der Abbildung 89 aufgeführt.

Im Triplot wird deutlich, dass sich alle Grabungspunkte (graue Quadrate) der begrüntem Gassen um den Vektor „Begrünung-Taraxacum“ gruppieren, der die gesamte linke Hälfte des Triplots einnimmt. Nur wenige Grabungspunkte der unbegrüntem Gassen (schwarze Quadrate) und der Unterstockbereiche (weiße Dreiecke) ordnen sich ebenfalls um den Vektor „Begrünung-Taraxacum“ an. Die Gruppierung resultiert einerseits aus den Deckungsgraden des Gemeinen Löwenzahns, der in der Rebanlage am häufigsten vorkommenden Begrünungspflanze. Löwenzahn dominierte an allen Grabungsorten in den begrüntem Gassen und wurde als mehrjährige Dauerbegrünung nur abgemulcht, so dass keine Störung im Oberbodenbereich stattfand. Vereinzelt trat diese Pflanze auch im Unterstockbereich und in der Winterbegrünung der unbegrüntem Gassen auf.

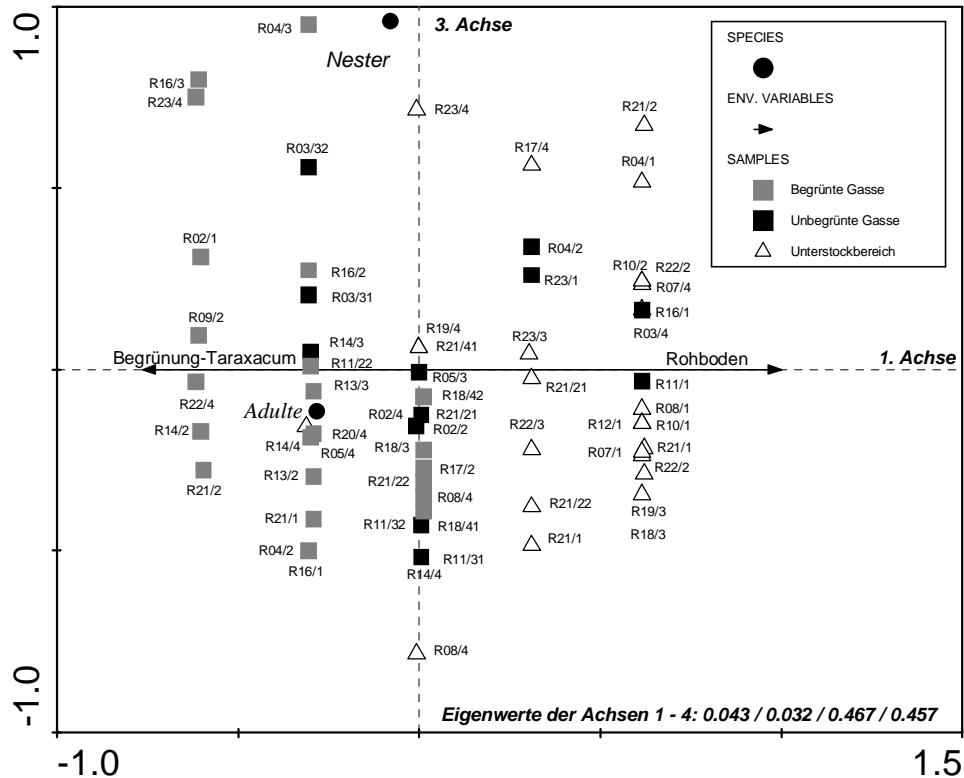


Abbildung 89: Triplot der Redundanzanalyse der ersten und dritten Achse, in dem die Grabungsorte (begrünte Gasse, unbegrünte Gasse, Unterstockbereich), die Weibchen- und Nestzahlen und die mittels RDA-Forward-Selection: $\alpha = 0,05$ bestimmten signifikanten Umweltparameter („Begrünung-Taraxacum“, „Rohboden“) dargestellt sind, Neustadt-Mußbach 2007/2008.

In der rechten Hälfte des Triplots gruppieren sich überwiegend Grabungspunkte der Unterstockbereiche und der unbegrünten Gassen um den Vektor „Rohboden“. Grund hierfür ist die geringere Vegetationsdeckung mit Löwenzahn an diesen Grabungsorten. In den unbegrünten Gassen konnte sich Löwenzahn aufgrund der mehrmals im Jahr durchgeführten Oberbodenbearbeitung nicht dauerhaft etablieren. Im Unterstockbereich wurde durch den Einsatz von Herbiziden der Aufwuchs von Begrünpflanzen unterbunden. Die Gruppierung der Grabungspunkte wird nicht nur durch den Einfluss der Umweltvariablen „Begrünung-Taraxacum“ und „Rohboden“ hervorgerufen, sondern auch durch die Anzahl gefundener Individuen und Nester in den begrüntem und unbegrüntem Bereichen sowie in den Unterstockbereichen. Aus der Lage des Individuenpunktes „Adulte“ und des Nestpunktes „Nester“ kann der Zusammenhang zum Grabungsort und zum bevorzugten Umweltfaktor hergestellt werden. Da sich die Punkte „Adulte“ und „Nester“ ebenfalls im linken Diagrammbereich um den Vektor „Begrünung-Taraxacum“ gruppieren, ist anzunehmen, dass sich die Auswahl des Neststandortes und des Überwinterungsquartiers der Weibchen nach dem Deckungsgrad des Löwenzahns richtet.

Nestkartierung 2007/2008 - Bodenbewurzelung

Neben der Vegetationsdeckung wurden an allen 300 Grabungsorten auch die Wurzeln der Begrünpflanzen und weitere Bodenstrukturen, wie zum Beispiel Mauselöcher, bestimmt. Bei Probegrabungen im Vorfeld der Nestkartierung hat sich gezeigt, dass sich viele Gelege an beziehungsweise zwischen Pflanzenwurzeln befanden.

Aus Abbildung 90 ist ersichtlich, dass 78 % aller Nester an oder zwischen Wurzeln von Begrünpflanzen gefunden wurden. 39 % der ausgegrabenen Nester lagen direkt an oder zwischen den kräftigen und bis zu 20 cm langen Pfahlwurzeln des Gemeinen Löwenzahns. 12 % der Nester wurden in den feinen Büschelwurzeln der Vogel-Sternmiere (*Stellaria média* (LINNAEUS) VILLARS 1789) und 11 % der Nester in verschiedenen Graswurzeln sowie an Rebwurzeln angelegt. An den dünnen langen Wurzeln der Ackerwinde (*Convolvulus arvensis* LINNAEUS 1753) befanden sich 5 % aller Nester. Neben Pflanzenwurzeln wurden auch die unterirdischen Gangsysteme der Feldmaus (*Microtus arvalis* PALLAS 1778) zu 3 % in den Nestbau integriert. 19 % der kartierten Nester lagen im offenen, unbewurzelten Rohboden.

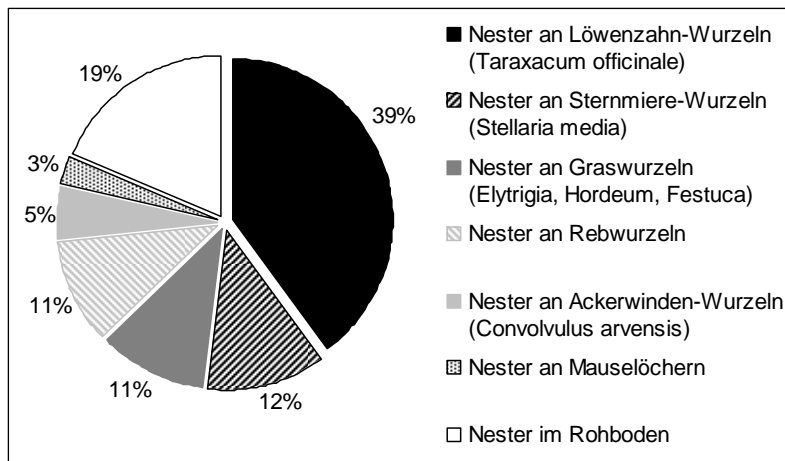


Abbildung 90: Prozentuale Nestverteilung von *F. auricularia* an und in verschiedenen Bodenstrukturen in einer Sortenmix-Anlage, Neustadt-Mußbach 2007/2008.

Nestkartierung 2007/2008 - Bodenbeschaffenheit:

Probegrabungen im Vorfeld der Nestkartierung ergaben, dass nicht nur die Wurzelsysteme den Nestbau von *F. auricularia* beeinflussen, sondern auch die Bodenbeschaffenheit mit der Bodenstruktur und dem prozentualen Durchwurzelungsgrad.

Abbildung 91 zeigt, dass sich 52 % aller Nester im lockeren Boden mit einem Durchwurzelungsgrad von mehr als 50 % befanden. Während der Grabungen wurde festgestellt, dass insbesondere die starken und langen Pfahlwurzeln des Löwenzahns den Oberboden bis in eine Tiefe von 20 cm stark durchwurzeln. Aufgrund der starken Durchwurzelung bleibt das Bodengefüge locker und es bilden sich Spalten und Hohlräume aus. In lockeren Böden, die weniger als 50 % durchwurzelt waren, betrug der Nestanteil 25 %. Im verdichteten Boden mit einer Durchwurzelung von mehr als 50 % wurden 15 %

aller Nester gefunden. In verdichteten Böden mit einer Durchwurzelung von weniger als 50 % wurden mit 8 % die wenigsten Gelege erfasst. Verdichtete Bodenbereiche kamen sowohl in den dauerbegrüntem, als auch in den unbegrüntem Gassen vor. In den dauerbegrüntem Gassen entstehen Verdichtungen im Bodengefüge durch die regelmäßige Fahraktivität und die fehlende Bodenbearbeitung. In den unbegrüntem Gassen führt die lückige Vegetationsschicht mit der geringen Durchwurzelung dazu, dass sich kaum Spalten und Hohlräume im Boden bilden und somit Verdichtungen im Boden entstehen.

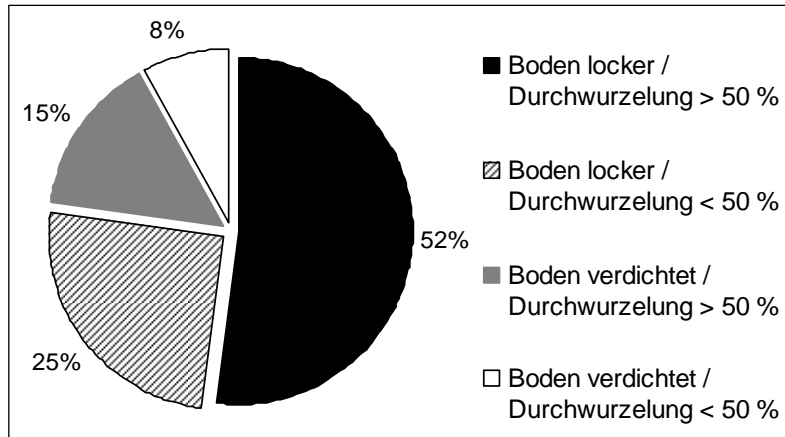


Abbildung 91: Prozentuale Nestverteilung von *F. auricularia* in Abhängigkeit von der Beschaffenheit und der Durchwurzelung des Bodens in einer Sortenmix-Anlage, Neustadt-Mußbach 2007/2008.

Nestkartierung 2009 - Nestparameter in Abhängigkeit der räumlichen Verteilung

Eine zweite Nestkartierung fand vom 6. April bis 11. Mai 2009 in einer Neustädter Sortenmix-Anlage statt. In die Auswertung für die Nestkartierung 2009 wurden 60 Grabungen aus den dauerbegrüntem Gassen und zwölf Grabungen aus den unbegrüntem Gassen mit Ölrettich-Winterbegrünung einbezogen. Aufgrund der unterschiedlichen Anzahl an Grabungen in den begrüntem und unbegrüntem Gassen mit Winterbegrünung wurden die Ergebnisse zur Verteilung der Weibchen und Männchen in Nestern nur tabellarisch zusammengefasst.

Tabelle 26: Verteilung der Weibchen und Männchen in Nestern in dauerbegrüntem Gassen und unbegrüntem Gassen mit Winterbegrünung einer Sortenmix-Anlage, Neustadt-Mußbach 2009.

Nestparameter	begrünte Gasse mit Dauerbegrünung (n = 60)	unbegrünte Gasse mit Winterbegrünung (n = 12)
Nester mit ♀	9	1
Nester mit ♀ und ♂	3	0
Nester ohne ♀	5	3
nur ♀ am Grabungsort	3	0

In Tabelle 26 ist ersichtlich, dass in den dauerbegrüntem Gassen mit 17 Gelegen die Nestanzahl deutlich höher war als in den unbegrüntem Gassen mit Winterbegrünung, in denen lediglich vier Nester gefunden wurden. In den Bereichen mit Dauerbegrünung befanden sich in zwölf von 17 Nestern überwinterte Weibchen. Bei drei der mit Weibchen besetzten Gelege wurden in der unmittelbaren Umgebung auch überwinterte Männchen

nachgewiesen. Während sich in den dauerbegrünten Abschnitten drei weitere Weibchen ohne Nest befanden, wurden in den unbegrünten Gassen keine überwinternden Weibchen erfasst. In den unbegrünten Bereichen mit Ölrettich-Winterbegrünung befand sich in einem von vier Nestern ein Weibchen. Die aufgenommenen Werte in den unbegrünten Gassen sollten aufgrund der sehr geringen Anzahl an Stichproben unter Vorbehalt betrachtet werden. Zusätzlich zur Nest- und Individuenverteilung wurden für jeden Nestfundort die Nesttiefe und die Anzahl der Eier beziehungsweise die Anzahl der Larven im Nest bestimmt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 27 aufgeführt.

Tabelle 27: Nesttiefe und Eianzahl pro Nest für *F. auricularia* in einer Sortenmix-Anlage, Neustadt-Mußbach 2009.

Nestparameter	begrünte Gasse mit Dauerbegrünung (n = 60)	unbegrünte Gasse mit Winterbegrünung (n = 12)
Nesttiefe - Mittelwert (in cm)	9	2
Nesttiefe - Minimalwert (in cm)	2	1
Nesttiefe - Maximalwert (in cm)	20	2
Eianzahl pro Nest - Mittelwert	10	15
Eianzahl pro Nest - Minimalwert	1	10
Eianzahl pro Nest - Maximalwert	35	20

In den Gassen mit Dauerbegrünung betrug die mittlere Nesttiefe 9 cm, die maximale Nesttiefe 20 cm und die minimale Tiefe 2 cm. In den unbegrünten Abschnitten mit Winterbegrünung befanden sich die erfassten Nester unmittelbar unter der Erdoberfläche. Die durchschnittliche und maximale Nesttiefe betragen jeweils 2 cm und die geringste Nesttiefe lag bei 1 cm. Da in den unbegrünten Abschnitten nur zwölf Grabungen stattfanden, sollten die Ergebnisse unter Vorbehalt betrachtet werden.

Die Nester in den dauerbegrünten Bereichen wiesen durchschnittlich zehn Eier, maximal 35 Eier und minimal ein Ei auf. Die mittlere Eianzahl der Nester, die in den unbegrünten Gassen mit Ölrettich-Winterbegrünung angelegt wurden, lag mit 15 Eiern etwas über der der dauerbegrünten Abschnitte. In den Nestern der unbegrünten Gassen befanden sich maximal 20 Eier und minimal zehn Eier.

Nestkartierung 2009 - Bodenbewurzelung in dauerbegrünten Gassen

Auch bei der zweiten Nestkartierung wurden am Nestfundort die Wurzeln der Begrünungspflanzen und weitere Bodenstrukturen aufgenommen. Die Ergebnisse in Abbildung 92 basieren auf 17 Nestern, die bei 60 Grabungen in den dauerbegrünten Gassen gefunden wurden. 59 % aller Nester wurden an oder zwischen Wurzeln von Begrünungspflanzen angelegt. Wie auch bei der Nestkartierung 2007/2008 wurde mit 47 % der Großteil der Nester unmittelbar an oder zwischen den Pfahlwurzeln des Löwenzahns gefunden. Jeweils 6 % der Nester befanden sich zwischen Büschelwurzeln von Gräsern und

zwischen den verzweigten, sprossbürtigen Wurzeln der Geruchlosen Kamille (*Tripleurospermum perforatum* (MÉRAT DE VAUMARTOISE) M. LAINZ 1983). Während sich bei den Untersuchungen 2009 41 % aller Nester im Rohboden befanden, wurden bei der Nestkartierung 2007/2008 nur 19 % aller Gelege in unbegrünten Bereichen gefunden.

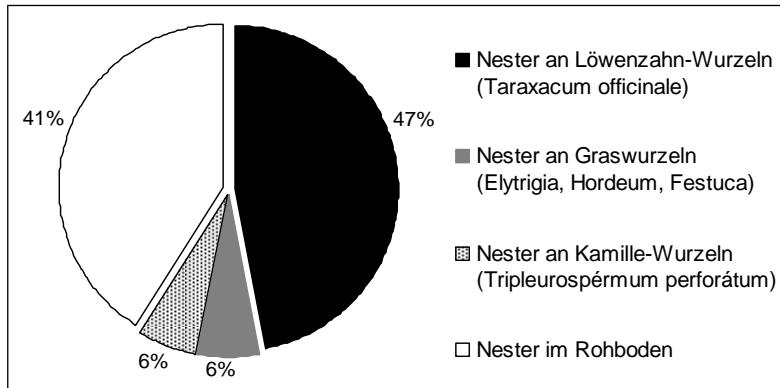


Abbildung 92: Prozentuale Nestverteilung von *F. auricularia* an und in verschiedenen Bodenstrukturen in dauerbegrünten Gassen einer Sortenmix-Anlage, Neustadt-Mußbach 2009.

Nestkartierung 2009 - Bodenbewurzelung in unbegrünten Gassen

In den unbegrünten Gassen mit Örettich-Winterbegrünung wurde bei vier von zwölf Grabungen ein Nest gefunden. Von den vier Nestern befand sich ein Gelege im Rohboden und die drei anderen Nester wurden direkt an oder zwischen Pflanzenwurzeln angelegt. Das erste Nest lag an der Wurzelzwiebel des Milchsterns (*Ornithogalum umbellatum* LINNAEUS 1753), das zweite in den Büschelwurzeln der Vogel-Sternmiere und das dritte in Quecken-Wurzeln. An den langen Pfahlwurzeln des Örettichs wurden keine Nester nachgewiesen.

Nestkartierung 2009 - Bodenbeschaffenheit in dauerbegrünten Gassen

In Anlehnung an die Nestkartierung 2007/2008 wurde an jedem Nestfundort außer den Begrünpflanzen auch die Bodenbeschaffenheit mit der Bodenstruktur und dem prozentualen Durchwurzelungsgrad bestimmt.

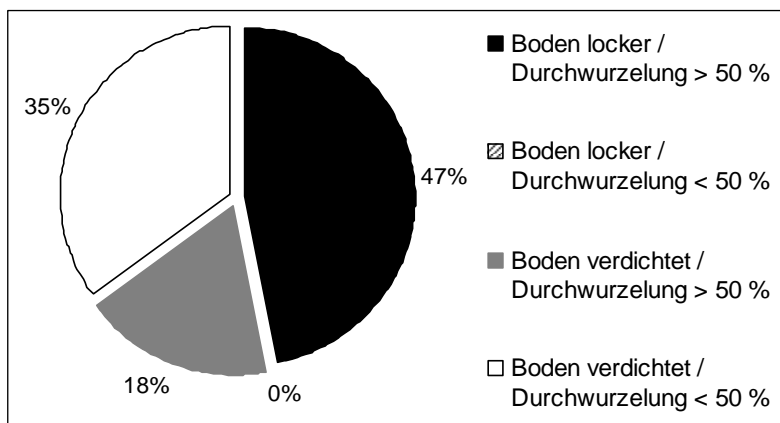


Abbildung 93: Prozentuale Nestverteilung von *F. auricularia* in Abhängigkeit von der Beschaffenheit und der Durchwurzelung des Bodens in dauerbegrünten Gassen einer Sortenmix-Anlage, Neustadt-Mußbach 2009.

Die Ergebnisse in Abbildung 93 beziehen sich auf 17 Nester, die bei 60 Grabungen in den dauerbegrünten Gassen nachgewiesen wurden. 47 % aller Nester wurden im lockeren Boden mit einem Durchwurzelungsgrad von mehr als 50 % angelegt. Die starke

Durchwurzelung ergab sich durch die Pfahlwurzeln des Löwenzahns. Aufgrund des Wurzelwerkes bleibt das Bodengefüge locker und es bilden sich Spalten und Hohlräume. In lockeren Böden, die weniger als 50 % durchwurzelt waren, wurden 2009 keine Nester gefunden. In verdichteten Böden mit einem Durchwurzelungsgrad von mehr als 50 % betrug der Nestanteil 18 %. Im verdichteten Bodengefüge mit einer Durchwurzelung von weniger als 50 % wurden 38 % aller Gelege nachgewiesen.

Nestkartierung 2009 - Bodenbeschaffenheit in unbegrüntem Gassen

In den unbegrüntem Gassen mit einer Örettich-Winterbegrüning wurden alle vier Nester in lockerem Boden mit einer Durchwurzelung von mehr als 50 % gefunden.

3.4 Entwicklungszyklus

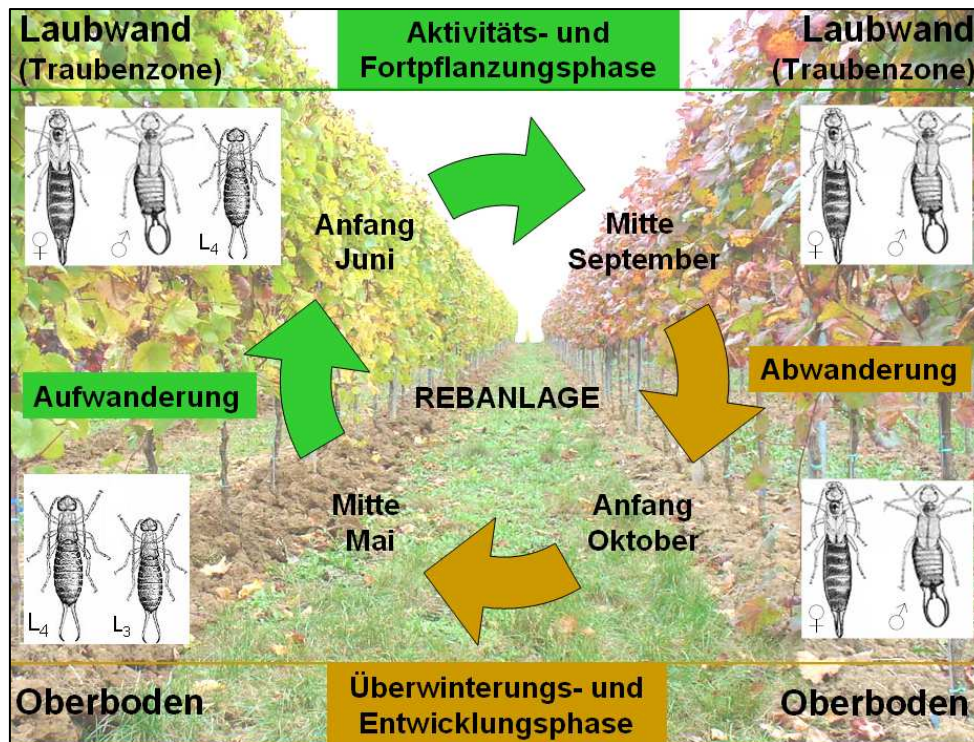


Abbildung 94: Univoltiner Entwicklungszyklus von *F. auricularia* in Rebanlagen von Rheinland-Pfalz. Die morphologischen Zeichnungen der Larven- und Adultstadien sind aus KULZER (1996) entnommen.

Im Projektverlauf konnte auf der Grundlage des Dauermonitorings und der Nestkartierungen der vollständige Entwicklungszyklus von *F. auricularia* in pfälzischen Rebanlagen beschrieben werden. Der univoltine Entwicklungszyklus des Gemeinen Ohrwurms in Rebflächen ist schematisch in der Abbildung 94 dargestellt. Phänologisch folgt auf eine im Oberboden verlaufende Überwinterungs- und Entwicklungsphase eine im Laubwandbereich ablaufende Aktivitäts- und Fortpflanzungsphase.

Aktivitäts- und Fortpflanzungsphase: Anhand der Untersuchungsergebnisse lässt sich folgender Ablauf der Aktivitäts- und Fortpflanzungsphase beschreiben.

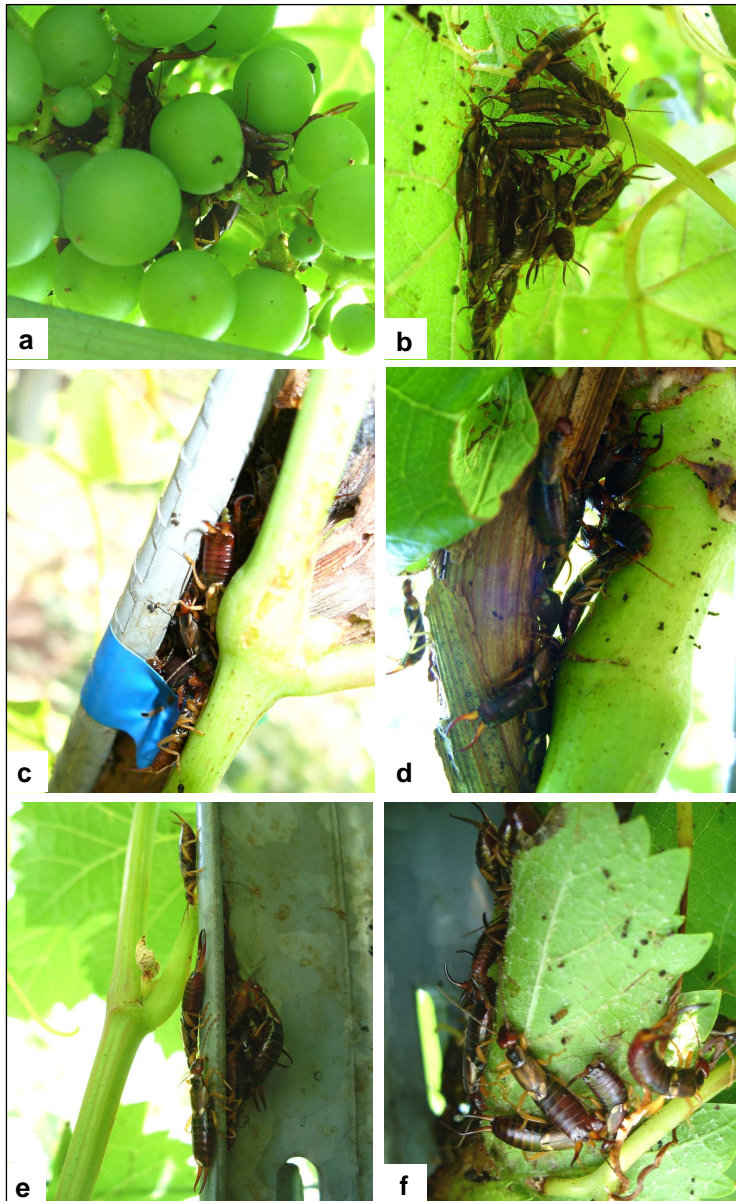


Abbildung 95: Tagesrefugien von *F. auricularia* im Rebstock: Traubeninneres (a), Unterseite eines Rebblattes (b), Lückensysteme zwischen Erziehungseinrichtung und Rebstock (c), Refugien zwischen zusammenstoßenden Rebtrieben (d), Innenwinkel von Metallstickeln (e), Engstellen zwischen Rebblättern und Erziehungseinrichtungen (f), Fotos: C. Huth 2007.

Von Anfang Juni bis Mitte September hält sich *F. auricularia* überwiegend in verschiedenen Tagesrefugien der Rebstöcke auf: im Traubeninneren (95a), auf lichtgeschützten Rebblattunterseiten (95b), in Lückensystemen zwischen Erziehungseinrichtung und Rebstock (95c), in Ruheplätzen zwischen zusammenstoßenden Rebtrieben (95d), in Innenwinkeln von Metall- und Holzstickeln (95e) und in Engstellen zwischen Rebblättern und Metall- oder Holzstickeln (95f). Der Zeitpunkt der Aufwanderung hängt von den Lufttemperaturen im April und Mai ab, weil diese den Beginn der Reblüte steuern. Die Pollen der Reblüte sind offensichtlich die erste attraktive Nahrungsressource, welche *F. auricularia* in der Laubwand des Rebstockes vorfindet. In Tabelle 28 wird deutlich, dass

die Lufttemperaturen im April den Reblütebeginn und damit die Aufwanderung der Ohrwürmer vom Boden in die Laubwand maßgeblich bestimmen.

Tabelle 28: Durchschnittliche ($\bar{\varnothing}$ °C) und maximale (M °C) Lufttemperaturen für April und Mai 2007 bis 2009 des Raums Neustadt-Mußbach (Wetterstadion AME 16, Standort Neustadt) mit Reblütebeginn und Aufwanderungszeitpunkt von *F. auricularia*.

	$\bar{\varnothing}$ °C - April	M °C - April	$\bar{\varnothing}$ °C - Mai	M °C - Mai	Reblütebeginn - Sorte Riesling	Aufwanderung - <i>F. auricularia</i>
2007	14,9 °C	29,9 °C	16,8 °C	24,5 °C	23.05.07	22.05.07
2008	9,7 °C	22,1 °C	18,2 °C	24,9 °C	04.06.08	02.06.08
2009	14,3 °C	17,7 °C	16,8 °C	24,8 °C	01.06.09	28.05.09

2007 setzte die Reblüte am 23. Mai sehr früh ein, weil sich in diesem Jahr der April durch eine hoch Durchschnittstemperatur von 14,9 °C und eine Maximaltemperatur von 29,9 °C auszeichnete. Im April 2008 wurden eine durchschnittliche Lufttemperatur von 9,7 °C und eine Maximaltemperatur von 22,1 °C ermittelt. Beide Temperaturwerte waren damit deutlich geringer als die von 2007, so dass die Blüte 2008 gegenüber 2007 zwölf Tage später am 4. Juni begann. Obwohl im April 2009 die durchschnittliche Lufttemperatur mit 14,3 °C nur geringfügig unter der von 2007 lag, wurde 2009 mit 17,7 °C eine deutlich geringere Maximaltemperatur im Vergleich zu 2007 gemessen. Aufgrund der für April hohen Durchschnittstemperatur von 14,3 °C setzte 2009 die Reblüte im Vergleich zu 2008 drei Tage früher am 1. Juni ein. In allen drei Versuchsjahren waren die durchschnittlichen Lufttemperaturen im Mai mit 16,8 °C (2007, 2009) und 18,2 °C (2008) ebenfalls sommerlich warm. Die Maximaltemperaturen nahmen mit 24,5 °C (2007), 24,9 °C (2008) und 24,8 °C (2009) in den drei Jahren annähernd gleiche Werte an. Unmittelbar ein (2007) bis zwei Tage (2008, 2009) vor Blütebeginn begann die Aufwanderung der Ohrwürmer vom Boden in den Rebstock. Dabei wurde beobachtet, dass die Tiere die Blütenstände intensiv nach Pollen absuchten. Nach dem vollständigen Aufblühen aller Einzelblüten eines Blütenstandes nahm die Aufwanderung innerhalb eines Tages stark zu. Keinen Einfluss auf den Zeitpunkt der Aufwanderung haben die Rebsorte, die Flächenbegrünung mit der Bodenbewirtschaftung und die Bodenart.

In der Laubwand erfolgt die Häutung zum adulten Insekt, die in der Regel bis Ende Juni abgeschlossen ist. Anfang August bis etwa Mitte September dauert die Paarungsphase. Das Geschlechterverhältnis von *F. auricularia* betrug in den Versuchsanlagen durchschnittlich 1:1,5, d.h. zwei Männchen zu drei Weibchen. Dieses Verhältnis wurde aus den in Tabelle 29 aufgeführten 13 Geschlechterverteilungen berechnet, die 2007 in der Laubwand von fünf Weißweinsorten und acht Rotweinsorten ermittelt wurden. Bei den Weißweinsorten betrug das Verhältnis von Männchen zu Weibchen zweimal 1:1,3 (Helios, Viognier), einmal 1:1,4 (Goldmuskateller), einmal 1:1,7 (Cabernet Blanc) sowie einmal 1:1,8 (Riesling). In der

Laubwand der Rotweinsorten ergab sich eine Männchen-Weibchen-Verteilung von einmal 1:1,3 (Tempranillo), dreimal 1:1,4 (Pinotin, Reberger, Spätburgunder), zweimal 1:1,5 (Rubinet, Lagrein), einmal 1:1,7 (VB 91-26-5) und einmal 1:2,3 (Rosenmuskateller).

Tabelle 29: Geschlechterverhältnis von *F. auricularia* auf der Grundlage der Jahresmittel der Individuenzahlen, die in der Laubwand von 13 Rebsorten ermittelt wurden, Neustadt-Mußbach 2007.

Rebsorte	Anzahl Weibchen (Jahresmittel 2007)	Anzahl Männchen (Jahresmittel 2007)	Geschlechterverhältnis Männchen : Weibchen
Weißweinsorten:			
Riesling	35	20	1 : 1,8
Helios	34	26	1 : 1,3
Cabernet Blanc	24	14	1 : 1,7
Viognier	40	32	1 : 1,3
Goldmuskateller	34	25	1 : 1,4
Rotweinsorten:			
Pinotin	46	33	1 : 1,4
VB 91-26-5	34	20	1 : 1,7
Reberger	56	39	1 : 1,4
Rubinet	34	22	1 : 1,5
Lagrein	32	22	1 : 1,5
Tempranillo	46	35	1 : 1,3
Spätburgunder	42	31	1 : 1,4
Rosenmuskateller	23	10	1 : 2,3
Mittelwert			1 : 1,5

Überwinterungs- und Entwicklungsphase: Die Überwinterungs- und die Entwicklungsphase von *F. auricularia* laufen bis ins dritte Larvenstadium (L₃) unterirdisch im Oberboden der Rebanlagen ab. Etwa ab Mitte September wandern die Ohrwürmer in die oberflächennahen Bodenschichten ab. Wie eine Laborzucht und Halbfreilandversuche gezeigt haben, beginnen die Weibchen bereits im Oktober mit dem Nestbau. Das Nest wird ausschließlich vom Weibchen gebaut und kann vielfältige Formen annehmen, wie zum Beispiel eine einfache Röhre (96a) oder Kammer (96b). In der Rebanlage werden Wurzeln von Begrünpflanzen, wie zum Beispiel die Pfahlwurzeln der Ackerwinde und des Löwenzahns in den Nestbau integriert (96e bis 96g). Im Freiland betrug die durchschnittliche Nesttiefe 4 bis 7 cm. Selten wurden Nesttiefen von 20 cm ermittelt. Die Eiablage mit bis zu 60 Eiern pro Weibchen erfolgte unter Labor- und Freilandbedingungen synchron Mitte November. Das Weibchen überwintert im Nest und betreibt dabei eine aktive Brutpflege (96b). Die Eier werden vom Weibchen regelmäßig mit den Mundwerkzeugen gedreht und durch Belecken gereinigt. Beschädigte Eier werden aufgefressen. Wurde das Weibchen aus dem Zuchtbehälter entfernt, verpilzten die Eier etwa nach zwölf Stunden und starben ab. Etwa ab Mitte April schlüpfen die L₁-Larven (96c). Je nach der Bodentemperatur häuten sie sich nach circa zwei Wochen zu L₂-Larven (96d). Das Weibchen pflegt das gesamte

L₁-Stadium und das L₂-Stadium über die ersten Tage. Im Labor wurde beobachtet, dass bei der Larvenpflege die Bereitstellung von Futter bis ins zweite Larvenstadium als neue Verhaltensweise des Weibchens hinzukommt. Anfang Mai häuten sich die L₂-Larven zu L₃-Larven, die anschließend das Nest verlassen und eigenständig Nahrung suchen und aufnehmen.

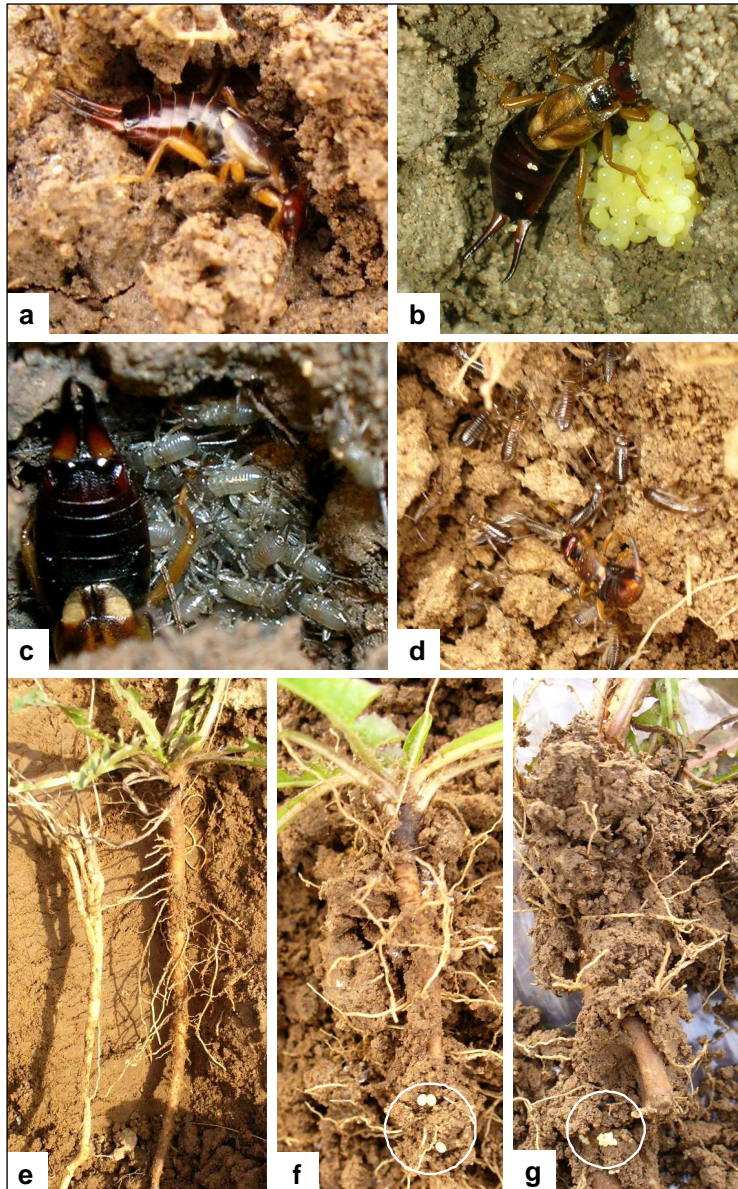


Abbildung 96: Brutbiologie von *F. auricularia* im Oberboden einer Rebanlage: Weibchen bei Anlegen der Brutkammer (a), Brutpflege des Weibchens in Brutkammer (b), Weibchen bei Larvenpflege des L₁-Stadiums in Brutkammer (c), Weibchen mit L₂-Larven im Oberboden (d), Pfahlwurzeln der Ackerwinde und des Gemeinen Löwenzahns (e) und Gelege an Löwenzahn-Wurzeln (f, g), Fotos: U. Hetterling, C. Huth 2007 bis 2009.

Als L₄-Larven wandern die Tiere Ende Mai oder Anfang Juni in die Laubwand des Rebstockes auf. Die meisten Männchen sterben während der Winter- und Frühjahrsmonate. In der Laborzucht hat sich gezeigt, dass die Männchen bereits vor der Eiablage vom Weibchen durch frontale Stöße oder seitliche Attacken mit den Zangen vom Nest vertrieben werden. Der Gemeine Ohrwurm durchläuft eine hemimetabole Entwicklung ohne Puppenstadium. Die Larvalentwicklung ist stark temperaturabhängig und dauert im Labor bei

18 °C cirka 60 Tage. In pfälzischen Rebanlagen entwickelt die Art eine Generation pro Jahr, was für Westeuropa nach WORTHINGTON (1926) und MOERKENS et al. (2009) die Regel ist.

3.5 Befallsregulation am Boden

3.5.1 Anhäufung von Bodensubstrat im Unterstockbereich

Mittels des dammartigen Anhäufens von Erdboden im Unterstockbereich der Rebstöcke wurde überprüft, ob diese Maßnahme die Überwinterungs- und Brutphase stört und überwinternden und brütenden Individuen schädigt beziehungsweise vertreibt.

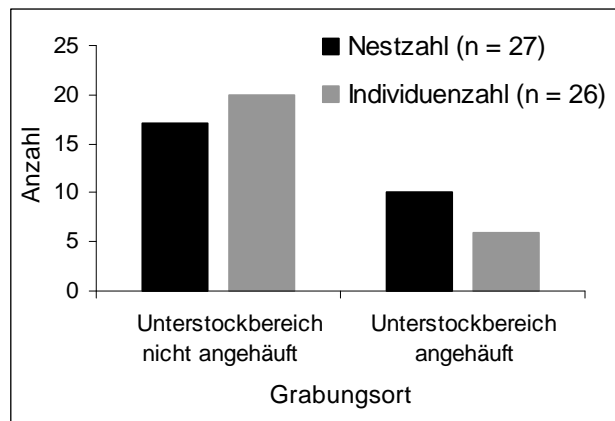


Abbildung 97: Räumliche Individuen- und Nestverteilung von *F. auricularia* im nicht angehäuften und angehäuften Unterstockbereich einer Sortenmix-Anlage, Neustadt-Mußbach 05.12.2007 bis 15.05.2008.

In Abbildung 97 wird deutlich, dass sowohl die Nestanzahl als auch die Individuenanzahl im nicht angehäuften Unterstockbereich größer war als im angehäuften. Von den 27 gefundenen Nestern lagen 17 im nicht angehäuften Unterstockbereich und zehn in den angehäuften Rebzeilen. Jedoch bestanden zwischen den Nestanzahlen beider Varianten keine statistisch abgesicherten Unterschiede (Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test: $\alpha = 0,05$). Von den insgesamt 26 erfassten Ohrwürmern überwinternten 20 im nicht angehäuften Unterstockbereich und sechs in den Bereichen mit angehäuften Bodensubstrat. Dabei war die Anzahl überwinternder Individuen im angehäuften Unterstockbereich signifikant geringer als im nicht angehäuften.

Zusätzlich zur räumlichen Nestverteilung wurden für jeden Nestfundort die Nesttiefe und die Anzahl der Eier beziehungsweise die Anzahl der Larven im Nest bestimmt. Abbildung 98 zeigt, dass die Nester im angehäuften Unterstockbereich in einer durchschnittlichen Tiefe von 9 cm lagen, während die Nester im nicht angehäuften Rebzeilen durchschnittlich bei 6 cm angelegt wurden. Jedoch bestanden zwischen den mittleren Nesttiefen beider Varianten keine statistisch abgesicherten Unterschiede (Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test: $\alpha = 0,05$). Ferner betrug die maximale Nesttiefe sowohl im nicht angehäuften als auch im angehäuften Unterstockbereich 20 cm. Die durchschnittlichen Eianzahlen der Nester beider Bereiche waren mit 16 Eiern pro Gelege (nicht angehäuft) und mit 15 Eiern pro Gelege

(angehäuft) nahezu gleich und unterschieden sich nicht signifikant. Weiterhin wurden im den nicht angehäufteten Rebzeilen maximal 40 Eier und in den angehäufteten maximal 27 Eiern pro Nest registriert.

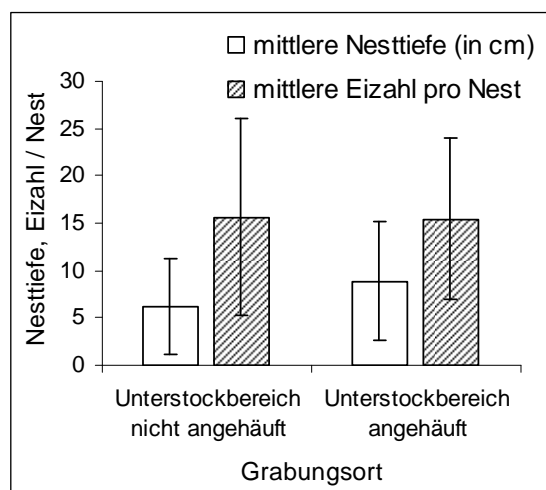


Abbildung 98: Räumliche Verteilung der Nesttiefe und der Eizahl pro Nest von *F. auricularia* im nicht angehäufteten und angehäufteten Unterstockbereich einer Sortenmix-Anlage, Neustadt-Mußbach 05.12.2007 bis 15.05.2008.

3.5.2 Kalkstickstoff PERLKA®

Um zu überprüfen, ob das in der ersten Abbauphase des Kalkstickstoffs entstehende Cyanamid abtötend auf die im Boden lebenden Larven von *F. auricularia* wirkt, wurden im April 2008 zwei Versuche in einer Huxel-Anlage und in einer Sortenmix-Anlage in Neustadt-Mußbach durchgeführt.

Kalkstickstoffversuch I

Der erste Versuch mit PERLKA® fand in einer Huxel-Anlage statt. Aus Abbildung 99 ist ersichtlich, dass das ausgebrachte Granulat in den Konzentrationen von 3 kg/a und 6 kg/a keine reduzierende Wirkung auf die L₄-Larven im Boden hatte.

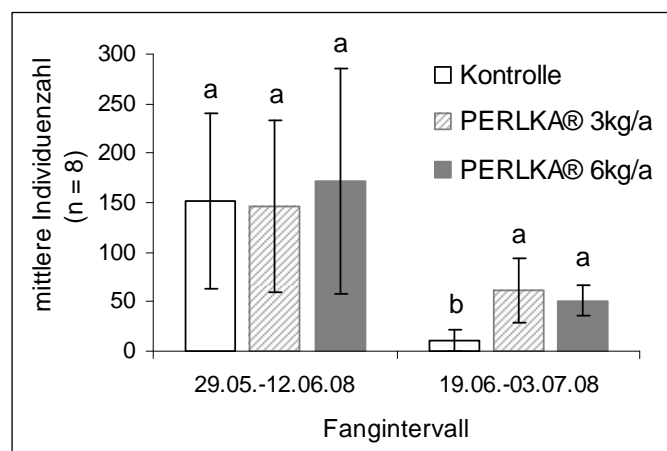


Abbildung 99: Einfluss des Kalkstickstoffgranulats PERLKA® auf *F. auricularia* am Boden einer Huxel-Anlage, Neustadt-Mußbach 2008; a, b - Signifikanzgruppen nach Tukey (HSD): $\alpha = 0,05$, die auf logarithmierten Werten basieren.

Im ersten Fangintervall von 29.05. bis 12.06.08 betrug die durchschnittlichen Individuenzahlen in der Kontrolle 152 und in den Kalkstickstoffparzellen 147 (3 kg/a) und

172 (6 kg/a). Jedoch unterschieden sich die Individuenzahlen der drei Varianten nicht signifikant (Tukey (HSD): $\alpha = 0,05$). In der zweiten Fangperiode von 19.06. bis 03.07.08 wurden in den PERLKA®-Plots mit durchschnittlich 62 (3 kg/a) und 51 (6 kg/a) Ohrwürmern signifikant mehr Tiere erfasst, als in der Kontrolle mit durchschnittlich elf Individuen.

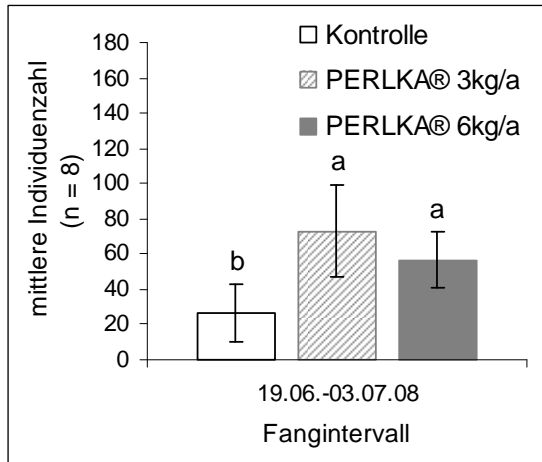


Abbildung 100: Einfluss des Kalkstickstoffgranulats PERLKA® auf *F. auricularia* in der Laubwand einer Huxel-Anlage, Neustadt-Mußbach 2008; a, b - Signifikanzgruppen nach Tukey (HSD): $\alpha = 0,05$.

In der Laubwand begann die Datenerfassung für den Versuch am 19. Juni 2008, weil in dieser Rebanlage die Individuen erst ab 12. Juni vom Boden in die Laubwand aufwanderten. Abbildung 100 zeigt, dass in den Rebstöcken der Kalkstickstoffparzellen mit durchschnittlich 73 (3 kg/a) und 57 (6 kg/a) Ohrwürmern signifikant mehr Individuen erfasst als in der Kontrolle, in der im Mittel 27 Tiere pro Rebe auftraten. Da sowohl am Boden als auch in der Laubwand die Befallsdichten von *F. auricularia* mit Kalkstickstoff nicht reduziert werden konnten, wurde der Versuch am 03. Juli 2008 beendet.

Kalkstickstoffversuch II

Der zweite Kalkstickstoffversuch wurde in der für das Dauermonitoring genutzten Sortenmix-Anlage durchgeführt. Da die Versuchsfläche aus 24 verschiedenen Rebsorten bestand, wurden die Jahresmittel der Individuenzahlen für die im Versuch integrierten 20 Rebsorten als Einzelbalken abgebildet.

In Abbildung 101 wird deutlich, dass die Jahresmittel der Individuenzahlen am Boden der beiden PERLKA®-Parzellen ebenso stark schwanken wie in der Kontrolle. In den Rebzeilen der Kontrolle wurden im Jahresdurchschnitt ein bis sechs Ohrwürmer pro Quadratmeter erfasst. In den mit Kalkstickstoff behandelten Rebzeilen wurden im Jahresmittel vier bis 15 (3 kg/a) und zwei bis fünf (6 kg/a) Tiere gefangen. Der Vergleich zwischen den Individuenzahlen der Kalkstickstoffvarianten und der Kontrolle erbrachte bis auf wenige Ausnahmen keine statistisch abgesicherten Unterschiede (Tukey (HSD): $\alpha = 0,05$). In Reihe 01 (PERLKA® 3 kg/a) wurden im Jahresdurchschnitt mit 15 Individuen signifikant mehr Ohrwürmer erfasst als in der Reihe 08 (PERLKA® 6 kg/a) mit zwei Individuen und in der Reihe 21 (Kontrolle) mit einem Individuum.

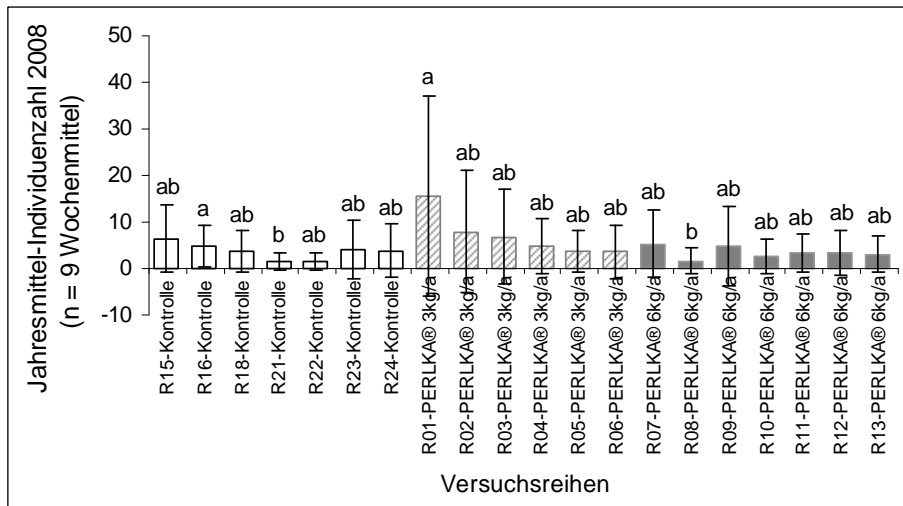


Abbildung 101: Einfluss des Kalkstickstoffgranulats PERLKA® auf *F. auricularia* am Boden einer Sortenmix-Anlage, Neustadt-Mußbach 2008; a, ab, b - Signifikanzgruppen nach Tukey (HSD): $\alpha = 0,05$, die auf logarithmierten Werten basieren; Jahresmittel wurden aus neun Wochenmitteln errechnet.

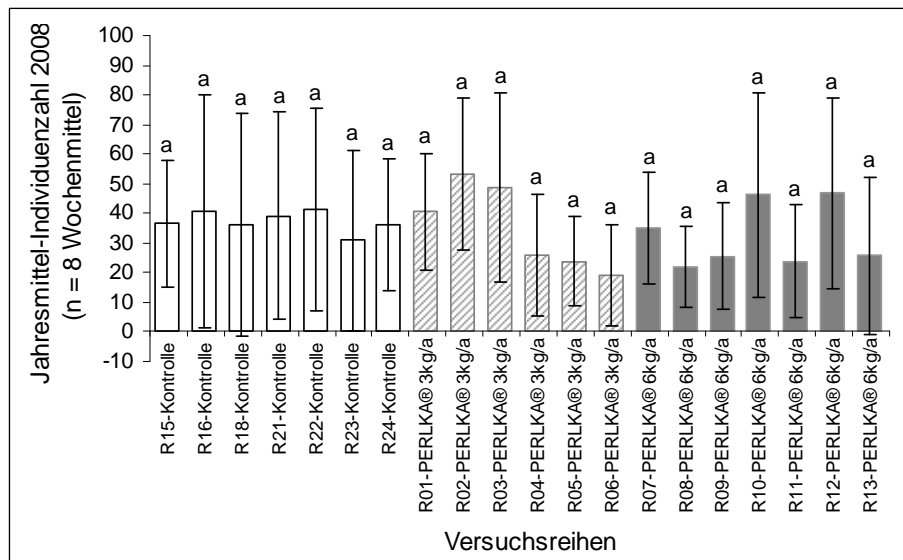


Abbildung 102: Einfluss des Kalkstickstoffgranulats PERLKA® auf *F. auricularia* in der Laubwand einer Sortenmix-Anlage, Neustadt-Mußbach 2008; a - Signifikanzgruppe nach Tukey (HSD): $\alpha = 0,05$, die auf logarithmierten Werten basiert; Jahresmittel wurden aus acht Wochenmitteln errechnet.

Abbildung 102 zeigt, dass für den Laubwandbereich beider PERLKA®-Parzellen und der Kontrolle rebzeilenspezifisch sowohl niedrige als auch hohe Individuenzahlen im Jahresdurchschnitt ermittelt wurden. In der Laubwand der Kontrolle wurden im Jahresmittel 31 bis 41 Tiere pro Rebe erfasst. In den Kalkstickstoff-Reihen wurden 2008 durchschnittlich 19 bis 53 (3 kg/a) und 22 bis 47 (6 kg/a) Ohrwürmer gefangen. Entsprechend ergab der statistische Vergleich zwischen den Individuenzahlen der jeweils ausgewerteten Rebzeilen der PERLKA®-Varianten und der Kontrolle keine signifikanten Unterschiede.

3.5.3 Insektenpathogene Nematoden: *Heterorhabditis bacteriophora*

In Anlehnung an die Laborversuche 2007 mit Nematoden der Art *H. bacteriophora* wurde 2008 eine Feldstudie mit einer Nestkartierung und Ohrwurm-Erfassungen am Boden und in der Laubwand einer Regent-Anlage in Neustadt-Mußbach durchgeführt.

Die Grabungen nach Ohrwurm-Nestern wurden neun Tage nach der Bodeninfektion, am 28. Mai, im Rahmen der Barberfallenmontage vorgenommen. Bei diesen bis zu 20 cm tiefen Aushebungen wurden in den Kontrollparzellen insgesamt 23 Nester mit L₄-Larven und in den Nematodenplots insgesamt 17 Nester mit L₄-Larven gefunden.

Die Ergebnisse der Individuenerfassung sind in den Abbildungen 103 und 104 dargestellt.

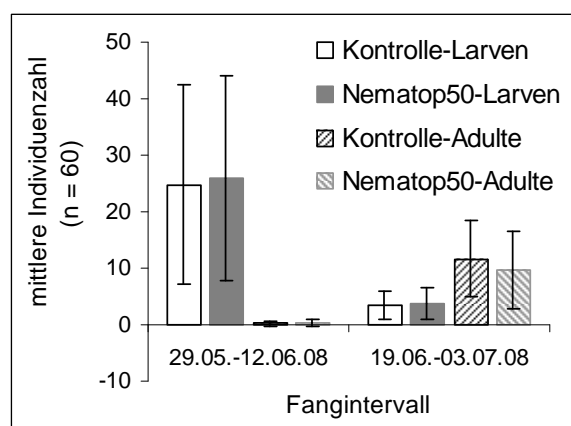


Abbildung 103: Einfluss einer Applikation mit Nematop[®]50 auf *F. auricularia* am Boden einer Regent-Anlage, Neustadt-Mußbach 2008.

Abbildung 103 zeigt, dass am Boden der Kontroll- und Nematodenparzellen im ersten Fangintervall von 29.05. bis 12.06.08 nahezu identische Fangzahlen von L₄-Larven und Adulten ermittelt wurden. In der Kontrolle wurden durchschnittlich 25 Larven und in der Nematodenvariante im Durchschnitt 26 Larven am Boden gefangen. Adulte wurden in der ersten Fangperiode in keiner Parzelle erfasst. Auch im zweiten Versuchszeitraum von 19.06. bis 03.07.08 waren die durchschnittlichen Fangzahlen in der Kontrolle mit drei Larven und zwölf Adulten und in der Nematodenvariante mit vier Larven und zehn Adulten am Boden annähernd gleich. Die im zweiten Fangintervall deutlich abnehmende Anzahl an L₄-Larven und die im gleichen Zeitraum zunehmende Anzahl an Adulten war auf die Imaginalhäutung zurückzuführen, die bei *F. auricularia* bis Ende Juni dauern kann. In beiden Fangperioden wurden zwischen den mittleren Individuenzahlen der Kontroll- und Nematodenplots keine signifikanten Unterschiede errechnet (Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test: $\alpha = 0,05$).

In der Laubwand wurden die Ohrwürmer ab 19. Juni 2008 erfasst, da zu diesem Zeitpunkt erst verstärkt Tiere in den Rebstock aufwanderten. In Abbildung 104 wird deutlich, dass im Laubwandbereich beider Varianten mit durchschnittlich 16 (Kontrolle) und 15 (Nematop[®]50) Larven pro Rebe annähernd gleiche Befallszahlen ermittelt wurden, die sich nicht signifikant unterschieden. Die durchschnittliche Anzahl der adulten Tiere war mit 52 Individuen pro Rebstock in der Kontrolle und in der Nematodenvariante gleich.

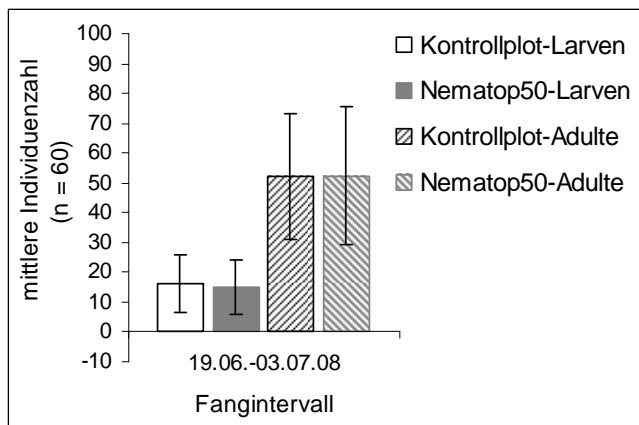


Abbildung 104: Einfluss einer Applikation mit Nematop[®]50 auf *F. auricularia* in der Laubwand einer Regent-Anlage, Neustadt-Mußbach 2008.

3.5.4 Folienabdeckung in Gassenmitte

In dieser Feldstudie in einer Sortenmix-Anlage in Neustadt-Mußbach wurde untersucht, ob ein mit schwarzer Folie abgedeckter Erddamm in der Mitte einer Rebgasse von *F. auricularia* als Ersatzhabitat angenommen wird und dadurch der Anteil an aufwandernden Ohrwürmern in den Rebstock reduziert werden kann.

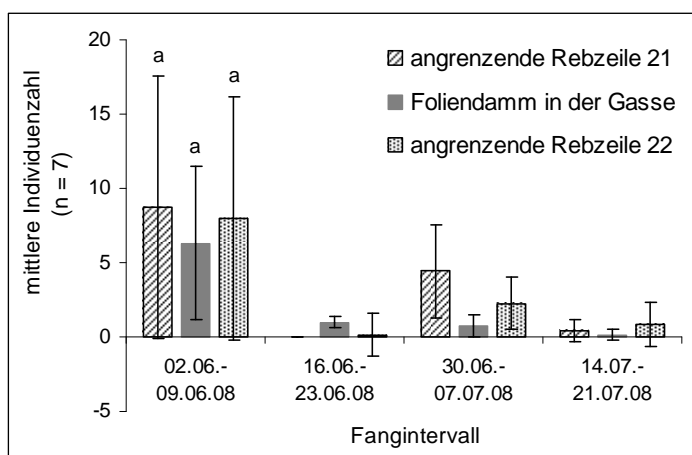


Abbildung 105: Einfluss eines schwarzen Foliendamms in der Gasse zwischen den Rebzeilen 21 und 22 auf *F. auricularia* am Boden einer Sortenmix-Anlage, Neustadt-Mußbach 2008; a - Signifikanzgruppe nach Tukey (HSD): $\alpha = 0,05$, die auf logarithmierten Werten basiert.

Aus Abbildung 105 ist ersichtlich, dass am Boden der Rebzeilen 21 und 22 sowie im Foliendamm mit Ausnahme der ersten Fangperiode von 02.06. bis 09.06.08 nur geringe Dichten mit durchschnittlich einem bis vier Ohrwürmern ermittelt wurden. Demzufolge konnte vom 16. 06. bis 21. 07.08 keine Aussage zur Wirkung des Damms auf *F. auricularia* gemacht werden und es wurde auf einen statistischen Vergleich zwischen den Individuenzahlen verzichtet. Im ersten Fangintervall wurden im Foliendamm durchschnittlich sechs Ohrwürmer erfasst. In den am Damm angrenzenden Rebzeilen waren die mittleren Fangzahlen mit neun (Rebzeile 21) und acht (Rebzeile 22) Individuen geringfügig höher und unterschieden sich zu denen im Damm nicht signifikant (Tukey (HSD): $\alpha = 0,05$).

Abbildung 106 zeigt, dass in der Laubwand der Rebzeilen 21 und 22, zwischen denen der Foliendamm aufgebaut war, von 16.06. bis 21.07.08 tendenziell höhere Ohrwurm-Dichten

mit durchschnittlich 26 bis 56 Tieren pro Rebe erfasst wurden, als in den Rebzeilen 23 und 24, zwischen denen kein Foliendamm installiert war. In der Laubwand der Reihen 23 und 24 wurden im Durchschnitt 17 bis 41 Ohrwürmer pro Rebstock gefangen. Zwischen den Individuenzahlen der Rebzeilen mit und ohne Foliendamm wurden keine statistisch abgesicherten Unterschiede errechnet.

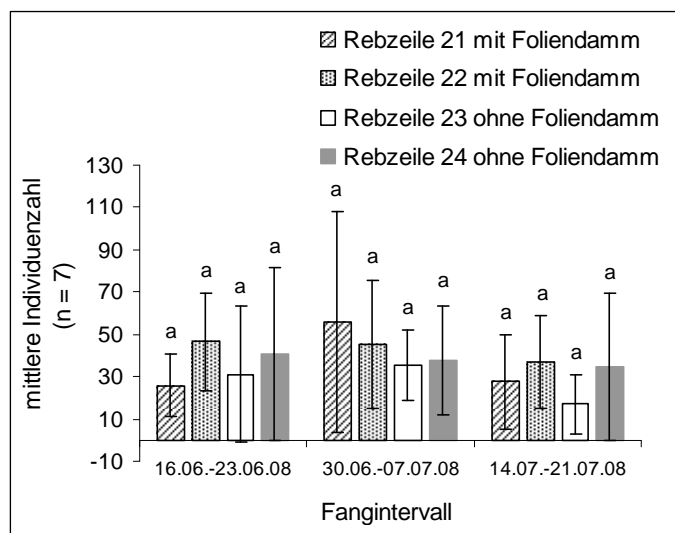


Abbildung 106: Vergleich der mittleren Individuenzahlen von *F. auricularia* in der Laubwand zwischen den Rebzeilen 21 und 22 mit Foliendamm und den Rebzeilen 23 und 24 ohne Foliendamm einer Sortenmix-Anlage, Neustadt-Mußbach 2008; a - Signifikanzgruppe nach Tukey (HSD): $\alpha = 0,05$, die auf logarithmierten Werten basiert.

Zusätzlich zur Erfassung der Ohrwürmer wurden Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit unter der Dammfolie und in der Laubwand der angrenzenden Rebzeilen gemessen, um die Klimabedingungen beider Habitate miteinander vergleichen und dadurch auf das Besiedungsverhalten schließen zu können.

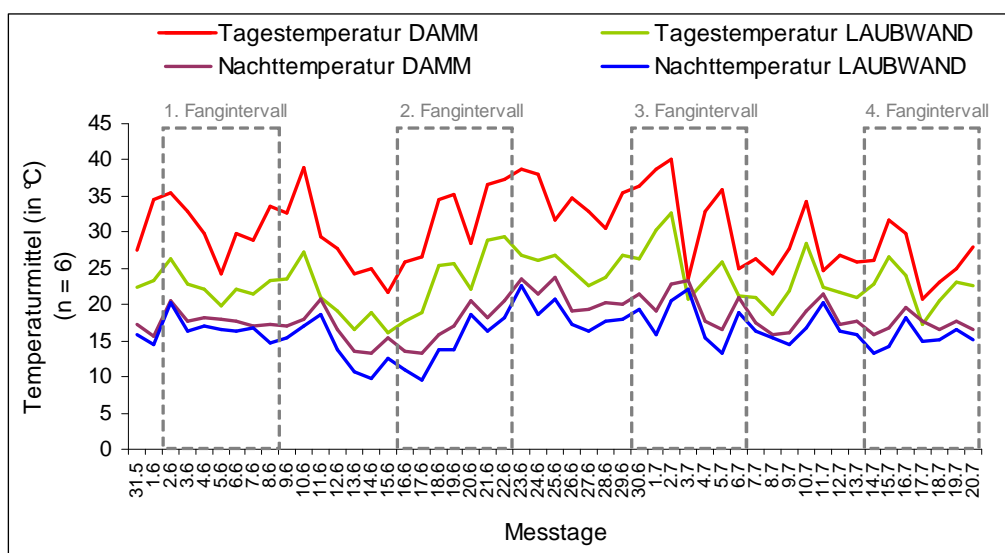


Abbildung 107: Vergleich der durchschnittlichen Tagestemperaturen (in °C) von 9.00 bis 19.00 Uhr und Nachttemperaturen (in °C) von 21.00 bis 7.00 Uhr zwischen dem Foliendamm und der Laubwand angrenzender Rebzeilen einer Sortenmix-Anlage, Neustadt-Mußbach 2008.

Abbildung 107 macht deutlich, dass im Dammbereich tagsüber mit bis zu 40 °C wesentlich höhere Temperaturen gemessen wurden als in der Laubwand, in der eine Maximaltemperatur von 33 °C ermittelt wurde. Im Foliendamm betrug die durchschnittliche Lufttemperatur am Tag 30 °C. In der Laubwand der angrenzenden Rebstöcke war die durchschnittliche Tagestemperatur mit 23 °C signifikant geringer als im Foliendamm (Student-t-Test: $\alpha = 0,05$). Nachts wurden im Damm durchschnittlich 18 °C gemessen. Im angrenzenden Laubwandbereich war das Nachtmittel der Lufttemperatur mit 16 °C signifikant geringer als im Foliendamm. Die nächtlichen Maximaltemperaturen beider Habitate waren mit 24 °C (Damm) und 23 °C (Laubwand) nahezu gleich.

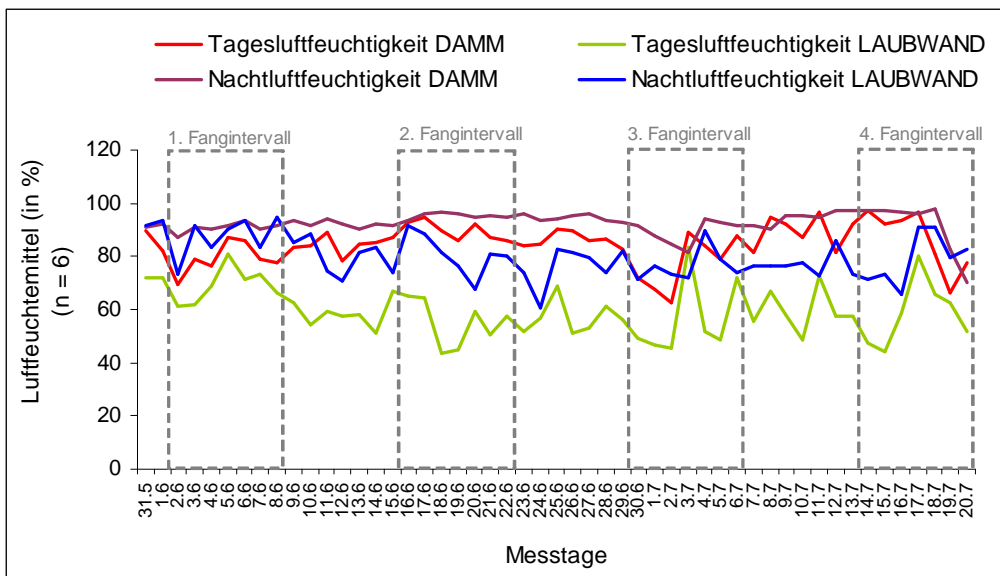


Abbildung 108: Vergleich der durchschnittlichen Tagesluftfeuchten (in %) von 9.00 bis 19.00 Uhr und Nachtluftfeuchten (in %) von 21.00 bis 7.00 Uhr zwischen dem Foliendamm und der Laubwand angrenzender Rebzeilen einer Sortenmix-Anlage, Neustadt-Mußbach 2008.

Aus Abbildung 108 ist ersichtlich, dass die maximale Luftfeuchtigkeit im Foliendamm sowohl tagsüber mit 97 % als auch nachts mit 98 % höher war als in der Laubwand. Hier wurden am Tag maximal 84 % und in der Nacht maximal 95 % gemessen. Die durchschnittliche Tagesluftfeuchte des Dammes war mit 85 % signifikant höher als die der Laubwand mit 60 % (Student-t-Test: $\alpha = 0,05$). Auch nachts wurde im Foliendamm mit durchschnittlich 92 % eine signifikant höhere Luftfeuchte ermittelt als in der Laubwand, deren Tagesluftfeuchte im Durchschnitt bei 60 % lag (Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test: $\alpha = 0,05$).

Nach Entfernung der schwarzen PVC-Folie wurden im verbliebenen Erddamm 50 randomisierte Probegrabungen durchgeführt, um zu überprüfen, ob sich Ohrwürmer im Damm angesiedelt hatten. Bei keiner der Kontrollgrabungen wurden Tiere gefunden.

3.5.5 Mechanische Störung der Begrünung

2008 wurde in einer Riesling-Anlage in Neustadt-Mußbach überprüft, inwieweit sich kleinflächige Veränderungen in der Gassenbegrünung auf die Befallsdichten von *F. auricularia* im Boden- und Laubwandbereich auswirken. Die Untersuchung fand in einer unbegrünten und begrünten Parzelle sowie in einer dauerbegrünten Gasse statt, deren Begrünung einmalig am 30. Juni mit der Kreiselegge aufgebrochen wurde. 2009 wurde in den ehemaligen Versuchspartellen von 2008 kein Bodenpflegeversuch durchgeführt. Trotzdem lief das Dauermonitoring in diesen Gassen 2009 weiter, um die Populationsentwicklung beider Jahre miteinander vergleichen zu können.

Bodenbereich 2008: Abbildung 109 zeigt, dass im Zeitraum vor dem Umbruch der Begrünung von 02.06. bis 23.06.08 in den zwei begrünten Parzellen mit durchschnittlich 26 bis 30 (02.06. bis 09.06.08) und zwei und drei (16.06. bis 23.06.08) Ohrwürmern am Boden annähernd gleiche Individuenzahlen ermittelt wurden. In der unbegrünten Gasse wurden von 02.06. bis 09.06.08 geringere Dichten mit durchschnittlich 22 Tieren am Boden bestimmt, allerdings waren diese Unterschiede nicht signifikant (Kruskal-Wallis-Test (Dunns Prozedur): $\alpha = 0,05$).

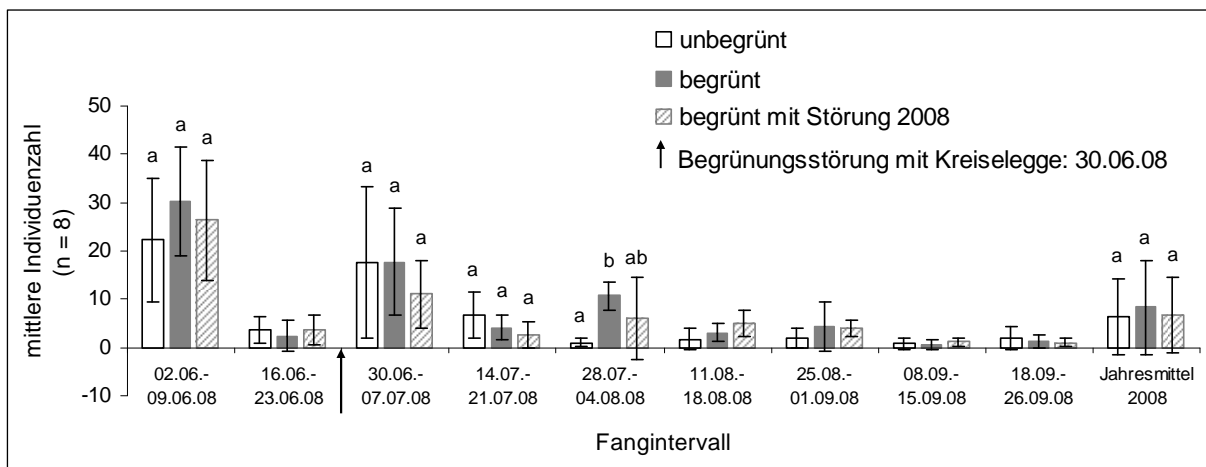


Abbildung 109: Einfluss der Begrünungsform und der Störung der Dauerbegrünung auf *F. auricularia* am Boden einer Riesling-Anlage, Neustadt-Mußbach 2008; a, ab, b - Signifikanzgruppen nach Kruskal-Wallis-Test (Dunns Prozedur): $\alpha = 0,05$.

Nach dem Umbrechen der Begrünung am 30. Juni wurden in der Störungspartelle noch bis zu fünf Wochen nach dem Eingriff weniger Ohrwürmer gefangen als in der begrünten Gasse ohne Bodenpflege und in der unbegrünten Parzelle. Während in der unbegrünten und begrünten Gasse von 30.06. bis 07.07.08 durchschnittlich 18 Individuen registriert wurden, hielten sich am Boden der Parzelle mit Begrünungsstörung im Durchschnitt elf Tiere auf. Jedoch bestanden zwischen den Individuenzahlen keine statistisch abgesicherten Unterschiede. Ab der vierten Fangperiode von 14.07. bis 21.07.08 nahmen die

durchschnittlichen Fangzahlen in der gesamten Fläche ab. Dabei wurden in der Störungsparzelle drei Tiere, in der begrünten Gasse vier Tiere und in der unbegrünten Parzelle sieben Tiere pro Quadratmeter erfasst. Dabei unterschieden sich die Individuenzahlen nicht signifikant. Im fünften Fangintervall von 28.07. bis 04.08.08 wurden in der Gasse mit Begrünungsumbruch im Durchschnitt sechs Individuen, in der begrünten Parzelle elf Individuen und in der unbegrünten Gasse ein Tier pro Quadratmeter gefangen. Während sich die Individuenzahlen der Störungsparzelle und der dauerbegrünten Parzelle nicht signifikant unterschieden, wurden in der unbegrünten Gasse signifikant weniger Tiere erfasst als in der begrünten Parzelle erfasst. Da von 11.08. bis 26.09.08 am Boden aller Parzellen nur ein bis fünf Tiere erfasst wurden, konnte zur Wirkung der Störung der Begrünung keine Aussage getroffen werden und es wurde auf einen statistischen Vergleich verzichtet. Bei Betrachtung der Jahresmittel der Individuenzahlen fällt auf, dass in der Störungsvariante mit sieben Tieren geringfügig weniger Individuen erfasst wurden als in der dauerbegrünten Variante mit acht Ohrwürmern. In der unbegrünten Parzelle war die Individuenzahl mit sechs Tieren im Jahresdurchschnitt am geringsten. Jedoch waren die Unterschiede zwischen den Jahresmitteln der Individuenzahlen statistisch nicht abgesichert.

Bodenbereich 2009: Aus Abbildung 110 ist ersichtlich, dass zu Beginn der Fangperiode von 05.06. bis 15.06.09 am Boden der ehemaligen Störungsparzelle mit durchschnittlich 33 Ohrwürmern geringfügig weniger Individuen gefangen wurden als in der dauerbegrünten Gasse, in der im Durchschnitt 38 Tiere erfasst wurden.

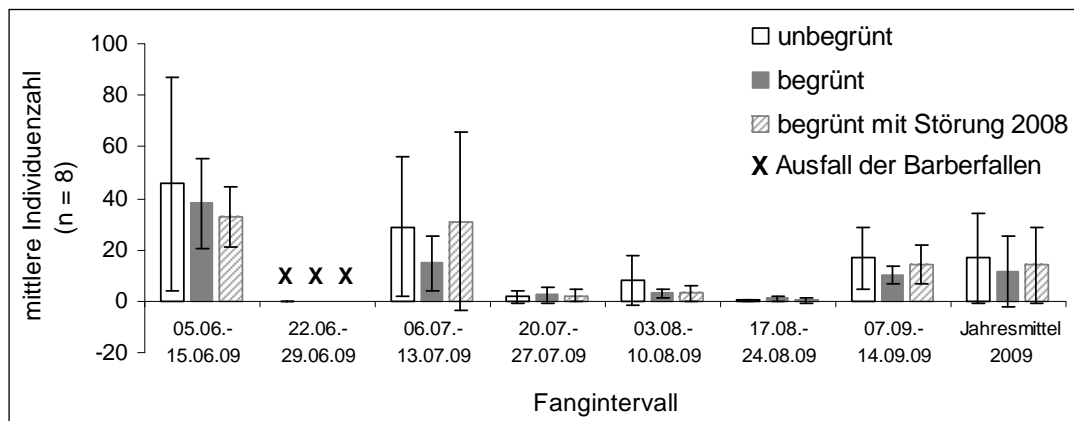


Abbildung 110: Einfluss der Begrünungsform auf *F. auricularia* am Boden einer Riesling-Anlage, Neustadt-Mußbach 2009.

Im zweiten Fangintervall von 22.06. bis 29.06.09 wurde ein Großteil der Barberfallen von Starkregen überschwemmt, so dass keine Datenaufnahme erfolgte. Im dritten und siebten Fangzeitraum wurden am Boden der einstigen Umbruchparzelle mit durchschnittlich 31 (06.07. bis 13.07.09) und 14 (07.09. bis 14.09.09) Ohrwürmern höhere Fangzahlen ermittelt als in der dauerbegrünten Gasse mit durchschnittlich 15 (06.07. bis 13.07.09) und zehn

(07.09. bis 14.09.09) Tieren. In der vierten, fünften und sechsten Fangperiode von 20.07. bis 24.08.09 wurden am Boden der gesamten Rebanlage geringe Dichten mit ein bis acht Ohrwürmern erfasst, so dass keine Aussagen zur Wirkung des 2008 durchgeführten Begrünungsaufbruchs möglich waren. Im Jahresdurchschnitt 2008 wurden im ehemaligen Störungsbereich 14 Tiere, in der dauerbegrüntem Parzelle 12 Tiere und im unbegrüntem Abschnitt 17 Tiere erfasst. Da es in jedem Fangintervall zu Ausfällen von Barberfallen kam und die Individuenzahlen im vierten bis sechsten Erfassungszeitraum stark abnahmen, wurde insgesamt auf eine statistische Datenanalyse verzichtet.

Laubwandbereich 2008: Abbildung 111 zeigt, dass zu Beginn des Versuchs vom 16.06. bis 23.06.08 in der Laubwand der zwei dauerbegrüntem Parzellen mit 49 und 52 Ohrwürmern pro Rebstock annähernd gleiche Individuenzahlen ermittelt wurden. Nach dem Umbrechen der Begrünung am 30. Juni wurden in der Störungsvariante von 30.06. bis 18.08.08 deutlich geringere Dichten mit durchschnittlich 39 bis 53 Individuen pro Rebe im Vergleich zur dauerbegrüntem, störungsfreien Variante erfasst, in der durchschnittlichen Befallsdichten bei 59 bis 91 Tieren pro Rebstock lagen.

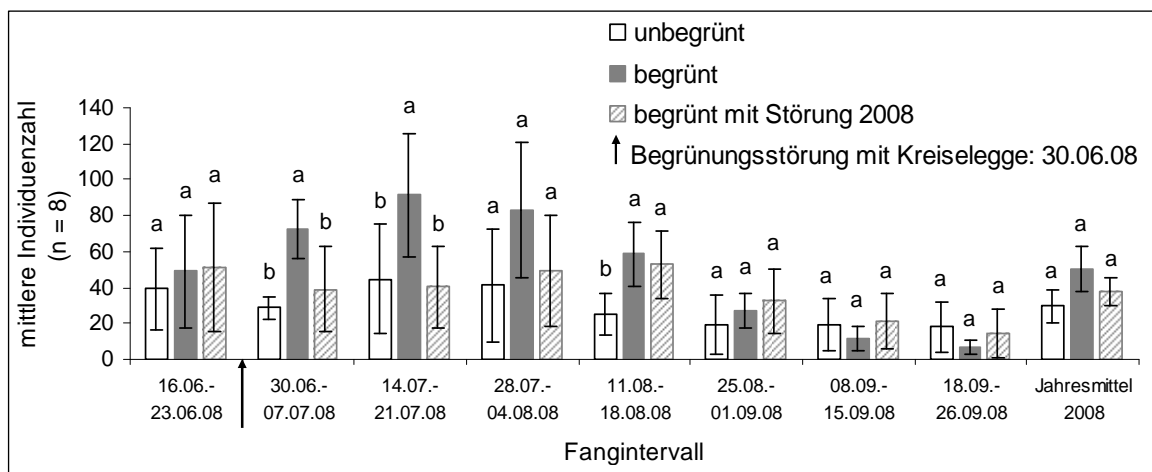


Abbildung 111: Einfluss der Begrünungsform und der Störung der Dauerbegrünung auf *F. auricularia* in der Laubwand einer Riesling-Anlage, Neustadt-Mußbach 2008; a, b - Signifikanzgruppen nach Tukey (HSD): $\alpha = 0,05$, die auf logarithmierten Werten basieren.

Im zweiten und dritten Fangzeitraum von 30.06. bis 21.07.08 waren die Befallsdichten in der Laubwand der Umbruchparzelle signifikant geringer als die im dauerbegrüntem Bereich ohne Störung der Begrünung (Tukey (HSD): $\alpha = 0,05$). Durch den Umbruch der Begrünung verringerten sich die mittleren Individuenzahlen der Störungsvariante von 30.06. bis 18.08.08 sogar auf das Niveau des unbegrüntem Bereiches, in dem Dichten von 25 bis 45 Tieren pro Rebe ermittelt wurden. Ab der sechsten bis achten Fangperiode von 25.08. bis 26.09.08 wurden in der Störungsparzelle höhere Ohrwurm-Dichten mit durchschnittlich 14 bis 32 Individuen pro Rebe als im dauerbegrüntem Bereich bestimmt, in dem im Durchschnitt sieben

bis 27 Tiere pro Rebstock gefangen wurden. Jedoch bestanden zwischen den mittleren Individuenzahlen beider Varianten von 25.08. bis 26.09.08 keine signifikanten Unterschiede. Da in der Störungsparzelle über sieben Wochen lang weniger Tiere in der Laubwand erfasst wurden als im dauerbegrüntem Bereich, wurde für die Störungsvariante ein geringeres Jahresmittel mit 38 Ohrwürmern errechnet als für den dauerbegrüntem Bereich, dessen Jahresdurchschnitt bei 50 Individuen lag. Das Jahresmittel der unbegrüntem Parzelle war mit 30 Tieren etwas geringer als das des Störungsbereiches. Dennoch waren diese Unterschiede statistisch nicht abgesichert.

Laubwandbereich 2009: Aus Abbildung 112 ist ersichtlich, dass sich die durchschnittlichen Individuenzahlen in der Laubwand der ehemaligen Störungsparzelle und der dauerbegrüntem Parzelle im gesamten Versuchszeitraum 2009 mit Ausnahme des fünften Fangintervalls von 03.08. bis 10.08.09 geringfügig und nicht signifikant unterschieden (Tukey (HSD): $\alpha = 0,05$). Während in der ersten bis vierten sowie in der sechsten Fangperiode in der einstigen Umbruchvariante durchschnittlich 20 bis 148 Ohrwürmer pro Rebe erfasst wurden, lag die Befalldichte im dauerbegrüntem Bereich bei 28 bis 146 Tieren pro Rebstock. Die mittleren Fangzahlen der unbegrüntem Parzelle waren mit 23 bis 176 Individuen pro Rebe in Abhängigkeit von der Fangperiode jeweils höher oder geringer als die der begrüntem Gasse.

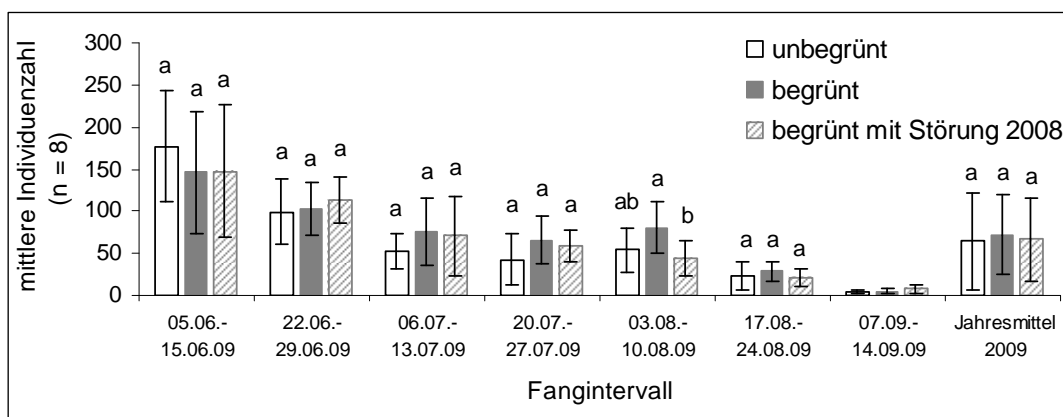


Abbildung 112: Einfluss der Begrünungsform auf *F. auricularia* in der Laubwand einer Riesling-Anlage, Neustadt-Mußbach 2009; a, ab, b - Signifikanzgruppen nach Tukey (HSD): $\alpha = 0,05$.

Im fünften Fangintervall von 03.08 bis 10.08.09 wurden im ehemaligen Störungsbereich mit durchschnittlich 44 Ohrwürmern pro Rebstock signifikant weniger Individuen erfasst als in der dauerbegrüntem Variante, in der im Durchschnitt 80 Tiere pro Rebe gefangen wurden. Im siebten Fangzeitraum von 07.09. bis 14.09.09 nahmen die Befalldichten in der Laubwand in der gesamten Fläche auf fünf bis acht Tieren ab, so dass auf einen statistischen Vergleich zwischen den Individuenzahlen verzichtet wurde. Da im Jahresdurchschnitt 2009 in der ehemaligen Störungsvariante 66 Individuen, in der dauerbegrüntem Parzelle 72 Individuen

und im unbegrünten Bereich 65 Individuen erfasst wurden, unterschieden sich die Jahresmittel der Individuenzahlen nicht signifikant.

3.5.6 Tiefengrubbern mit Umbrechen der Begrünung

In diesem Freilandversuch wurde in einer Sortenmix-Anlage in Neustadt-Mußbach von 2008 bis 2009 überprüft, ob sich eine Tiefenbodenbearbeitung mit Umbruch der Begrünung auf die Befallsdichte von *F. auricularia* wirkt. Die Studie gliederte sich in zwei Teilversuche: eine Nestkartierung während der Vegetationsruhe im Frühjahr 2009 und eine Individuenerfassung am Boden und in der Laubwand von Juni bis Juli 2009.

Die Ergebnisse der Nestkartierung sind in den Abbildungen 113 und 114 dargestellt. Abbildung 113 zeigt, dass im dauerbegrünten, störungsfreien Bodenbereich der Kontrolle wesentlich, aber nicht signifikant, mehr Nester und überwinterte Adulte erfasst wurden als in den Bodenpflegeparzellen mit Tiefengrubbern und Begrünungsumbruch (Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test: $\alpha = 0,05$). In der Kontrolle wurden 17 Nester und 18 überwinterte Ohrwürmer und in den Bodenpflegevarianten insgesamt neun Gelege und sechs Adulte nachgewiesen.

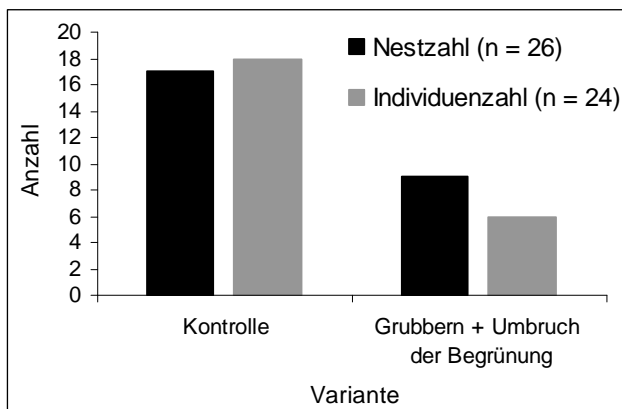


Abbildung 113: Einfluss einer Tiefenbodenbearbeitung mit Umbruch der Begrünung auf die Nest- und Individuenverteilung von *F. auricularia* im Boden der Gassen einer Sortenmix-Anlage, Neustadt-Mußbach von 06.04. bis 11.05.2009.

In Abbildung 114 sind die Nest- und Individuenzahlen der zwei Bodenpflegeparzellen getrennt für die Bearbeitungsformen „1 x Grubbern + Umbruch der Begrünung“ und „2 x Grubbern + Umbruch der Begrünung“ aufgetragen.

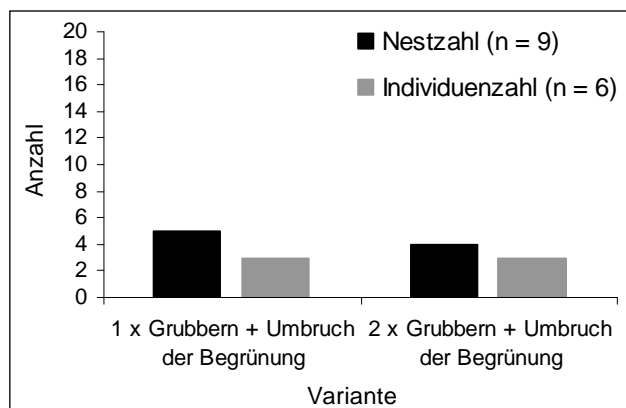


Abbildung 114: Einfluss einer einmaligen und zweimaligen Tiefenbodenbearbeitung mit Umbruch der Begrünung auf die Nest- und Individuenverteilung von *F. auricularia* im Boden der Gassen einer Sortenmix-Anlage, Neustadt-Mußbach von 06.04. bis 11.05.2009.

In der Parzelle „1 x Grubbern + Umbruch der Begrünung“ wurden fünf Nester und in der Parzelle „2 x Grubbern + Umbruch der Begrünung“ vier Gelege gefunden. Die Individuenanzahl war mit drei Ohrwürmern in beiden Parzellen gleich.

Im Anschluss an die Nestkartierung wurden von Juni bis Juli 2009 die Individuen am Boden und in der Laubwand erfasst, um die Populationsentwicklung in den Kontroll- und Bodenpflegeparzellen weiter verfolgen zu können.

Aus Abbildung 115 ist ersichtlich, dass in der ersten Fangperiode von 05.06. bis 15.06.09 am Boden der Parzelle „2 x Grubbern“ mit durchschnittlich zwölf Ohrwürmern die höchsten Fangzahlen ermittelt wurden. In der Variante „1 x Grubbern“ wurden mit durchschnittlich acht Tieren und in der Kontrolle mit durchschnittlich neun Individuen nahezu identische Dichten registriert. Jedoch unterschieden sich die mittleren Individuenzahlen der drei Parzellen nicht signifikant (Tukey (HSD): $\alpha = 0,05$). Da im restlichen Fangzeitraum vom 22.06. bis 27.07.09 mit durchschnittlich einem bis vier Tieren sehr geringe Ohrwurm-Dichten am Boden der gesamten Fläche ermittelt wurden, sind die Ergebnisse unter Vorbehalt zu betrachten und es wurde auf einen Tukey-Test verzichtet.

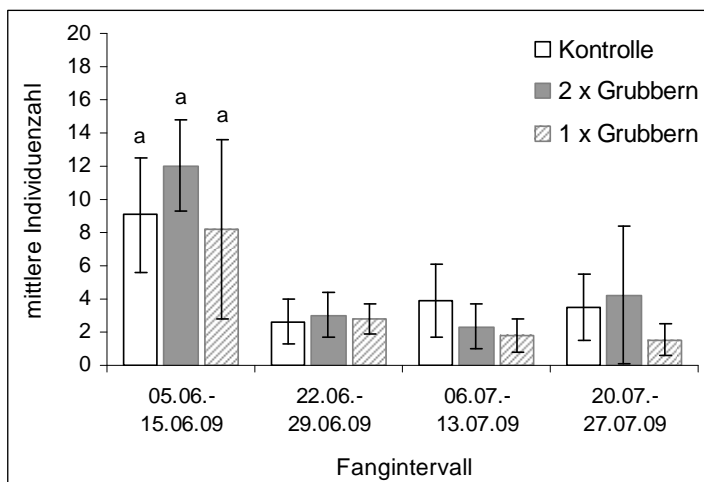


Abbildung 115: Einfluss einer Tiefenbodenbearbeitung mit Umbruch der Begrünung auf *F. auricularia* am Boden einer Sortenmix-Anlage, Neustadt-Mußbach 2009; a, b - Signifikanzgruppen nach Tukey (HSD): $\alpha = 0,05$; die mittlere Individuenzahl der Kontrolle wurde aus zwölf Reihenmitteln und die der Grubbervarianten aus sechs Reihenmitteln berechnet.

Abbildung 116 zeigt, dass im ersten Fangintervall von 05.06. bis 15.06.09 in der Laubwand der beiden Bodenpflegeparzellen mit durchschnittlich 107 (1 x Grubbern) und 115 (2 x Grubbern) Ohrwürmern pro Rebstock weniger Individuen erfasst wurden, als in der Kontrolle mit durchschnittlich 156 Tieren pro Rebe. Dennoch waren diese Unterschiede nicht signifikant (Tukey (HSD): $\alpha = 0,05$). In der zweiten Fangperiode von 22.06. bis 29.06.09 wurde in der Parzelle „1 x Grubbern“ mit durchschnittlich 39 Individuen eine signifikant geringe Befallsdichte in der Laubwand im Vergleich zur Kontrolle mit durchschnittlich 57 Ohrwürmern ermittelt. In der Variante „2 x Grubbern“ lag die Dichte im Durchschnitt bei 50 Tieren pro Rebe und war damit nur unerheblich und nicht signifikant geringer als die der Kontrolle. Im dritten Fangzeitraum von 06.07. bis 13.07.09 betrug die mittlere Fangzahl pro Rebstock in der Parzelle „1 x Grubbern“ 55, in der Kontrolle 69 und in der Variante

„2 x Grubbern“ 74. Jedoch waren diese Unterschiede statistisch nicht abgesichert. Im letzten Fangintervall von 20.07. bis 27.07.09 wurden in den beiden Bodenpflegeparzellen identische Fangzahlen mit 45 Tieren pro Rebstock ermittelt, die im Vergleich zur Kontrolle mit durchschnittlich 37 Ohrwürmern geringfügig aber nicht signifikant höher waren.

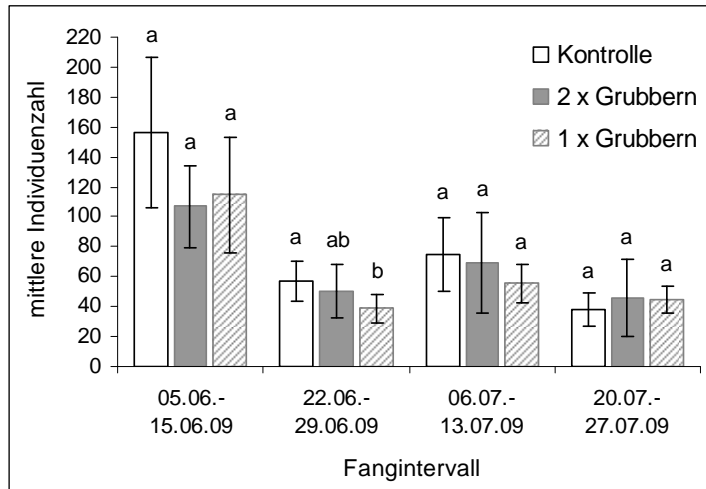


Abbildung 116: Einfluss einer Tiefenbodenbearbeitung mit Umbruch der Begrünung auf *F. auricularia* in der Laubwand einer Sortenmix-Anlage, Neustadt-Mußbach 2009; a, ab, b - Signifikanzgruppen nach Tukey (HSD): $\alpha = 0,05$, die auf logarithmierten Werten basieren; die mittlere Individuenzahl der Kontrolle wurde aus zwölf Reihenmitteln und die der Grubbertypen aus sechs Reihenmitteln berechnet.

3.5.7 Strohaufgabe in unbegrünter Gasse

Der Versuch fand im Juni 2009 in einer Spätburgunder-Anlage in Neustadt-Haardt statt, in deren unbegrünter Gassen im Herbst 2008 Strohmulch ausgebracht wurde.

Im ersten Fangintervall von 22.05. bis 29.05.09 wurden bis auf eine L₄-Larve keine Ohrwürmer im Bodenbereich der Gasse mit Strohmulch und der angrenzenden Rebzeilen gefangen. Auch in der Laubwand ließen sich während der ersten Fangperiode keine Ohrwürmer erfassen. Erst im zweiten Fangzeitraum vom 04.06. bis 18.06.09 konnte *F. auricularia* in der Rebanlage visuell beobachtet werden. In dem mit Strohmulch bedeckten Bereich befand sich ein adulter Ohrwurm. In der dauerbegrünter Gasse wurden lediglich neun Adulte in der Bodenvegetation erfasst. Aufgrund der sehr geringen Individuenzahlen am Boden der Gassen wurde auf eine graphische und statistische Auswertung verzichtet.

Um zu überprüfen, wie viele Individuen von der Strohgasse beziehungsweise von der dauerbegrünter Gasse in den Boden- und Laubwandbereich der angrenzenden Rebzeilen einwandern, wurden Barber- und Bambusfallen in den Rebzeilen installiert. Die Ergebnisse sind in Abbildung 117 zusammengefasst. Am Boden der Rebzeilen, die an die begrünte Gasse grenzten, wurden durchschnittlich zwei Tiere gefangen. In den Rebzeilen, die neben der Gasse mit Strohmulch lagen, war die durchschnittliche Fangzahl mit drei Ohrwürmern nur unwesentlich höher. Aufgrund der geringen Individuendichten am Boden der Versuchspartellen war ein statistischer Test nicht sinnvoll. In der Laubwand der Rebstöcke, die an der begrünter Gasse angrenzten, wurden im Durchschnitt 21 Tiere erfasst. In den Reben, die sich neben der Strohmulchgasse befanden, wurden mit durchschnittlich

28 Ohrwürmern geringfügig aber nicht signifikant mehr Individuen gefangen als in den Rebstöcken neben dem begrünten Bereich (Student-t-Test: $\alpha = 0,05$).

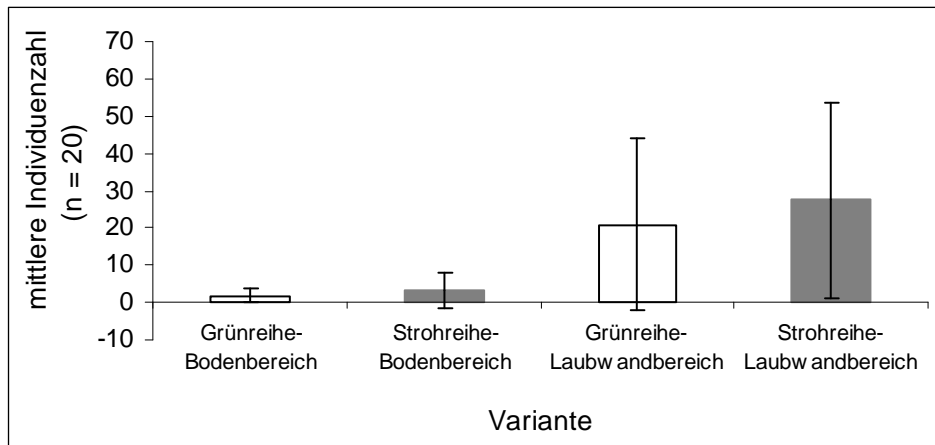


Abbildung 117: Einfluss einer Strohaufgabe in einer unbegrünten Gasse auf *F. auricularia* am Boden und in der Laubwand einer Spätburgunder-Anlage, Neustadt-Hardt 04.06. bis 18.06.2009.

3.6 Befallsregulation in der Laubwand

3.6.1 Insektizidvorversuche 2007

Insektizidvorversuch I mit SpinTor

Anhand des Vorversuches sollte stichprobenartig überprüft werden, ob eine Tagapplikation mit SpinTor den Ohrwurm-Befall in unterschiedlichen Rebsorten reduzieren kann.

Aus Abbildung 118 ist ersichtlich, dass in der Kontroll- und SpinTor-Parzelle der Riesling-Anlage in Deidesheim von 05.07. bis 12.07.07 durchschnittlich ein Ohrwurm pro Rebe erfasst wurde. Aufgrund dieser sehr geringen Fangzahlen war keine Aussage zur Wirkung des Insektizids möglich und es wurde auf einen statistischen Vergleich der Fangzahlen verzichtet.

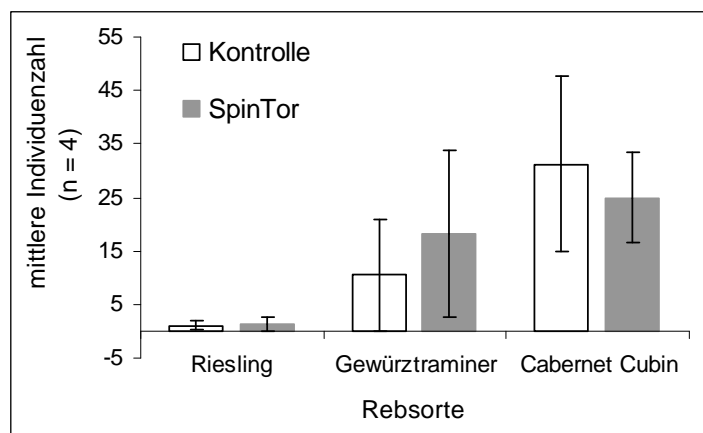


Abbildung 118: Einfluss einer Tagapplikation mit SpinTor auf *F. auricularia* in der Laubwand einer Riesling-, Gewürztraminer- und Cabernet Cubin-Anlage, Neustadt-Königsbach, Deidesheim 05.07. bis 12.07.2007.

In der SpinTor-Variante der Gewürztraminer-Anlage in Deidesheim wurden von 05.07. bis 12.07.07 mit durchschnittlich 18 Tieren pro Rebstock höhere Befallsdichten ermittelt als in

der Kontrolle, in der im Durchschnitt elf Individuen pro Rebe gefangen wurden. Jedoch waren die Unterschiede zwischen den Individuenzahlen beider Varianten nicht signifikant (Student-t-Test: $\alpha = 0,05$). In der Cabernet Cubin-Anlage in Neustadt-Königsbach wurde der Ohrwurm-Befall durch eine SpinTor-Tagapplikation zwar reduziert, jedoch war die Abnahme der Individuenzahlen in der Insektizidparzelle im Vergleich zur Kontrolle nicht signifikant. Während in der Kontrolle durchschnittlich 31 Tiere pro Rebstock registriert wurden, lag die Befallsdichte in der SpinTor-Variante im Durchschnitt bei 25 Individuen pro Rebe. Der Wirkungsgrad (ABBOTT 1925) der Tagbehandlung mit SpinTor betrug 20 %.

Insektizidvorversuch II mit SpinTor und Reldan 22

Der zweite Vorversuch wurde in einer Silvaner-Anlage in Neustadt-Mußbach angelegt, um die Wirkung der Insektizide SpinTor und Reldan 22 nach einer Tagapplikation auf *F. auricularia* zu testen.

Abbildung 119 zeigt, dass im Zeitraum vor den Insektizidapplikation von 22.06 bis 29.06.07 in der Laubwand der drei Versuchspartzellen wesentlich höhere Ohrwurm-Dichten ermittelt wurden als nach den Behandlungen von 10.07. bis 15.08.07.

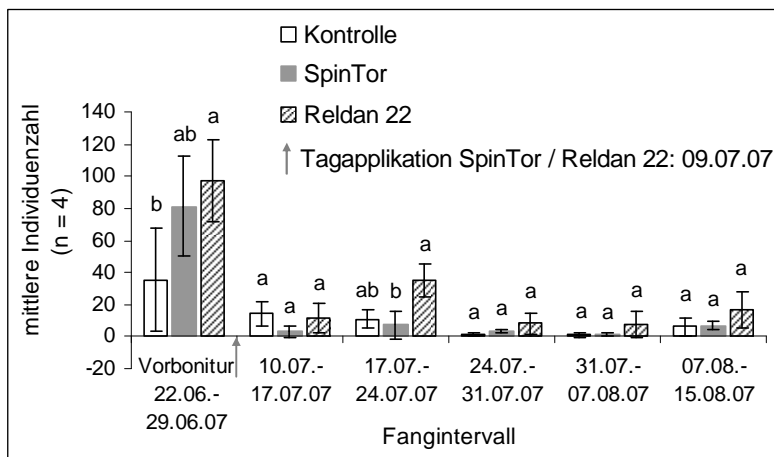


Abbildung 119: Einfluss einer Tagapplikation mit SpinTor und Reldan 22 auf *F. auricularia* in der Laubwand einer Silvaner-Anlage, Neustadt-Mußbach 2007; a, ab, b - Signifikanzgruppen nach Tukey (HSD): $\alpha = 0,05$, die auf logarithmierten Werten basieren.

Im Rahmen der Auswertung zeigte sich, dass schon vor der Applikation der Insektizide in der Kontrollparzelle mit durchschnittlich 35 Ohrwürmern pro Rebstock signifikant weniger Individuen erfasst wurden als in den vorgesehenen Insektizidvarianten (Tukey (HSD): $\alpha = 0,05$). Hier lagen die Befallsdichten bei 81 (SpinTor) und 97 (Reldan) Tieren pro Rebstock. Aufgrund der Resultate der Vorbonitur und der starken Abnahme der Fangzahlen in der gesamten Versuchsfläche ab 10. Juli sollten die Ergebnisse von 10.07. bis 15.08.07 unter Vorbehalt betrachtet werden. Unmittelbar nach den Applikationen von 10.07. bis 17.07.07 wurden in den Insektizidparzellen mit durchschnittlich drei (SpinTor) und zwölf (Reldan 22) Ohrwürmern geringfügig, aber nicht signifikant, weniger Tiere erfasst als in der Kontrolle mit durchschnittlich 14 Individuen pro Rebe. Drei Wochen nach den Behandlungen im Zeitraum von 17.07. bis 24.07.07 waren die mittleren Fangzahlen pro Rebe in der

SpinTor-Parzelle mit durchschnittlich sieben Ohrwürmern und in der Kontrolle mit durchschnittlich elf Tieren geringer als in der Reldan-Parzelle mit durchschnittlich 35 Individuen. Die Fangzahlen in der SpinTor-Variante waren signifikant geringer als im Reldan-Plot. Auch in den drei folgenden Fangperioden von 24.07. bis 15.08.07 wurden in der SpinTor-Parzelle mit durchschnittlich einem bis sieben Tieren und in der Kontrolle mit durchschnittlich einem bis sechs Ohrwürmern pro Rebstock geringere Befallsdichten ermittelt als in der Reldan-Variante. Hier wurden im den letzten drei Fangintervallen im Durchschnitt acht bis 17 Individuen pro Rebstock gefangen. Jedoch unterschieden sich die Fangzahlen der Versuchspartellen in den drei letzten Fangperioden nicht signifikant.

3.6.2 Insektizidversuche 2008

Insektizidversuch I

In einer 2008 gepflanzten Sortenmix-Anlage in Dackenheim wurde überprüft, welches Insektizid den Ohrwurm-Befall an Jungreben in Pflanzröhren effektiv reduzieren kann. Im Versuch wurden SpinTor, Reldan 22 und Confidor WG 70 verwendet.

Aus den Abbildungen 120 und 121 ist ersichtlich, dass sich während der ersten visuellen Bonitur am 20.06.08 und während der zweiten Aufnahme am 26.06.08 im Durchschnitt nur ein bis maximal sechs Ohrwürmer an einer Jungrebe in der Pflanzröhre befanden. Aufgrund der geringen Befallsdichten sind die Ergebnisse weniger aussagekräftig und es wurde kein statistischer Vergleich der Individuenzahlen durchgeführt. Abbildung 120 zeigt, dass die Insektizidwirkung generell für alle geprüften Insektizide sieben Tage nach der Applikation am 20.06.08 in den eingenetzten Pflanzröhren etwas stärker war als in den nicht eingenetzten. Dies ist vermutlich auf die Gazeabdeckung der Röhren zurückzuführen, die eine Flucht der Ohrwürmer über die obere Öffnung verhinderte.

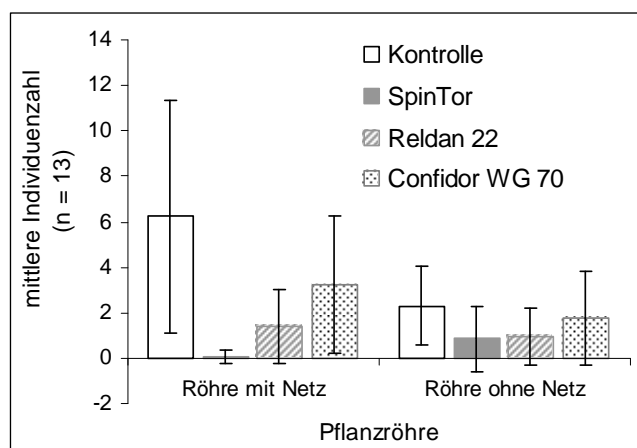


Abbildung 120: Einfluss von Tagapplikationen mit SpinTor, Reldan 22 und Confidor WG 70 auf *F. auricularia* an Jungreben in Pflanzröhren einer Sortenmix-Anlage, Dackenheim 20.06.2008.

Bei der späteren Demontage der Netze wurde beobachtet, dass sich die Ohrwürmer vermehrt in den engen Falten des Gazestoffes aufhielten. Am 20.06.08 wurden in den eingenetzten Röhren der Kontrolle im Durchschnitt sechs Tiere, in den mit SpinTor

behandelten Röhren keine Ohrwürmer, in den mit Reldan 22 besprühten Röhren durchschnittlich ein Individuum und in den mit Confidor WG 70 behandelten Röhren im Durchschnitt drei Tiere gesichtet. Demzufolge ergab sich für SpinTor ein Wirkungsgrad (ABBOTT 1925) von 95 %, für Reldan 22 ein Wirkungsgrad von 69 % und für Confidor WG 70 ein Wirkungsgrad von 42 %. In den Röhren ohne Netz wurden am 20.06.08 in der Kontrolle und in der Confidor-Variante im Durchschnitt zwei Ohrwürmer und in der SpinTor- und Reldan-Variante durchschnittlich ein Tier aufgenommen. Aufgrund der geringen Individuenzahlen in der Kontrolle wurden keine Wirkungsgrade für die Insektizide berechnet.

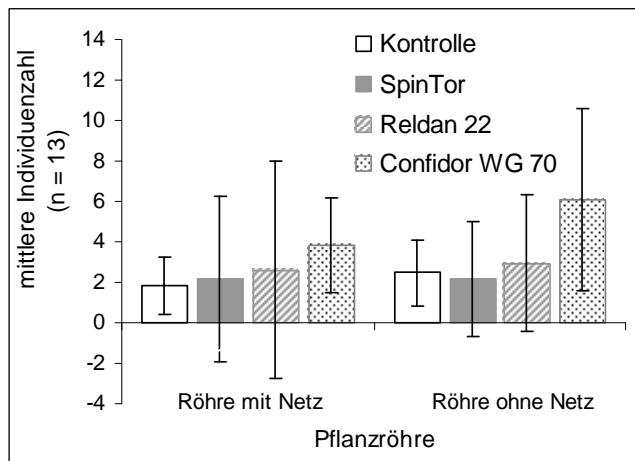


Abbildung 121: Einfluss von Tagapplikationen mit SpinTor, Reldan 22 und Confidor WG 70 auf *F. auricularia* an Jungreben in Pflanzröhren einer Sortenmix-Anlage, Dackenheim 26.06.2008.

Abbildung 121 macht deutlich, dass zwei Wochen nach der Insektizidbehandlung am 26.06.08 in den eingenetzten Pflanzröhren keine reduzierende Wirkung der drei Insektizide mehr festgestellt wurde. In der Kontrolle und in der SpinTor-Variante betrug die Befallsdichte durchschnittlich zwei Tiere pro Pflanzröhre. Im Reldan-Transekt wurden in den Röhren im Durchschnitt drei Ohrwürmer und im Confidor-Transekt durchschnittlich vier Individuen gezählt. In den Röhren ohne Netz hatte SpinTor zwei Wochen nach der Behandlung am 26.06.08 noch eine schwache Insektizidwirkung. Während sich in den Röhren der SpinTor-Variante durchschnittlich zwei Tiere befanden, wurden in den Röhren der Kontrolle und der Reldan-Variante im Durchschnitt drei Ohrwürmer und in den Röhren der Confidor-Variante im Durchschnitt sechs Individuen registriert. Aufgrund der geringen Individuenzahlen in der Kontrolle wurden keine Wirkungsgrade für die Insektizide berechnet.

Insektizidversuch II

Der zweite Insektizidversuch 2008 mit SpinTor, Reldan 22 und Confidor WG 70 fand in einer Riesling-Anlage in Deidesheim statt, um die Wirkung einer Nachtapplikation auf *F. auricularia* zu untersuchen. Weiterhin wurde überprüft, ob ein oder zwei Behandlungen nötig sind, um die Ohrwurm-Dichten bis zur Traubenlese effektiv zu reduzieren.

Aus Abbildung 122 ist ersichtlich, dass unmittelbar nach der Nachtapplikation im Zeitraum von 20.06. bis 27.06.08 in der SpinTor-Parzelle mit durchschnittlich 15 Tieren und in der

Confidor-Parzelle mit durchschnittlich 17 Ohrwürmern pro Rebstock signifikant weniger Individuen erfasst wurden, als in der Kontroll- und Reldan-Parzelle (Kruskal-Wallis-Test (Dunns Prozedur): $\alpha = 0,05$). In der Kontrolle befanden sich im Durchschnitt 59 Tiere in der Laubwand und in der Reldan-Variante im Durchschnitt 53 Individuen. Bereits drei Wochen nach der Behandlung von 04.07. bis 11.07.08 reduzierte keines der drei Insektizide die Befallsdichten signifikant. Während in den Reben der Kontrolle durchschnittlich 89 Ohrwürmern gefangen wurden, lag die durchschnittliche Fangzahl in der SpinTor- und Reldan-Parzelle bei 59 Individuen und in der Confidor-Parzelle bei 46 Tieren. Fünf Wochen nach der Nachtapplikation von 18.07. bis 25.07.08 wurden in der Kontrolle und den Insektizidvarianten mit durchschnittlich 21 (Kontrolle), 20 (SpinTor), 22 (Reldan 22) und 23 (Confidor WG 70) Ohrwürmern pro Rebstock annähernd gleiche Individuenzahlen ermittelt, die sich nicht signifikant unterschieden. Reldan 22 hatte im Vergleich zu SpinTor und Confidor WG 70 während der ersten fünf Versuchswochen die geringste Insektizidwirkung auf *F. auricularia*.

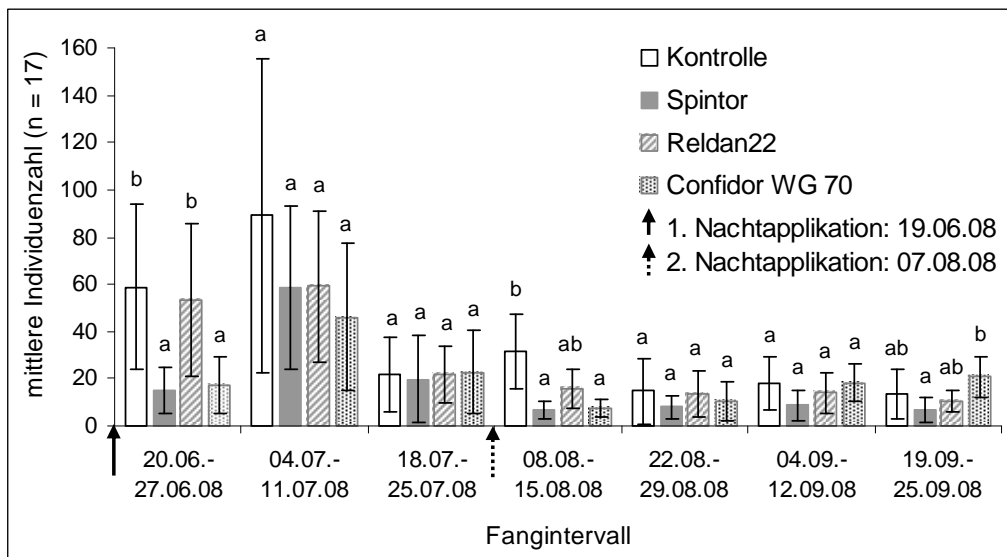


Abbildung 122: Einfluss von zwei Nachtapplikationen mit SpinTor, Reldan 22 und Confidor WG 70 auf *F. auricularia* in der Laubwand einer Riesling-Anlage, Deidesheim 2008; a, ab, b - Signifikanzgruppen nach Kruskal-Wallis-Test (Dunns Prozedur): $\alpha = 0,05$.

Aufgrund der bis Ende Juli anhaltenden Aufwanderung von Ohrwürmern vom Boden in die Laubwand, wurde eine zweite Nachtapplikation am 7. August auf der Hälfte der Rebanlage durchgeführt. Unmittelbar nach der zweiten Behandlung wurden von 08.08. bis 15.08.08 in der Laubwand der SpinTor- und Confidor-Parzelle signifikant geringere Ohrwurm-Dichten als in der Kontrolle und der Reldan-Parzelle ermittelt. Während sich in den Rebstöcken der SpinTor-Variante im Durchschnitt sieben Tiere und in den Reben der Confidor-Variante durchschnittlich acht Individuen befanden, wurden in der Kontrolle durchschnittlich

32 Ohrwürmer und in der Reldan-Variante im Durchschnitt 16 Tiere pro Rebe erfasst. Drei und fünf Wochen nach der zweiten Applikation von 22.08. bis 12.09.08 wies lediglich die SpinTor-Parzelle mit durchschnittlich acht und neun Ohrwürmern die geringsten Befallsdichten in der Laubwand auf. In den anderen Versuchspartzen wurden in den zwei Fangperioden im Durchschnitt 15 und 18 (Kontrolle), 14 (Reldan 22) sowie zehn und 18 (Confidor WG 70) Tiere pro Rebe aufgenommen. Zwischen den Individuenzahlen aller Varianten bestanden im Zeitraum von 22.08. bis 12.09.08 keine statistisch abgesicherten Unterschiede. Sieben Wochen nach der zweiten Nachtbehandlung im Zeitraum vom 19.09. bis 25.09.08 lagen die Befallsdichten in der SpinTor-Variante mit durchschnittlich sieben Tieren signifikant unter denen der Confidor-Parzelle mit durchschnittlich 21 Individuen pro Rebe. Zwischen den Fangzahlen der Kontrolle, der SpinTor - und der Reldan-Variante wurden keine signifikanten Unterschiede errechnet. In der Kontrolle wurden durchschnittlich 13 Ohrwürmer und in der Reldan-Parzelle im Durchschnitt zehn Tiere pro Rebstock erfasst. In Abbildung 123 sind die Wirkungsgrade nach Abbott (1925) für die zwei Nachtapplikationen mit SpinTor, Reldan 22 und Confidor WG 70 von 20.06. bis 25.09.08 aufgetragen. Unmittelbar nach der ersten Nachtbehandlung im Zeitraum vom 20.06. bis 27.06.08 reduzierten SpinTor mit 75 % und Confidor WG 70 mit 71 % die Ohrwurm-Dichten in der Laubwand nahezu gleich stark. Der Wirkungsgrad von Reldan 22 betrug im ersten Fangintervall 9 %. Während drei Wochen nach der Applikation von 04.07. bis 11.07.08 die Insektizidwirkung von SpinTor auf 34 % und die von Confidor WG 70 auf 48 % abnahm, stieg der Wirkungsgrad von Reldan 22 auf 33 % an. Fünf Wochen nach der Behandlung von 18.07. bis 25.07.08 reduzierte lediglich SpinTor die Befallsdichten um 8 %. Confidor WG 70 und Reldan 22 zeigten keine Wirkung mehr. Aufgrund dieser Resultate wurde am 7. August eine zweite Nachtapplikation durchgeführt, um die Ohrwurm-Dichten vor der Lese nochmals zu reduzieren. Auch unmittelbar nach der

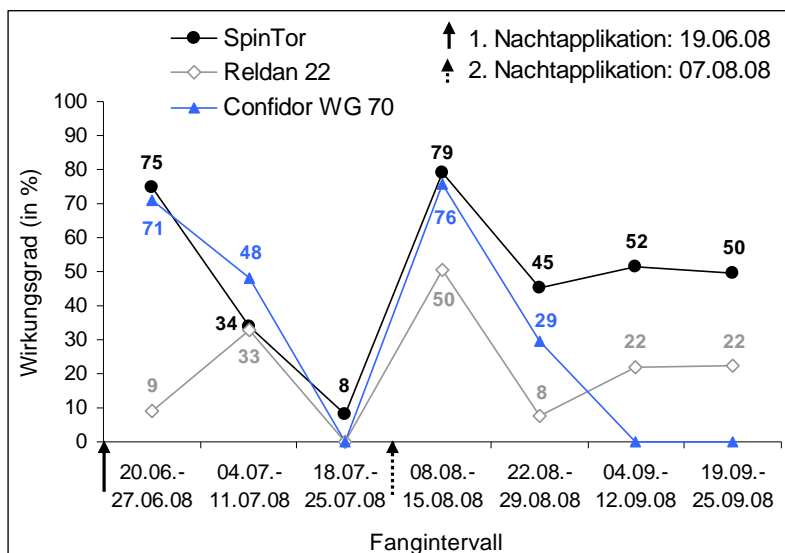


Abbildung 123: Einfluss von zwei Nachtapplikationen mit SpinTor, Reldan 22 und Confidor WG 70 auf *F. auricularia* in der Laubwand einer Riesling-Anlage, Deidesheim 2008; Wirkungsgrad (in %) nach ABBOTT (1925).

Fünf Wochen nach der Behandlung von 18.07. bis 25.07.08 reduzierte lediglich SpinTor die Befallsdichten um 8 %. Confidor WG 70 und Reldan 22 zeigten keine Wirkung mehr. Aufgrund dieser Resultate wurde am 7. August eine zweite Nachtapplikation durchgeführt, um die Ohrwurm-Dichten vor der Lese nochmals zu reduzieren. Auch unmittelbar nach der

zweiten Behandlung von 08.08. bis 15.08.08 erzielten SpinTor mit 79 % und Confidor WG 70 mit 76 % nahezu gleiche Wirkungsgrade wie nach der ersten Nachtapplikation. Reldan 22 reduzierte die Befallsdichten nach der zweiten Applikation mit 50 % deutlich stärker als nach der ersten. Drei Wochen nach der zweiten Behandlung von 22.08. bis 29.08.08 verringerte sich die Insektizidwirkung von SpinTor auf 45 %, die von Confidor WG 70 auf 29 % und die von Reldan 22 auf 8 %. Fünf Wochen nach der zweiten Applikation von 04.09. bis 12.09.08 reduzierte SpinTor den Ohrwurm-Befall in der Laubwand um 52 % und Reldan 22 um 22 %. Confidor WG 70 zeigte auf *F. auricularia* ab dieser Fangperiode bis zum Versuchsende am 25. September keinerlei Insektizidwirkung. Sieben Wochen nach der zweiten Behandlung von 19.09. bis 25.09.09 betrug der Wirkungsgrad von SpinTor 50 % und die reduzierende Wirkung von Reldan 22 lag bei 22 %.

Der statistische Vergleich der Wirkungsgrade von SpinTor, Reldan 22 und Confidor WG 70 von 20.06. bis 25.09.08 hat ergeben, dass SpinTor mit einem durchschnittlichen Wirkungsgrad von 49 % eine signifikant höhere Insektizidwirkung hatte als Reldan 22, das im Durchschnitt einen Wirkungsgrad von 21 % aufwies (Student-t-Test: $\alpha = 0,05$).

Obwohl die Wirkung von Confidor WG 70 zu Versuchsende im Vergleich zu SpinTor stark abnahm, lag der durchschnittliche Wirkungsgrad von SpinTor bei 49 % und der von Confidor WG 70 bei 32 %, so dass zwischen beiden Wirkungsgraden kein signifikanter Unterschied errechnet wurde. Die durchschnittlichen Wirkungsgrade von Confidor WG 70 und Reldan 22 unterschieden sich mit 32 % und 21 % ebenfalls nicht signifikant.

Die Ergebnisse für den Boden der Rebanlage sind in Abbildung 124 nur von 20.06. bis 25.07.08 dargestellt, da schon ab 18. Juli sehr geringe Befallsdichten mit durchschnittlich einem bis vier Ohrwürmern ermittelt wurden, wodurch sich die Aussagekraft der Ergebnisse erheblich verringert.

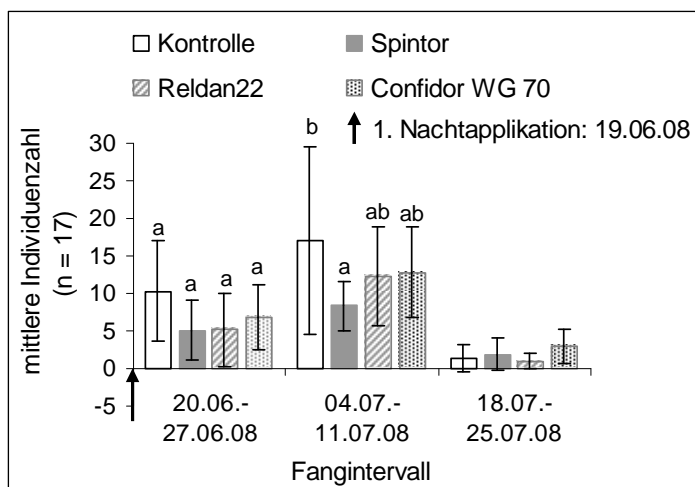


Abbildung 124: Einfluss einer Nachtapplikation mit SpinTor, Reldan 22 und Confidor WG 70 auf *F. auricularia* am Boden einer Riesling-Anlage, Deidesheim 2008; a, ab - Signifikanzgruppen nach Kruskal-Wallis-Test (Dunns Prozedur): $\alpha = 0,05$.

Abbildung 124 zeigt, dass unmittelbar nach der ersten Nachtbehandlung in der Laubwand die Ohrwurm-Dichten am Boden der Insektizidparzellen deutlich, aber nicht signifikant,

abnahmen (Kruskal-Wallis-Test (Dunns Prozedur): $\alpha = 0,05$). Während in der Kontrolle im Durchschnitt zehn Tiere erfasst wurden, waren es in der SpinTor- und Reldan-Parzelle durchschnittlich fünf Ohrwürmer und in der Confidor-Parzelle im Durchschnitt sieben Individuen. In der Reldan-Variante befanden sich bereits vier Stunden nach der Applikation zahlreiche tote L₄-Larven und Adulte auf der Erdoberfläche unter den Rebstöcken. Drei Wochen nach der Behandlung von 04.07. bis 11.07.08 wurden in der SpinTor-Variante mit durchschnittlich acht Tieren am Boden signifikant geringere Fangzahlen ermittelt als in der Kontrolle, in der sich im Durchschnitt 17 Ohrwürmer befanden. In der Reldan-Variante wurden zu dieser Zeit im Durchschnitt zwölf Individuen und in der Confidor-Variante durchschnittlich 13 Ohrwürmer am Boden registriert. Die Fangzahlen beider Parzellen unterschieden sich zu den der Kontrolle und der SpinTor-Parzelle nicht signifikant. Fünf Wochen nach der Applikation von 18.07. bis 25.07.08 nahmen die Individuenzahlen am Boden stark ab, weshalb auf einen Kruskal-Wallis-Test verzichtet wurde. Während in der Kontroll- und Reldan-Parzelle durchschnittlich nur ein Tier am Boden gefangen wurde, lag die Ohrwurm-Dichte in der SpinTor-Parzelle im Durchschnitt bei zwei Ohrwürmern und in der Confidor-Parzelle im Durchschnitt bei drei Individuen.

Insektizidversuch III

Der dritte Insektizidversuch 2008 mit SpinTor wurde in einer Riesling-Anlage in Neustadt-Mußbach angelegt, um die Insektizidwirkung einer Tag- und Nachtapplikation miteinander zu vergleichen.

Aus Abbildung 125 ist ersichtlich, dass die Nachtapplikation mit SpinTor die Ohrwurm-Dichten in der Laubwand über den gesamten Versuchszeitraum stärker reduzierte als die Tagbehandlung mit SpinTor. Unmittelbar nach der Behandlung von 08.08. bis 15.08.08 wurden in der SpinTor-Nacht-Parzelle mit durchschnittlich zwei Ohrwürmern pro Rebe signifikant geringere Befallsdichten ermittelt als in der Kontrolle und der SpinTor-Tag-Parzelle (Kruskal-Wallis-Test (Dunns Prozedur): $\alpha = 0,05$). Ferner wurden in der SpinTor-Tag-Parzelle mit durchschnittlich zwölf Individuen signifikant weniger Tiere erfasst als in der Kontrolle, in der sich im Durchschnitt 37 Ohrwürmer pro Rebstock befanden.

Drei Wochen nach der Applikation von 22.08. bis 29.08.08 wurden in der SpinTor-Nacht-Variante mit durchschnittlich fünf Ohrwürmern pro Rebe im Vergleich zur Kontrolle und der SpinTor-Tag-Variante ebenfalls signifikant weniger Individuen gefangen. In der Kontrolle lag die durchschnittliche Fangzahl bei 15 Tieren und in der SpinTor-Tag-Variante bei neun Ohrwürmern pro Rebe, jedoch unterschieden sich die Fangzahlen nicht signifikant. Fünf Wochen nach der Behandlung am 04.09. bis 12.09.08 waren die Befallsdichten in den Insektizidparzellen mit durchschnittlich drei (SpinTor-Nacht) und vier (SpinTor-Tag) Tieren geringer als in der Kontrolle mit durchschnittlich acht Individuen pro Rebstock. Jedoch

bestanden nur zwischen den Fangzahlen der Kontrolle und der SpinTor-Nacht-Variante statistisch abgesicherte Unterschiede. Sieben Wochen nach der Applikation von 19.09. bis 25.09.08 wurden in der SpinTor-Nacht-Parzelle im Vergleich zur Kontrolle und zur SpinTor-Tag-Parzelle immer noch signifikant geringere Ohrwurm-Dichten ermittelt. Während in der SpinTor-Nacht-Parzelle im Durchschnitt vier Individuen pro Rebe gefangen wurden, waren der Kontrolle durchschnittlich neun Tiere und in der SpinTor-Tag-Parzelle im Durchschnitt acht Ohrwürmer aktiv. Die Ergebnisse der dritten und vierten Fangperiode sollten aufgrund der geringen Individuenzahlen in der Laubwand unter Vorbehalt betrachtet werden.

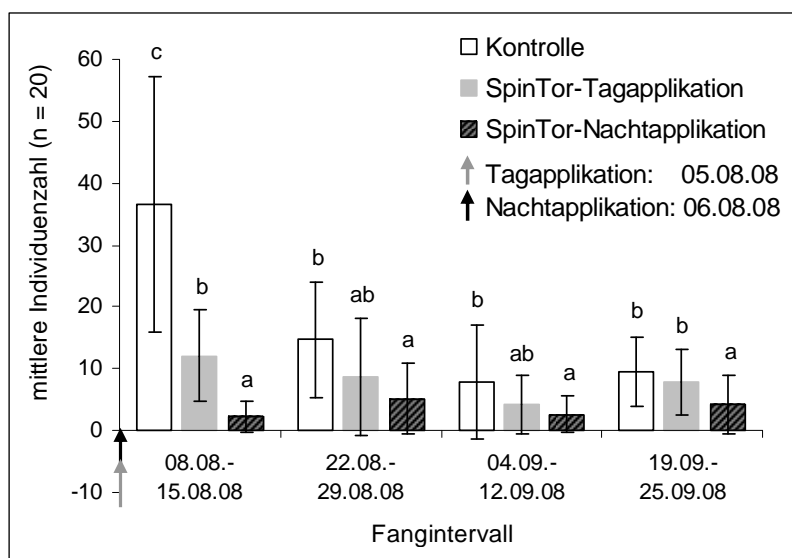


Abbildung 125: Einfluss einer Tag- und Nachtapplikation mit SpinTor auf *F. auricularia* in der Laubwand einer Riesling-Anlage, Neustadt-Mußbach 2008; a, ab, b, c - Signifikanzgruppen nach Kruskal-Wallis-Test (Dunns Prozedur): $\alpha = 0,05$.

In Abbildung 126 sind die Wirkungsgrade nach ABBOTT (1925) für die Tag- und Nachtapplikation von SpinTor aufgetragen. Unmittelbar nach der Applikation von 08.08. bis 15.08.08 wurden die Befallsdichten in der Laubwand mit der Nachtbehandlung um 95 % und mit der Tagbehandlung um 67 % reduziert.

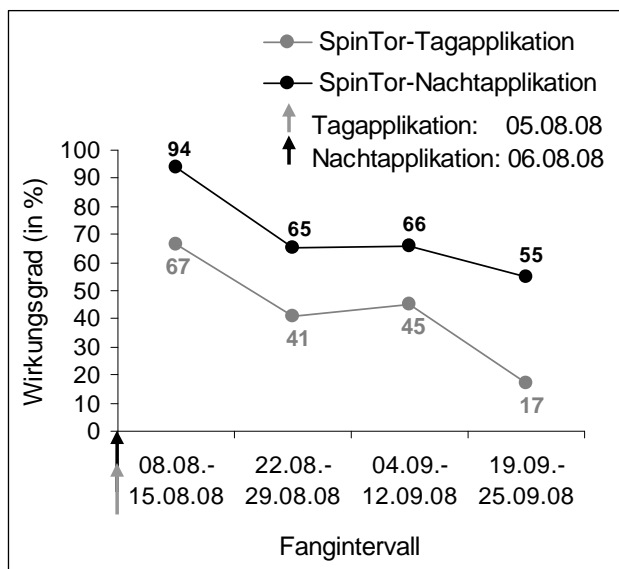


Abbildung 126: Einfluss einer Tag- und Nachtapplikation mit SpinTor auf *F. auricularia* in der Laubwand einer Riesling-Anlage, Neustadt-Mußbach 2008; Wirkungsgrad (in %) nach ABBOTT (1925).

Drei Wochen nach der Applikation von 22.08. bis 29.08.08 nahm der Wirkungsgrad der Nachtbehandlung auf 65 % und der Tagbehandlung auf 41 % ab. Fünf Wochen nach der Behandlung von 04.09. bis 12.09.08 stieg die Insektizidwirkung der Nachtapplikation auf 66 % und der Tagapplikation auf 45 % an. Während sieben Wochen nach der Applikation von 19.09. bis 25.09.08 der Wirkungsgrad der Nachtbehandlung noch 55 % betrug, reduzierte sich die Wirkung der Tagbehandlung auf 17 %. Obwohl sich die Wirkungsgrade der Tag- und Nachtapplikation im Zeitraum von 08.08. bis 25.09.08 nicht signifikant unterschieden (Student-t-Test: $\alpha = 0,05$), hat der Versuch deutlich gezeigt, dass die Ohrwurm-Dichten durch eine Nachtbehandlung effektiver reduziert werden können als durch eine Tagbehandlung.

Am Boden aller Versuchspartellen wurden während der Untersuchung mit durchschnittlich einen und drei Ohrwürmern nur sehr wenige Individuen erfasst, so dass keine graphische und statistische Auswertung erfolgte.

Zusätzlich zur Erfassung der Ohrwürmer mit Bambusfallen wurde am letzten Versuchstag eine Traubenbonitur in allen Versuchspartellen durchgeführt, um die Individuenzahlen der Trauben eines Rebstockes mit denen der Bambusfallen (= Rebstockbefall) zu vergleichen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 30 zusammengefasst.

Tabelle 30: Einfluss einer Tag- und Nachtapplikation mit SpinTor auf *F. auricularia* in den Trauben und den Rebstöcken einer Riesling-Anlage, Neustadt-Mußbach 25.09.2008.

Varianten	Traubengewicht alle Trauben pro Rebe (in g)	Traubenbefall Individuenzahl aller Trauben pro Rebe	Rebstockbefall Individuenzahl in Bambusfalle pro Rebe
Kontrolle (Stock 09)	2865	8	25
Kontrolle (Stock 16)	3263	7	17
Kontrolle (Stock 18)	2738	6	25
SpinTor-Tagapplikation (Stock 03)	2246	1	9
SpinTor-Tagapplikation (Stock 10)	3114	4	14
SpinTor-Tagapplikation (Stock 20)	2829	2	8
SpinTor-Nachtapplikation (Stock12)	2921	1	1
SpinTor-Nachtapplikation (Stock14)	2397	1	6
SpinTor-Nachtapplikation (Stock15)	3043	0	0

Die Traubenbonitur zeigte tendenziell die gleichen Ergebnisse wie die Auswertung des Rebstockbefalls mittels Bambusfallen. In den Trauben der SpinTor-Nacht-Parzelle wurden keine bis maximal ein Ohrwurm pro Traube gefunden. Auch der Rebstockbefall dieser Parzelle war mit einen und sechs Tieren pro Falle am geringsten. In der SpinTor-Tag-Parzelle wurde ein höherer Trauben- und Rebstockbefall ermittelt als in der SpinTor-Nacht-Parzelle. Hier befanden sich jeweils ein, zwei und vier Tiere in allen Trauben einer Rebe. In den Fallen wurden jeweils acht, neun und 14 Ohrwürmer erfasst. In den Trauben und Rebstöcken der Kontrolle wurden die meisten Individuen registriert. In den Trauben eines

Rebstockes wurden jeweils sechs, sieben und acht Tieren gefunden. Die Fangeinheiten dieser Reben waren jeweils mit 17 und 25 Ohrwürmern besetzt. Das Gewicht der Trauben pro Rebstock wurde zusätzlich aufgeführt, um zu zeigen, dass die für die Bonitur ausgewählten Rebstöcke annähernd gleich große Trauben hatten, die in ihrer Gesamtheit ein ähnliches Gesamtgewicht ergaben.

3.6.3 Insektizidversuche 2009

Im dritten Versuchsjahr wurde die Wirkung des 2007 und 2008 getesteten Insektizids SpinTor erneut auf Ohrwürmer überprüft, da die Wirksamkeit des Mittels gegen *F. auricularia* stark von den Applikationszeiten abhängt. Zusätzlich zu SpinTor wurde der befallsreduzierende Effekt von Steward® auf den Gemeinen Ohrwurm in einem Groß- und Kleinversuch untersucht.

Insektizidversuch I mit SpinTor

Der erste Insektizidversuch 2009 wurde mit SpinTor in einer Regent-Anlage in Neustadt-Mußbach durchgeführt, um die Wirkung einer Tagapplikation auf *F. auricularia* zu testen.

Aus Abbildung 127 ist ersichtlich, dass durch eine Tagapplikation mit SpinTor die Befallsdichten in der Laubwand bis zu drei Wochen nach der Behandlung im Vergleich zur Kontrolle signifikant reduziert wurden (Student-t-Test: $\alpha = 0,05$).

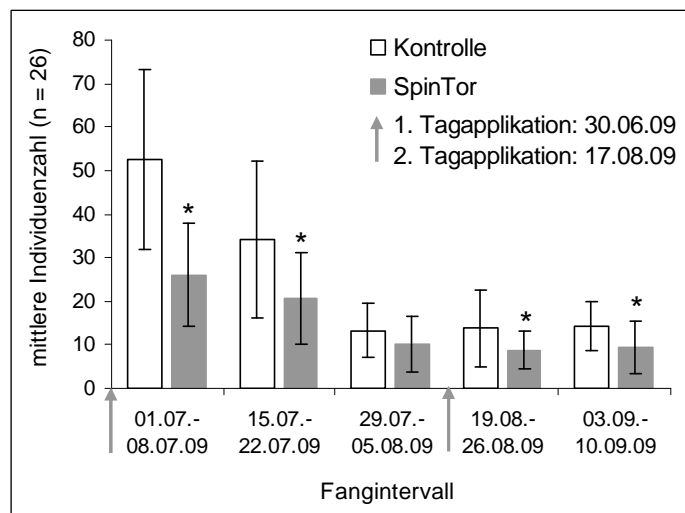


Abbildung 127: Einfluss von zwei Tagapplikationen mit SpinTor auf *F. auricularia* in der Laubwand einer Regent-Anlage, Neustadt-Mußbach 2009; *signifikante Unterschiede nach Student-t-Test: $\alpha = 0,05$, die auf logarithmierten Werten basieren.

Im ersten und dritten Fangzeitraum wurden in der SpinTor-Parzelle mit durchschnittlich 26 (01.07. bis 08.07.09) und 21 (15.07. bis 22.07.09) Ohrwürmern pro Rebstock signifikant geringere Fangzahlen ermittelt als in der Kontrolle (Student-t-Test: 1. Fangintervall: $p < 0,0001$, 2. Fangintervall: $p = 0,002$). In der Kontrolle wurden im Durchschnitt 53 (01.07. bis 08.07.09) und 34 (15.07. bis 22.07.09) Tiere pro Rebe erfasst. Im dritten Fangintervall von 29.07 bis 05.08.09 nahmen die Ohrwurm-Dichten im Laubwandbereich aller Parzellen

durch Starkregen ab. Während dieser Zeit lag die durchschnittliche Individuenzahl in der Kontrolle bei 13 und in der SpinTor-Variante bei zehn Tieren pro Rebe. Zwischen den Fangzahlen beider Parzellen bestanden keine statistisch abgesicherten Unterschiede. Am 17. August wurde eine zweite Tagapplikation durchgeführt, um den Ohrwurm-Befall vor der Lese weiter zu verringern. Mit der zweiten Behandlung wurden die Individuendichten in der Laubwand über drei Wochen von 19.08. bis 10.09.09 signifikant reduziert (Student-t-Test: 4. Fangintervall: $p = 0,016$, 5. Fangintervall: $p = 0,004$). In diesem Zeitraum wurden in der Kontrolle durchschnittlich 14 Tiere und in der SpinTor-Parzelle im Durchschnitt neun Ohrwürmer pro Rebe erfasst.

In Abbildung 128 sind zusätzlich die Wirkungsgrade (ABBOTT 1925) der beiden SpinTor-Behandlungen aufgetragen. In der Woche nach der ersten Tagapplikation von 01.07. bis 08.07.09 reduzierte SpinTor die Befallsdichten um 51 %. Drei Wochen nach der Behandlung von 15.07. bis 22.07.09 verringerte sich die Insektizidwirkung auf 38 % und fünf Wochen nach der Applikation von 29.07. bis 05.08.09 lag der Wirkungsgrad bei 23 %. Nach der zweiten Tagbehandlung am 17. August stieg der Wirkungsgrad auf 36 % an und blieb drei Wochen von 19.08. bis 10.09.09 auf diesem Niveau.

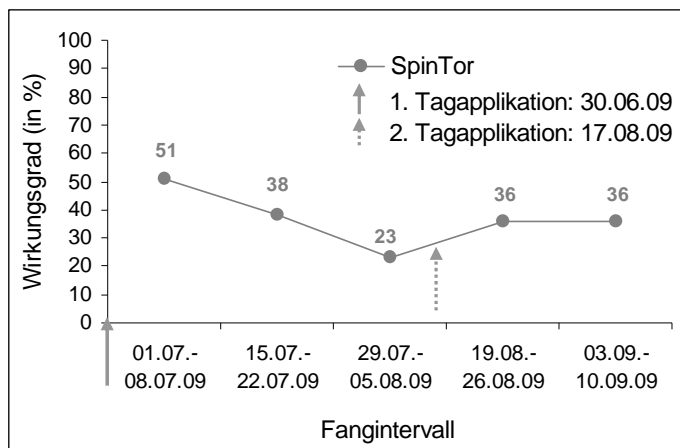


Abbildung 128: Einfluss von zwei Tagapplikationen mit SpinTor auf *F. auricularia* in der Laubwand einer Regent-Anlage, Neustadt-Mußbach 2009; Wirkungsgrad (in %) nach ABBOTT (1925).

Abbildung 129 zeigt, dass am Boden der Versuchspartellen von 01.07. bis 10.09.09 geringe Ohrwurm-Dichten mit durchschnittlich einem bis vier Tieren ermittelt wurden. Aufgrund der geringen Fangzahlen sind die Ergebnisse unter Vorbehalt zu betrachten und es wurde auf einen Student-t-Test verzichtet. Jeweils eine Woche nach der ersten Applikation von 01.07. bis 08.07.09 und nach der zweiten Behandlung von 19.08. bis 26.08.09 wurden in der SpinTor-Parzelle mit durchschnittlich vier Tieren mehr Individuen erfasst wurden als in der Kontrolle. Hier lag die Fangzahl am Boden im Durchschnitt bei einem (01.07. bis 08.07.09) und drei Individuen (19.08. bis 26.08.09).

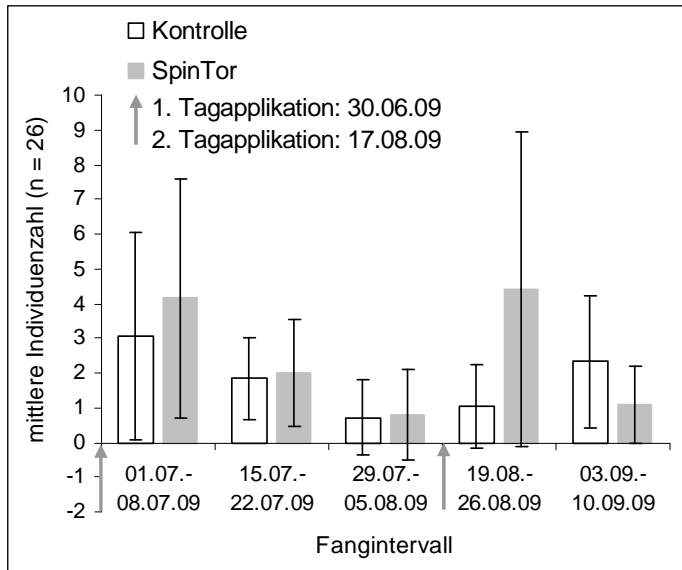


Abbildung 129: Einfluss von zwei Tagapplikationen mit SpinTor auf *F. auricularia* am Boden einer Regent-Anlage, Neustadt-Mußbach 2009.

Insektizidversuch II mit SpinTor

Der zweite SpinTor-Versuch 2009 fand in einer Portugieser-Anlage in Roschbach statt, um wiederholt zu testen, ob ein oder zwei Nachtapplikationen für eine effektive Befallsreduzierung notwendig sind. Zusätzlich wurde untersucht, ob durch eine gezielte Nachtbehandlung der Traubenzone vergleichbare Bekämpfungserfolge erreicht werden können wie durch eine Nachtbehandlung der gesamten Laubwand.

Aus Abbildung 130 ist ersichtlich, dass nur durch eine zweimalige SpinTor-Applikation (B2) die Ohrwurm-Dichten in der Laubwand über den gesamten Versuchszeitraum signifikant reduziert wurden (Kruskal-Wallis-Test (Dunns-Prozedur): $\alpha = 0,05$).

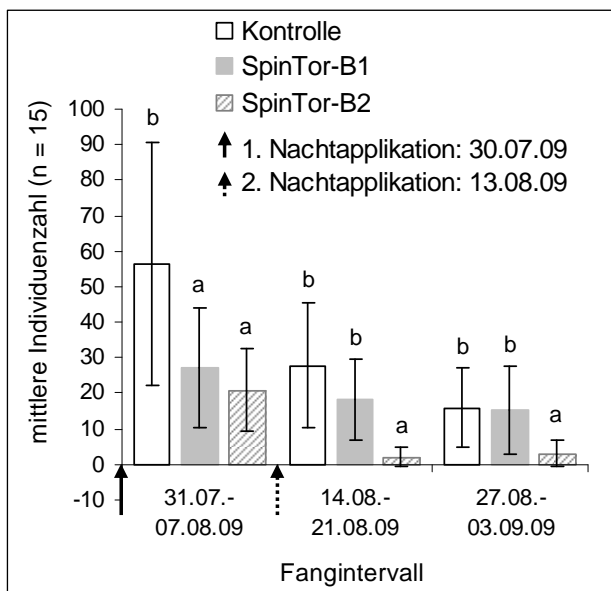


Abbildung 130: Einfluss von ein und zwei Nachtapplikationen mit SpinTor auf *F. auricularia* in der Laubwand einer Portugieser-Anlage, Roschbach 2009; a, b - Signifikanzgruppen nach Kruskal-Wallis-Test (Dunns Prozedur): $\alpha = 0,05$.

Vom ersten bis dritten Fangintervall wurden in der SpinTor-B2-Parzelle mit durchschnittlich 21 (31.07. bis 07.08.09), zwei (14.08. bis 21.08.09) und drei (27.08. bis 03.09.09) Tieren pro Rebstock signifikant geringere Fangzahlen ermittelt als in der Kontrolle. Hier wurden im

ersten Fangintervall im Durchschnitt 57 Tiere, in der zweiten Fangperiode durchschnittlich 28 Ohrwürmer und im dritten Fangzeitraum im Durchschnitt 16 Individuen pro Rebe erfasst. In der SpinTor-B1-Variante, in der nur eine Nachtapplikation stattfand, wurden die Ohrwurmdichten nur kurzzeitig im ersten Fangintervall von 31.07. bis 07.08.09 signifikant reduziert. Während in der SpinTor-B1-Parzelle in diesem Zeitraum 27 Ohrwürmern pro Rebe aufgenommen wurden, befanden sich in den Rebstöcken der Kontrolle im Durchschnitt 57 Tiere. Drei und fünf Wochen nach der einmaligen Behandlung wurden in der SpinTor-B1-Parzelle mit durchschnittlich 18 (14.08. bis 21.08.09) und 15 (27.08. bis 03.09.09) Ohrwürmern pro Rebe geringfügig aber nicht signifikant weniger Individuen gefangen als in der Kontrolle, deren Fangzahlen im Durchschnitt bei jeweils 28 und 16 Tieren pro Rebstock lagen.

Durch die Auftragung der Wirkungsgrade (ABBOTT 1925) in Abbildung 131 wird nochmals deutlich, dass durch zwei Nachtbehandlungen (B2) die Befallsdichten über den gesamten Versuchszeitraum im Vergleich zu einer Nachtapplikation (B1) sehr stark verringert wurden. Während in der SpinTor-B2-Parzelle die Ohrwurm-Dichten durch die zweimalige Behandlung um 63 % (31.07. bis 07.08.09), um 93 % (14.08. bis 21.08.09) und um 81 % (27.08. bis 03.09.09) reduziert wurden, lagen die Wirkungsgrade in der SpinTor-B1-Variante in den drei Fangperioden bei 53 %, 36 % und 6 %.

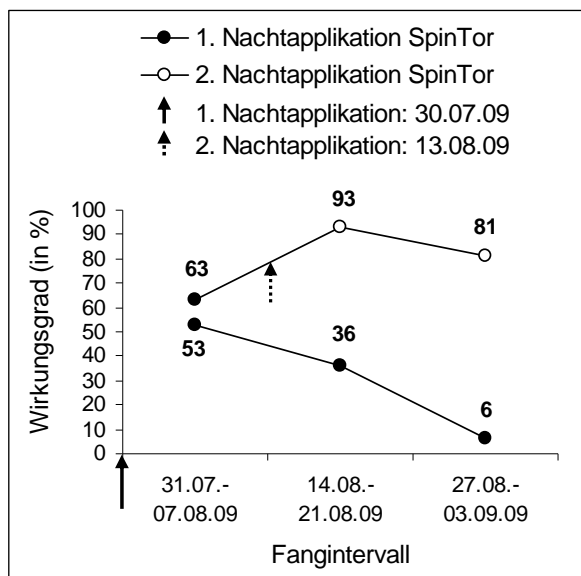


Abbildung 131: Einfluss von ein und zwei Nachtapplikationen mit SpinTor auf *F. auricularia* in der Laubwand einer Portugieser-Anlage, Roschbach 2009; Wirkungsgrad (in %) nach ABBOTT (1925).

In Abbildung 132 wird deutlich, dass am Boden der Versuchspartellen von 31.07. bis 03.09.09 geringe Ohrwurm-Dichten mit durchschnittlich einem bis sechs Tieren ermittelt wurden. Demzufolge sind die Ergebnisse weniger aussagekräftig und es wurde kein statistischer Vergleich der Fangzahlen durchgeführt. Dennoch fällt auf, dass in der SpinTor-B1-Parzelle nach der Applikation höhere Fangzahlen mit durchschnittlich sechs (31.07. bis 07.08.09) und drei (14.08. bis 21.08.09) Tieren im Vergleich zur Kontrolle bestimmt wurden.

Auch in der SpinTor-B2-Variante lagen die Dichten nach der zweiten Behandlung mit durchschnittlich drei Individuen über denen der Kontrolle, in der im Durchschnitt ein Tier erfasst wurde.

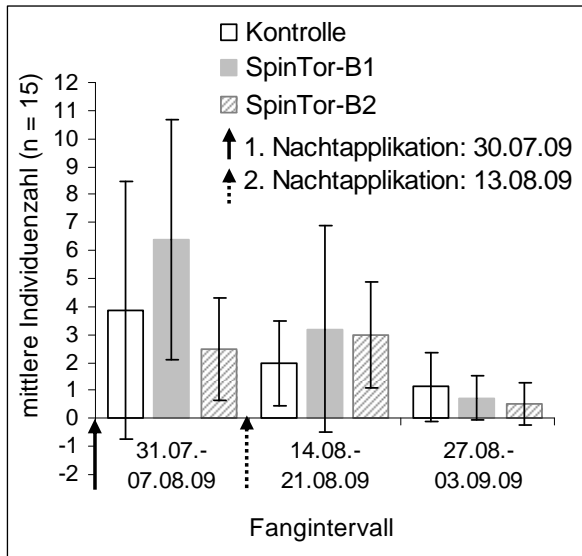


Abbildung 132: Einfluss von ein und zwei Nachtapplikationen mit SpinTor auf *F. auricularia* am Boden einer Portugieser-Anlage, Roschbach 2009.

In der Portugieser-Anlage wurde in einem weiteren Teilversuch getestet, ob durch eine gezielte Nachtbehandlung der Traubenzone vergleichbare Bekämpfungserfolge erreicht werden können wie durch eine Nachtbehandlung der gesamten Laubwand. Abbildung 133 zeigt, dass die Ohrwurm-Dichten im Rebstock sowohl durch die Behandlung der Traubenzone, als auch durch die Behandlung der kompletten Laubwand im Vergleich zur Kontrolle von 14.08. bis 03.09.09 signifikant reduziert wurden (Kruskal-Wallis-Test (Dunns Prozedur): $\alpha = 0,05$).

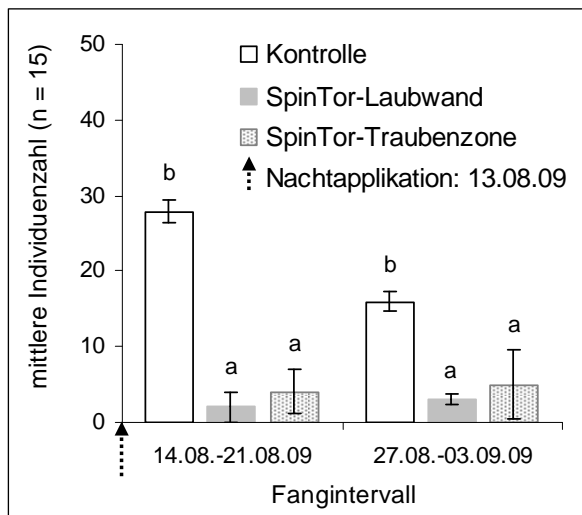


Abbildung 133: Einfluss einer Nachtapplikation mit SpinTor in der Traubenzone und in der kompletten Laubwand auf *F. auricularia* einer Portugieser-Anlage, Roschbach 2009; a, b - Signifikanzgruppen nach Kruskal-Wallis-Test (Dunns Prozedur): $\alpha = 0,05$.

In der ersten Fangperiode von 14.08. bis 21.08.09 wurden in der vollständig behandelten Laubwand im Durchschnitt vier Ohrwürmer und in der behandelten Traubenzone durchschnittlich zwei Tiere gefangen. Dagegen lag die Befallsdichte in der Kontrolle bei

durchschnittlich 28 Individuen pro Rebe. Im zweiten Fangintervall von 27.08. bis 03.09.09 wurden in der vollständig behandelten Laubwand im Durchschnitt drei Ohrwürmer und in der behandelten Traubenzone durchschnittlich fünf Tiere erfasst.

Aus Abbildung 134 ist ersichtlich, dass die Behandlung der Traubenzone den Ohrwurm-Befall um 86 % im ersten und um 69 % im zweiten Fangzeitraum verringert hat. Damit war diese Teilbehandlung der Laubwand annähernd so effektiv wie die Komplettbehandlung, die in der ersten Fangperiode die Befallsdichten um 93 % und in der zweiten um 81 % reduzierte.

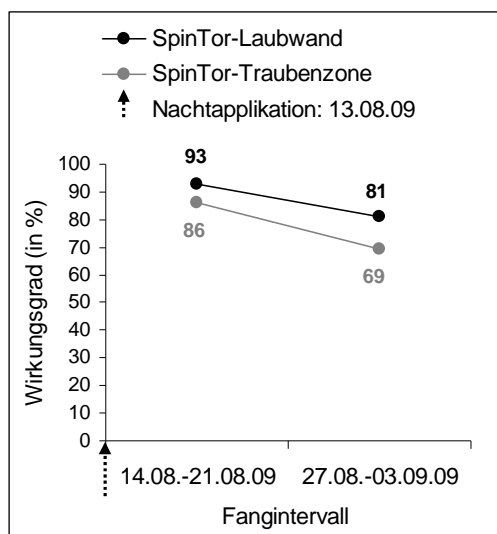


Abbildung 134: Einfluss einer Nachtapplikation mit SpinTor in die Traubenzone und in die komplette Laubwand auf *F. auricularia* einer Portugieser-Anlage, Roschbach 2009; Wirkungsgrad (in %) nach ABBOTT (1925).

Insektizidversuch III mit SpinTor und Steward®

Der dritte Insektizidversuch 2009 wurde mit SpinTor und Steward® in einer Riesling-Anlage in Neustadt-Haardt durchgeführt, um die Wirkung beider Mittel nach ein beziehungsweise zwei Tagapplikationen auf *F. auricularia* zu vergleichen.

Abbildung 135 zeigt, dass zwei Tagapplikationen mit SpinTor die Ohrwurm-Befallzahlen in der Laubwand nicht so stark und nicht so lange reduzieren wie eine Tagapplikation mit Steward®. Im ersten Fangintervall von 22.07. bis 29.07.09 wurden in der Steward®-Variante mit durchschnittlich zwei Tieren pro Rebstock signifikant geringere Dichten ermittelt als in der Kontrolle mit durchschnittlich 39 und in der SpinTor-Parzelle mit durchschnittlich 21 Ohrwürmern pro Rebe (Kruskal-Wallis-Test (Dunns Prozedur): $\alpha = 0,05$). In der zweiten Fangperiode von 05.08. bis 12.08.09 lag die mittlere Fangzahl in der Kontrolle bei 21 Tieren und in der SpinTor-Variante bei 13 Ohrwürmern. In der Steward®-Parzelle wurden mit durchschnittlich zwei Individuen pro Rebstock signifikant geringe Dichten ermittelt als in der Kontroll- und SpinTor-Parzelle. Da die Fangzahlen in der SpinTor-Variante von 05.08. bis 12.08.09 anstiegen, wurde eine zweite Tagbehandlung mit SpinTor durchgeführt, um die Ohrwurm-Dichten während der Traubenreife nochmals zu reduzieren. Im dritten Fangzeitraum von 19.08. bis 26.08.09 wurden in den Insektizidparzellen mit durchschnittlich

sieben (SpinTor) und vier (Steward®) Tieren pro Rebe signifikant weniger Ohrwürmer erfasst als in der Kontrolle mit durchschnittlich 14 Individuen. In der vierten Fangperiode von 03.09. bis 10.09.09 lag die durchschnittliche Fangzahl in der Kontrolle bei elf Tieren, in der SpinTor-Parzelle bei neun Ohrwürmern und in der Steward®-Variante bei drei Individuen pro Rebstock. Dabei war die Befallsdichte in der Laubwand der Steward®-Parzelle signifikant geringer als in der Kontrolle und der SpinTor-Variante.

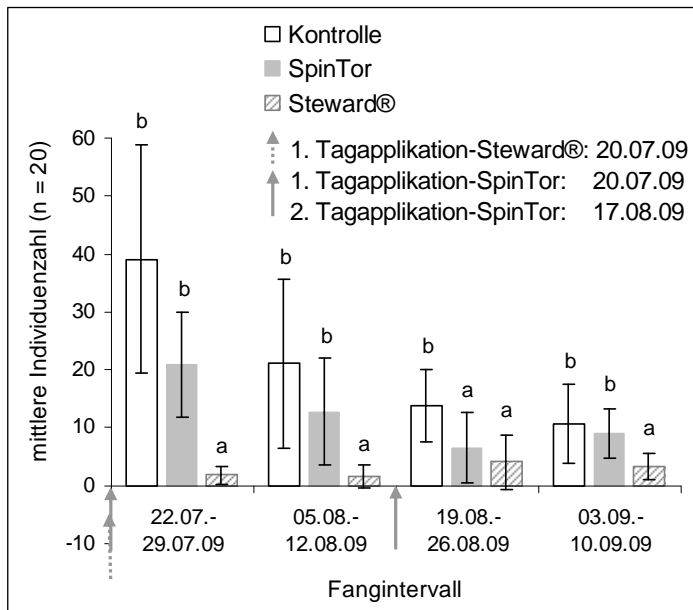


Abbildung 135: Einfluss zweier Tagapplikationen mit SpinTor und einer Tagapplikationen mit Steward® auf *F. auricularia* in der Laubwand einer Riesling-Anlage, Neustadt-Haardt 2009; a, b - Signifikanzgruppen nach Kruskal-Wallis-Test (Dunns Prozedur): $\alpha = 0,05$.

Da Steward® die Befallszahlen über den gesamten Versuchszeitraum im Vergleich zu SpinTor am stärksten reduzierte, wurden für Steward® auch wesentlich höhere Wirkungsgrade errechnet. Abbildung 136 zeigt, dass Steward® die Individuendichten in der ersten Woche nach der Behandlung von 22.07. bis 29.07.09 um 95 % reduzierte, während SpinTor in diesem Zeitraum einen Wirkungsgrad von 46 % erzielte. Drei Wochen nach den Applikationen von 05.08. bis 12.08.09 verringerte sich die Insektizidwirkung von Steward® auf 90 % und die von SpinTor auf 38 %. Am 17. August wurde eine zweite Tagapplikation mit SpinTor durchgeführt wurde, um die Befallsdichten während der Traubenreife nochmals zu reduzieren. Während im dritten Fangintervall von 19.08. bis 26.08.09 der Wirkungsgrad von SpinTor nach der zweiten Applikation auf 53 % anstieg, betrug die Insektizidwirkung der ersten Steward®-Behandlung zu dieser Zeit 70 %. Drei Wochen nach der zweiten Behandlung mit SpinTor von 03.09. bis 10.09.09 fiel der Wirkungsgrad des Insektizids auf 17 % ab. Im gleichen Zeitraum zeigte Steward® immer noch 70 % Wirkung. Der statistische Vergleich der Wirkungsgrade beider Insektizide über alle Fangintervalle hat ergeben, dass die Wirkungsgrade von SpinTor signifikant geringer waren als die von Steward® (Student-t-Test: $\alpha = 0,05$).

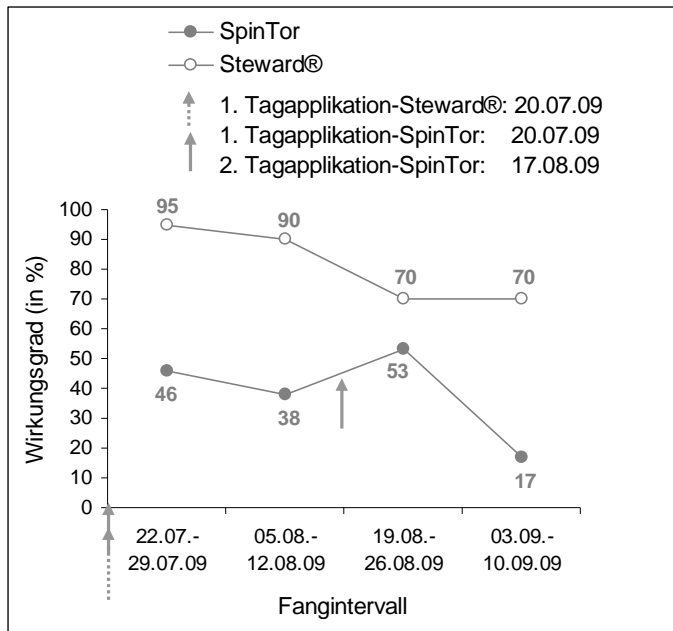


Abbildung 136: Einfluss zweier Tagapplikationen mit SpinTor und einer Tagapplikation mit Steward® auf *F. auricularia* in der Laubwand einer Riesling-Anlage, Neustadt-Haardt 2009; Wirkungsgrad (in %) nach ABBOTT (1925).

Abbildung 137 macht deutlich, dass am Boden der Kontroll- und Insektizidparzellen im gesamten Versuchszeitraum sehr geringe Ohrwurm-Dichten mit durchschnittlich einem bis fünf Tieren ermittelt wurden. Demzufolge sind die Ergebnisse weniger aussagekräftig und es wurde auf einen statistischen Vergleich der Fangzahlen verzichtet.

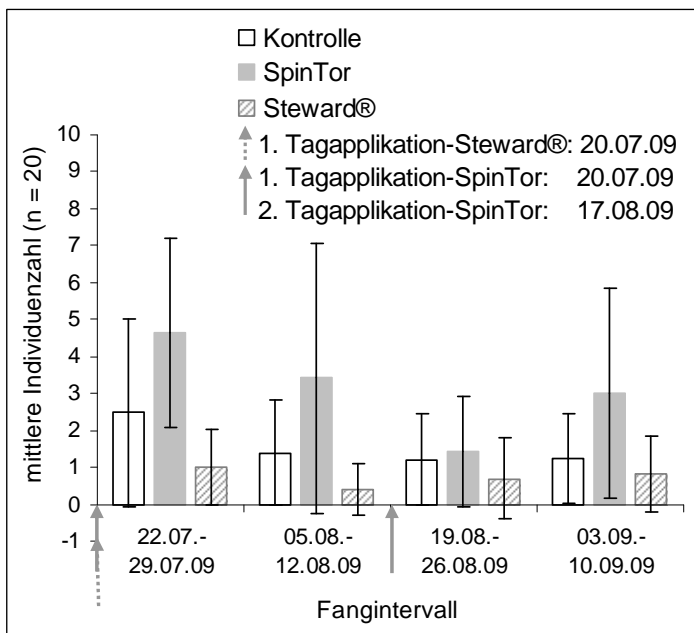


Abbildung 137: Einfluss einer Tagapplikation mit SpinTor und mit Steward® auf *F. auricularia* am Boden einer Riesling-Anlage, Neustadt-Haardt 2009.

Dennoch fällt auf, dass am Boden der SpinTor-Variante in drei Fangperioden höhere Dichten mit durchschnittlich fünf (22.07. bis 29.07.09) und drei (05.08. bis 12.08.09, 03.09. bis 10.09.09) Tieren bestimmt wurden. Am Boden der Steward®-Parzelle waren die Fangzahlen mit durchschnittlich einem Ohrwurm im Vergleich zur Kontrolle und zur SpinTor-Parzelle am geringsten.

Insektizidversuch IV mit Steward®

Im vierten Insektizidversuch 2009 in einer Dornfelder-Anlage in Neustadt-Mußbach wurde überprüft, ob mit einer Tagapplikationen von Steward® der Ohrwurm-Befall effektiv verringert werden kann.

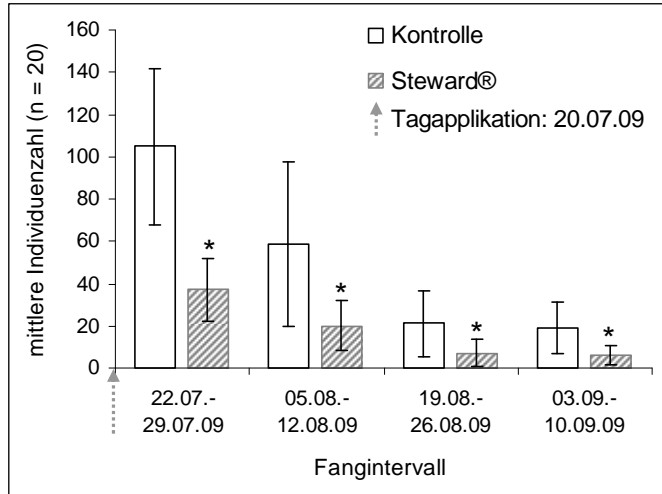


Abbildung 138: Einfluss einer Tagapplikation mit Steward® auf *F. auricularia* in der Laubwand einer Dornfelder-Anlage, Neustadt-Mußbach 2009; *signifikante Unterschiede nach Student-t-Test: $\alpha = 0,05$, die auf logarithmierten Werten basieren.

Abbildung 138 zeigt, dass eine Tagapplikation mit Steward® ausreichte, um die durchschnittlichen Individuenzahlen in der Laubwand über den gesamten Versuchszeitraum von 22.07. bis 10.09.09 im Vergleich zur Kontrolle signifikant zu reduzieren (Student-t-Test: $\alpha = 0,05$). Während in der unbehandelten Kontrolle in Abhängigkeit von der Fangperiode im Durchschnitt 19 bis 105 Ohrwürmer pro Rebstock erfasst wurden, befanden sich in den mit Steward® behandelten Reben durchschnittlich sechs bis 37 Tiere. Der Student-t-Test errechnete folgende p-Werte: 1. Fangintervall: $p < 0,0001$, 2. Fangintervall: $p = 0,0001$, 3. Fangintervall: $p = 0,0003$, 4. Fangintervall: $p < 0,0001$. In Abbildung 139 sind die Wirkungsgrade (ABBOTT 1925) für Steward® von 22.07. bis 10.09.09 aufgetragen.

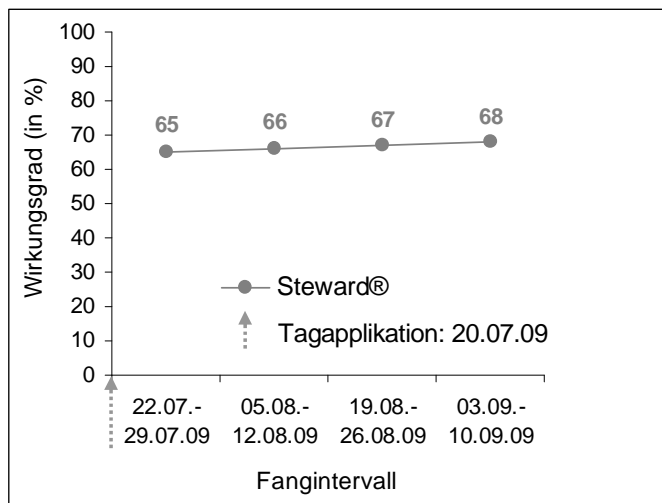


Abbildung 139: Einfluss einer Tagapplikation mit Steward® auf *F. auricularia* in der Laubwand einer Dornfelder-Anlage, Neustadt-Mußbach 2009; Wirkungsgrad (in %) nach ABBOTT (1925).

Eine Woche nach der Applikation von 22.07. bis 29.07.09 betrug der Wirkungsgrad 65 %. Drei Wochen nach der Behandlung von 05.08. bis 12.08.09 nahm die Insektizidwirkung mit 66 % minimal zu. Fünf und sieben Wochen nach der Applikation wurden Wirkungsgrade von 67 % (19.08. bis 26.08.09) und 68 % (03.09. bis 10.09.09) ermittelt.

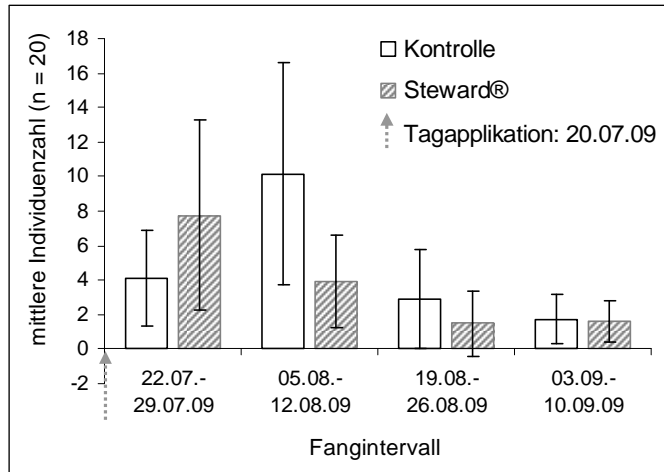


Abbildung 140: Einfluss einer Tagapplikationen mit Steward® auf *F. auricularia* am Boden einer Dornfelder-Anlage, Neustadt-Mußbach 2009.

Aus Abbildung 140 ist ersichtlich, dass am Boden der Insektizidparzelle im ersten Fangintervall von 22.07. bis 29.07.09 mit durchschnittlich acht Ohrwürmern eine höhere Dichte ermittelt wurde als in der Kontrolle mit durchschnittlich vier Tieren. In der zweiten Fangperiode von 05.08. bis 12.08.09 wurden in der Steward®-Variante mit durchschnittlich vier Individuen geringe Dichten ermittelt als in der Kontrolle mit durchschnittlich zehn Tieren. Im dritten und vierten Fangzeitraum von 19.08. bis 10.09.09 befanden sich am Boden der Rebanlage maximal zwei bis drei Ohrwürmer, weshalb keine Aussage zur Insektizidwirkung möglich war. Da die Fangzahlen am Boden während der gesamten Erfassungsperiode im Vergleich zur Laubwand sehr gering waren, wurde kein Student-t-Test durchgeführt.

3.6.4 Repellentsubstanz 2-Methyl-1,4-benzochinon

Vorversuch

In einem Vorversuch wurden die Repellentwirkung von unterschiedlich konzentrierten Benzochinon-Lösungen und die Attraktivität von Ohrwurmkot und Honig auf *F. auricularia* in einer Sortenmix-Anlage in Neustadt-Mußbach getestet.

Abbildung 141 zeigt, dass die mit 0,01 M und 0,1 M Benzochinon-Lösung behandelten Fallen auf *F. auricularia* gegenüber der unbehandelten Kontrolle einen schwachen aber keinen signifikanten Repellenteffekt hatten (Kruskal-Wallis-Test (Dunns Prozedur): $\alpha = 0,05$). Während mit den Kontrollfallen im Durchschnitt 51 erfasst wurden, befanden sich in den mit Benzochinon behandelten Fangeinheiten durchschnittlich 36 (0,01 M Benzochinon) und 29 (0,1 M Benzochinon) Tiere. Die Fangzahlen der beiden Benzochinon-Fallentypen unterschieden sich nicht signifikant. Da in den mit Ohrwurm-Kot versetzten Fangeinheiten

durchschnittlich 51 Individuen erfasst wurden, wirkten diese Fallen im Vergleich zur Kontrolle weder signifikant anziehend noch abstoßend. Um zu überprüfen, ob die 0,1 M Benzochinon-Lösung auf *F. auricularia* noch abstoßend wirkt, wenn sich in der unmittelbaren Umgebung eine für den Ohrwurm attraktive Nahrungsquelle befindet, wurden diese Fallen zusätzlich mit einem Teelöffel Honig versetzt. Im Ergebnis hat sich gezeigt, dass mit durchschnittlich 82 Ohrwürmern in den Honigfallen wesentlich aber nicht signifikant mehr Individuen gefangen wurden als in den Kontrollfallen, deren mittlere Fangzahl bei 51 Tieren lag.

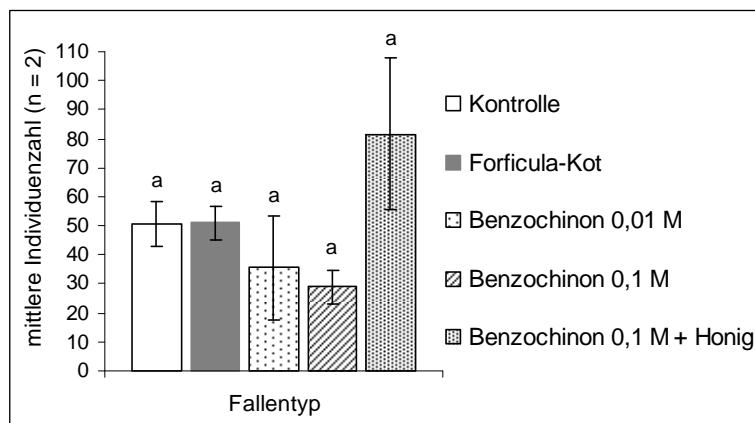


Abbildung 141: Einfluss von Benzochinon-Lösungen, Ohrwurm-Kot und Honig in Eierpappenfallen auf *F. auricularia* einer Sortenmix-Anlage, Neustadt-Mußbach 2007; a - Signifikanzgruppe nach Kruskal-Wallis-Test (Dunns Prozedur): $\alpha = 0,05$.

Hauptversuch

In einem zweiten Versuch in einer Riesling-Anlage in Deidesheim wurde die geringe Stichprobengröße des Vorversuchs deutlich erhöht und zusätzlich zu den Fallen visuelle Auswertungen durchgeführt. Nochmals getestet wurde die Repellentwirkung der 0,1 M Benzochinon-Lösung, die im Vorversuch die besten Resultate erzielte.

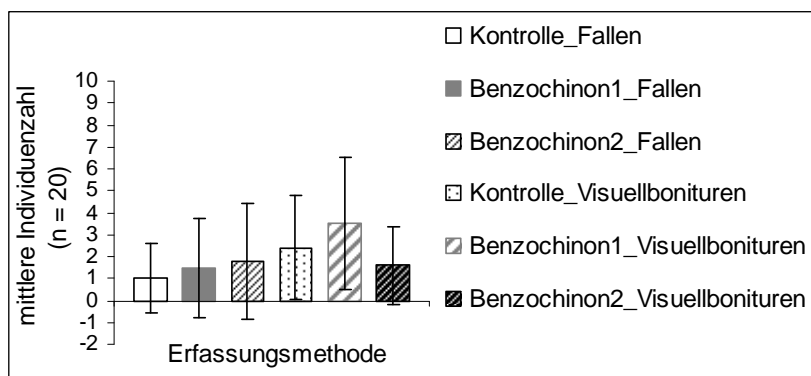


Abbildung 142: Einfluss einer 0,1 M Benzochinon-Lösung auf *F. auricularia* in Eierpappenfallen und in der Umgebung der Fallen (Visuellbonitur) einer Riesling-Anlage, Deidesheim 17.08. bis 24.08.2007.

Abbildung 142 macht deutlich, dass sich im Untersuchungszeitraum von 17.08. bis 24.08.07 sehr wenige Individuen in den Benzochinon-Fallen sowie in der Laubwand der Versuchsrebstöcke aufhielten. Mit den Fallen wurden durchschnittlich ein bis zwei Tiere erfasst und in der Fallenumgebung wurden im Durchschnitt zwei bis vier Ohrwürmer pro Rebstock gezählt. Aufgrund der sehr geringen Individuenzahlen in allen Varianten konnten keine Aussagen zur Repellentwirkung der 0,1 M Benzochinon-Lösung gemacht werden und es wurde auf einen statistischen Datenvergleich verzichtet.

3.6.5 Pflanzenstärkungsmittel ENVIREpel

Der zweite Repellentversuch mit dem Pflanzenstärkungsmittel ENVIREpel wurde 2008 in einer Regent-Anlage in Neustadt-Mußbach durchgeführt, um eine potenzielle abstoßende Wirkung des Knoblauchextrakts auf *F. auricularia* zu testen.

Abbildung 143 zeigt, dass in der Laubwand der ENVIREpel-Parzelle nach der ersten Behandlung im Zeitraum von 23.07. bis 30.07.08 mit durchschnittlich 23 Tieren pro Rebe signifikant mehr Individuen erfasst wurden als in der Kontrolle (Student-t-Test ($\alpha = 0,05$): $p = 0,020$). In der Laubwand der Kontrolle wurden im ersten Fangzeitraum im Durchschnitt zwölf Ohrwürmer pro Rebstock erfasst.

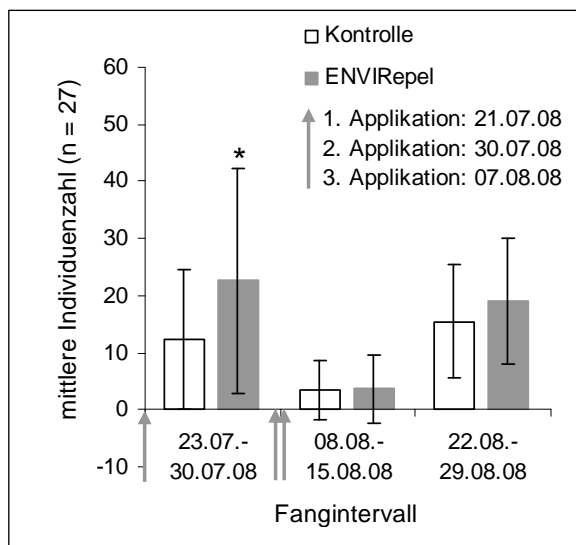


Abbildung 143: Einfluss des Pflanzenstärkungsmittels ENVIREpel auf *F. auricularia* in der Laubwand einer Regent-Anlage, Neustadt-Mußbach 2008; *signifikante Unterschiede nach Student-t-Test: $\alpha = 0,05$, die auf logarithmierten Werten basieren.

In der ENVIREpel-Variante wurden nach der zweiten und dritten Behandlung im zweiten Fangintervall von 08.08. bis 15.08.08 mit durchschnittlich drei Tieren pro Rebe nahezu gleiche Dichten ermittelt wie in der Kontrolle. Hier wurden im Durchschnitt vier Individuen in der Laubwand erfasst. In der dritten Fangperiode von 22.08. bis 29.08.08 lag die mittlere Fangzahl in der Laubwand der ENVIREpel-Parzelle bei 19 Ohrwürmern und in der Kontrolle bei 15 Tieren. Da die durchschnittlichen Individuenzahlen in der ENVIREpel-Variante in zwei Fangzeiträumen höher waren als in der Kontrolle, wirkte der Knoblauchextrakt auf *F. auricularia* nicht abstoßend. Am Boden aller Versuchspartzen wurden von 23.07. bis 29.08.07 maximal vier Ohrwürmer gefangen. Aufgrund der geringen Individuenzahlen wurde keine statistische und graphische Auswertung angefertigt.

Am letzten Versuchstag wurden aus der Traubenzone der Kontroll- und ENVIREpel-Parzelle jeweils 20 kompakte Trauben entnommen und die Befallszahlen von *F. auricularia* bestimmt. In der mit ENVIREpel behandelten Variante wiesen die Trauben etwas höheres Befallsmittel mit durchschnittlich 5,4 Ohrwürmern pro Traube auf. In den unbehandelten Kontrolltrauben wurden im Durchschnitt 4,6 Tiere gefunden.

3.6.6 Ausdünnung in der Laubwand mit dem Vollernter

2007 wurden in einer Riesling-Anlage in Neustadt-Mußbach die Trauben mit einem Vollernter ausgedünnt und aufgelockert, um zu überprüfen, ob diese Maßnahme die Befallsdichten von *F. auricularia* in der Laubwand reduziert. Die Ohrwürmer wurden in der Laubwand mit Bambus- und Eierpappenfallen erfasst. Die Ergebnisse sind in Abbildung 144 dargestellt.

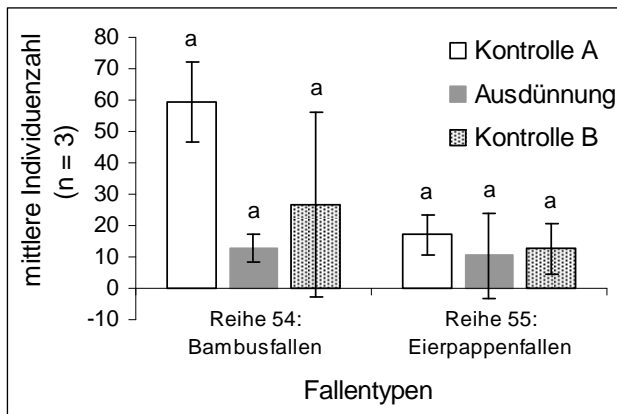


Abbildung 144: Einfluss einer maschinellen Traubenausdünnung mittels Vollernter auf *F. auricularia* in der Laubwand einer Riesling-Anlage, Neustadt-Mußbach 06.07. bis 13.07.2007; a - Signifikanzgruppe nach Kruskal-Wallis-Test (Dunns Prozedur): $\alpha = 0,05$.

In der Rebzeile 54, in der die Erfassung der Ohrwürmer mit Bambusfallen erfolgte, wurden in der Laubwand mit den ausgedünnten Trauben geringere Fangzahlen ermittelt als in der Kontrolle A und B. Während im Ausdünnungstransekt durchschnittlich 13 Tiere pro Rebe erfasst wurden, befanden sich in den Rebstöcken der Kontrolle A im Durchschnitt 59 Individuen und in denen der Kontrolle B durchschnittlich 27 Ohrwürmer. Jedoch waren die Unterschiede nicht signifikant (Kruskal-Wallis-Test (Dunns-Prozedur): $\alpha = 0,05$). In der Rebzeile 55, in der Eierpappenfallen zum Lebendfang verwendet wurden, zeigten sich tendenziell die gleichen Ergebnisse wie in Rebzeile 54. Im ausgedünnten Bereich wurden mit durchschnittlich zehn Ohrwürmern pro Rebstock die geringsten Dichten ermittelt. In den Rebstöcken der Kontrolle wurden im Durchschnitt 17 (Kontrolle A) und 13 (Kontrolle B) Tiere gefangen. Zwischen den Fangzahlen der Versuchstransekten bestanden keine statistisch abgesicherten Unterschiede. Bei diesem Versuch erfolgte keine Individuenerfassung am Boden der Transekte.

3.6.7 Ein- und beidseitige Entlaubung der Traubenzzone

Mit einer einmaligen ein- und beidseitigen Entlaubung der Traubenzzone wurde 2008 in einer Ortega-Anlage in Neustadt-Mußbach überprüft, ob sich die Befallsdichten von *F. auricularia* im Bereich der Traubenzzone reduzieren lassen. Tritt ein Entlaubungseffekt auf, so verlassen die Ohrwürmer den entlaubten Bereich, um lichtgeschützte Tagesverstecke wie Bambusfallen aufzusuchen. Demzufolge steigen die Fangzahlen dieser Fallen an.

Aus Abbildung 145 ist ersichtlich, dass im ersten Fangzeitraum von 02.07. bis 09.07.08 in der beidseitig entlaubten Traubenzone mit durchschnittlich 39 Ohrwürmern pro Falle eine geringfügig, aber nicht signifikant, höhere Fangzahl im Vergleich zur einseitig und nicht entlaubten Traubenzone ermittelt wurde (Kruskal-Wallis-Test (Dunns Prozedur): $\alpha = 0,05$). In den Fällen des einseitig entlaubten Bereiches wurden im Durchschnitt 36 Ohrwürmer und in den Kontrollfällen im Durchschnitt 35 Tiere erfasst. Ob die etwas höhere Individuenzahl der beidseitig entlaubten Traubenzone ein Hinweis auf einen Entlaubungseffekt war, bleibt aufgrund der geringen Zahlendifferenz zur Kontrolle unklar. Im zweiten Fangintervall von 16.07. bis 23.07.08 wurden in der entlaubten Traubenzone durchschnittlich elf (einseitig entlaubt) und zehn (beidseitig entlaubt) Individuen nachgewiesen. Diese Fangzahlen waren nur minimal und nicht signifikant höher als in der nicht entlaubten Traubenzone, in der durchschnittlich neun Ohrwürmer erfasst wurden. In der dritten und vierten Fangperiode von 30.07. bis 20.08.08 nahmen mit durchschnittlich zwei bis fünf Tieren pro Falle die Ohrwurmdichten in allen Versuchspartzen stark ab, so dass keine Aussage zur Wirkung der Entlaubung auf *F. auricularia* möglich war.

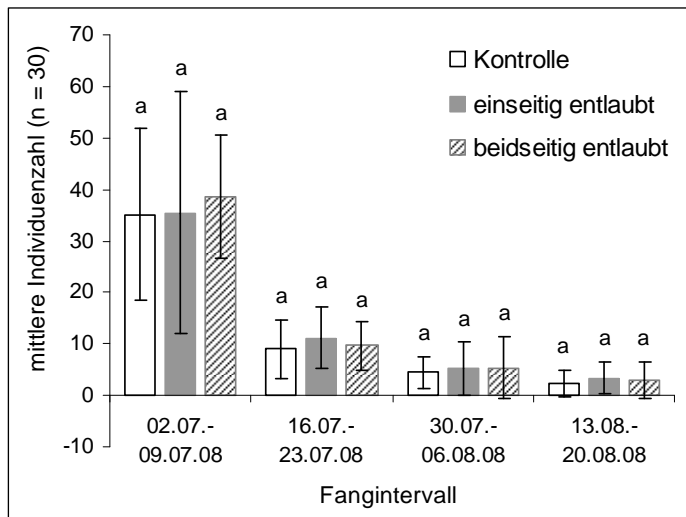


Abbildung 145: Einfluss einer maschinellen ein- und beidseitigen Entlaubung auf *F. auricularia* in der Traubenzone einer Ortega-Anlage, Neustadt-Mußbach 2008; a - Signifikanzgruppe nach Kruskal-Wallis-Test (Dunns Prozedur): $\alpha = 0,05$.

Am Boden der Versuchspartzen erfolgte keine Datenauswertung, weil im ersten und zweiten Fangintervall durchschnittlich ein bis vier Ohrwürmer gefangen wurden und im weiteren Versuchsverlauf nur vereinzelt Tiere aktiv waren.

In allen Versuchsplots wurden von 05.07. bis 19.08.08 die Lufttemperatur und die relative Luftfeuchtigkeit aufgezeichnet, um festzustellen, ob Klimaunterschiede zwischen den Versuchsvarianten bestehen. Abbildung 146 zeigt, dass sich die durchschnittlichen Tages- und Nachttemperaturen der Traubenzone der Kontroll- und Entlaubungspartzen geringfügig unterschieden. Tagsüber wurden in der Kontrolle und in der einseitig entblätterten Variante im Durchschnitt 23 °C gemessen. Im beidseitig entlaubten Bereich betrug die durchschnittliche Tagestemperatur 24 °C. Maximal wurden tagsüber in der nicht entblätterten

Zone 29 °C, im einseitig entlaubten Bereich 30 °C und in der beidseitig entlaubten Traubenzone 31 °C gemessen. Die minimale Tagestemperatur betrug in der Kontrolle und im einseitig entblätternen Bereich 16 °C und in der beidseitig entlaubten Zone 17 °C. Nachts wurden in der Traubenzone der Kontrolle und der beiden Entlaubungsvarianten durchschnittlich 16 °C, maximal 21 °C und minimal 12 °C gemessen. Zwischen den mittleren Tagestemperaturen sowie zwischen den mittleren Nachttemperaturen der Kontroll- und Entlaubungsparzellen wurden keine statistisch abgesicherten Unterschiede ermittelt (Tukey (HSD): $\alpha = 0,05$).

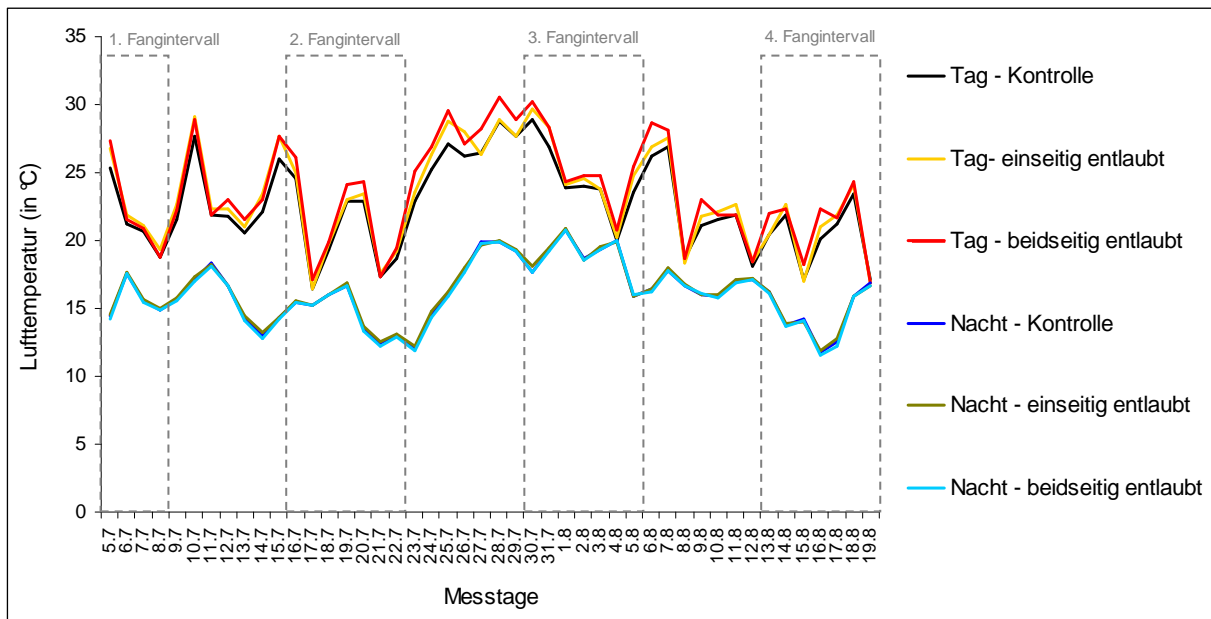


Abbildung 146: Durchschnittliche Tages- und Nachttemperaturen (in °C) in einer nicht entlaubten, einer einseitig entlaubten und einer beidseitig entlaubten Traubenzone einer Ortega-Anlage, Neustadt-Mußbach 2008.

Aus Abbildung 147 ist ersichtlich, dass sich auch die Tages- und Nachtlufffeuchten der Traubenzone zwischen den Kontroll- und Entlaubungsbereiche nicht erheblich unterscheiden. Tagsüber wurden in der Kontrolle im Durchschnitt 67 % und im ein- und beidseitig entblätternen Bereich durchschnittlich 63 % gemessen. Am Tag betrug die maximale Luftfeuchte in der nicht entblätternen Zone 94 %, im einseitig entlaubten Bereich 90 % und in der beidseitig entlaubten Traubenzone 93 %. Die minimale Tagesluftfeuchte lag in der Kontrolle bei 52 % und in den ein- und beidseitig entblätternen Bereichen bei 42 %. Nachts wurden in der Traubenzone der Kontrolle durchschnittlich 84 % und in den beiden Entlaubungsvarianten im Durchschnitt 83 % gemessen. Die maximale Luftfeuchte betrug nachts in der nicht entlaubten und beidseitig entblätternen Variante 94 % und in der einseitig entlaubten Parzelle 91 %. Die minimale Nachtlufffeuchte lag in der Kontrolle bei 76 % und in den ein- und beidseitig entlaubten Traubenzone bei 74 %. Weder die mittleren Taglufffeuchten noch die mittleren Nachtlufffeuchten der Kontroll- und Entlaubungsbereiche

unterschieden sich signifikant (Tagesluftfeuchte: Tukey (HSD): $\alpha = 0,05$, Nachtluftfeuchte: Kruskal-Wallis-Test (Dunns Prozedur): $\alpha = 0,05$).

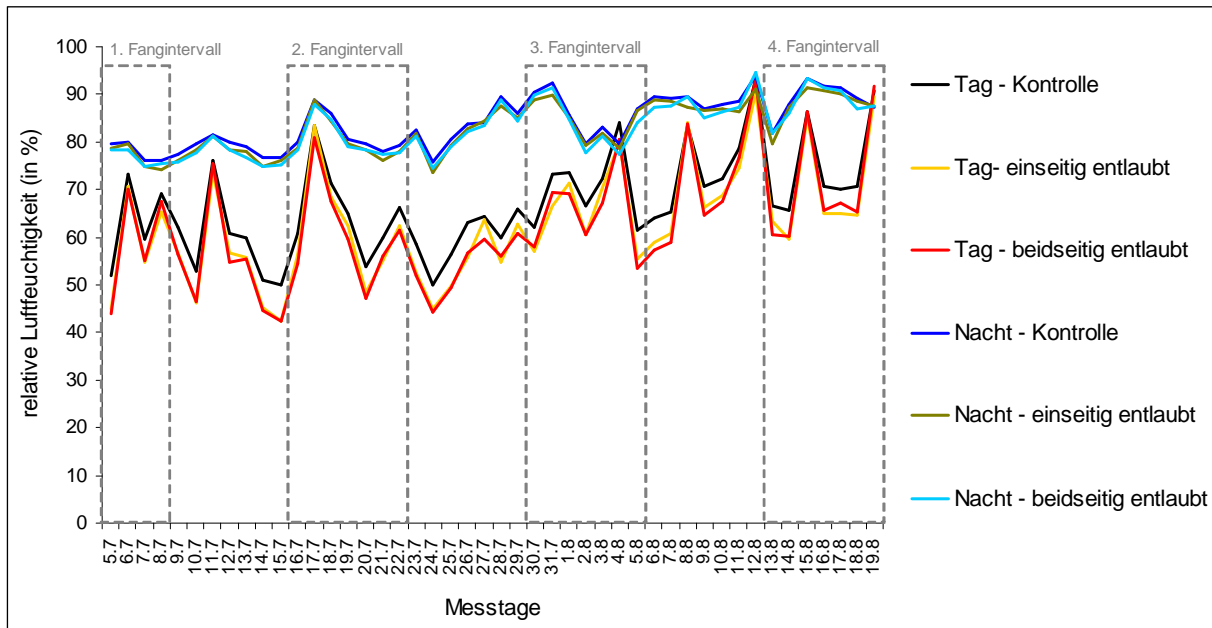


Abbildung 147: Durchschnittliche Tages- und Nachtluftfeuchten (in %) in einer nicht entlaubten, einer einseitig entlaubten und einer beidseitig entlaubten Traubenzone einer Ortega-Anlage, Neustadt-Mußbach 2008.

3.6.8 Laubwandkalkung mit Hydrocal

Mit den Kalkungsversuchen 2008 in Ellerstadt wurde getestet, ob die Befallsdichten von *F. auricularia* durch das Einbringen von Löschkalk in die Laubwand verringert werden können. Die erste Feldstudie 2008 mit dem Präparat Hydrocal®S11/30 wurde in einer Portugieser-Anlage durchgeführt. Da in den jeweiligen Versuchspartzen der Rebanlage von 21.07. bis 09.09.08 am Boden keine und in der Laubwand nur vereinzelte Ohrwürmer nachgewiesen wurden, war eine Datenauswertung nicht möglich. Der zweite Versuch mit Hydrocal®SUPER 85 fand in einer Riesling-Anlage und in einer benachbarten Chardonnay-Anlage statt. Die Datenaufnahme begann nach der sechsten Kalkung, da der befallsregulierende Effekt der Kalkungen ab Traubenschluss (BBCH 77) untersucht werden sollte.

Abbildung 148 zeigt, dass in der mit Hydrocal®SUPER 85 behandelten Laubwand in Abhängigkeit vom jeweiligen Erfassungszeitraum keine oder eine sehr geringe Abnahme der Ohrwurm-Dichten im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle festgestellt wurde. In der ersten Fangperiode von 21.07. bis 28.07.08 wurde in der behandelten Laubwand mit durchschnittlich sechs Tieren pro Rebe eine minimal geringe Fangzahl ermittelt als in der Kontrolle mit durchschnittlich acht Ohrwürmern. Im zweiten Fangintervall von 04.08. bis 11.08.08 lag die durchschnittliche Individuenzahl in der gekalkten Variante bei

19 Ohrwürmern und in der Kontrolle bei 16 Tieren pro Rebstock. Im dritten Fangzeitraum von 19.08. bis 26.08.08 wurden in der gekalkten Parzelle im Durchschnitt elf Individuen und in der Kontrolle durchschnittlich 13 Tiere erfasst. In der vierten Fangperiode von 02.09. bis 09.09.08 lag die mittlere Fangzahl der gekalkten Laubwand bei 21 Individuen und in der Kontrolle bei 23 Ohrwürmern pro Rebstock. In den vier Fangintervallen wurden zwischen den durchschnittlichen Individuenzahlen beider Varianten keine signifikanten Unterschiede errechnet (Student-t-Test: $\alpha = 0,05$).

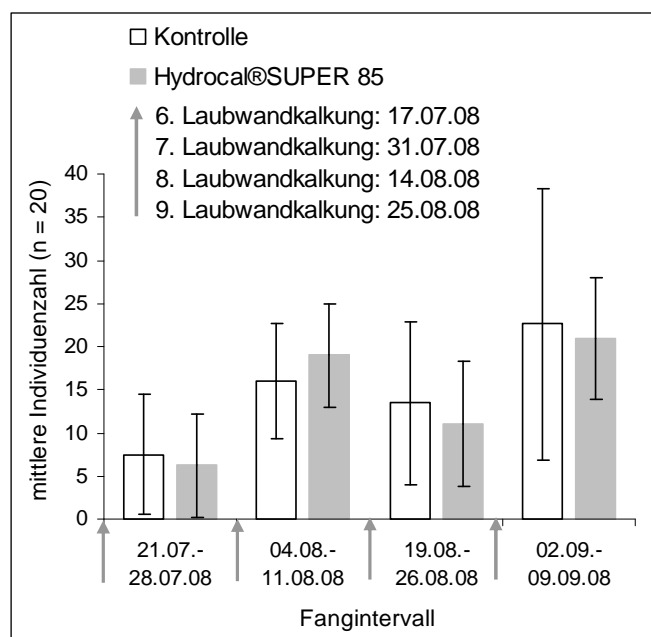


Abbildung 148: Einfluss von neun Laubwandkalkungen mit Hydrocal@-Super 85 auf *F. auricularia* in der Laubwand einer Riesling-Anlage, Kontrolle in der Chardonnay-Anlage, Ellerstadt 2008.

In Abbildung 149 ist zu erkennen, dass am Boden der unbehandelten Rebstöcke in der ersten Fangperiode von 21.07. bis 28.07.08 und in der zweiten von 04.08. bis 11.08.08 mit durchschnittlich neun und acht Tieren höhere Dichten ermittelt wurden als am Boden der mit Hydrocal@SUPER 85 gekalkten Reben.

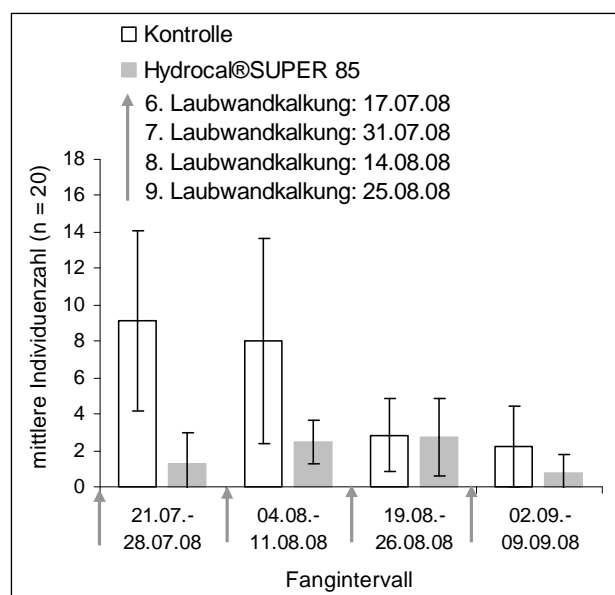


Abbildung 149: Einfluss von neun Laubwandkalkungen mit Hydrocal@-Super 85 auf *F. auricularia* am Boden einer Riesling-Anlage, Kontrolle in der Chardonnay-Anlage, Ellerstadt 2008.

Hier wurden im ersten und zweiten Fangintervall lediglich ein und drei Ohrwürmer am Boden erfasst. Da in allen Versuchspartellen von 19.08. bis 09.09.08 die Fangzahlen am Boden mit durchschnittlich ein bis drei Tieren stark abnahmen, waren die Ergebnisse nicht mehr aussagekräftig. Ein Student-t-Test wurde aufgrund der geringen Individuenzahlen nicht durchgeführt.

3.6.9 Stammbehandlung mit Kaolin

Der Kaolin-Versuch mit dem Präparat Surround® wurde in einer Regent-Anlage in Neustadt-Mußbach mit zwei unterschiedlichen Versuchsansätzen durchgeführt: in Form einer Rebstammapplikation mit Surround® und mit Surround® behandelten Bambusfallen. In der Feldstudie wurde die Barrierewirkung von Kaolin auf *F. auricularia* getestet.

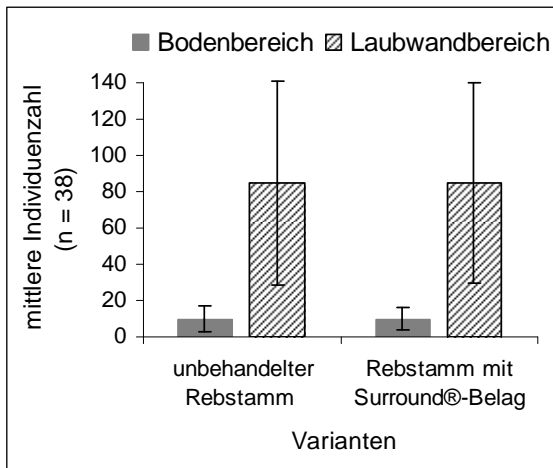


Abbildung 150: Einfluss einer Rebstammapplikation mit Surround® auf *F. auricularia* am Boden und in der Laubwand einer Regent-Anlage, Neustadt-Mußbach 05.06. bis 17.06.2009.

In Abbildung 150 wird deutlich, dass in der Laubwand der mit Kaolin behandelten Rebstöcke mit durchschnittlich 85 Ohrwürmern pro Rebe genauso viele Tiere erfasst wurden wie in der Laubwand der unbehandelten Rebstöcke.

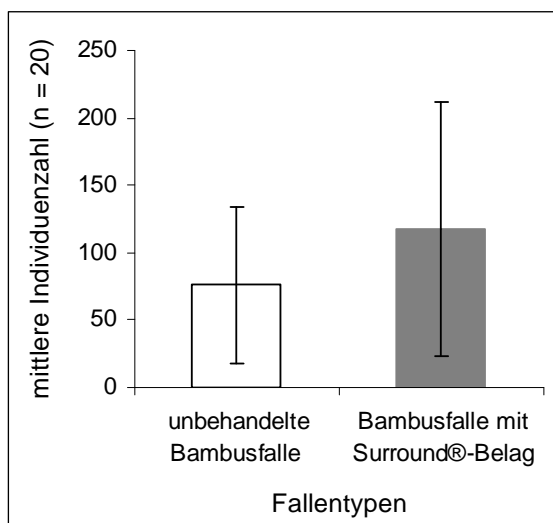


Abbildung 151: Einfluss von Bambusfallen mit Surround®-Belag auf die Fangzahlen von *F. auricularia* in der Laubwand einer Regent-Anlage, Neustadt-Mußbach 05.06. bis 17.06.2009.

Am Boden der Kaolin- und Kontrollparzelle waren die Ohrwurm-Dichten mit durchschnittlich zehn Individuen ebenfalls identisch. Aufgrund der gleichen Fangzahlen beider Versuchspartzen wurde auf einen statistischen Vergleich verzichtet.

Abbildung 151 zeigt, dass die Bambusfallen, die innen und außen mit Surround® besprüht wurden, im Vergleich zu den unbehandelten Kontrollfallen höhere Fangzahlen aufwiesen. Während mit den Fangeinheiten mit Surround®-Belag durchschnittlich 118 Tiere erfasst wurden, waren die Kontrollfallen im Durchschnitt mit 76 Ohrwürmern besetzt. Jedoch unterschieden sich die mittleren Individuenzahlen beider Ansätze nicht signifikant (Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test: $\alpha = 0,05$). Aufgrund der unbefriedigenden Ergebnisse beider Teilversuche wurde die Untersuchung schon nach der ersten Fangperiode beendet.

3.6.10 Montage von Leimringen am Rebstamm

Der Feldversuch mit Leimringen fand in einer Regent-Anlage in Neustadt-Mußbach statt, um zu testen, ob durch Leimringe die Einwanderung von *F. auricularia* in die Laubwand verhindert beziehungsweise reduziert werden kann.

Abbildung 152 zeigt, dass in der Laubwand der Ohrwurm-Befall durch das Anbringen von Leimringen von 05.06. bis 22.07.09 signifikant verringert wurde (Student-t-Test ($\alpha = 0,05$): 1. / 2. / 4. / 5. Fangintervall: $p < 0,0001$, 3. Fangintervall: $p = 0,0002$). Während in der Laubwand der Rebstöcke ohne Leimring in Abhängigkeit vom jeweiligen Fangintervall durchschnittlich 30 bis 103 Tiere pro Rebe erfasst wurden, befanden sich in der Laubwand der Rebstöcke mit Leimring im Durchschnitt fünf bis 18 Ohrwürmer.

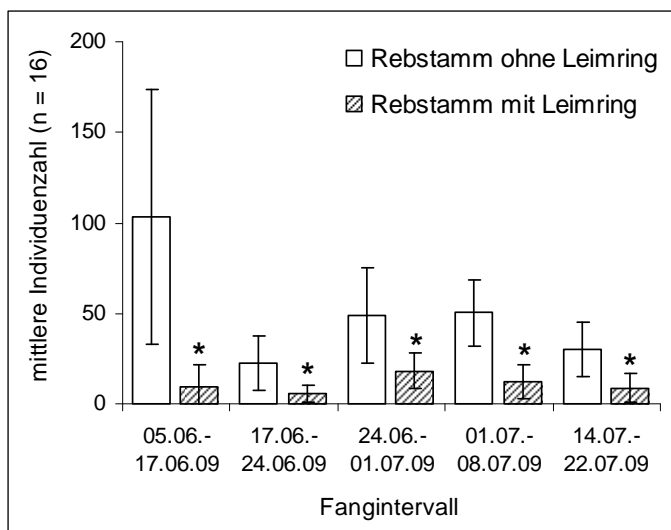


Abbildung 152: Einfluss von Leimringen am Rebstamm auf die Einwanderung von *F. auricularia* in die Laubwand einer Regent-Anlage, Neustadt-Mußbach 2009, *signifikante Unterschiede nach Student-t-Test: $\alpha = 0,05$, die auf logarithmierten Werten basieren.

Durch die Auftragung der Wirkungsgrade (ABBOTT 1925) in Abbildung 153 ist ersichtlich, dass die Wirkung der Leimringe in der ersten Fangperiode von 05.06. bis 17.06.09 mit 91 % besonders hoch war. Im zweiten und dritten Fangintervall wurden in den Rebstöcken mit den Leimringen im Vergleich zu den Kontrollstöcken 76 % (17.06. bis 24.06.09) und 63 % (24.06.

bis 01.07.09) weniger Ohrwürmer gefangen. Im vierten und fünften Erfassungszeitraum stieg die Barrierewirkung der Leimringe wieder auf 75 % (01.07. bis 08.07.09) und 71 % (14.07. bis 22.07.09) an.

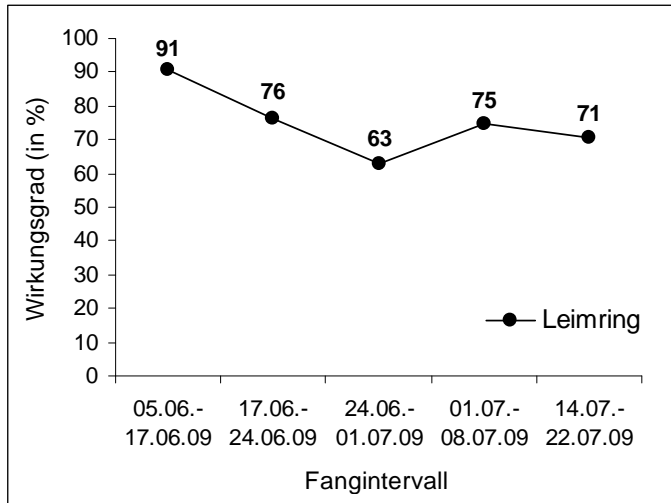


Abbildung 153: Einfluss von Leimringen auf die Einwanderung von *F. auricularia* in die Laubwand einer Regent-Anlage, Neustadt-Mußbach 2009, Wirkungsgrad (in %) nach ABBOTT (1925).

Abbildung 154 macht deutlich, dass die Ohrwurm-Dichten am Boden von 05.06. bis 22.07.09 unter den Leimring- und Kontrollrebstöcken annähernd gleich waren. Unter den Rebstöcken mit der Leimringbarriere wurden im Versuchszeitraum durchschnittlich ein bis zwölf Tiere erfasst. Am Boden der Rebstöcke ohne Leimringe lagen die durchschnittlichen Fangzahlen bei ein bis 13 Individuen. Die Untersuchungen zeigten, dass in den Leimring- und Kontrollparzellen derselbe Befallsdruck vom Boden in die Laubwand vorhanden war. Im dritten Fangintervall von 24.06. bis 01.07.09 fielen die Barberfallen aufgrund einer starken und anhaltenden Regenperiode aus. Am 22. Juli 2009 wurde der Versuch beendet, weil durch stark überhängenden Rebtriebe zwischen den Leimring- und Kontrolltransekten die Barrierewirkung der Leimringe aufgehoben wurde.

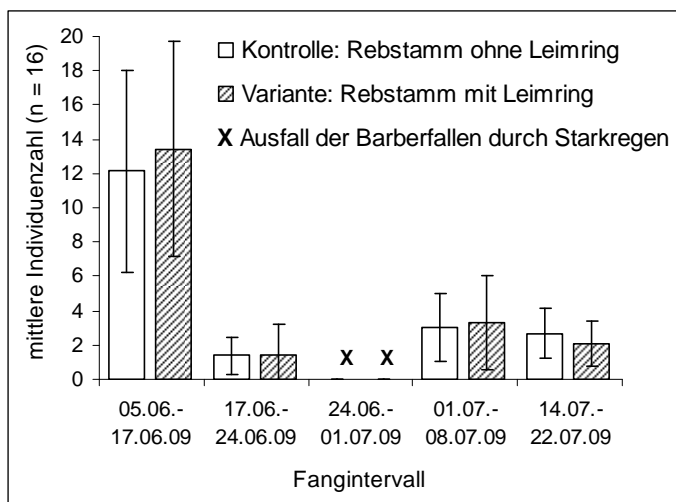


Abbildung 154: Einfluss von Leimringen am Rebstamm auf *F. auricularia* am Boden einer Regent-Anlage, Neustadt-Mußbach 2009.

3.7 Zuchtmethoden

3.7.1 Verhaltens- und populationsbiologische Studien in der Zucht

In diesem Kapitel werden allgemeine Beobachtungen zum Verhalten, der Fortpflanzungsbiologie sowie der Brutpflege von *F. auricularia* unter Laborbedingungen beschrieben.

Verhalten

Ebenso wie im Freiland zeigten auch die Labortiere ein starkes Aggregationsverhalten in den künstlich geschaffenen Tagesruheplätzen. Dabei zogen sich die Ohrwürmer unter oder zwischen das Cellulosepapier am Behälterboden zurück oder versteckten sich in den Bambus- und Pappröhren.

Die nächtliche Aktivitätsphase der Ohrwürmer, die mit der Nahrungsaufnahme verbunden ist, konnte im Labor bestätigt werden. Dies war zu erwarten, da den Labortieren ein natürlicher Tag-Nacht-Rhythmus angeboten wurde.

Die Nahrungsaufnahme erfolgte im Labor ebenfalls im Familienverband. Häufig wurden mehr als 20 Individuen an einem Apfelstück (2 x 2 cm) bei der Nahrungsaufnahme gezählt. Neben Apfel wurde den Ohrwürmern einmal wöchentlich in Wasser aufgeweichtes Katzentrockenfutter angeboten, welches die Tiere in größeren Mengen als Apfel aufnahmen. Aus Hygienegründen wurde bei Zuchtversuchen auf Erdboden auf Katzenfutter verzichtet. Essentiell für das Überleben der Ohrwürmer war das im dreitägigen Rhythmus durchgeführte Besprühen des gesamten Zuchtbehälterinhalts mit abgestandenem Wasser. Die Tiere nahmen regelmäßig Wasser über die Wassertropfen auf.

Das für frei lebende Ohrwürmer typische Diapausestadium während der Wintermonate wurde bei den Labortieren in den Zuchtansätzen mit ganzjährig gleich bleibender Lufttemperatur von cirka 20 °C nicht beobachtet. Allerdings ging die Bewegungsaktivität und Nahrungsaufnahme der Ohrwürmer über die Wintermonate stark zurück.

Kannibalismus zwischen den Versuchstieren stellte anfänglich ein großes Problem dar. Aufgrund dieser Tatsache wurden den Ohrwürmern größere Zuchtbehälter angeboten und der Besatz im Behälter reduziert. Trotzdem wurde auch bei sehr geringem Besatz beobachtet, dass tote und kranke Individuen sofort von den gesunden Tieren gefressen wurden.

Fortpflanzungsbiologie

Bereits in Zuchtbehältern im August konnten Pärchen bei der Kopula beobachtet werden. Die Begattung beginnt damit, dass beide Geschlechter ihre Hinterleiber gegeneinander biegen, wobei das Männchen das Abdomenende um 180° dreht, damit es den Penis einführen kann (Abbildung 155). Gleiche Beobachtungen beschrieben FULTON (1924) für

F. auricularia und HERTER (1943) für *Prolabia arachidis* (YERSIN 1860). Die wahllos zwischen den Männchen und Weibchen eines Zuchtbehälters stündlich stattfindenden Paarungen konnten bis zur Eiablage der Weibchen beobachtet werden. Des Weiteren wurden auch Paarungsversuche zwischen Männchen beobachtet. Auch KUHLE (1928) konnte bei der Art *F. auricularia* ein derartiges Verhalten bei isolierten Männchen beobachten, indem einige Männchen versuchten, den anderen ihre gedrehten Hinterleiber unterzuschieben.

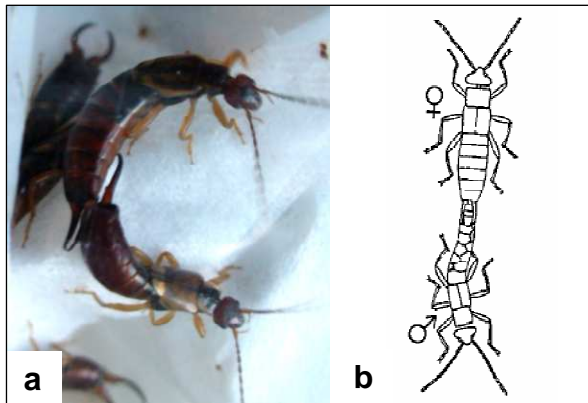


Abbildung 155: Paarungsverhalten von *F. auricularia* in der Laborzucht, Foto: C. Huth (a) und Zeichnung zum Paarungsverhalten von *Prolabia arachidis* nach HERTER (1943) (b).

Brutpflege

In den Zuchtbehältern isolierten sich die trächtigen Weibchen zum Bau der Brutröhre beziehungsweise Brutkammer vom restlichen Familienverband. Nach der Eiablage wurden die Gelege intensiv verteidigt und Männchen und andere Weibchen vom Nest vertrieben, so dass nur das Muttertier die Brutpflege durchführte, indem sie die Eier regelmäßig beleckte und drehte. Wenn sich das Weibchen während der Fütterung oder Säuberung der Futterstelle bedroht fühlte, verteidigte sie das Gelege zunächst mit aggressivem Abwehrverhalten wie dem Aufstellen des Hinterleibs und verlagerte die Eier anschließend tiefer in den Boden.

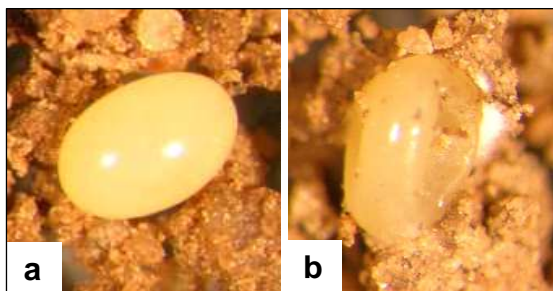


Abbildung 156: Vergleich eines intakten Eies von *F. auricularia* mit Brutpflege 40x (a) und ohne Brutpflege mit Schimmelansatz 40x (b) in der Laborzucht 2007, Fotos: U. Hetterling.

Um festzustellen, ob sich die Eier auch ohne die aktive Brutpflege des Weibchens weiterentwickeln konnten, wurden Gelege ohne Weibchen aus dem Freiland sowie aus der Laborzucht für 21 Tage im Labor beobachtet. Während des Versuchs wurden die Eier auf sandigem Lehmboden gelagert, in dem die Freilandgelege gefunden wurden. Nach fünf Tagen färbten sich die Eier von ehemals hellgelb beziehungsweise perlmuttfarben in hellgrau um und verloren ihren Glanz (Abbildung 156). Nach acht Tagen bildete sich erdseitig ein

Schimmelrasen und nach zwölf Tagen waren die Eier grau bis dunkelgrau gefärbt und schon teilweise zersetzt. Nach 19 Tagen war der Zersetzungsprozess abgeschlossen und somit keine Eier mehr sichtbar.

In der Laborzucht zeigte sich, dass sowohl die embryonale als auch die postembryonale Entwicklung von *F. auricularia* stark temperaturabhängig sind. Bei einer über 24 Stunden gleichbleibenden Lufttemperatur von 20 bis 22 °C schlüpften bereits 22 Tage nach der Eiablage die L₁-Larven: Eiablage am 06.12.07, Larvenschlupf am 28.12.07. Der Zeitpunkt des Larvenschlupfes konnte aufgrund der versteckt angelegten Brutkammern der Weibchen im Zuchtbehälter nicht ermittelt werden. Nach Beobachtungen von HERTER (1943) durchdringen die Larven mit Hilfe eines Eizahnes am Kopf die Eihülle. Das Weibchen unterstützt die Larven beim Schlüpfen aus der Eihülle nicht (FULTON 1924). Die postembryonale Phase läuft über vier Larvenstadien und das geschlechtsreife Adultstadium. Die Larvenstadien lassen sich morphologisch anhand der Anzahl der Fühlorglieder unterscheiden: L₁-Larven haben acht Glieder, L₂-Larven haben zehn Glieder, L₃-Larven haben elf Glieder, L₄-Larven haben zwölf Glieder und Adulte haben 14 Glieder (PHILLIPS 1981). Zu Beginn der postembryonalen Phase wurden die L₁- und L₂-Larven vom Weibchen gepflegt, bewacht und massiv gegen Angreifer verteidigt. Die L₁- und L₂-Larven waren voll beweglich, liefen im Zuchtbehälter in der Nähe des Weibchens umher und versteckten sich in Gefahrensituationen unter dem Thorax des Weibchens, das die Jungtiere bei pflegebedingten Störungen massiv verteidigte. HERTER (1943) beobachtete identische Verhaltensweisen der Larven und der Weibchen bei der Ohrwurm-Art *P. arachidis*. Die Anzahl der geschlüpften L₁-Larven musste geschätzt werden, da sich durch Störungen während der Larvenaufzucht in den ersten Tagen die Sterberate der Larven stark erhöhte. Andererseits befand sich die Brutröhre des Weibchens am Behälterboden in stark verdichtetem Lehmboden. Ein Zerstören der Brutröhre für Beobachtungszwecke hätte mit großer Wahrscheinlichkeit viele Larven abgetötet. Inwieweit die letztendlich ermittelte Anzahl der Larven der tatsächlichen nach dem Schlupf entsprach, bleibt offen, da das Weibchen oft einen Teil der Larven direkt nach dem Schlupf verzehrt (HERTER 1943, PHILLIPS 1981).

3.7.2 Einfluss von Zuchtbehälter und Zuchtmedium auf die Zucht

Die Zuchtergebnisse vom 18. September 2007 bis 16. Januar 2008 sind in Abhängigkeit vom verwendeten Zuchtbehälter und von der Bodenart in der Tabelle 31 zusammengefasst. Nester mit jeweils acht bis 40 Eiern wurden ausschließlich in vier Zuchtbehältern mit sandigem Lehmboden angelegt (Tabelle 31: grau unterlegt). In den drei Zuchtbehältern mit lehmigem Sandboden und in dem einen Zuchtterrarium mit feinkörniger Komposterde wurden keine Nester angelegt (Tabelle 31: weiß unterlegt).

Im Verlauf der Zuchtversuche fiel auf, dass nicht nur die Bodenart den Zuchterfolg bestimmt, sondern auch der Zuchtbehälter an sich. Ein gut durchlüftetes Glasterrarium mit einer 15 cm dicken Bodenschicht aus sandigem Lehmboden erwies sich als bester Zuchtbehälter. Hier wurden im Versuchszeitraum cirka 30 Brutkammern mit Gelegen zwischen der Bodenschicht und der Glasscheiben des Terrariums gezählt (Tabelle 31). Wie viele Gelege sich im Inneren des Beckens befanden, konnte nicht überprüft werden, da die Ohrwürmer während der Eiablage nicht gestört werden sollten. Mit zunehmender Störung entfernten alle Weibchen ihre Gelege von der Scheibe, vergrößerten ihre Brutkammer zur Beckenmitte hin und lagerten ihre Eier im Bodengrund ab, so dass sie für den Beobachter nicht mehr sichtbar waren. Die Eianzahl pro Gelege schwankte zwischen fünf und 40 Eiern, die Nesttiefe lag bei 1 bis 15 cm.

Tabelle 31: Zuchtversuche mit *F. auricularia* in verschiedenen Zuchtbehältern und Bodenarten von September 2007 bis Januar 2008; VA: Versuchsanfang, VE: Versuchende.

Zuchtbehälter	Bodenart	VA: Anzahl Individuen	VE: Anzahl Tote	VE: Anzahl Lebende	VE: Anzahl Nester
Vollglasterrarium (Laborbedingungen)	sandiger Lehm	75 (50 ♀, 25 ♂)	21 (11 ♀, 10 ♂)	15 (15 ♀, 0 ♂)	cirka 30 (20-40 Eier)
Vollglasterrarium (Laborbedingungen)	lehmiger Sand	75 (50 ♀, 25 ♂)	22 (15 ♀, 7 ♂)	13 (12 ♀, 1 ♂)	0
Terrarium: linke Seite (Laborbedingungen)	sandiger Lehm	35 ♀	7 ♀	20 ♀	cirka 10 (20-40 Eier)
Terrarium: rechte Seite (Laborbedingungen)	feinkörnige Komposterde	35 ♀	alle Tiere in Lehm Boden abgewandert	alle Tiere in Lehm Boden abgewandert	0
Reblauskasten (Laborbedingungen)	sandiger Lehm	45 (30 ♀, 15 ♂)	15 (12 ♀, 3 ♂)	1 (1 ♀, 0 ♂)	1 (8 Eier)
Reblauskasten (Laborbedingungen)	lehmiger Sand	45 (30 ♀, 15 ♂)	13 (11 ♀, 2 ♂)	0	0
Reblauskasten (Freilandbedingungen)	sandiger Lehm	45 (30 ♀, 15 ♂)	27 (13 ♀, 14 ♂)	2 (2 ♀, 0 ♂)	1 (27 Eier)
Reblauskasten (Freilandbedingungen)	lehmiger Sand	45 (30 ♀, 15 ♂)	8 (4 ♀, 4 ♂)	0	0

Im Vergleich zum Terrarium mit Sandboden zogen sich die Weibchen im Lehm Boden-Terrarium bereits am 2. November 2007 in den Boden zurück und begannen mit dem Anlegen von Brutröhren beziehungsweise Brutkammern (Abbildung 157). Im Sand-Terrarium versuchten die hochträchtigen Weibchen über den gesamten Versuchszeitraum vergeblich Brutröhren anzulegen. Aufgrund der Feinkörnigkeit des Sandbodens fielen die Bodenvertiefungen immer wieder in sich zusammen, so dass die Weibchen mit ihren Vorderextremitäten keine Brutröhre formen beziehungsweise anlegen konnten. Des Weiteren hielten sich die Weibchen über den ganzen Versuchszeitraum entweder auf der

Oberfläche des Sandbodens auf oder zogen sich in flache Gruben zurück, die sich durch das Gießen auf der Bodenoberfläche gebildet hatten (Abbildung 158).

Bei einer weiteren Studie wurde in ein Zuchtterrarium der Längsachse nach vom Behältergrund bis zur Bodenoberfläche eine Trennwand montiert. Auf der rechten Seite wurde Kompost-Blumenerde eingebracht, die aufgrund ihres hohen Humusanteils sowie der enthaltenen Styrolpartikel wie der Sandboden sehr locker und feinkörnig war. In die linke Terrarienhälfte wurde sandiger Lehmboden eingefüllt. Die trächtigen Weibchen wurden auf die Komposterde gesetzt und konnten das Bodenmedium zur Eiablage frei wählen. Bereits einen Tag nach dem Einsetzen wanderten alle Weibchen in den Lehmboden ab, wo sie Brutkammern anlegten und mit der Eiablage begannen (Tabelle 31: dritte und vierte Zeile).

In den Reblauskästen verdichteten sich der Lehm- und Sandboden nach dem regelmäßigen Gießen so stark, dass sich schon nach 21 Tagen eine breiige Masse bildete. Aufgrund der zum Bodenvolumen sehr kleinen Belüftungsfläche blieb der Boden unabhängig vom Standort (Labor, Freiland) durchweg sehr nass und schimmelte. Die Ohrwürmer hielten sich bis auf Einzelfälle nur auf der Bodenoberfläche auf. Trotz der schlechten Lebensbedingungen im Labor- wie auch im Freiland-Reblauskasten legte ein Weibchen Eier im Lehmboden ab (Tabelle 31). In den mit Sandboden gefüllten Reblauskästen wurden keine Nester gefunden (Tabelle 31). Zu Versuchsende wurden in den Reblauskästen mit Lehmboden nur ein bis zwei Ohrwürmer gefunden (Tabelle 31). In den Reblauskästen mit Sandboden überlebten keine Versuchstiere (Tabelle 31).

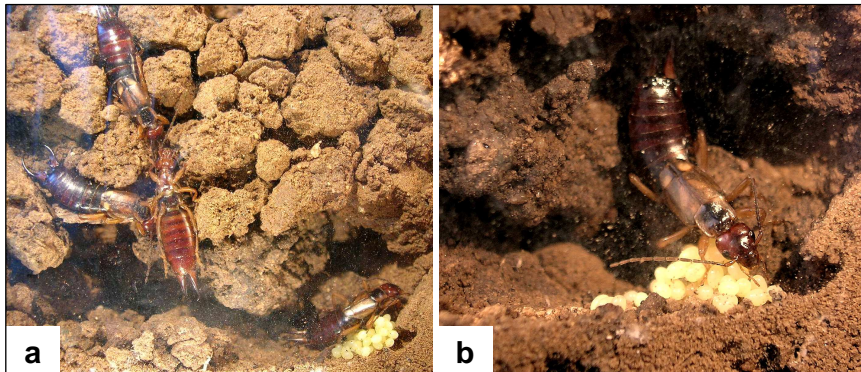


Abbildung 157: *Forficula*-Weibchen beim Anlegen von Brutröhren in einem Zuchtterrarium mit sandigem Lehmboden (a) und Brutkammer mit Weibchen und Gelege (b), Fotos: U. Hetterling 2007.

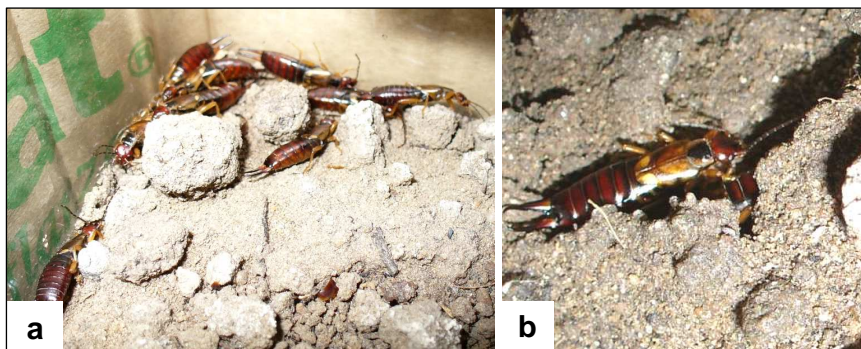


Abbildung 158: *Forficula*-Weibchen auf der Bodenoberfläche eines Zuchtterrariums mit lehmigem Sandboden (a) und Weibchen in einem Sandloch beim Versuch, eine Brutröhre anzulegen (b), Fotos: C. Huth 2007.

Weitere Zuchtbehälter: Rundgefäße aus Kunststoff

Die aus den Zuchtterrarien entnommenen trächtigen Weibchen wurden am 22. Januar 2008 in mit Lehmboden gefüllte Rundgefäße aus Kunststoff überführt (Abbildung 159a) und das Brutverhalten bis 15. April 2008 beobachtet. In jedes Gefäß wurde ein Weibchen eingesetzt. Vorversuche hatten ergeben, dass sich mehrere Weibchen in einem Zuchtbehälter gegenseitig bei der Brutpflege stören und Eier und Larven der Konkurrentinnen auffressen. Das Kunststoffgefäß wurde für die Zucht verwendet, weil ein Vortest gezeigt hatte, dass in diesem Behältertyp bereits im Dezember Eier gefunden wurden (Abbildung 159b). Ferner ließ sich das kleine Gefäß gut reinigen und die Bodenfeuchtigkeit konnte durch die geringe Erdmenge gut kontrolliert werden. Während des Versuchszeitraumes wurden in 19 von 20 Rundgefäßen keine Eier abgelegt und die Weibchen verstarben. Nur in einem von 20 Gefäßen wurde eine Gelege mit fünf Eiern gefunden. Da jedoch das Weibchen kurz nach der Eiablage verstarb, verpilzten die Eier.

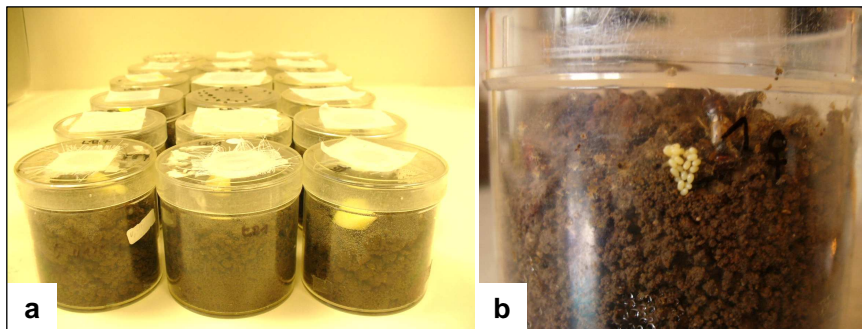


Abbildung 159: *Forficula*-Zucht in Rundgefäßen aus Plastik mit sandigem Lehmboden (a) und *Forficula*-Weibchen bei der Brutpflege in einem Kunststoffgefäß (b), Fotos: C. Huth 2008.

Weitere Zuchtbehälter: Gipsröhren

In jede der fünf Gipsröhren wurde am 3. Dezember 2007 ein trächtiges Weibchen eingesetzt. Bereits am 14. Dezember hatten alle Weibchen am Ende der Gipsröhre vier bis 20 Eier abgelegt. Aufgrund zweimaliger Übernässung der Brutröhren durch zu starkes Gießen fraßen vier von fünf Weibchen ihre Eier in Folge der zu hohen Feuchtigkeit auf. Aus dem letzten Gelege entwickelten sich sechs Larven, welche von der Mutter nach zwei Tagen gefressen wurden.

Weitere Zuchtbehälter: PVC-Boxen

Für die Laborzucht 2008/2009 wurden zusätzlich zu den Vollglasterrarien und den Kunststoffboxen Buchsteiner-Kunststoffboxen als neue Zuchtbehälter eingesetzt. Die für die Laborzucht verwendeten Weibchen und Gelege wurden im Februar 2008 während der Nestkartierung mit dem kompletten Boden (sandiger Lehm) aus dem Freiland entnommen. In Tabelle 32 fasst die Ergebnisse mit der Dauer der Embryonalentwicklung und der Dauer der postembryonalen Larvenstadien nach drei verschiedenen Ansätzen zusammen: ein Weibchen mit Gelege oder Larven (Tabelle 32: weiß unterlegt), zwei Weibchen mit ihren

ERGEBNISSE

Gelegen und ein Weibchen mit Gelege und Fremdeiern (hellgrau unterlegt), Larven ohne Weibchen (Tabelle 32: dunkelgrau unterlegt). Die in der Tabelle angegebene Dauer der Embryonalentwicklung umfasst den Zeitraum von der Eientnahme aus dem Freiland bis zum Larvenschlupf im Labor. Bei den Ansätzen L, N, P, M und O bezieht sich die angegebene Dauer des ersten Larvenstadiums auf den Zeitraum von der Entnahme der L₁-Larven aus der Rebanlage bis zur Häutung ins zweite Larvenstadium im Labor.

Die Embryonalentwicklung dauerte nach der Eientnahme im Freiland im Durchschnitt zwölf Tage. Das L₁-Stadium dauerte durchschnittlich 22 Tage, das L₂-Stadium im Mittel 16 Tage und das L₃-Stadium durchschnittlich 23 Tage. Das L₄-Stadium wurde nur in einem Zuchtansatz erreicht und dauerte 15 Tage an, wobei die L₄-Larven am Ende verstarben und sich nicht mehr zu adulten Tieren häuteten.

Tabelle 32: Zuchtversuche in Buchsteiner-Kunststoffboxen mit sandigem Lehmboden unter Laborklimabedingungen mit Dauer der Embryonalphase und der Entwicklungsdauer der vier Larvenstadien. Die Dauer der jeweiligen Entwicklungsphase ist in Tagen (t) angegeben. Aus den markierten Ansätzen (*) wurde das Weibchen nach dem Schlupf der L₁-Larven entfernt.

Ansatz mit Datum	Anzahl Weibchen, Anzahl Eier (Larven)	Embryonalentwicklung (in t)	L ₁ (in t)	L ₂ (in t)	L ₃ (in t)	L ₄ (in t)
A: 25.02.08	1 ♀ + 40 Eier	13	30 *	21	--	--
B: 25.02.08	1 ♀ + 40 Eier	15	21	--	--	--
G: 25.02.08	1 ♀ + 20 Eier	15	28 *	--	--	--
C: 03.03.08	1 ♀ + 46 Eier	10	34	--	--	--
F: 03.03.08	1 ♀ + 15 Eier	10	19 *	--	--	--
E: 07.03.08	1 ♀ + 20 Eier	12	29 *	14	--	--
H: 13.03.08	1 ♀ + 12 Eier	14	26	15	8	--
L: 21.04.08	1 ♀ + 40 L ₁ -Larven	-----	16	8	29	--
N: 21.04.08	1 ♀ + 20 L ₁ -Larven	-----	16	15	--	--
P: 21.04.08	1 ♀ + 10 L ₁ -Larven	-----	16	22	15	--
D: 06.03.08	1 ♀ + 13 Eier, + 9 Fremdeiern	12	21	21	--	--
I: 13.03.08	2 ♀ + 20 Eier	14	26	--	--	--
J: 02.04.08	1 ♀ + 7 Eier 1 ♀ + 16 Eier	8	22	15	36	15
K: 02.04.08	1 ♀ + 4 Eier 1 ♀ + 36 Eier	7	15	22	29	--
M: 21.04.08	5 L ₁ -Larven ohne ♀	-----	23	--	--	
O: 21.04.08	15 L ₁ -Larven ohne ♀	-----	16	8	--	--
Mittelwert		12	22	16	23	15

- 1 ♀ mit Gelege (Larven)

In den Ansätzen A, G, F und E wurde das Weibchen nach dem Schlupf der L₁-Larven aus dem Behälter entfernt, um die Larvenentwicklung ohne Brutfürsorge zu beobachten. In den Behältern G und F starben alle L₁-Larven. In den Ansätzen A und E wurde zwar das L₂-Stadium ohne weibliche Brutpflege erreicht, jedoch starben auch hier alle L₂-Larven. Obwohl in den Ansätzen B und C das Weibchen im Zuchtbehälter verblieb, starben auch hier alle L₁-Larven. In den Behältern L, N, P befanden sich direkt aus dem Freiland entnommene Nester mit L₁-Larven und Weibchen. In zwei von drei Zuchtansätzen erreichten die Larven das dritte Larvenstadium.

- 2 ♀ mit Gelege / 1 ♀ mit Gelege + Fremdeiern

Um zu überprüfen, ob sich die Weibchen aufgrund des geringen Raumangebots und der intraspezifischen Konkurrenz gegenseitig die Eier und Larven auffressen, wurden in die Behälter I, J und K jeweils zwei Weibchen mit ihren Gelegen eingesetzt. Im Ansatz I überlebten die L₁-Larven, im Ansatz K wurde das L₃-Stadium erreicht und im Ansatz J das L₄-Stadium. Im Zuchtbehälter D wurden den Weibchen zum eigenen Gelege Fremdeiern zugesetzt, um zu testen, ob das Weibchen diese annimmt und pflegt oder ob die Fremdeiern erkannt und aufgefressen werden. Im Ergebnis hat sich gezeigt, dass das Weibchen alle Eier angenommen hat und sich die Larven bis ins L₂-Stadium entwickelten.

- Larven ohne ♀

In den Behältern M und O wurden L₁-Larven ohne Weibchen eingesetzt, um deren weitere Entwicklung ohne weibliche Brutfürsorge zu beobachten. Im Ansatz M starben die L₁-Larven und im Ansatz O wurde nur das zweite Larvenstadium erreicht.

Raumklima

Während der Zuchtversuche im Labor wurde deutlich, dass die Raumtemperatur den Zuchterfolg maßgeblich bestimmt. Die L₁- und L₂-Larven der Zuchtansätze, die 2007/2008 in der Klimakammer unter einer konstanten Temperatur von 17 °C und einer konstanten Luftfeuchtigkeit von 70 % gehalten wurden, waren wesentlich kleiner und inaktiver als die Larven, die unter wechselnden Lufttemperaturen und Luftfeuchten aufwuchsen. Auch in den Zuchtansätzen, die von November bis März 2007/2008 und 2008/2009 unter Laborklimabedingungen stattfanden, war der Zuchterfolg deutlich geringer als in den Ansätzen, die einem wechselnden Raumklima mit größeren Schwankungen der Lufttemperatur und der Luftfeuchte ausgesetzt waren. Im Labor betrug die durchschnittliche Raumtemperatur 22 °C, die maximale 24 °C und die minimale 19 °C. Die relative Luftfeuchtigkeit im Labor lag im Durchschnitt bei 33 %, wobei maximal 56 % und minimal 18 % gemessen wurden. Insbesondere zu hohe Nachttemperaturen im Labor wirkten sich

negativ auf den Zuchterfolg aus. Bei nächtlichen Maximaltemperaturen von 20 bis 27 °C verpilzten die Eier in den Zuchtbehältern und die Weibchen starben wenige Tage später. Die Zuchtbehälter, die in einem ungeheizten Wohnraum aufgestellt wurden, waren im Durchschnitt einer Lufttemperatur von 12 °C, maximal einer Temperatur von 16 °C und minimal einer Temperatur von 9 °C ausgesetzt. Im Wohnraum betrug die durchschnittliche Luftfeuchte 65 %, die maximale 76 % und die minimale 41 %.

Pflegemaßnahmen

Brütende Weibchen sollten so wenig wie möglich durch Fütterungs- oder Pflegemaßnahmen gestört werden. Während der Zucht im ersten Versuchsjahr führte eine zweimal pro Woche durchgeführte Fütterung und Überprüfung des Zuchterfolges in einigen Fällen dazu, dass die Weibchen offensichtlich gestresst wurden, mehrmals ihr Nest umbauten und letztendlich das Gelege auffraßen. Deshalb wurden bei nachfolgenden Zuchtversuchen Tiere und Behälter nur noch einmal pro Woche versorgt und gereinigt.

3.8 Laborversuche zur Befallsregulation

Insektenpathogene Nematoden

2007 wurde in einem Laborversuch überprüft, ob sich insektenpathogene Nematoden der Art *Heterorhabditis bacteriophora* zur Bekämpfung von adulten Ohrwürmern eignen. Abbildung 160 zeigt die Wirkung von zwei unterschiedlich konzentrierten Nematodensuspensionen auf *F. auricularia*.

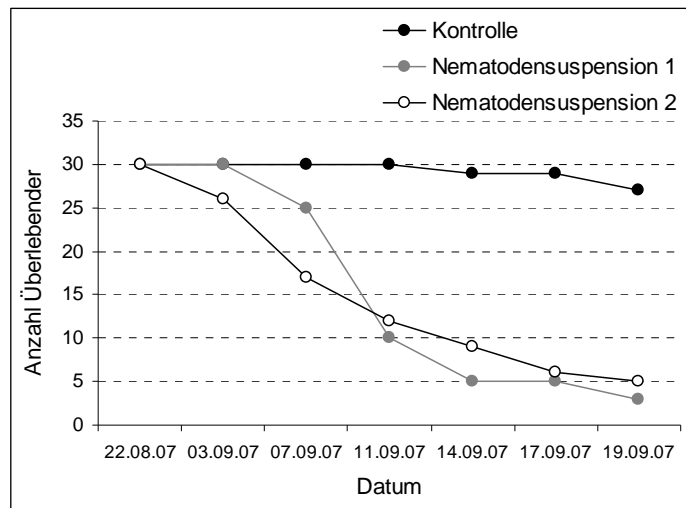


Abbildung 160: Einfluss zweier Nematodensuspensionen mit *H. bacteriophora* (Suspension 1: 0,15 g Nematoden / 286 ml; Suspension 2: 0,13 g Nematoden / 286 ml) auf die Überlebensrate von *F. auricularia* im Labor 2007.

Beide getesteten Suspensionen erzielten im Versuch hohe Mortalitätsraten. Die höher konzentrierte Suspension 1 mit 0,15 g Nematoden pro 286 ml Wasser begann erst vier Tage nach der geringer dosierten Suspension mit 0,13 g Nematoden pro 286 ml Wasser zu wirken. Während durch Suspension 2 von 22.08. bis 03.09.07 schon vier Tiere abgetötet wurden, lebten im mit Suspension 1 behandelten Boden noch alle Ohrwürmer. Im weiteren

Versuchsverlauf von 03.09. bis 07.09.07 wurden durch Suspension 2 weitere neun Individuen abgetötet, so dass von den ursprünglich 30 Tieren nur noch 17 lebten. Im Behälter mit Suspension 1 wurden zum gleichen Zeitpunkt die ersten fünf toten Ohrwürmer gefunden. Ab 07.09.07 bis 19.09.07 wurden durch Suspension 1 mehr Tiere abgetötet als durch Suspension 2. Zu Versuchsende lebten im Behälter mit Suspension 1 noch drei von ehemals 30 Individuen, während im Behälter mit Suspension 2 noch fünf von ehemals 30 Ohrwürmern überlebten. Die Anzahl der Überlebenden in beiden Nematodenvarianten nahm von 22.08. bis 19.09.07 im Vergleich zur Kontrolle signifikant ab (Kruskal-Wallis-Test (Dunns Prozedur): $\alpha = 0,05$). In der Kontrolle waren von 22.08. bis 11.09.07 alle 30 Versuchstiere aktiv. Im Zeitraum vom 11.09. bis 17.09.07 starb ein Ohrwurm und von 17.09. bis 19.09.07 zwei weitere, so dass sich zu Versuchsende 27 lebende Tiere im Kontrollbehälter befanden. Der Wirkungsgrad (ABBOTT 1925) von Suspension 1 betrug 90 % und der von Suspension 2 83 %. Da sich die befallsreduzierende Wirkung beider Suspensionen nicht signifikant unterschied (Student-t-Test: $\alpha = 0,05$), wiesen beide Lösungen einen vergleichbaren Dezimierungseffekt auf.

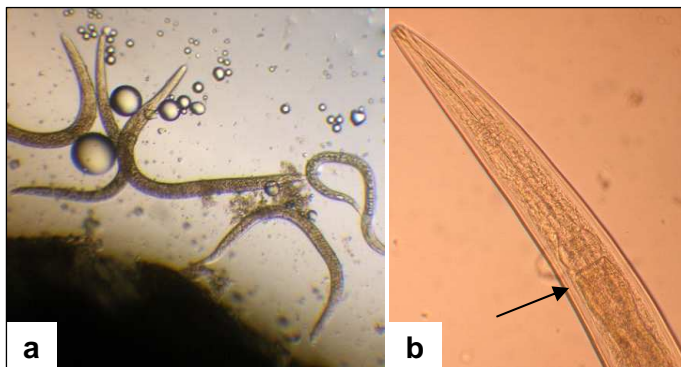


Abbildung 161: Nachweis von *H. bacteriophora* im Hämocoel von *F. auricularia* 48x **(a)** und charakteristische Pharynxmorphologie von *H. bacteriophora* 60x **(b)**, Fotos: U. Hetterling 2007.

Die toten Versuchstiere wurden unter dem Binokular auf eine Nematodeninfektion untersucht. Dazu wurde die Körperhöhle der Ohrwürmer längs aufgeschnitten und auf das Auftreten von *H. bacteriophora* untersucht und fotografiert. Abbildung 161 zeigt die Nematoden im Hämocoel eines Versuchstieres (161a) und die Pharynxmorphologie von *H. bacteriophora* (161b), die für die Gattung *Heterorhabditis* nach POINAR (1975) und PHAN et al. (2003) charakteristisch ist.

Insektenpathogene Pilze

Durch den Einsatz von insektenpathogenen Pilzen der Art *Metarhizium anisopliae* wurde 2007 in zwei Laborversuchen eine weitere Möglichkeit zur Befallsregulation von *F. auricularia* getestet. Weiterhin wurde untersucht, ob sich der Pilz in Bambusfallen kultivieren lässt und damit eine mögliche Infektionsquelle für das Freiland zur Verfügung steht.

Im ersten Laborversuch wurden 15 Tiere in Behältern gehalten, auf deren Boden Agarplatten mit *M. anisopliae* als Infektionsquelle aufgestellt waren. Nach 20 Tagen wurde der Versuch abgebrochen, da die Ohrwürmer den Pilzrasen komplett abgeweidet hatten und kein Pilzbefall auf dem Exoskelett der Versuchstiere nachgewiesen werden konnte. Von den ursprünglich 15 Ohrwürmern überlebten 14 das Experiment. Lediglich ein Männchen starb während der Studie, wies allerdings keinen Pilzbefall auf. Auch im Kontrollgefäß starben während des Versuches ein Weibchen und ein Männchen. Die überlebenden Ohrwürmer wurden noch vier Wochen nach Ende des Versuches beobachtet, jedoch bildete sich kein Pilzrasen auf den Chitinpanzern.

Um die Kontaktfläche und -zeit zwischen Pilzrasen und den Versuchstieren zu erhöhen, fand ein zweiter Laborversuch mit Bambusröhren statt. Auch dieser wurde nach vier Wochen abgebrochen, da mit Ausnahme eines natürlich verstorbenen Männchens alle Versuchstiere lebten und bei keinem der Tiere Pilzbefall auftrat. Wie anschließende Kontrollen der Bambusröhren ergaben, wurde das Nährmedium mit der Pilzkultur von den Ohrwürmern bis auf wenige Reste aufgefressen.



Abbildung 162: Totes *Forficula*-Weibchen aus der Zucht, das einen starken Befall mit *M. anisopliae* auf dem Exoskelett aufweist; 10x, Foto: U. Hetterling 2007.

Trotz dieser Ergebnisse ist eine *Metarhizium*-Infektion bei der Art *F. auricularia* möglich. Während der Zuchtversuche auf Lehmboden, der aus einer Rebanlage entnommen wurde, starben mehrere Zuchttiere durch eine *Metarhizium*-Infektion. Abbildung 162 zeigt ein totes Weibchen, das einen starken Befall mit *M. anisopliae* aufweist.

Kalkstickstoff PERLKA®

Das Granulat PERLKA® wurde am 21. April 2008 in zwei Rebanlagen ausgebracht. Parallel zum Freilandversuch lief ein Laborversuch, um die reduzierende Wirkung des Präparates auf Adulte und Larven unter Laborbedingungen zu testen. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 33 protokolliert.

Im Laborversuch hatte der Kalkstickstoff in den Konzentrationen 0,65 g pro 216 cm² und 1,3 g pro 216 cm² keinen reduzierenden Effekt auf die Larven und die adulten Weibchen. Im Ansatz A „PERLKA einfach“ und im Ansatz A „PERLKA doppelt“ wurden am 24.06.08, neun Wochen nach Ausstreuen des Präparats, nur geringfügig weniger Larven gezählt als zu Versuchsbeginn am 23.04.08. Im Ansatz A „PERLKA einfach“ wurden zu Versuchsende 25 von den ehemals 30 eingesetzten L₁-Larven gefunden, die sich bereits bis in das L₃- und

L₄-Stadium gehäutet hatten. Im Ansatz A „PERLKA doppelt“ überlebten von den ehemals 20 eingesetzten L₁-Larven 19 Tiere, die sich zu Versuchsende im L₃- und L₄-Stadium befanden. Auf die adulten Weibchen beider Ansätze hatte der Kalkstickstoff von 23.04. bis 13.05.08 (PERLKA einfach) und von 23.04. bis 17.05.08 (PERLKA doppelt) keine abtötende Wirkung. Das Absterben der Muttertiere ab Mitte/Ende Mai ist auf die einjährige Lebensdauer der Art zurückzuführen. Im Ansatz B „PERLKA einfach“ überlebten von 23.04. bis 27.05.08 das Weibchen und 18 der ehemals 20 Larven. Die Larven hatten sich während dieser Zeit vom L₁-Stadium in das L₃- und L₄-Stadium gehäutet. Am 03.06.08 wurde das Muttertier tot mit einer Pilzinfektion (*M. anisopliae*) aufgefunden. Kurze Zeit später verstarben in diesem Ansatz alle Larven, weil die mütterliche Brutpflege ausblieb. Da im Kontrollansatz das Weibchen am 20.05.08 auf natürliche Weise einging, wurden die L₁-Larven nicht mehr mit Futter versorgt und starben ebenfalls.

Tabelle 33: Einfluss des Kalkstickstoffgranulats PERLKA® in einfacher Konzentration (0,65 g Präparat auf 216 cm²) und doppelter Konzentration (1,3 g Präparat auf 216 cm²) auf *F. auricularia* im Labor 2008.

Datum	Kontrolle	PERLKA einfach Ansatz A	PERLKA einfach Ansatz B	PERLKA doppelt Ansatz A
23.04.2008	Versuchstiere eingesetzt	Versuchstiere eingesetzt	Versuchstiere eingesetzt	Versuchstiere eingesetzt
28.04.2008	♀ + 10 L ₁ -Larven	♀ + 30 L ₁ -Larven	♀ + 20 L ₁ -Larven	♀ + 20 L ₁ -Larven
06.05.2008	♀ + 10 L ₁ -Larven	♀ + 30 L ₁ -Larven	♀ + 20 L ₁ -Larven	♀ + 20 L ₁ -Larven
13.05.2008	♀ + 10 L ₁ -Larven	♀ + 25 L ₂ -Larven	♀ + 18 L ₂ -Larven	♀ + 19 L ₂ -Larven
20.05.2008	♀ + Larven tot	♀ nicht gefunden 25 L ₂ -Larven	♀ + 18 L ₂ -Larven	♀ + 19 L ₂ -Larven
27.05.2008	♀ + Larven tot	♀ nicht gefunden 25 L ₂ /L ₃ -Larven	♀ + 18 L ₂ /L ₃ -Larven	♀ + 19 L ₂ /L ₃ -Larven
03.06.2008	♀ + Larven tot	♀ nicht gefunden 25 L ₂ /L ₃ -Larven	♀ tot, verpilzt 18 L ₂ /L ₃ -Larven	♀ tot 19 L ₂ /L ₃ -Larven
10.06.2008	♀ + Larven tot	♀ nicht gefunden 25 L ₃ -Larven	♀ tot, Larven tot	♀ tot 19 L ₂ /L ₃ -Larven
17.06.2008	♀ + Larven tot	♀ nicht gefunden 25 L ₃ -Larven	♀ tot, Larven tot	♀ tot 19 L ₃ -Larven
24.06.2008	♀ + Larven tot	♀ nicht gefunden 25 L ₃ /L ₄ -Larven	♀ tot, Larven tot	♀ tot 19 L ₃ /L ₄ -Larven

Tanglefood-Leim

Der Laborversuch mit Tanglefood-Leimringen 2009 ergab, dass Ohrwürmer trotz extremen Nahrungs- und Wassermangels nicht über den Leimring fliegen, um an die Nahrungsressourcen zu gelangen. Die Beobachtungen sind in Tabelle 34 aufgeführt.

Nur ein Individuum versuchte eine Woche nach Versuchsbeginn von 01.07. bis 08.07.09, die Leimbarriere laufend zu durchqueren, um die über dem Leimring montierte Nahrungsquelle

zu erreichen. Bei diesem Versuch ist das Männchen kleben geblieben und starb nach zwei Tagen (Abbildung 163a). Die restlichen 39 Ohrwürmer, die sich ohne Nahrung und Wasser am Gefäßboden in Bambusfallen aufhielten, begannen sich bereits eine Woche nach Versuchsbeginn anzufressen. Zwei Wochen nach Versuchsbeginn am 15.07.09 waren bereits 15 Individuen tot und sehr stark angefressen beziehungsweise teilweise ausgefressen (Abbildung 163b). Nachdem die Studie fünf Wochen lief, befanden sich zu Versuchende am 31.07.09 fünf lebende Individuen im Behälter, die sich gegenseitig die Fühler abgefressen hatten.

Tabelle 34: Barrierewirkung von Tanglefood-Leimringen *F. auricularia* im Labor 2009.

Datum	Anzahl Überlebende	Anzahl Tote	Individuenzahl im Leimring
01.07.09	40	0	0
08.07.09	39	0	1
15.07.09	24	16	0
22.07.09	13	27	0
29.07.09	9	31	0
31.07.09	5	35	0



Abbildung 163: Im Tanglefood-Leimring festgeklebtes *Forficula*-Männchen (a) und von Artgenossen angefressenes Weibchen mit halbseitig fehlenden Extremitäten und abgefressenen Fühlern; 6x (b), Fotos: U. Hetterling, C. Huth 2009.

Insektizide SpinTor und Steward®

Im ersten Laborversuch mit SpinTor und Steward® wurden die Reaktionen der Insekten nach dem Kontakt mit den Mitteln und nach Verabreichung von behandeltem Futter in definierten Zeitintervallen aufgenommen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 35 dargestellt. Eine Insektizidapplikation mit direktem Körperkontakt reduzierte die Anzahl der Versuchstiere schneller und wirksamer als eine orale Insektizidaufnahme mit der Nahrung. Dabei war die Kontakt- und Fraßwirkung von Steward® etwas höher als von SpinTor: eine Woche nach der Kontaktbehandlung erzielte Steward® einen Wirkungsgrad (ABBOTT 1925) von 74 % und SpinTor einen Wirkungsgrad von 66 %. Die Aufnahme von Steward® über die Nahrung reduzierte sieben Tage nach Versuchsbeginn 66 % der Ohrwürmer des Versuchsansatzes. Durch die Nahrungsbehandlung mit SpinTor wurden 64 % der Tiere abgetötet.

ERGEBNISSE

Tabelle 35: Wirkung von SpinTor und Steward® auf *F. auricularia* über Körperkontakt und Nahrungsaufnahme im Labor 2009.

Uhrzeit	SpinTor Kontaktwirkung	SpinTor Frasswirkung	Steward® Kontaktwirkung	Steward® Frasswirkung
Beginn: 31.07.09 7:00	50 Individuen	50 Individuen	50 Individuen	50 Individuen
8:00	arttypisches Aggregations- und Versteckverhalten	arttypisches Aggregations- und Versteckverhalten	arttypisches Aggregations- und Versteckverhalten	arttypisches Aggregations- und Versteckverhalten
9:00	arttypisches Aggregations- und Versteckverhalten	arttypisches Aggregations- und Versteckverhalten	arttypisches Aggregations- und Versteckverhalten	arttypisches Aggregations- und Versteckverhalten
10:00	arttypisches Aggregations- und Versteckverhalten	arttypisches Aggregations- und Versteckverhalten	Auflösung Aggregationsverhalten, Verlassen der Verstecke	arttypisches Aggregations- und Versteckverhalten
11:00	Auflösung Aggregationsverhalten, Verlassen der Verstecke	arttypisches Aggregations- und Versteckverhalten	abnormales schnelles Fühlerkreisen, Vorderextremitäten bewegen sich stark	arttypisches Aggregations- und Versteckverhalten
12:00	abnormales schnelles Fühlerkreisen, Vorderextremitäten bewegen sich stark	arttypisches Aggregations- und Versteckverhalten	abnormales schnelles Fühlerkreisen, Vorderextremitäten bewegen sich stark	arttypisches Aggregations- und Versteckverhalten
13:00	abnormales schnelles Fühlerkreisen, Vorderextremitäten bewegen sich stark	arttypisches Aggregations- und Versteckverhalten	Einzeltiere sind gelähmt, 2 Individuen in Rückenlage	arttypisches Aggregations- und Versteckverhalten
14:00	Einzeltiere sind gelähmt, 1 Individuum in Rückenlage	arttypisches Aggregations- und Versteckverhalten	Einzeltiere sind gelähmt, 2 Individuen in Rückenlage	arttypisches Aggregations- und Versteckverhalten
15:00	alle Tiere sind gelähmt, zeigen abnormales Verhalten, 4 Individuen in Rückenlage	arttypisches Aggregations- und Versteckverhalten	alle Tiere sind gelähmt, zeigen abnormales Verhalten, 6 Individuen in Rückenlage	arttypisches Aggregations- und Versteckverhalten
16:00	alle Tiere sind gelähmt, zeigen abnormales Verhalten, 4 Individuen in Rückenlage	arttypisches Aggregations- und Versteckverhalten	alle Tiere sind gelähmt, zeigen abnormales Verhalten, 6 Individuen in Rückenlage	arttypisches Aggregations- und Versteckverhalten
17:00	alle Tiere sind gelähmt, zeigen abnormales Verhalten, 4 Individuen in Rückenlage	arttypisches Aggregations- und Versteckverhalten	alle Tiere sind gelähmt, zeigen abnormales Verhalten, 6 Individuen in Rückenlage	arttypisches Aggregations- und Versteckverhalten
18:00	alle Tiere sind gelähmt, zeigen abnormales Verhalten, 8 Individuen in Rückenlage	arttypisches Aggregations- und Versteckverhalten	alle Tiere sind gelähmt, zeigen abnormales Verhalten, 6 Individuen in Rückenlage	arttypisches Aggregations- und Versteckverhalten
19:00	alle Tiere sind gelähmt, zeigen abnormales Verhalten, 10 Individuen in Rückenlage	arttypisches Aggregations- und Versteckverhalten	alle Tiere sind gelähmt, zeigen abnormales Verhalten, 12 Individuen in Rückenlage	arttypisches Aggregations- und Versteckverhalten
20:00	alle Tiere sind gelähmt, zeigen abnormales Verhalten, 18 Individuen in Rückenlage	arttypische Nachtaktivität mit Futtersuche	alle Tiere sind gelähmt, zeigen abnormales Verhalten, 20 Individuen in Rückenlage	arttypische Nachtaktivität mit Futtersuche
21:00	alle Tiere sind gelähmt, zeigen abnormales Verhalten, 18 Individuen in Rückenlage	arttypische Nachtaktivität mit Futtersuche	alle Tiere sind gelähmt, zeigen abnormales Verhalten, 20 Individuen in Rückenlage	arttypische Nachtaktivität mit Futtersuche
22:00	alle Tiere sind gelähmt, zeigen abnormales Verhalten, 18 Individuen in Rückenlage	wenige Tiere zeigen abnormales schnelles Fühlerkreisen, Vorderextremitäten bewegen sich stark	alle Tiere sind gelähmt, zeigen abnormales Verhalten, 20 Individuen in Rückenlage	arttypische Nachtaktivität mit Futtersuche
23:00	alle Tiere sind gelähmt, zeigen abnormales Verhalten, 18 Individuen in Rückenlage	wenige Tiere zeigen abnormales schnelles Fühlerkreisen, Vorderextremitäten bewegen sich stark	alle Tiere sind gelähmt, zeigen abnormales Verhalten, 20 Individuen in Rückenlage	arttypische Nachtaktivität mit Futtersuche
Ende: 31.07.09 24:00	alle Tiere sind gelähmt, zeigen abnormales Verhalten, 20 Individuen in Rückenlage	Einzeltiere sind gelähmt, 1 Individuum in Rückenlage	alle Tiere sind gelähmt, zeigen abnormales Verhalten, 20 Individuen in Rückenlage	wenige Tiere zeigen abnormales schnelles Fühlerkreisen, Vorderextremitäten bewegen sich stark
07.08.09	33 Tote / 17 Überlebende	30 Tote / 18 Überlebende	36 Tote / 13 Überlebende	17 Tote / 30 Überlebende
14.08.09	17 Tote / 0 Überlebende	16 Tote / 2 Überlebende	12 Tote / 1 Überlebende	25 Tote / 5 Überlebende
21.08.09	17 Tote / 0 Überlebende	2 Tote / 0 Überlebende	1 Tote / 0 Überlebende	3 Tote / 2 Überlebende

Die stündliche Protokollierung der Verhaltensweisen ergab, dass der Wirkstoff Indoxacarb bereits vier Stunden nach Körperkontakt zu subletalen Effekten bei den Ohrwürmern führte. Diese äußerten sich durch abnormales schnelles Fühlerkreisen und durch starkes Zucken der Vorderextremitäten. Gleiche Reaktionen wurden auch bei der Kontaktwirkung mit dem

Wirkstoff Spinosad (SpinTor) beobachtet, wobei die Wirkung erst fünf Stunden nach der Applikation auftrat.

Bei oraler Aufnahme der Wirkstoffe zeigten sich entsprechende Reaktionen wesentlich später: nach 15 Stunden bei SpinTor beziehungsweise nach 17 Stunden bei Steward®. Diese Ergebnisse waren nicht auf eine tatsächlich verzögerte Fraßwirkung, sondern auf die erst mit der Dunkelheit beginnende Nahrungsaufnahme der nachtaktiven Insekten zurückzuführen.

Unabhängig vom Wirkstoff und der Applikationsweise zeigten die betroffenen Individuen artuntypische Verhaltensweisen. Die eigentlich nachtaktiven Tiere waren nach der Behandlung überwiegend tagaktiv und suchten nur noch vereinzelt die lichtgeschützten Tagesrefugien im Behälter auf. Die Ohrwürmer bildeten nicht mehr die typischen Aggregationsverbände. Sie zeigten gegenüber Artgenossen ein aggressives Verhalten, das durch aufgestellte Zangen, Attacken gegenüber anderen Individuen und Kannibalismus gekennzeichnet war. Aufgrund des aggressiven Verhaltens wurden einige Individuen insbesondere in der ersten Versuchswoche von anderen verletzt und aufgefressen. Die Versuchstiere verloren nach der Behandlung jeglichen Koordinationssinn. Weder eine gerichtete Fortbewegung auf dem Boden noch an den senkrechten, glatten Gefäßwänden war möglich. Die Ohrwürmer bewegten sich am Boden nur noch kreisförmig fort. Bereits 16 Stunden nach der Kontaktbehandlung waren über ein Drittel der Tiere so geschädigt, dass sie sich in Rückenlage befanden und durch die motorische Lähmung keine Nahrungsaufnahme mehr möglich war. Abbildung 164 zeigt den Vergleich der Körpergrößen zwischen Ohrwürmern mit und ohne Insektizidkontakt zu Versuchsende. Es ist deutlich zu erkennen, dass die mit SpinTor und Steward® behandelten Individuen aufgrund der gestörten beziehungsweise völlig fehlenden Nahrungsaufnahme nur etwa halb so groß waren wie die Individuen aus der Kontrolle.

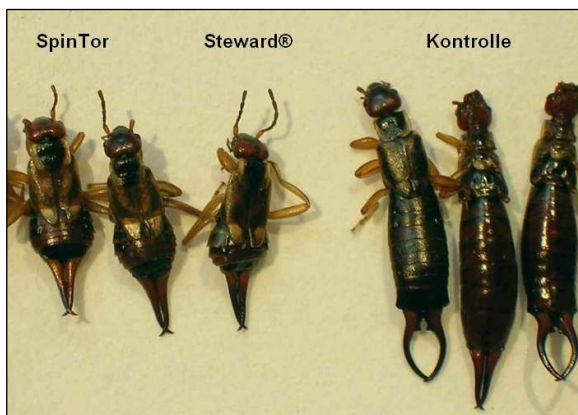


Abbildung 164: Größenvergleich zwischen mit SpinTor und Steward® behandelten Individuen und Versuchstieren ohne Behandlung im Labor; 6x, Foto: U. Hetterling 2009.

Die gleiche Wirkung stellte sich auch nach der Aufnahme mit insektizidbehandeltem Futter ein. Nachdem die Tiere am kontaminierten Apfel gefressen hatten, kam es zu starken motorischen Störungen. Bereits zwei Tage nach der Futterbehandlung stellten die

Ohrwürmer die Nahrungsaufnahme ein. In den Versuchsbehältern aller Insektizidansätze wurden drei Tage nach der Applikation keine Fraßspuren an den Apfelstückchen mehr gefunden.

In einem zweiten Laborversuch wurden verschiedene Möglichkeiten der Insektizidaufnahme nochmals überprüft: Insektizidaufnahme über direkten Körperkontakt, über die Nahrung und beim Überqueren einer kontaminierten Oberfläche. Die Ergebnisse sind in Tabelle 36 zusammengefasst. Wie im ersten Laborversuch wurde die Anzahl der Versuchstiere durch eine Insektizidbehandlung über direkten Körperkontakt schneller und wirksamer reduziert als durch eine Insektizidaufnahme mit der Nahrung. Eine Woche nach der Applikation war die Kontaktwirkung von Steward® mit 98 % und Fraßwirkung von Steward® mit 61 % etwas höher als die Kontaktwirkung von SpinTor mit 76 % und Fraßwirkung von SpinTor mit 45 %. Als zusätzlicher Versuchsansatz wurde die Insektizidaufnahme über die Oberfläche mittels behandelten Cellulosepapiers und behandelten Tagesrefugien wie Bambusfallen getestet. Eine Woche nach der Behandlung wurde die Anzahl der Individuen durch die Oberflächenbehandlung stärker reduziert als durch die Futterbehandlung: für Steward® wurde ein Wirkungsgrad von 86 % und für SpinTor ein Wirkungsgrad von 53 % ermittelt. Dabei wirkte Indoxacarb (Steward®) bei der Insektizidaufnahme über die Matrix mit 86 % stärker und schneller als Spinosad (SpinTor) mit 53 %.

Tabelle 36: Insektizidwirkung von SpinTor und Steward® auf *F. auricularia* über unterschiedliche Aufnahmewege im Labor 2009, WG bezeichnet den Wirkungsgrad nach ABBOTT (1925).

1 Woche nach Applikation: 30.07.09 Ansätze (50 Individuen pro Ansatz)	SpinTor Tote	SpinTor Überlebende	Steward® Tote	Steward® Überlebende
Insektizidaufnahme über Körperkontakt	36	12 (WG: 76 %)	49	1 (WG: 98 %)
Insektizidaufnahme über Nahrung	20	27 (WG: 45 %)	31	19 (WG: 61 %)
Insektizidaufnahme über Habitatmatrix	25	23 (WG: 53 %)	43	7 (WG: 86 %)
Kontrolle:	49 Überlebende, 1 Toter			
2 Wochen nach Applikation: 06.08.09 Ansätze	SpinTor Tote	SpinTor Überlebende	Steward® Tote	Steward® Überlebende
Insektizidaufnahme über Körperkontakt	7	5	1	0
Insektizidaufnahme über Nahrung	17	10	6	13
Insektizidaufnahme über Habitatmatrix	16	7	6	1
Kontrolle:	46 Überlebende, 3 Tote			
3 Wochen nach Applikation: 13.08.09 Ansätze	SpinTor Tote	SpinTor Überlebende	Steward® Tote	Steward® Überlebende
Insektizidaufnahme über Körperkontakt	5	0	0	0
Insektizidaufnahme über Nahrung	5	5	8	5
Insektizidaufnahme über Habitatmatrix	5	2	1	0
Kontrolle:	43 Überlebende, 3 Tote			

3.9 Versuche zur Übertragung von pilzlichen Pathogenen

3.9.1 Laborversuche

Vorversuch mit Graufäule (*B. cinerea*)

In einem Vorversuch wurde getestet, ob *F. auricularia* die Konidienträger und Sporen der Graufäule frisst, wenn keine oder noch weitere Nahrungsquellen angeboten werden. Abbildung 165 zeigt eine Agarplatte mit *Botrytis*-Pilzrasen vor (165a) und 24 Stunden nach dem Besatz mit zehn Versuchstieren (165b), denen keine weitere Futterquelle als der Pilzrasen zur Verfügung stand. Abbildung 165b zeigt deutlich, dass die Konidienträger mit den Sporen innerhalb von 24 Stunden komplett abgeweidet wurden, wenn die Ohrwürmer keine anderen Nahrungsressourcen im Behälter vorfanden. Sobald den Tieren eine attraktivere Nahrungsquelle, wie zum Beispiel ein Apfelstück, angeboten wurde, fraßen die Ohrwürmer nur noch geringe Mengen an Pilzrasen.

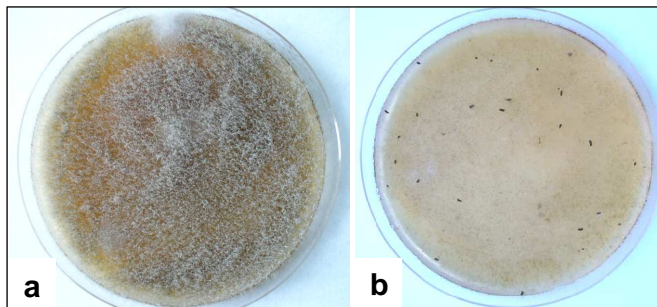


Abbildung 165: Agarplatte mit *Botrytis*-Pilzrasen vor dem Besatz mit zehn Ohrwürmern (a) und 24 Stunden nach dem Besatz (b), Fotos: C. Huth 2007.

Versuch I mit Graufäule (*B. cinerea*) und Pinselschimmel (*P. crustosum*)

In diesem Versuch wurde überprüft, in welchem Umfang die Graufäule und der Pinselschimmel durch Bewegungsaktivitäten des Ohrwurms auf die Beeren von Silvaner-Trauben übertragen werden können.

Aus Abbildung 166 ist ersichtlich, dass in den vier Ansätzen sowohl die unbesetzten Kontrolltrauben als auch die Trauben mit pilzkontaminierten Versuchstieren Graufäule aufwiesen. In den Kontrolltrauben ohne Ohrwürmer lag der prozentuale Pilzbefall pro Traube im ersten Ansatz bei 50 %, im zweiten bei 75 %, im dritten bei 50 % und im vierten bei 5 %. Für die Trauben, die mit Graufäule kontaminierten Tieren besetzt waren, betrug der prozentuale Pilzbefall pro Traube im ersten Ansatz 75 %, im zweiten Ansatz 5 %, im dritten Ansatz 25 % und im vierten Ansatz 10 %. Da in den Kontrolltrauben der prozentuale Befall an Graufäule im Durchschnitt bei 45 % lag und die Trauben mit pilzkontaminierten Ohrwürmern durchschnittlich 29 % Pilzbefall aufwiesen, konnten keine Aussagen zur Übertragung von Graufäule durch Ohrwürmer gemacht werden.

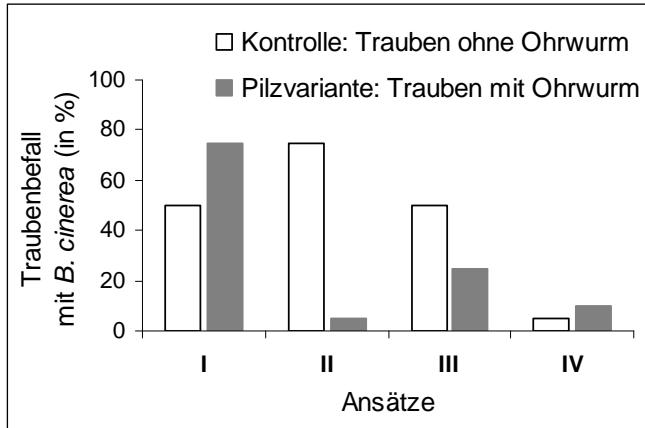


Abbildung 166: Prozentualer Pilzbefall von *B. cinerea* in Silvaner-Trauben mit und ohne pilzkontaminierte Ohrwürmer im Labor von 09.10. bis 15.10.2008.

Abbildung 167 zeigt, dass im Pinselschimmel-Versuch bei den Kontrolltrauben im ersten, zweiten und vierten Ansatz kein Pilzbefall festgestellt wurde. Lediglich im dritten Ansatz war 1 % der Beeren der Traube mit Pinselschimmel befallen. In den Pilzvarianten, deren Trauben mit pilzkontaminierten Ohrwürmern besetzt waren, betrug der prozentuale Pilzbefall pro Traube im ersten Ansatz 0 %, im zweiten Ansatz 5 %, im dritten Ansatz 1 % und im vierten Ansatz 5 %. Während die Kontrolltrauben mit einer Ausnahme keinen Befall an Pinselschimmel aufwiesen, waren die Trauben mit pilzkontaminierten Ohrwürmern im Durchschnitt mit 3 % Pinselschimmel befallen. Folglich ist eine Übertragung des Pinselschimmels durch Bewegungsaktivitäten des Ohrwurms von Traube zu Traube möglich.

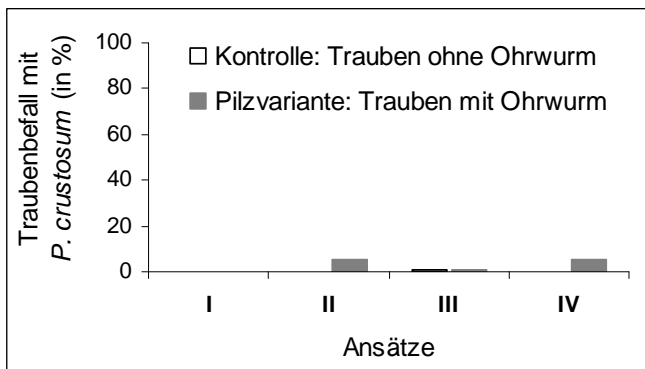


Abbildung 167: Prozentualer Pilzbefall von *P. crustosum* in Silvaner-Trauben mit und ohne pilzkontaminierte Ohrwürmer im Labor von 09.10. bis 15.10.2008.

Versuch II mit Graufäule (*B. cinerea*)

In Anlehnung an den Laborversuch 2008 wurde eine weitere Laborstudie durchgeführt, um zu testen, ob Graufäule von langfristig in Trauben siedelnden Ohrwürmern übertragen werden kann. Abbildung 168 zeigt, dass die Trauben der Kontrollansätze bereits sieben Tage nach Versuchsbeginn einen prozentualen Befall an Graufäule von 50 % (K1, K2) und 25 % (K3) aufwiesen. In den Ansätzen K4 und K5 wurde kein Pilzbefall auf den Trauben festgestellt. In den Ansätzen B1, B2, B3 und B4 mit pilzkontaminierten Ohrwürmern war die Oberfläche der Trauben erst zwei Wochen nach Versuchsbeginn mit 1 % Graufäule befallen. Nur im Ansatz B5 wurde schon eine Woche nach Versuchsbeginn ein prozentualer

Traubenbefall an Graufäule von 75 % ermittelt. Insgesamt waren die Trauben aller Kontrollansätze mit durchschnittlich 19 % häufiger mit Graufäule befallen als die Trauben mit kontaminierten Ohrwürmern, bei denen der durchschnittliche Pilzbefall 11 % betrug.

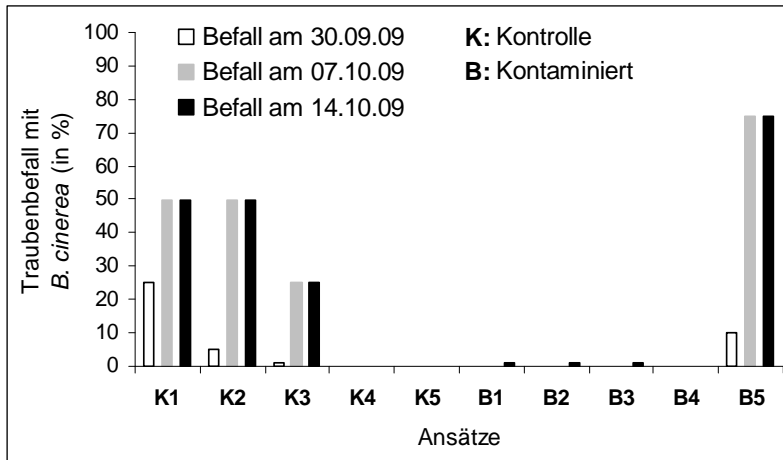


Abbildung 168: Prozentualer Pilzbefall von *B. cinerea* in Riesling-Trauben mit und ohne pilzkontaminierte Ohrwürmer im Labor von 30.09. bis 14.10.2009.

Zu Versuchsende am 14.10.09 wurden die Riesling-Trauben der jeweils fünf Kontroll- und Pilzvarianten zerlegt und die Gesamtbeerenzahl pro Traube sowie die Anzahl gesunder und fauler Beeren pro Traube ermittelt.

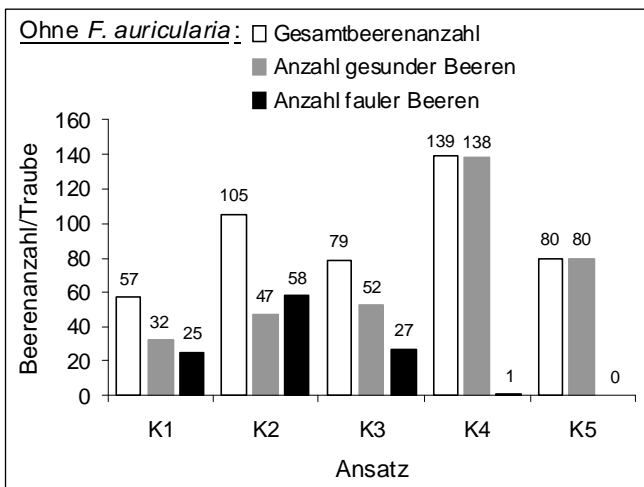


Abbildung 169: Traubenbonitur von Riesling-Trauben ohne *F. auricularia* im Labor am 14.10.2009.

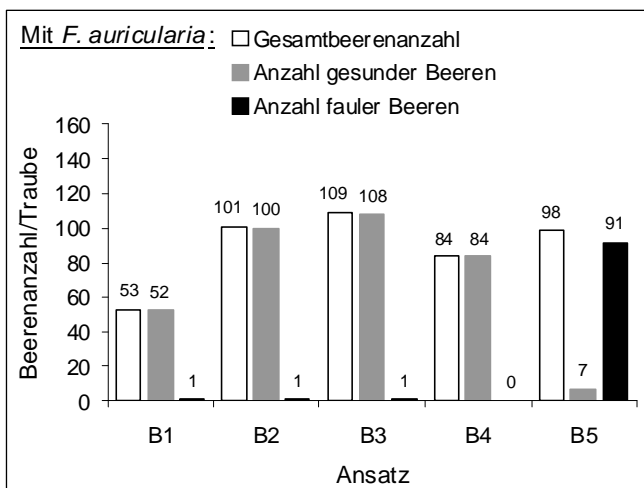


Abbildung 170: Traubenbonitur von Riesling-Trauben mit *F. auricularia* im Labor, deren Körperoberfläche mit *B. cinerea* infiziert wurde, 14.10.2009.

Durch den Vergleich der Abbildungen 169 und 170 wird deutlich, dass die Trauben der Kontrollansätze insgesamt mehr faule Beeren aufwiesen als die Ansätze mit pilzkontaminierten Ohrwürmern. In drei von fünf Kontrollvarianten waren die Beeren einer Traube mit 44 % (K1 = 25 Beeren), 55 % (K2 = 58 Beeren) und 34 % (K3 = 27 Beeren) Graufäule befallen. Nur in einem mit pilzkontaminierten Tieren besetzten Ansatz wiesen die Beeren einer Traube 93 % (B5 = 91 Beeren) Befall an Graufäule auf.

3.9.2 Freilandversuche

In dieser Studie 2009 wurde die mögliche Übertragung der Graufäule durch Bewegungsaktivitäten von *F. auricularia* in der Traube untersucht. Die Ergebnisse sind in Tabelle 37 dargestellt. Jede Traube, die mit pilzkontaminierten Ohrwürmern eingensetzt war, wies nach zwölf Tagen eine Beereninfektion mit Graufäule auf. Dabei waren je nach Traube 11 %, 14 %, 16 %, 18 %, 26 % und 48 % der Beeren mit Graufäule befallen. Da die Trauben zu Versuchsbeginn keine Pilzinfektion aufwiesen, wurden die Sporen und die Konidienträger der Graufäule von den Extremitäten und der Körperoberfläche der Ohrwürmer auf die Trauben übertragen. Ferner waren alle Trauben im direkten Umfeld der eingensetzten Trauben gesund, so dass von diesen keine Pilzinfektion auf die Versuchstrauben ausging.

Tabelle 37: Übertragung von *B. cinerea* auf Riesling-Trauben durch *F. auricularia* im Freiland, Neustadt-Mußbach 23.09. bis 05.10.2009.

Variante	Gesamtbeerenanzahl	Anteil gesunder Beeren	Anteil Botrytis-Beeren	Anteil angefressener Beeren	Anzahl Ohrwürmer pro Netz
Traube 1	91	81 (89 %)	10 (11 %)	0	7
Traube 2	80	66 (83 %)	14 (18 %)	3 (mit <i>B. cinerea</i>)	7
Traube 3	63	33 (52 %)	30 (48 %)	3 (mit <i>B. cinerea</i>)	7
Traube 4	75	63 (84 %)	12 (16 %)	3 (mit <i>B. cinerea</i>)	6
Traube 5	116	86 (74 %)	30 (26 %)	5 (mit <i>B. cinerea</i>)	2
Traube 6	59	51 (86 %)	8 (14 %)	2 (mit <i>B. cinerea</i>)	7

In Anlehnung an die Fraßversuche im folgenden Kapitel 3.10 wurden zusätzlich die Fraßschäden an den Beeren der Versuchstrauben ausgewertet. Die im Netz eingeschlossenen Versuchstiere beschädigten demnach nur Beeren mit Pilzbefall. Intakte und mit Saft prall gefüllte Beeren wiesen in keiner Variante Fraßschäden auf. In der vierten und fünften Traube wurden am Ende des Versuches von den ehemals sieben Ohrwürmern nur noch sechs (sechste Traube) und zwei Tiere (fünfte Traube) im Netz gefunden. Da die Ohrwürmer das Netz nicht verlassen konnten, ist davon auszugehen, dass die Individuen von ihren Artgenossen aufgefressen wurden.

3.10 Fraßversuche

3.10.1 Laborversuch

In einem im Labor durchgeführten Fraßversuch wurde untersucht, ob die Ohrwürmer eine unbeschädigte Beerenhaut anfressen können, wenn keine weiteren Nahrungs- und Wasserquellen zur Verfügung stehen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 38 zusammengefasst. Während des Versuchszeitraumes von 22.09. bis 20.10.09 wurden weder intakte Riesling-Beeren noch intakte Spätburgunder-Beeren von *F. auricularia* angefressen. Nur Beeren, deren Haut durch Fäulnis- und Eintrocknungsprozesse vorgeschädigt beziehungsweise eingerissen waren, wiesen Fraßspuren auf. Von den geschädigten Stellen aus begannen die Tiere das zuckerhaltige Beerenfleisch anzufressen. Im Ansatz „Riesling-Kontrolle“, der neben den Beeren ein Apfelstück als Nahrungsquelle enthielt, waren 25 % der Beeren faulig. Das Fruchtfleisch der faulen Beeren wurde von den Ohrwürmern vollständig verzehrt. Im Ansatz „Riesling-Fraß 3“ waren 3 % der Beeren faulig und wurden ebenfalls von den Tieren komplett ausgefressen. Im Ansatz „Spätburgunder-Fraß 1“ waren 8 % der Beeren eingetrocknet und das Fruchtfleisch vollständig verzehrt. In den Ansätzen „Riesling-Fraß 1“, „Riesling-Fraß 2“ und „Spätburgunder-Fraß 2“ wurde jeweils ein Versuchstier vollständig aufgefressen, so dass nur noch die Abdominalzangen im Behälter vorgefunden wurden.

Tabelle 38: Fraßversuche mit Riesling-Beeren und Spätburgunder-Beeren im Labor von 22.09. bis 20.10.2009; * - faule Beeren, x - stark eingetrocknete Beeren.

Ansatz	Gesamtbeerenanzahl	Anteil nicht angefressener Beeren	Anteil angefressener Beeren	Anzahl Ohrwürmer zu Versuchsende
Riesling-Kontrolle	28	21 (75 %)	7 (25 %) *	7
Riesling-Fraß1	32	32 (100 %)	0 (0 %)	6
Riesling-Fraß2	33	32 (97 %)	1 (3 %) *	6
Riesling-Fraß3	35	35 (100 %)	0 (0%)	7
Spätburgunder-Kontrolle	10	10 (100 %)	0 (0 %)	7
Spätburgunder-Fraß1	13	12 (92 %)	1 (8 %) X	7
Spätburgunder-Fraß2	13	13 (100 %)	0 (0 %)	6
Spätburgunder-Fraß3	11	11 (100 %)	0 (0 %)	7

Abbildung 171a zeigt eine typische Fraßstelle von *F. auricularia* mit unregelmäßigem, zickzackförmigem Fraßmuster an einer leicht eingetrockneten Spätburgunder-Beere. In den Abbildungen 171b und 171c sind vergleichend die Mandibelform von *F. auricularia* und einer nicht determinierten Wespenart (Vespinae LATREILLE 1802) dargestellt. Da die Mandibeln der Wespe im Vergleich zu den Mandibeln des Ohrwurms sehr kräftig und am Vorderende spitz gezähnt sind, kann die Wespe gesunde Beeren öffnen (MOHR 2005). Die Mandibeln von

F. auricularia sind weniger kräftig und an der Spitze abgerundet. Dadurch kann der Ohrwurm eine intakte, pralle Beerenhaut nicht verletzen beziehungsweise durchdringen.

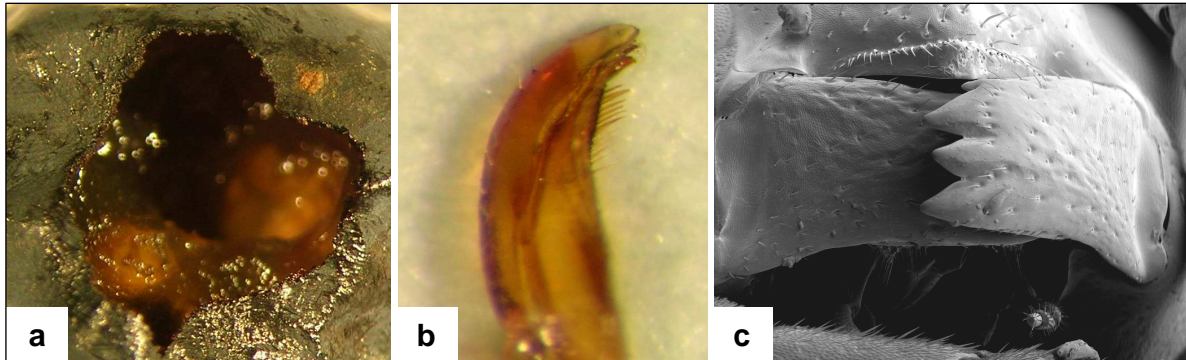


Abbildung 171: Für *F. auricularia* typische Fraßstelle an einer vorgeschädigten Spätburgunder-Beere mit unregelmäßigem, zickzackförmigem Fraßmuster 40x **(a)**, Mandibelform von *F. auricularia* 40x **(b)** und Mandibelform einer nicht determinierten Wespenart (*Vespinæ* LATREILLE 1802) 48x **(c)**, Fotos: U. Hetterling, R. Rueff 2009.

3.10.2 Freilandversuch

Der Fraßversuch im Freiland wurde bereits im Herbst 2007 angelegt, um festzustellen, ob Ohrwürmer intakte Riesling-Beeren anfressen, wenn den Insekten keine weiteren Nahrungs- und Wasserressourcen angeboten werden. Tabelle 39 fasst die Ergebnisse zusammen.

Tabelle 39: Fraßversuch im Freiland mit zehn eingensetzten Riesling-Trauben, die sieben Tage mit jeweils 20 Ohrwürmern besetzt waren, Neustadt-Mußbach 28.08. bis 04.09.2007.

Variante	Individuenanzahl Versuchsbeginn	Gesamt- anzahl Beeren	Anzahl intakte Beeren	davon ange- fressen	Anzahl faule Beeren	davon ange- fressen	Anzahl trockene Beeren	davon ange- fressen	Individuen- anzahl Versuchsende
1	20	168	163	0	0	0	5	1	20
2	20	103	98	0	5	0	0	0	20
3	20	134	127	0	0	0	7	0	18
4	20	155	134	0	17	0	4	0	20
5	20	154	131	0	19	1	4	0	19
6	20	184	174	0	9	0	1	0	20
7	20	125	106	0	17	0	2	2	20
8	20	129	105	0	16	0	8	1	18
9	20	139	125	0	7	0	7	1	15
10	20	84	68	0	9	0	7	0	19

Der Versuch hat ergeben, dass die Beerenhaut gesunder Beeren in keinem Fall aktiv von den Ohrwürmern geöffnet wurde (Tabelle 39: grau unterlegt). An fünf von zehn eingensetzten Trauben wurden faulige und leicht eingetrocknete Beeren in geringer Anzahl von den Tieren angefressen. In der fünften Traube waren 19 von 154 Beeren faulig. Eine der 19 faulen Beeren wurde von den Ohrwürmern bis auf die Beerenhaut vollständig verzehrt. In der ersten, siebten, achten und neunten Traube kamen ein bis zwei leicht eingetrocknete Beeren vor, deren Fruchtfleisch ebenfalls von den Versuchstieren teilweise angefressen wurde.

Ferner trat in fünf von zehn eingensetzten Trauben Kannibalismus auf, wobei ein (fünfte und zehnte Traube), zwei (dritte und achte Traube) und fünf (neunte Traube) Ohrwürmer von ihren Artgenossen vertilgt wurden.

3.11 Analytik

3.11.1 Gaschromatographie mit Massenspektrometrie

Mittels Gaschromatographie wurde zuerst die Reinsubstanz Toluchinon ($C_7H_6O_2$), die mit dem artspezifischen 2-Methyl-1,4-benzochinon von *F. auricularia* chemisch identisch ist, massenspektrometrisch vermessen. Die Zuordnung der Substanz 2-Methyl-1,4-benzochinon erfolgte bei einer Retentionszeit von 11:10 min mit den SIM-Massen 122, 94, 66, die bei einer Iontrap als charakteristisches Molekülion und entsprechende Fragmente auftreten (Tabelle 40). Die SIM-Massen ergeben sich wie folgt: die Substanz 2-Methyl-1,4-benzochinon ($C_7H_6O_2$) hat ein Molekulargewicht von 122 g/mol. Nach der Abspaltung der CO-Gruppe ergibt sich eine Molekülmasse von 94 und nach der weiteren Abspaltung der CO-Gruppe beträgt die Molekülmasse 66 (Anhang: Abbildung 30). Die Retentionszeit und charakteristische Massen der Reinsubstanz dienten als Referenz für den Nachweis von 2-Methyl-1,4-benzochinon in Weinproben, die mit Kot oder Individuen kontaminiert waren.

Tabelle 40: Retentionszeiten und charakteristische Massen der Substanzen 2-Methyl-1,4-benzochinon und 2-Methyl-1,4-hydrochinon bei der Massenspektrometrie.

Substanz	Retentionszeit (in min)	Masse 1	Masse 2	Masse 3
2-Methyl-1,4-benzochinon	11:10	122	94	66
2-Methyl-1,4-hydrochinon	18:10	124	95	66

Da Chinone allgemein oxidative Wirkung zeigen und häufig in reduzierter Form auftreten (Abbildung 172), wurde zusätzlich 2-Methyl-1,4-hydrochinon als Reinsubstanz Toluhydrochinon ($C_7H_8O_2$) per GCMS vermessen. Die Zuordnung der Substanz 2-Methyl-1,4-hydrochinon erfolgte bei einer Retentionszeit von 18:10 min mit den SIM-Massen 124, 95, 66, die bei einer Iontrap als charakteristisches Molekülion und entsprechende Fragmente auftreten (Anhang: Abbildung 31, Tabelle 40).

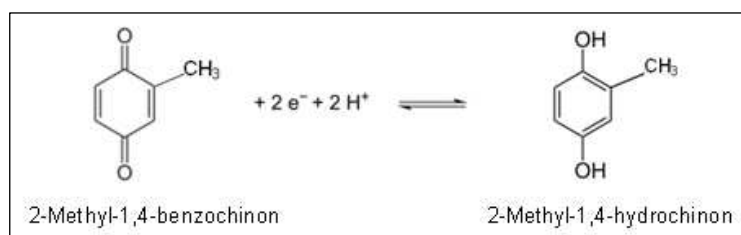


Abbildung: 172: Reaktionsgleichung zur Umwandlung von 2-Methyl-1,4-benzochinon in 2-Methyl-1,4-hydrochinon.

3.11.2 Analytische Trennverfahren

Flüssig-Extraktionen

Mit der Flüssig-Flüssig-Extraktion mit Chloroform gelang es, 2-Methyl-1,4-benzochinon aus den Ohrwurm-Körpern zu extrahieren. Die Chloroformphase des Extraktes der Ohrwurm-Körper wurde im GCMS vermessen und eine Gesamtmenge von 27,40 µg/ml 2-Methyl-1,4-benzochinon in der Probe bestimmt (Anhang: Abbildung 32). Aus dieser Gesamtmenge wurde die durchschnittliche Substanzmenge an 2-Methyl-1,4-benzochinon pro Individuum berechnet (Modellrechnung, Seite 201). Hingegen konnte mittels Flüssig-Flüssig-Extraktion die Substanz 2-Methyl-1,4-benzochinon nicht aus Mostproben extrahiert werden. Da weder mit dem Extraktionsmittel Chloroform noch mit der Extraktionssubstanz Dichlormethan eine Phasentrennung in die wässrige Mostphase und die organische Phase gelang, wurde die Festphasenextraktion mit unterschiedlichen Adsorbentien angewandt.

Mit der Flüssig-Extraktion mit Chloroform wurde die Substanz 2-Methyl-1,4-benzochinon aus Ohrwurm-Kot extrahiert. Die Chloroformphase des Kot-Extraktes wurde im GCMS vermessen und eine Gesamtmenge von 0,0948 µg/ml 2-Methyl-1,4-benzochinon in der Probe bestimmt (Anhang: Abbildung 33). Aus dieser Gesamtmenge wurde die durchschnittliche Substanzmenge von 0,9 µg 2-Methyl-1,4-benzochinon pro Gramm Ohrwurm-Kot berechnet.

Purge-and-Trap-Technik

Dieses analytische Trennverfahren eignete sich nicht zur direkten Überführung des in Most- und Weinproben gelösten 2-Methyl-1,4-benzochinons in den GC-Injektor. Zum einen wurde 2-Methyl-1,4-benzochinon schon während der Purge-Phase in der Dampfphase in 2-Methyl-1,4-hydrochinon umgewandelt, so dass Benzochinon per GCMS nicht mehr nachweisbar ist. Zum anderen ist 2-Methyl-1,4-benzochinon im flüssigen Medium sehr leicht flüchtig, wodurch die Substanz nicht in der Adsorptionsfalle (Trap) angereichert wurde und demzufolge auch nicht in den GC-Injektor zum Substanznachweis überführt werden konnte.

Festphasenmikroextraktion (SPME - solid phase microextraction)

Für die SPME der Substanz 2-Methyl-1,4-benzochinon wurde die Carboxen (75 µm)-Faser verwendet, weil sich Benzochinon an diesem Fasertyp im Vergleich zu der Polydimethylsiloxane (100 µm)-Faser und der Polyacrylate-Coating (85 µm)-Faser am stärksten angelagert hat.

Festphasenextraktion (SPE - solid phase extraction)

Für dieses Extraktionsverfahren wurden neun unterschiedliche Adsorbentien für die Substanz 2-Methyl-1,4-benzochinon im Vorversuch getestet (Tabelle 8, Seite 64). Im Ergebnis hat sich gezeigt, dass nur bei dem Strata X (500 mg)-Adsorbentium (Hersteller: Phenomenex) der

Durchbruch von 1 mg/l 2-Methyl-1,4-benzochinon ab 180 ml Probe erfolgte. Dieser Adsorber hat aufgrund seiner Dipol-Dipol-Wechselwirkung als auch hydrophobischer Wechselwirkungen die größte Bindungsaffinität zu dem 2-Methyl-1,4-benzochinon. Demzufolge wurde der Strata X (500 mg)-Adsorber für die Analyse der Most-, Maische- und Weinproben eingesetzt. Die zwei Strata XL-Adsorber (Hersteller: Phenomenex) können aufgrund ihrer Grobporigkeit als Adsorbermedien für Benzochinon nicht verwendet werden, da die Substanz ohne Adsorption durch die Säulen läuft (Tabelle 8, Seite 64). Die fünf verschiedenen SPE-Säulen (Hersteller: Macherey - Nagel) waren ebenfalls nicht zur Benzochinon-Extraktion geeignet (Tabelle 8, Seite 64), da diese Adsorbententypen im Vergleich zu den Strata X-Säulen eine zu geringe Sorptionskraft haben.

Mittels Strata X (500 mg)-Adsorber wurden die mit Ohrwurm-Kot und mit Ohrwürmern kontaminierten Weinproben aufgearbeitet. Dabei wurden jeweils 300 ml des mit Ohrwurm-Kot versetzten Riesling-Weins und des mit Ohrwürmern enthaltenen Spätburgunder-Weins in Doppelbestimmung (Probe A und Probe B) per Festphasenextraktion zu einem Endvolumen von 3 ml acetonischem Extrakt angereichert. Die Einengung des Elutionsextraktes durch Ausblasen im Stickstoff-Strom war infolge der Sublimationseigenschaften des 2-Methyl-1,4-benzochinons nicht möglich, da eine Co-Verdunstung mit dem Lösungsmittel erfolgte. Anschließend wurden die reinen Weinextrakte und die mit einer speziell dotierten Benzochinon-Menge von 0,1 µg/ml, 1 µg/ml und 10 µg/ml per GCMS auf die gesuchten Störsubstanzen 2-Methyl-1,4-benzochinon und 2-Methyl-1,4-hydrochinon vermessen (Tabelle 42, Seite 207; Tabelle 43, Seite 208).

3.11.3 Substanzversuche mit Testweinen

Modellrechnung zur Bestimmung der Benzochinon-Menge pro Ohrwurm

→ Im Körper eines Ohrwurms sind 3,22 µg 2-Methyl-1,4-benzochinon enthalten:

1 ml	=	27,40 µg	Gesamtmenge in der Chloroformphase
60 ml Lösungsmittel	=	x µg	
		x = 1644 µg	= 1,644 mg 2-Methyl-1,4-benzochinon
30 g Ohrwurm	=	1,644 mg	
1 g Ohrwurm	=	x mg	
		x = 0,0548 mg	= 54,80 µg 2-Methyl-1,4-benzochinon
→ 1 g Ohrwurm setzt sich im Mittel aus 17 Ohrwürmern zusammen			
17 Ohrwürmer	=	54,80 µg	
1 Ohrwurm	=	x µg	
		x = 3,22 µg	

Modellrechnung zur Geschmacks- und Geruchsbeeinträchtigung von Weinen

Anhand der individuenpezifischen Benzochinon-Menge von 3,22 µg und den aus 2007 und 2008 vorliegenden Befallszahlen für Riesling-Trauben wurde die Ohrwurm-Anzahl berechnet,

die theoretisch nötig ist, um Testweine im Geschmack- und Geruch sensorisch negativ zu verändern. Der Rechenweg ist stichpunktartig dargestellt:

1. Wie viele Riesling-Trauben ergeben einen Liter Most?

Vier beziehungsweise fünf Riesling-Trauben ergeben einen Liter Most:

1,00 kg Trauben = 0,75 l Most Grundformel
 $x = 1,00 \text{ l Most}$
 $x = 1,30 \text{ kg Trauben}$

Beispiel 1: Analytikversuch 2007 in Riesling-Anlage (NW-Mußbach)
 durchschnittliches Traubengewicht aus 132 Trauben = 339 g
 $1300 \text{ g (1,30 kg)} = x \text{ Trauben}$
 $339 \text{ g} = 1 \text{ Traube}$
 $x = 4 \text{ Trauben}$

Beispiel 2: Traubenzonenversuch 2007 in Riesling-Anlage (NW-Mußbach)
 durchschnittliches Traubengewicht aus 300 Riesling-Trauben = 266 g
 $1300 \text{ g (1,30 kg)} = x \text{ Trauben}$
 $266 \text{ g} = 1 \text{ Traube}$
 $x = 5 \text{ Trauben}$

2. Wie viele Ohrwürmer befinden sich durchschnittlich in einer Riesling-Traube?

Bei einer Traubenbonitur mit 40 Stichproben in einer Riesling-Anlage 2008 betrug der durchschnittliche Traubenbefall mit *F. auricularia* sieben Individuen pro Traube. Demzufolge befinden sich in vier Trauben 28 Ohrwürmer und in fünf Trauben 35 Ohrwürmer.

3. Welche Belastung an 2-Methyl-1,4-benzochinon ergibt sich theoretisch für einen Liter Most, der aus vier beziehungsweise fünf Trauben gewonnen wird?

Für einen Liter Most, der aus vier oder fünf befallenen Trauben gewonnen wird, ergibt sich eine 2-Methyl-1,4-benzochinon-Belastung vom 90 µg oder 113 µg.

1 Ohrwurm = 3,22 µg 2-Methyl-1,4-benzochinon.

28 Ohrwürmer in 4 Trauben (ergeben 1 Liter Most) = 90,16 µg 2-Methyl-1,4-benzochinon
 35 Ohrwürmer in 5 Trauben (ergeben 1 Liter Most) = 112,70 µg 2-Methyl-1,4-benzochinon

4a. Welche Konzentration an 2-Methyl-1,4-benzochinon wird benötigt, um einen Liter Riesling-Wein geruchlich und geschmacklich negativ zu verändern?

Die geruchliche Veränderung des Weins trat bei 300 µg/l 2-Methyl-1,4-benzochinon pro Liter Wein auf (Anhang: Tabelle 1). Geruchlich erinnerte der Wein an angeschmortes Holz und chemischen Phenolduft. Diese Gerüche stellen den typischen Substanzgeruch des Benzochinons dar. Um eine leichte bis starke Geschmacksveränderung in einem Liter Wein zu erzeugen, wurden 200 bis 300 µg/l 2-Methyl-1,4-benzochinon zugesetzt. Geschmacklich erinnerte der Wein an Bittermandel (Anhang: Tabelle 1). Anzumerken ist, dass die Zugabe der Substanz 2-Methyl-1,4-benzochinon nach der Gärung erfolgte!

5a. Welche durchschnittliche Anzahl an Ohrwürmern wird benötigt, um einen Liter Riesling-Wein durch 2-Methyl-1,4-benzochinon geschmacklich und geruchlich negativ zu verändern?

62 bis 93 Ohrwürmer werden theoretisch benötigt, um einen Liter Riesling-Wein mit 2-Methyl-1,4-benzochinon geruchlich und geschmacklich negativ zu verändern.

1 Ohrwurm = 3,22 µg 2-Methyl-1,4-benzochinon.

200 µg 2-Methyl-1,4-benzochinon auf 1 l Wein: $200 \mu\text{g} / 3,22 \mu\text{g} = 62$ Ohrwürmer
 300 µg 2-Methyl-1,4-benzochinon auf 1 l Wein: $300 \mu\text{g} / 3,22 \mu\text{g} = 93$ Ohrwürmer

4b. Welche Konzentration an 2-Methyl-1,4-hydrochinon wird benötigt, um einen Liter Riesling-Wein geschmacklich und geruchlich negativ zu verändern?

Eine geruchliche Veränderung des Weins durch 2-Methyl-1,4-hydrochinon wurde nicht festgestellt (Anhang: Tabelle 2). Um eine leichte bis starke Geschmacksveränderung in einem Liter Wein zu erzeugen, wurden 700 bis 800 µg/l 2-Methyl-1,4-hydrochinon zugesetzt (Anhang: Tabelle 2). Geschmacklich erinnerte der Wein an einen Bittergeschmack mit Spargelnote. Nach zwei bis drei Minuten trat wieder der benzochinontypische Geschmack nach Bittermandel auf, weil sich 2-Methyl-1,4-hydrochinon durch den Speichel der Mundhöhle in 2-Methyl-1,4-benzochinon umgewandelt hatte. Ferner verursachte das Hydrochinon bei dem Probanden eine angeraute Zunge sowie einen angerauten Rachenbereich. Anzumerken ist, dass die Zugabe der Substanz 2-Methyl-1,4-hydrochinon nach der Gärung erfolgte!

5b. Welche durchschnittliche Anzahl an Ohrwürmern wird benötigt, um einen Liter Riesling-Wein durch 2-Methyl-1,4-hydrochinon geschmacklich negativ zu verändern?

217 bis 248 Ohrwürmer werden theoretisch benötigt, um einen Liter Riesling-Wein mit 2-Methyl-1,4-hydrochinon geschmacklich negativ zu verändern.

1 Ohrwurm = 3,22 µg 2-Methyl-1,4-benzochinon.

700 µg 2-Methyl-1,4-hydrochinon auf 1 l Wein: $700 \mu\text{g} / 3,22 \mu\text{g} = 217$ Ohrwürmer
 800 µg 2-Methyl-1,4-hydrochinon auf 1 l Wein: $800 \mu\text{g} / 3,22 \mu\text{g} = 248$ Ohrwürmer

Abbauversuch durch Zugabe von 2-Methyl-1,4-benzochinon in Wein

Da 2-Methyl-1,4-benzochinon in Flüssigkeiten sehr leicht flüchtig ist, wurde mittels Extinktionsmessung die Abbaupzeit der Substanz in Riesling-Wein im 30-Minutenintervall bestimmt (Tabelle 41) und die Extinktionswerte exponentiell aufgetragen (Abbildung 173). Aus Abbildung 173 ist ersichtlich, dass die Extinktion in den ersten 30 Minuten von 1,208 auf 1,123 stark abnahm. Die starke Abnahme der Extinktionswerte zeigt, dass sich ein Großteil des im Wein enthaltenen Benzochinons bereits nach 30 min zum Großteil abgebaut hat.

Nach 60 min verringerten sich die Extinktionswerte nur noch minimal, so dass nach 120 min der Versuch beendet wurde. Die niedrigen Extinktionswerte von 0,110 bis 0,101 im Zeitintervall von 60 bis 120 min ergeben sich aus den geringen Mengen an gelöstem Benzochinon im Wein.

Tabelle 41: Extinktionsmessung zur Bestimmung der Abbauzeiten von der Substanz 2-Methyl-1,4-benzochinon in Riesling-Wein.

Zeit	0 min	30 min	60 min	90 min	120 min
Extinktion	0,189	0,116	0,110	0,103	0,101
e exp Extinktion	1,208	1,123	1,116	1,108	1,106

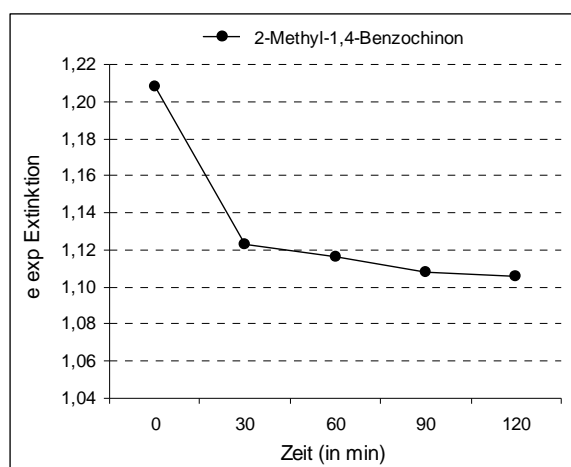


Abbildung 173: Exponentielle Auftragung der Extinktionswerte der Substanz 2-Methyl-1,4-benzochinon in Abhängigkeit von der Zeit (in min).

Sensorikprüfung von Spätburgunder (Weißherbst)-Wein mit Ohrwürmern

Bei den sensorischen Prüfungen am 7. November 2007 und am 6. März 2008 eines mit 1600 Ohrwürmern kontaminierten Spätburgunder-Weins (Weißherbst) aus Gärversuchen wurden zwischen dem Weingeruch und -geschmack des Prüf- und Vergleichsmittels keine deutlichen Unterschiede von zwölf Prüfern ermittelt. Die Ergebnisse der Sensorikprüfung sind im Anhang in der Tabelle 3 aufgelistet. In der ersten Sensorikprüfung wurden der Geruch und der Geschmack des mit Ohrwürmern versetzten Weins (Prüfmittel) ebenso wie der unbehandelte Wein (Vergleichsmittel) mit 1,0 bewertet. Der Geschmack des Prüfmittels war mit durchschnittlich 1,0 minimal besser als der Geschmack des Vergleichsmittels, der im Durchschnitt bei 1,1 lag. Im zweiten Sensoriktest wurde der Geruch des mit Ohrwürmern versetzten Weins im Durchschnitt mit 1,0 beurteilt. Der unbehandelte Wein wies einen minimal schlechteren Geruch mit einer durchschnittlichen Benotung von 1,2 auf. Zwischen dem Geschmack des Prüf- und Vergleichsmittels fielen den Prüfern keine Unterschiede auf, denn beide Ansätze wurden im Durchschnitt mit 1,1 bewertet.

Tabelle 42: Massenspektrometrische Messung für den mit Ohrwürmern kontaminierten Spätburgunder-Weißherbst-Wein als Reinextrakt und mit unterschiedlichen Mengenzugaben von 2-Methyl-1,4-benzochinon.

Weinprobe	2-Methyl-1,4-benzochinon [$\mu\text{g/ml}$]	2-Methyl-1,4-hydrochinon [$\mu\text{g/ml}$]
Probe A: 500 μl Weinextrakt	kein Nachweis	kein Nachweis
Probe B: 500 μl Weinextrakt	kein Nachweis	kein Nachweis
Probe A: 500 μl Weinextrakt dotiert mit 0,1 $\mu\text{g/ml}$ TCH	kein Nachweis	kein Nachweis
Probe B: 500 μl Weinextrakt dotiert mit 0,1 $\mu\text{g/ml}$ TCH	kein Nachweis	kein Nachweis
Probe A: 500 μl Weinextrakt dotiert mit 1 $\mu\text{g/ml}$ TCH	kein Nachweis	0,830
Probe B: 500 μl Weinextrakt dotiert mit 1 $\mu\text{g/ml}$ TCH	kein Nachweis	0,230
Probe A: 500 μl Weinextrakt dotiert mit 10 $\mu\text{g/ml}$ TCH	kein Nachweis	11,340
Probe B: 500 μl Weinextrakt dotiert mit 10 $\mu\text{g/ml}$ TCH	kein Nachweis	11,060

Im Anschluss an die sensorischen Prüfungen wurde der mit Ohrwürmern versetzte Wein mittels GCMS für den Substanznachweis des 2-Methyl-1,4-benzochinon analysiert. Die Ergebnisse sind in Tabelle 42 aufgeführt. Die Vermessung ergab, dass die Substanz 2-Methyl-1,4-benzochinon sowohl in den mit Ohrwurm kontaminierten Reinweinproben als auch in den mit Benzochinon in unterschiedlichen Konzentrationen dotierten Weinextrakten nicht nachgewiesen wurde (Anhang: Abbildung 34). Selbst in den Proben, in denen diese Substanz künstlich zugesetzt wurde, konnte sie massenspektrometrisch nicht detektiert werden. Stattdessen erfolgte in vier Probenvarianten der Nachweis von 2-Methyl-1,4-hydrochinon. Während das Hydrochinon in den mit 1 $\mu\text{g/ml}$ Benzochinon versetzten Weinextrakten mit 0,83 $\mu\text{g/ml}$ (Probe A) und 0,23 $\mu\text{g/ml}$ (Probe B) nur geringfügig nachweisbar war, stieg ab einer Dotierung von 10 $\mu\text{g/ml}$ Benzochinon in der Probe die Peakintensität des Hydrochinons durch die Substanzkonzentration von bis zu 11,34 $\mu\text{g/ml}$ (Probe A) stark an.

Sensorikprüfung von Riesling-Wein mit Ohrwurm-Kot

Bei den sensorischen Prüfungen am 2. Dezember 2008 und am 10. März 2009 eines mit Ohrwurm-Kot (0,02 bis 0,38 g Kot pro Traube) kontaminierten Riesling-Weins aus Gärversuchen wurden zwischen dem Weingeruch und -geschmack des Prüf- und Vergleichsmittels keine deutlichen Unterschiede von zwölf Prüfern festgestellt. Die Ergebnisse der Sensorikprüfung sind im Anhang in der Tabelle 4 aufgeführt. In der ersten Sensorikprüfung wurden der Geruch und der Geschmack des mit Ohrwurm-Kot versetzten Weins (Prüfmittel) geringfügig besser benotet als der unbehandelte Wein (Vergleichsmittel). Während Geruch und Geschmack des Prüfmittels im Durchschnitt mit 1,7 bewertet wurden, erzielte das Vergleichsmittel in diesen Bewertungskategorien durchschnittlich eine Benotung von 1,8. Im zweiten Sensoriktest wurden keine geschmacklichen und geruchlichen Unterschiede zwischen dem mit Ohrwurm-Kot kontaminierten und dem unbehandelten Wein

nachgewiesen. Die Prüfer bewerteten den Geruch des Prüf- und Vergleichsmittels mit jeweils 1,7 und den Geschmack mit jeweils 1,6.

Tabelle 43: Massenspektrometrische Messung für den mit Ohrwurm-Kot kontaminierten Riesling-Wein als Reinextrakt und mit unterschiedlichen Mengenzugaben von 2-Methyl-1,4-benzochinon.

Weinprobe	2-Methyl-1,4-benzochinon [$\mu\text{g/ml}$]	2-Methyl-1,4-hydrochinon [$\mu\text{g/ml}$]
Probe A: 500 μl Weinextrakt	kein Nachweis	0,079
Probe B: 500 μl Weinextrakt	kein Nachweis	0,075
Probe A: 500 μl Weinextrakt dotiert mit 0,1 $\mu\text{g/ml}$ TCH	kein Nachweis	0,114
Probe B: 500 μl Weinextrakt dotiert mit 0,1 $\mu\text{g/ml}$ TCH	kein Nachweis	0,120
Probe A: 500 μl Weinextrakt dotiert mit 1 $\mu\text{g/ml}$ TCH	kein Nachweis	1,993
Probe B: 500 μl Weinextrakt dotiert mit 1 $\mu\text{g/ml}$ TCH	kein Nachweis	1,897
Probe A: 500 μl Weinextrakt dotiert mit 10 $\mu\text{g/ml}$ TCH	kein Nachweis	16,971
Probe B: 500 μl Weinextrakt dotiert mit 10 $\mu\text{g/ml}$ TCH	kein Nachweis	14,024

Im Anschluss an die sensorischen Prüfungen wurde der mit Ohrwurm-Kot versetzte Wein mittels GCMS für den Substanznachweis des 2-Methyl-1,4-benzochinon analysiert. Die Ergebnisse sind in Tabelle 43 aufgeführt. Die Vermessung ergab, dass in den mit Ohrwurm-Kot kontaminierten Weinproben nicht 2-Methyl-1,4-benzochinon sondern 2-Methyl-1,4-hydrochinon in einer Konzentration von 0,07 $\mu\text{g/ml}$ (Probe A: 0,079 $\mu\text{g/ml}$, Probe B: 0,075 $\mu\text{g/ml}$) nachgewiesen wurde (Anhang: Abbildung 35). Im Chromatogramm zum Nachweis von 2-Methyl-1,4-hydrochinon in mit Ohrwurmkot kontaminiertem Weinextrakt ergibt sich aus der Peakfläche von 3578 eine Konzentration von 0,3 $\mu\text{g/ml}$ 2-Methyl-1,4-hydrochinon (Anhang: Abbildung 35). Folglich wurde im kontaminierten Wein, der aus 133 Trauben mit Kotmengen von 0,02 bis 0,38 g Kot pro Traube hergestellt wurde, eine Konzentration von 3 $\mu\text{g/l}$ 2-Methyl-1,4-hydrochinon nachgewiesen.

Selbst in den dotierten Weinextrakten, in denen Benzochinon in unterschiedlichen Konzentrationen künstlich zugesetzt wurde, konnte 2-Methyl-1,4-benzochinon massenspektrometrisch nicht nachgewiesen werden. Stattdessen erfolgte in allen Probenvarianten der Nachweis von 2-Methyl-1,4-hydrochinon. Dabei war Hydrochinon in den mit 0,1 und 1 $\mu\text{g/ml}$ Benzochinon versetzten Weinextrakten mit 0,114 bis zu 1,993 $\mu\text{g/ml}$ nur geringfügig nachweisbar. Ab einer Dotierung von 10 $\mu\text{g/ml}$ Benzochinon in der Probe stieg jedoch die Konzentration des Hydrochinons mit bis zu 16,971 $\mu\text{g/ml}$ stark an. Die hohe Konzentration des 2-Methyl-1,4-hydrochinons ergab sich durch den Pipettiereffekt, weil 10 $\mu\text{g/ml}$ einer 500 $\mu\text{g/ml}$ Benzochinon-Lösung zupipettiert wurden. Durch die unterschiedliche Eintauchtiefe beim Pipettiervorgang und die dadurch erfolgte Benetzung der Pipettenspitze mit Substanz ergaben sich die hohen Konzentrationen an Hydrochinon im dotierten Weinextrakt. Die Umwandlung von Benzochinon in Hydrochinon erfolgte definitiv

durch reduktive Weinhaltstoffe und nicht durch die thermisch induzierte Reduktion der Substanz im Gaschromatographen. Bei einer thermischen Zersetzung des Benzochinons im GC wäre im Chromatogramm kein Benzochinon-Peak mehr vorhanden und es würde ein sehr großer Hydrochinon-Peak entstehen (Anhang: Abbildung 36). Jedoch sind die annähernd gleich großen Peak-Flächen des Benzochinons und des Hydrochinons im Chromatogramm deutlich zu erkennen (Anhang: Abbildung 36). Mögliche Substanzreaktionen des 2-Methyl-1,4-Benzochinons während des Gärungsprozesses sind in der Abbildung 174 aufgeführt.

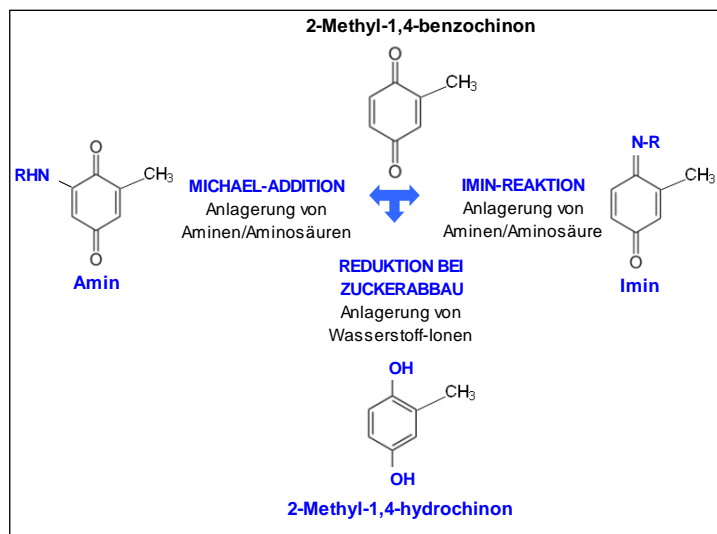


Abbildung: 174: Mögliche Substanzreaktionen des 2-Methyl-1,4-benzochinons während des Gärungsprozesses im Wein.

3.12 Schäden

In diesem Kapitel werden zusammenfassend alle Schäden von *F. auricularia* vorgestellt, die im Rahmen des Dauermonitorings, der Labor- und Freilandlandversuche zur Übertragung von pilzlichen Pathogenen und zur Fraßwirkung sowie in den analytischen Untersuchungen von 2007 bis 2009 bestimmt wurden. Die Primär- und Sekundärschäden in den Trauben und im Lesegut sind in Abbildung 175 dargestellt.

Als Primärschäden sind die Übertragung von pilzlichen Pathogenen der Rebe durch den Ohrwurm-Kot und Bewegungsaktivitäten, die sensorische Veränderung des Weins durch Ohrwurm-Kot sowie das An- und Ausfressen von faulen und vorgeschädigten Beeren einzustufen. Die starke Traubenverkotung entsteht durch dauerhaft in den Trauben sitzende Tiere (Abbildung 175a, b, g). Insbesondere bei Rebsorten mit kompakten Trauben, wie zum Beispiel Riesling, kommt es während der Fruchtreife (BBCH 81 bis 89) zu starken Kotansammlungen zwischen den Beeren (Abbildung 175c, d). Bei feuchtem Klima können die im Ohrwurm-Kot enthaltenen Pathogensporen, wie zum Beispiel Graufäule-Sporen, auskeimen und die Ausscheidungen verpilzen (Abbildung 175e). Im weiteren Reifeverlauf können sich Pilzpathogene auf gesunde Beeren ausbreiten. Ferner können Pathogene, wie

zum Beispiel Graufäule und Pinselschimmel, durch die Bewegungsaktivitäten der Tiere auf gesunde Trauben übertragen werden. Durch die Verarbeitung von stark verkoteten Trauben können sensorische Fehltonne im Wein entstehen. Die in den Ausscheidungen des Ohrwurms enthaltene Substanz 2-Methyl-1,4-benzochinon reagiert im Wein zu 2-Methyl-1,4-hydrochinon, welches den Geruch und den Geschmack des Weins negativ verändern kann. Ein weiterer Primärschaden ist das starke An- und Ausfressen von vorgeschädigten Beeren, deren Beerenhaut durch Vertrocknungs- oder Fäulnisprozesse Risse aufweist oder die von anderen Insekten bereits geöffnet wurden (Abbildung 175f).

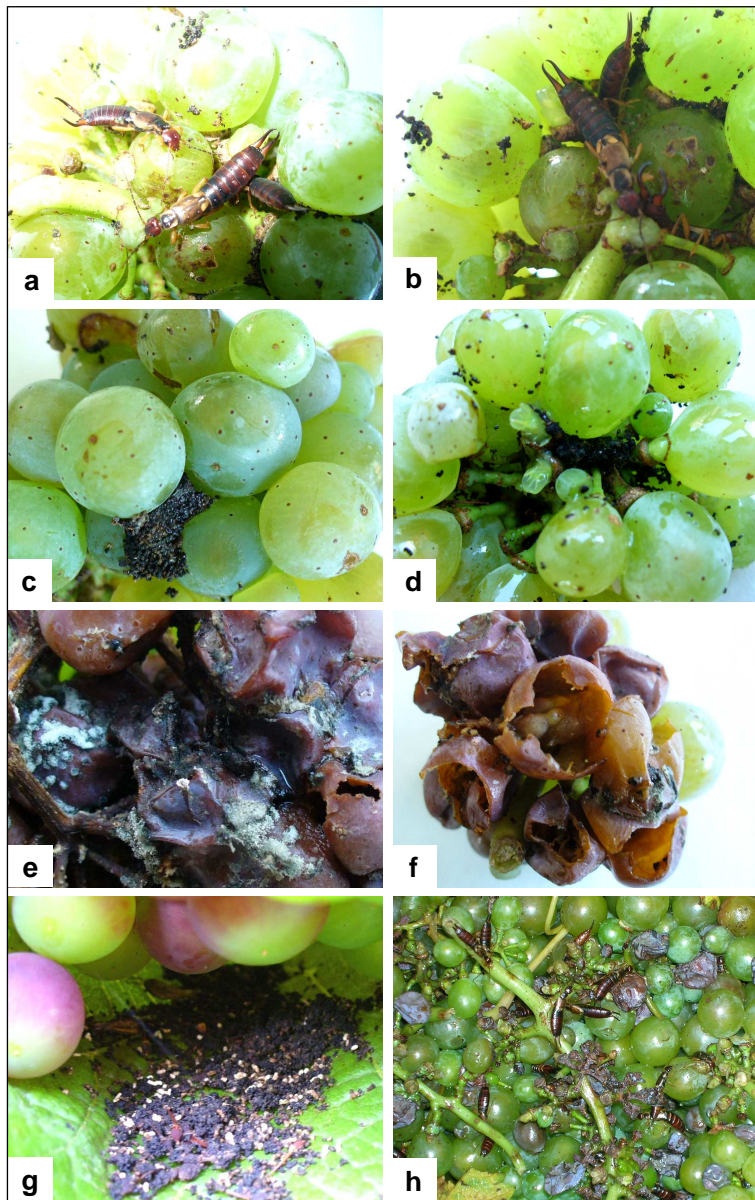


Abbildung 175: Primär- und Sekundärschäden von *F. auricularia*: starke Verkotung von Riesling-Trauben (a bis d), mit Graufäule verpilzter Ohrwurm-Kot auf Riesling-Beeren (e), ausgefressene und verkotete Riesling-Beeren (f), stark verkotetes Rebblatt unter einer Traube mit Ohrwurm-Befall (g) Lesegut mit Riesling-Trauben und Ohrwürmern (h), Fotos: C. Huth, K.-J. Schirra 2006, 2007.

Als Sekundärschaden sind die hohen Befallsdichten von Ohrwürmern am gesamten Rebstock zu sehen, welche die Pflege- und Erntemaßnahmen beeinträchtigen. Durch die massenhafte Ansammlung von Tieren und Ohrwurm-Kot im Lesegut entsteht sowohl beim Erzeuger als auch beim Verbraucher der Eindruck einer minderwertigen Weinqualität.

4. Diskussion

4.1 Fangmethoden

Eine wichtige Voraussetzung für die Untersuchungen zur Populationsbiologie und zur Befallsregulation war es, geeignete Fangsysteme für *F. auricularia* zu finden oder neu zu konzipieren, mit denen die Populationsdichten am Boden und in der Laubwand des Rebstockes ermittelt werden konnten. Die Art sucht in Abhängigkeit von der jeweiligen Jahreszeit unter- und oberirdische Habitate auf (FULTON 1924, BEIER 1959, LAMB 1976a, 1976b, GOODACRE 1997). Während der Aktivitätsphase wird sie in die Gruppe der mobilen Insekten eingeordnet (LAMB 1975).

Barberfallen

Dieser Fallentyp eignete sich bei *F. auricularia* sehr gut, um den Beginn der Aktivitätsphase Ende Mai/Anfang Juni zu verfolgen (Abbildung 31). Während dieser Monate wandern die L₃- und L₄-Larven von den unterirdisch gelegenen Nestern zur Erdoberfläche auf und suchen eigenständig nach Nahrung und Tagesrefugien (LAMB 1976a, 1976b). Aufgrund dieser ausschließlich in der Bodenvegetation stattfindenden Mobilität und der Flugunfähigkeit der Larven konnte die Aktivität von *F. auricularia* während der Aufwanderungsphase sehr gut mit Barberfallen bestimmt werden. Auch EKSCHEMITT et al. (1997) weisen darauf hin, dass sich dieser Fallentyp zur Erfassung von Arthropoden mit hoher Bewegungsaktivität eignet, um eine größere Fangwahrscheinlichkeit zu gewährleisten. UETZ & UNZICKER (1976) sowie BAARS (1979) stellten durch Freilandstudien mit mobilen Arthropodengruppen wie Spinnen (Araneae), Hundertfüßern (Chilopoda) und Laufkäfern (Carabidae) zu bestimmten Fangzeiten eine quantitative Übereinstimmung zwischen Aktivitäts- und Individuendichte fest. Obwohl sich der Gemeine Ohrwurm ab Mitte Juni bis Mitte September hauptsächlich in der Laubwand des Rebstockes aufhält (Abbildung 31), wurde von 2007 bis 2009 beobachtet, dass sich Störungsereignisse in der Laubwand, wie beispielsweise Hagel- und Starkregen, Abnahme der Lufttemperatur und Maßnahmen zur Befallsregulation (Entlaubung, Insektizidapplikationen), auf die Fangzahlen auswirken. Infolge dieser plötzlich auftretenden Habitatveränderungen verlässt ein Großteil der Tiere den gestörten Bereich, wandert in die Bodenvegetation ab oder lässt sich nach Erschütterungen schnell zu Boden fallen (BEIER 1959) und gerät in die Falle. Der Abwanderungszeitpunkt der Insekten von der Laubwand in den Oberboden konnte mit den Barberfallen nicht genau dokumentiert werden (Abbildung 31). Ein möglicher Grund für die geringen Fangzahlen könnte die Abwanderung in das Winterquartier ab Mitte September gewesen sein, wodurch nur vereinzelt Ohrwürmer auf der Bodenoberfläche aktiv waren. Des Weiteren wurde während der drei Projektjahre nachgewiesen, dass sich das Abwandern im Vergleich zum Aufwandern wesentlich schneller

vollzog und dadurch die Fangzahlen im Rebstock sprunghaft, innerhalb von sieben Tagen, abnahmen.

Bambusfallen

Zu Projektbeginn wurden vier Lebendfallentypen auf ihre Fängigkeit und ihr Handling hin untersucht, um zu bestimmen, welche Fallenart sich am besten zur Erfassung der Individuen in der Laubwand des Rebstockes eignet. Da die Bambusfalle im Vortest die höchste prozentuale Fangeffektivität erzielte und signifikant mehr Individuen fing als der Blumentopf und die Holzwohlröhre (Abbildung 30, Tabelle 10), wurde diese Lebendfalle vorrangig bei allen Freilandversuchen eingesetzt. Im weiteren Projektverlauf wurden zusätzliche Versuche durchgeführt, um die Parameter für die guten Fangeigenschaften der Falle zu ermitteln und die hohe Fangeffektivität während der gesamten Erfassungsperiode zu überprüfen. PHILLIPS (1981) macht die Fangeigenschaften des Fallensystems, die sich durch Veränderungen in den Fangzahlen widerspiegeln, hauptsächlich von wechselnden Umweltfaktoren, der Fallenqualität und dem Fallenumfeld abhängig. Auch SOUTHWOOD (1978) konnte in Freilandstudien während der Sommer- und Herbstsaison nachweisen, dass die fallenspezifische Individuenzahl bei Ohrwürmern maßgeblich von den jeweiligen Umweltbedingungen und von der Fallenqualität bestimmt wurde. Außerdem fand der Autor drei weitere Parameter, die einen deutlichen Einfluss auf die Fangzahlen hatten: die Populationsgröße, das Individuenalter und der sich in der Phase der Nahrungssuche befindende Populationsanteil.

Fallenqualität: Durch die eigenen Fallentests wurde der Einfluss der Fallenqualität auf die Fangzahlen eindeutig nachgewiesen. Aufgrund artspezifischer Verhaltensweisen spielt die Fallenqualität beziehungsweise die Fallenform eine wichtige Rolle bei der Wahl des Tagesrefugiums. *F. auricularia* orientiert sich im Raum thigmotaktisch und sucht den unmittelbaren Kontakt mit seiner Umgebung sowie Artgenossen. (WEYRAUCH 1929, BEIER 1959). Diese Verhaltensweise führt dazu, dass die Art engräumige Habitate mit hoher Raumheterogenität bevorzugt besiedelt und hier das intraspezifische Aggregationsverhalten zeigt (LAMB 1975). Demzufolge ergab sich die hohe Fangeffektivität der Bambusfallen durch ihren Aufbau: optimaler Lichtschutz für die nachtaktiven Tiere durch die lichtundurchlässige Holzwand und die nur einseitig nach unten offene Röhre sowie enge Versteckplätze, die durch den kleinen Innendurchmesser den Insekten eine gute Raumorientierung boten. Im Vergleich zum Röhrenaufbau hatte die Röhrenzahl bei den eigenen Tests kaum Einfluss auf den Fangerfolg, denn die nur aus einer Röhre bestehenden Bambusfallen wiesen nur minimal geringere Fangzahlen auf als die üblich verwendeten Bambusfallen mit drei Fangröhren (Abbildung 32). Dennoch wurden in allen Versuchen ab 2008 die Bambusfallen mit drei Röhren weiter eingesetzt, da das Dauermonitoring mit diesem Fallensystem schon

2007 begonnen wurde. Ähnliche Beobachtungen machten auch VOGT et al. (2010) in Apfelanlagen, die im Rahmen von Insektizidversuchen die Bambusfalle als Fangsystem für *F. auricularia* übernahmen und prüften, ob der Fangerfolg mit der Röhrenanzahl der Falle korreliert. Dabei hat sich gezeigt, dass die drei Fallentypen (eine Röhre, zwei Röhren, drei Röhren) über den gesamten Versuchszeitraum hinweg vergleichbare Fangzahlen lieferten. Wahrscheinlich wird die Röhre zuerst besiedelt, welche die Ohrwürmer zufällig als erste auffinden oder neben der sich direkt eine Nahrungsquelle befindet. Sobald sich vereinzelt Individuen in der Röhre angesiedelt haben, werden weitere Artgenossen durch die Aggregationspheromone und die Kotablagerungen angelockt (LAMB 1975, WALKER et al. 1993). Aufgrund des starken Aggregationsverhaltens und der Thigmotaxis dieser Art ist davon auszugehen, dass die zuerst aufgefundene Röhre bis zum völligen Raummangel besetzt wird und erst danach die Besiedlung der zweiten oder dritten Röhre erfolgt.

Umweltfaktoren: In Anlehnung an die Ergebnisse von PHILLIPS (1981) konnte ebenfalls gezeigt werden, dass neben den arttypischen Verhaltensweisen auch Umweltfaktoren im Fangsystem sowie in der Fallenumgebung den Fangerfolg maßgeblich bestimmten. Die Lufttemperatur und die relative Luftfeuchtigkeit haben bei *F. auricularia* großen Einfluss auf die Habitatwahl beziehungsweise auf die Besiedlung von Versteckplätzen (VAN HEERDT 1946, BEIER 1959). Dabei ist insbesondere die Lufttemperatur ein kritischer Umweltfaktor, der maßgeblich die Physiologie, das Verhalten und den zeitlichen Verlauf der Larvalentwicklung bestimmt (EKSCHMITT et al. 1997). VAN HEERDT (1946) und LAMB (1975) stellten in Labor- und Freilandversuchen fest, dass die Letaltemperatur dieser Art zwischen 38 °C und 39 °C liegt. In diesem Zusammenhang könne n die Laborversuche von WEYRAUCH (1929) angeführt werden, in denen *F. auricularia* die Bodenabschnitte mit einer Untergrundtemperatur von 30 bis 35 °C verließ. Auf Bodenbereichen mit einer Temperatur zwischen 11 bis 28 °C verteilten sich die Insekten gleichmäßig. Unter Freilandbedingungen kann der Gemeine Ohrwurm jedoch schon bei einem Julimitte von 24 °C merklich seltener auftreten (BEIER 1959). Es ist bemerkenswert, dass die Temperaturmessungen in den Tagesrefugien (Riesling: Traubenzone, Traube, Bambusfalle) nur unwesentliche beziehungsweise keine Unterschiede zwischen den durchschnittlichen Tag- und Nachttemperaturen ergaben (Abbildung 33, 34). Während die Tagestemperatur der Bambusfalle im Durchschnitt bei 20 °C lag, wurden in der Traubenzone und im Traubeninneren durchschnittlich 19 °C gemessen. Mit durchschnittlich 14 °C waren die Nachttemperaturen in allen drei Versteckplätzen gleich. Zudem wurden in keinem der drei Rückzugsorte Maximalwerte von 38 °C registriert. Aufgrund der Temperaturen in den Bambusfallen, die immer unter der für die Art kritischen Temperatur von 38 °C lagen und im

Mittel 24 °C nicht überschritten, kann davon ausgegangen werden, dass die Besiedlungsrate des Fangsystems unter anderem von der Lufttemperatur im Falleninneren abhängig war. Wie bereits erwähnt, beeinflusst auch die relative Luftfeuchtigkeit das Besiedlungsdichten in den Tagesquartieren (BEIER 1959). Der Autor beobachtete, dass sich anhaltende Trockenheit schädigend auf *F. auricularia* auswirkt: bei 25 bis 35 % Luftfeuchte kann die Art höchstens drei bis sechs Tage überleben und bei 43 bis 53 % kaum länger als zwölf Tage. Der Autor gibt als artspezifisches Feuchteoptimum einen Bereich von 70 bis 90 % an. Im Vergleich zu den Temperaturmitteln traten zwischen den Luftfeuchtemitteln der drei Tagesrefugien größere Unterschiede auf (Abbildung 35, 36). Im Falleninneren wurden tagsüber durchschnittlich 69 % Luftfeuchte gemessen, wobei dieser Wert über dem der Traubenzone und unter dem des Traubeninneren lag. Nachts wiesen die Fallen Hohlräume mit 67 % die geringste Luftfeuchte auf, deren Einfluss aber auf die Besiedlungsdichte vermutlich sehr gering gewesen sein muss, da die Ohrwürmer nachts das Refugium für die Nahrungssuche verlassen. Durch die Messungen konnte gezeigt werden, dass die Bambusfalle neben optimalen Temperaturbedingungen auch günstige Luftfeuchteverhältnisse für den Gemeinen Ohrwurm bietet, die an das von BEIER (1959) angegebene Feuchteoptimum grenzen und damit höchstwahrscheinlich auch positiven Einfluss auf den Fangerfolg hatten. Das für die Art typische Mikroklima in der Bambusfalle war auf die Holzwand der Fangeinheit und auf das vertikale Anbringen der Falle am Rebstamm zurückzuführen. Aufgrund dieser Eigenschaften wurden die Sonnenstrahlung ins Falleninnere und der damit verbundene Temperaturanstieg verhindert.

Nahrungsangebot im Fallenumfeld: Weiterhin ist ein hoher Fangerfolg auch auf das Nahrungsangebot im Fallenumfeld zurückzuführen. LAMB (1975) stellte bei Fallentests im Freiland fest, dass die Nahrungsverfügbarkeit um das Tagesrefugium die begrenzende Ressource und nicht wie von ihm im Vorfeld angenommen die Raumverfügbarkeit war. Damit bestimmte das Nahrungsangebot in der Fallenumgebung die Nutzung des Versteckes und die Fangzahlen korrelierten mit der Futterkonzentration in der Umgebung des Fangsystems. Ein großer Aggregationsverband in der Falle deutet auf gute Nahrungsressourcen hin. Infolgedessen wandern solange neue Artgenossen in das Refugium ein, bis alle Futterplätze um das Versteck besetzt sind (LAMB 1975). Deshalb kann eine Nahrungsquelle auf Ohrwürmer sogar attraktiver wirken als die arteigenen Aggregationspheromone (WALKER et al. 1993). Aufgrund der zahlreichen Futterressourcen, die *F. auricularia* im Laubwandbereich des Rebstockes und damit in der unmittelbaren Umgebung der Bambusfalle vorfindet, lässt sich der Fangerfolg ebenfalls begründen. Beispielsweise ist der Pollen der Reblüte die erste Nahrungsquelle für das Insekt. Beim Anbringen der Bambusfallen vor Blütebeginn wurden in den Fangsystemen nur einzelne

Ohrwürmer registriert. In allen Versuchsjahren wurden unmittelbar nach dem Beginn der Blüte sehr hohe Fangzahlen verzeichnet, was für einen Zusammenhang zwischen Fangerfolg und vorhandenen Nahrungsquellen spricht. Während der Vegetationsphase standen den Ohrwürmern noch weitere Futterressourcen im Fallenumfeld zur Verfügung: Eier, Larven und Puppen von Schadschmetterlingen, Beerenfruchtfleisch sowie Mycel und Sporen von pathogenen Pilzen. Dieses vielfältige Nahrungsangebot gewährleistete eine hohe Besiedlungsdichte der Bambusfallen von Juni bis September. Die Verfügbarkeit der Nahrung in der Fallenumgebung war vermutlich auch der Grund, weshalb die rebstockspezifische Individuenzahl mit nur einem Fangsystem pro Stock ermittelt werden konnte. Denn mit einer Bambusfalle pro Rebstock wurde ein größerer Anteil an Ohrwürmern abgefangen als mit zwei oder drei zusammen angebrachten Fallen (Tabelle 12). Anzunehmen ist, dass die Fangeinheit die meisten Individuen erfasst, die räumlich am nächsten an der attraktiven Nahrungsressource liegt. Befinden sich jedoch mehrere Fangsysteme in direkter Nachbarschaft zueinander und zu den Futterplätzen, nimmt nach kurzer Zeit die intraspezifische Nahrungskonkurrenz stark zu (LAMB 1975), so dass die Tiere abwandern und sich die Fangzahlen verringern.

Populationsgröße: Der Fangerfolg von Lebendfallen basiert nach den Studien von SOUTHWOOD (1978) nicht nur auf bestimmten Umweltbedingungen und auf der Fallenqualität, sondern auch auf der Populationsgröße. Da die absolute Populationsgröße aus Zeitgründen nicht bestimmt werden konnte, wurde die Populationsdichte (Individuenanzahl pro Flächeneinheit) stichprobenartig ermittelt, um Rückschlüsse auf die tatsächliche Populationsgröße ziehen zu können. Aufgrund der hohen Individuenzahlen am Rebstock, die sortenspezifisch zwischen 115 und 401 Individuen pro Stock lagen (Tabelle 18), konnte davon ausgegangen werden, dass die *Forficula*-Population der jeweiligen Rebanlage sehr groß war. Ferner wurde durch das kontinuierliche Entfernen von Individuen mittels Bambusfallen kein Wegfangeffekt über die Projektdauer in der Versuchsfläche festgestellt (Tabelle 14), was ebenfalls auf eine große Population beziehungsweise eine hohe Populationsdichte hinwies. Auch in Steinobstkulturen im Raum Neustadt konnte durch das regelmäßige Entfernen von Ohrwürmern aus dem Kronenbereich kein Wegfangeffekt und damit auch keine Befallsreduzierung erreicht werden (DAHLBENDER & HENSEL 2006). Mit den Bambusfallen konnte jedoch nur die relative und nicht die absolute Populationsdichte eines Rebstockes ermittelt werden, da sich trotz angebrachter Fangeinheit immer noch einzelne Ohrwürmer am Rebstock in nicht in der Falle aufhielten (Tabelle 13). Vor allem dichtbeerige Trauben stellen für das Fangsystem bereits zum Traubenschluss (BBCH 77 und 79) eine „Konkurrenz“ dar. Das Traubeninnere bietet ebenso wie die Falle enge und dunkle Mikrohabitate und ein durch die Stoffwechselprozesse der Einzelbeeren bedingtes optimales

Kleinklima im Traubeninneren. Im Vergleich zur Bambusfalle findet der Ohrwurm oft schon direkt in der Traube Nahrungsressourcen, wie zum Beispiel Pilzrasen, Insektenlarven, Beerensaft und Fruchtfleisch, vor. Trotz dieser Beobachtungen war der Einsatz der Bambusfalle zur Abschätzung der relativen Populationsdichte gerechtfertigt, da die Mehrzahl der Fangereignisse zeigte, dass sich ein Großteil der in den Trauben siedelnden Ohrwürmer nach dem Anbringen der Falle in diese zurückzog (Tabelle 11). Selbst direkt vor der Weinlese erfassten die Bambusfallen bis zu 90 % der Individuen, die sich vor der Fallenmontage in sehr kompakten Riesling-Trauben aufhielten (Tabelle 13). Bei der Verwendung von Fallensystemen zur Bestimmung der rebstockspezifischen Populationsdichte von *F. auricularia* darf die Lockwirkung des Kots bei der Interpretation der Ergebnisse nicht vernachlässigt werden. Aufgrund der bereits nach sieben Tagen auftretenden starken Verkotung in und unter der Fangeinheit ist nicht auszuschließen, dass Ohrwürmer von den Nachbarstöcken durch das im Kot enthaltene Aggregationspheromon (WALKER et al. 1993) angelockt wurden und dadurch die Fangzahlen anstiegen.

Individuenalter: Neben der Populationsgröße beeinflusste wie in den Versuchen von SOUTHWOOD (1978) und PHILLIPS (1981) das Individuenalter und damit auch der sich in der Phase der Nahrungssuche befindende Populationsanteil die Fangeffektivität der Falle. Mit Bambusfallen wurden nur die in der Laubwand aktiven Stadien wie L₄-Larven (vereinzelt auch L₃-Larven) und Adulte gefangen, die ab Ende Mai zur Nahrungsaufnahme in den Rebstock einwanderten. Auch PHILLIPS (1981) erfasste mit Baum- und Bodenfallen (Pappfallen) in Apfelplantagen hauptsächlich adulte Ohrwürmer, aber auch L₃- und L₄-Larven, die sich während der Fangperiode gerade in der Phase der Nahrungssuche befanden.

Aufgrund der im Vorfeld aufgeführten und diskutierten Falleneigenschaften wurde in der Regel die Bambusfalle als optimale Erfassungsmethode zur Abschätzung der relativen Populationsdichte von *F. auricularia* bis zum dritten Projektjahr verwendet.

Eierpappenfallen

In einigen Versuchen wurde die Eierpappenfalle eingesetzt, weil deren prozentualer Fanganteil nur 4 % unter dem der Bambusfalle lag (Abbildung 30) und sich die Fangzahlen beider Typen nicht signifikant unterschieden (Tabelle 10). Im Vergleich zu den Bambusfallen wurden die Eierpappen nur ein Fangintervall genutzt, da der auf Artgenossen attraktiv wirkende Kot (WALKER et al. 1993) nicht aus der Pappfalle ausgewaschen werden konnte. Ferner konnten die Eierkartons aufgrund ihrer rechteckigen Form nicht so schnell am Rebstock angebracht und wieder entfernt werden wie die Bambusfallen, woraus erheblicher Zeitverlust resultierte. Auch das Ausschütteln der gefangenen Tiere aus der Eierpappe war

zeitaufwändiger wie das Ausklopfen der Ohrwürmer aus der Bambusfalle. Aufgrund dieser Nachteile wurden die Eierpappen nur für zwei Wochen im Repellentversuch mit Benzochinon und eine Woche zur Erfassung der Ohrwürmer nach der Traubenausdünnung mit dem Vollernter verwendet (Kapitel 2.6.4, 2.6.6).

Bodenphotoeklektor

Die Eklektoren eigneten sich nicht wie im Vorfeld des Versuches angenommen zur Ermittlung der Larvenaktivität im Oberboden und damit zur Bestimmung des Aufwanderungszeitpunktes. Auf der Erdoberfläche aktive L₄-Larven wurden mit diesem System erst sieben Tage später erfasst als mit den Barberfallen (Abbildung 37). Es ist davon auszugehen, dass die Larven vor Beginn der Reblüte nur im Oberboden und in der Vegetationsschicht nach Nahrung suchen und sich tagsüber wieder in die Bodenschichten zurückziehen, wodurch sie sehr gut mit Bodenfallen gefangen werden können. Erst mit einsetzender Reblüte wandern die L₄-Larven an vertikalen Strukturen wie dem Rebstamm auf, um hier die Futterressourcen zu erreichen. Deshalb waren die hohen Fangzahlen im Eklektor ab Mitte Juni bis Anfang Juli (Abbildung 37) mit großer Wahrscheinlichkeit auf das Aufwanderungsverhalten der Art zurückzuführen. Vermutlich hielten sich die lichtscheuen Ohrwürmer tagsüber im dunklen Eklektrichter auf und wanderten nachts zu dessen Spitze auf, um Nahrungsquellen aufzusuchen. Da sich jedoch am Eklektorende keine Futterressourcen befanden, gerieten die Individuen in die Fangdose. Auch PHILLIPS (1981) beobachtete in Apfelanlagen erst bei den L₃- und L₄-Larven Kletteraktivität. Während PHILLIPS (1981) mit Bodenfallen signifikant mehr L₁- und L₂-Larven in der Bodenvegetation fing, erfassten die Fallen im Stamm- und Kronenbereich der Apfelbäume ausschließlich L₃- und L₄-Larven.

Farbmarkierung

Die zur Bestimmung des Aktivitätsradius markierten Ohrwürmer wurden in der Rebanlage nicht mehr aufgefunden. Ein Grund hierfür könnte die zu geringe Anzahl an markierten Individuen gewesen sein, weshalb keines der Versuchstiere in die Fallen geriet. *F. auricularia* kann nachts relativ große Distanzen bis zu 8 m zurückzulegen (LAMB 1975). Dies könnte dazu geführt haben, dass sich die markierten Tiere bereits nach einer Nacht aus dem Versuchsplot entfernt hatten. Eine Schädigung der Tiere durch die im Autolack enthaltenen Lösungsmittel wurde im Vorversuch nicht festgestellt. Aber die Markierung erhöhte das Putzverhalten der Insekten derart, dass diese nach dem Freilassen in der Versuchsfläche desorientiert in der Vegetationsschicht beziehungsweise in der Laubwand umherliefen und der Schutzinstinkt vor Tageslicht völlig aussetzte. Insbesondere die Zangenmarkierung wurde von den Ohrwürmern als sehr störend empfunden und beeinflusste das Verhalten stark. Durch Putzbewegungen und die weißen Kennzeichnungen

könnten die Versuchstiere auch von Prädatoren wie Singvögeln erbeutet worden sein. Weiterhin ist nicht auszuschließen, dass der bei den markierten Tieren hervorgerufene Dauerstress die Nahrungsaufnahme reduziert hat und damit auch zum Tod geführt haben könnte. Auch MOERKENS et al. (2010) weisen darauf hin, dass das Handling bei der Markierungs-Rückfang-Methode oft problematisch ist und bei den Versuchstieren ein artuntypisches Verhalten auslösen kann. Markierungsversuche mit der Heuschrecken-Art (*Leprus intermedius* SAUSSURE 1884) haben gezeigt, dass sich das Ausbreitungsverhalten der Insekten einen Tag nach der Kennzeichnung signifikant verändert hat (HEIDINGER et al. 2009).

4.2 Dauermonitoring

4.2.1 Phänologie

Populationsentwicklung in der Rebanlage

Durch das Dauermonitoring und die Nestkartierungen 2007 bis 2009 konnte eindeutig nachgewiesen werden, dass *F. auricularia* in pfälzischen Rebanlagen nur eine Generation pro Jahr bildet. Phänologisch folgt auf eine im Oberboden verlaufende Überwinterungs- und Entwicklungsphase eine in der Laubwand des Rebstockes ablaufende Aktivitäts- und Fortpflanzungsphase (Abbildung 94). Auch VOGT et al. (2010) konnten durch Populationsstudien mit *F. auricularia* in Baden-Württemberg 2008 nachweisen, dass die Art eine univoltine Entwicklung in Apfelanlagen durchläuft. Die Überwinterung sowie die Eiablage und Larvalentwicklung des Ohrwurms finden bei geeigneten Bedingungen ausschließlich im Bodenbereich der Rebflächen von Oktober bis April statt (Kapitel 3.4) und nicht nur in den Randzonen der Rebanlagen (Ackerrandstreifen, Begrünungsstreifen mit Ruderalvegetation, Gebüschgürtel). Bei der Wahl des Überwinterungs- und Bruthabitats spielt unter anderem auch die Ortstreue eine wichtige Rolle (LAMB 1975). Da der Ohrwurm während der Vegetationsperiode vielfältige und zahlreiche Nahrungs- und Raumressourcen in den Rebanlagen vorfindet, überwintert und brütet das Insekt auch in diesem Areal. Die Aktivitäts- und Fortpflanzungsphase von *F. auricularia* findet innerhalb der Rebanlage ausschließlich im Laubwandbereich der Rebstöcke von Ende Mai/Anfang Juni bis Mitte/Ende September statt. Der Bodenbereich im Weinberg wird nur noch bei plötzlich auftretendem Starkregen oder extremen Temperaturen aufgesucht (Kapitel 3.4).

Mitte Mai bis Anfang Juni: Mitte Mai verlassen die L₃-Larven die Nestumgebung und suchen in der bodennahen Vegetation nach Nahrung. Ende Mai/Anfang Juni haben sich die meisten L₃-Larven zu L₄-Larven gehäutet und wandern in den Laubwandbereich der Rebstöcke auf (Abbildung 32). Auch PHILLIPS (1981) beobachtete in Apfelanlagen erst bei den L₃- und

L₄-Larven Kletteraktivität. Während die Autorin mit Bodenfallen signifikant mehr L₁- und L₂-Larven in der Bodenvegetation fing, erfassten die Fallen im Stamm- und Kronenbereich der Apfelbäume ausschließlich L₃- und L₄-Larven. Der Aufwanderungszeitpunkt der L₄-Larven hängt von den Frühjahrstemperaturen im April und Mai ab, weil diese den Beginn der Reblüte steuern (Tabelle 28). Der Pollen der Reblüte ist die erste attraktive Futterquelle für den Ohrwurm. In der Fachliteratur wird unter anderem erwähnt, dass *F. auricularia* neben Blütenblättern auch bevorzugt Pollen frisst (BEIER 1959, PHILLIPS 1981). In den Dauermonitoring-Anlagen lag der Beginn der Reblüte in den Versuchsjahren nur um maximal drei Tage auseinander und damit stand diese Nahrungsquelle annähernd zeitgleich zur Verfügung. Weitere Faktoren wie die Rebsorte, die Begrünung, die Bodenart und die Bewirtschaftungsmethode beeinflussten den Beginn der Aufwanderung in den Dauermonitoring-Flächen nicht. Die adulten Weibchen aus dem Vorjahr sterben im Mai spätestens Anfang Juni. Beispielsweise wurden am 15. Juni 2008 in Riesling-Stöcken durchschnittlich 97 % L₄-Larven und nur noch 3 % adulte Weibchen aus dem Vorjahr erfasst. An Apfelbäumen registrierten VOGT et al. (2010) im Stamm- und Kronenbereich am 13. Juni 2008 annähernd die gleiche prozentuale Verteilung von L₄-Larven und Adulten.

Mitte Juni bis Anfang Juli: Da die Reblüte 2007 bis 2009 Ende Mai oder Anfang Juni einsetzte, wanderten die L₄-Larven zu diesen Zeiten in hohen Dichten am Rebstock auf, so dass in Abhängigkeit von der jeweiligen Versuchsanlage Mitte Juni bis Anfang Juli die höchsten Individuendichten in der Laubwand der Rebstöcke registriert wurden (Abbildung 31, 67 bis 69). Auch bei den Populationsstudien von PHILLIPS (1981) in englischen Apfelplantagen von März bis November 1978 hat sich gezeigt, dass Mitte/Ende Juni die Populationsdichten der L₄-Larven in den Apfelbäumen am höchsten waren. Beispielsweise erfasste PHILLIPS (1981) in einer Fläche mit acht Fallen insgesamt 3200 L₄-Larven, d.h., eine Falle beinhaltete theoretisch 400 Individuen. In den eigenen Versuchen wurden im Laubwandbereich unterschiedlicher Rot- und Weißweinsorten Mitte/Ende Juni 2007 und 2009 ebenfalls 300 bis 400 L₄-Larven mit einer Bambusfalle erfasst (Tabelle 18). Auch VOGT et al. (2010) ermittelten am 13. Juni die höchsten Fangzahlen mit durchschnittlich 162 Individuen pro Bambusfalle im Versuchszeitraum.

Mitte Juli bis Anfang August: Ab Mitte Juli bis Anfang August nahmen die Individuendichten der L₄-Larven in der Laubwand deutlich ab (Abbildung 31, 67 bis 69). Beispielsweise verringerte sich die Anzahl der L₄-Larven in Riesling-Stöcken vom 26. Juni bis 7. August 2007 um durchschnittlich 87 %, so dass Anfang August nur 13 % frisch gehäutete Adulte erfasst wurden. Auch PHILLIPS (1981) wies in Apfelkulturen bei den L₄-Larven von Ende Juni bis Anfang Juli eine Mortalität von 90 % nach. Ferner hat auch BRÜSSEL (2009) im Rahmen von Entlaubungsversuchen in einer Chardonnay-Anlage in Rheinhessen eine starke

Abnahme der Fangzahlen in der Laubwand von Anfang Juli bis Mitte August nachgewiesen. Während am 5. Juli mit insgesamt 40 Bambusfallen 1305 Ohrwürmer erfasst wurden, befanden sich am 16. August in allen Fangeinheiten insgesamt noch 200 Tiere, so dass sich die Befallsdichte im Vergleich zu Anfang Juli um 85 % reduzierte. MOERKENS et al. (2009) führen diese dichteabhängige Abnahme vom Übergang aus dem L₄- in das Adultstadium bei *F. auricularia* auf folgende mögliche Regulationsmechanismen zurück: (1) Migration, (2) Pestizide oder Bewirtschaftung, (3) Hungertod, (4) Pathogene, (5) Parasiten und Parasitoide sowie (6) Prädation und Kannibalismus. Da die erfassten Individuen der Dauermonitoring-Flächen nicht auf den Befall mit Pathogenen, Parasiten und Parasitoiden hin untersucht wurden, können über diese Regulationsmechanismen keine Aussagen getroffen werden. Ferner wurden in den Versuchsanlagen keine Insektizide eingesetzt, da die Traubenwickler-Bekämpfung mit artspezifischen Pheromonen erfolgt. Herbizide und Fungizide wurden während der Aufwanderungsphase nicht verwendet. Außerdem wurden in den Monitoring-Flächen von Juni bis August keine maschinellen Entlaubungen im Bereich der Traubenzone durchgeführt, so dass das Besiedlungsverhalten der L₄-Larven nicht beeinträchtigt wurde. Zu diskutierende Regulationsmechanismen der Populationsgröße in Rebanlagen sind damit nur Migration, Hungertod sowie Prädation und Kannibalismus. Aufgrund der großen Aggregationsverbände von L₄-Larven in den Bambusfallen ist davon auszugehen, dass mit eintretendem Mangel an Nahrungsressourcen im Fallenumfeld viele Larven in benachbarte Rebstöcke zur Futtersuche abwanderten. Bereits LAMB (1975) wies in seinen Feldstudien nach, dass die intraspezifische Konkurrenz um Nahrung der limitierende Faktor für die Nutzung der Tagesrefugien bei *F. auricularia* ist. Die „Überausbeutung“ an Nahrungsressourcen in der Fallenumgebung könnte auch zu Hungertod bei einigen Individuen geführt haben, denn bei einer patchartigen Verteilung der Tagesruheplätze kann die Futterkonkurrenz zwischen Artgleichen größer sein als bei denen in gleichmäßig verteilten Refugien (LAMB 1975). Ferner hat sich in den eigenen Zuchtversuchen und bei den Laborstudien von TAHER (2009) gezeigt, dass verletzte oder schwache Individuen von den Artgenossen sogleich gefressen wurden. In der Rebanlage ist davon auszugehen, dass eine Vielzahl an Larven von insektenfressenden Vögeln wie dem Fasan (*Phasianus colchicus* LINNAEUS 1758), dem Haussperling (*Passer domesticus* LINNAEUS 1758), der Feldlerche (*Alauda arvensis* LINNAEUS 1758) und dem Buchfink (*Fringilla coelebs* LINNAEUS 1758) erbeutet wurden (LAMB 1975, PHILLIPS 1980). Aufgrund der klimaabhängigen Vertikalwanderungen der Ohrwürmer von der bodennahen Vegetationsschicht in die Laubwand und zurück, können sowohl Larven als auch Adulte von Hainlaufkäfern (*Carabus nemoralis* MÜLLER 1764), Kugelspinnen (Theridiidae) und anderen Prädatoren gefressen werden (MCLEOD 1953, PHILLIPS 1980, MOHR 2005). Während der Häutung vom L₄- ins Adultstadium ist die Gefahr besonders groß, Räubern zum Opfer zu fallen. In der Zeit, in der

sich die neue Exocuticula sklerotisiert, sind die Insekten wehrlos und unbeweglich (WEHNER & GEHRING 1995, DETTNER & PETERS 1999).

Anfang August bis Ende September: Ab Anfang bis Mitte August stiegen die Individuendichten der Adulten in der Laubwand in einigen Rebanlagen im Vergleich zu Ende Juli nochmals leicht an, wobei derartig hohe Dichten wie Anfang/Mitte Juni nicht erreicht wurden (Abbildung 31). Der zweite Individuenanstieg ergab sich durch bestimmte Klimabedingungen wie den Wechsel von sommerlichen Kühle- und Wärmephasen. Gerade im Sommer 2008 hat sich gezeigt, dass sich die Tiere bei Kälteperioden Ende Juli aus der Laubwand in den wärmeren Oberboden zurückzogen (Abbildung 85, 86). Nachdem die Lufttemperaturen Anfang August wieder angestiegen sind, fand eine vermehrte Aufwanderung der Ohrwürmer aus dem Boden in die Laubwand statt (Abbildung 85, 86). Auch PHILLIPS (1981) beobachtete ab Mitte August ebenfalls einen starken Anstieg der Populationsdichten von *F. auricularia* im Kronenbereich von Apfelbäumen. Jedoch resultierte der Individuenanstieg aus den „neuen“ L₄-Larven der zweiten Generation (PHILLIPS 1981), die in pfälzischen Rebanlagen nicht gebildet wird. Ab Mitte August bis Mitte September nahm die Populationsdichte in der Laubwand stark ab, so dass sich Ende September keine Ohrwürmer mehr am Rebstock aufhielten. Die post-reproduktive Diapause wird bei *F. auricularia* durch die Abnahme der Tageslängen und den Temperaturrückgang eingeleitet (GOODACRE 1997). Bemerkenswert war, dass in den drei Versuchsjahren nach dem 15. September (\pm 2 Tage) nur noch selten Ohrwürmer erfasst wurden, obwohl die Temperaturen Mitte September von 2007 bis 2009 stark schwankten. Offensichtlich orientierte sich *F. auricularia* bei der Abwanderung aus der Laubwand in den Boden überwiegend an den Tageslängen.

Populationsentwicklung - Randvegetation

Grabenvegetation: Das Dauermonitoring in Kallstadt von Juni bis Oktober in den Jahren 2007 und 2008 hat ergeben, dass sich die Populationsentwicklung von *F. auricularia* in der Begrünung der Rebanlage nur unwesentlich vom Bodenbereich des angrenzenden Grabens mit Ruderalvegetation unterschied (Abbildung 42, 43). Dennoch wurden am Boden der Rebanlage mehr Ohrwürmer erfasst als in der Grabenvegetation (Abbildung 42, 43). Die höheren Ohrwurm-Dichten in der Begrünung der Rebflächen sind vermutlich auf die Ortstreue der Art zurückzuführen. Ferner ist anzunehmen, dass die Tiere in der Rebanlage überwintern und brüten, weil sie während der Aktivitätsphase in den Rebflächen mit hoher Wahrscheinlichkeit mehr Nahrungs- und Raumressourcen vorfinden als in der Ruderalvegetation. Beispielsweise findet *F. auricularia* sowohl am Boden der Rebanlage als auch im Rebstock unterschiedliche Nahrungsquellen vor. Im Juni fressen die Tiere vorrangig an den Blüten der Begrünungspflanzen, wie zum Beispiel dem Löwenzahn; als auch an der

Rebblüte. Ab Anfang Juli nutzt der Ohrwurm überwiegend Nahrungsressourcen in der Laubwand (BEIER 1959, SCHIRRA & LOUIS 1995, DETTNER & PETERS 1999, MOHR 2005). Von Ende Juli bis Mitte September sind nur wenige Tiere am Boden der Rebanlage aktiv, weil die Begrünung mehrmals im Jahr abgemulcht wird und die Ohrwürmer an den Rebstöcken nicht nur attraktivere Nahrungsquellen sondern auch vielfältige Tagesrefugien vorfinden. Die Borke, die Trauben sowie die Beblätterung der Reben bietet *F. auricularia* nicht nur lichtgeschützte und engräumige Lebensräume, sondern auch artspezifische Klimabedingungen sowie Schutz vor insektenfressenden Vögeln und anderen Feinden. In der Ruderalvegetation des Grabens wurden ausschließlich Ohrwürmer von Juni bis Juli erfasst, da zu dieser Zeit das Wiesen-Labkraut, der Blutrote Hartriegel und die Hundsrose blühten. Vereinzelt wurden Tiere beobachtet, die an Blüten- und Staubblättern des Wiesen-Labkrautes und der Echten Hunds-Rose fraßen. Knospen und Blütenbestandteile wie Kronen-, Staub- und Fruchtblätter werden bevorzugt von *F. auricularia* aufgenommen (BEIER 1959, DETTNER & PETERS 1999). Nach der Blütezeit ab Mitte August wurden keine Ohrwürmer mehr in der Grabenvegetation gefangen. Vermutlich sind die Tiere aufgrund des Nahrungsmangels in die angrenzenden Rebstöcke oder Obstbäume abgewandert.

Obstbäume: Die Feldstudien in Kallstadt von Juni bis Oktober in den Jahren 2007 und 2008 haben gezeigt, dass sich die Populationsentwicklung von *F. auricularia* in Gehölzrandstreifen mit Obstbäumen im Vergleich zur Rebanlage unterscheidet. Während in der Laubwand der Rebstöcke Anfang Juni die höchsten Individuendichten ermittelt wurden, stiegen die Fangzahlen im Gehölzrandstreifen im Stammbereich der untersuchten Obstbäume einmal von Mitte/Ende Juni bis Mitte Juli und ein weiteres Mal von Mitte August bis Mitte September an (Abbildung 44, 45). Die hohen Ohrwurm-Dichten am Rebstock Anfang bis Ende Juni waren auf das Einsetzen der Rebblüte zurückzuführen. Rebpollen sind die erste attraktive Nahrungsquelle für die Tiere in der Laubwand. Die hohen Individuenzahlen im Stammbereich der Obstbäume von Mitte/Ende Juni bis Mitte Juli ergaben sich aus der beginnenden Obstbaumbüte und dem starken Blattlaus-Befall in dieser Zeit. Neben Blütenbestandteilen sind auch Blattläuse (Aphidoidea) bevorzugte Futterquellen der Ohrwürmer (BEIER 1959, DETTNER & PETERS 1999, LAHUSEN et al. 2006). In Feldversuchen wurde nachgewiesen, dass *F. auricularia* bis zu 90 % des Blütenbestandes der Obstbäume einer Gegend verzehren kann (BEIER 1959). Der zweite Anstieg der Fangzahlen im Stammbereich der Obstbäume von Mitte August bis Anfang/Mitte September korrelierte mit der Fruchtreife. Reife Früchte wie Pflaumen, Birnen, Pfirsiche, Aprikosen und Äpfel stellen für den Gemeinen Ohrwurm eine beliebte Nahrungsquelle dar (BEIER 1959). Da das Obst nicht geerntet wurde, fanden die Tiere hier bis zur Abwanderung Mitte/Ende September Futter vor. Im Stammbereich der Obstbäume wurden in fast allen Fangperioden 2007 und

2008 höhere Befallsdichten ermittelt als in den Rebstöcken (Abbildung 44, 45). Anzunehmen ist, dass die Ohrwürmer in den wesentlich größeren Obstbäumen viel mehr Nahrungs- und Raumressourcen vorfinden als am Rebstock.

Gehölzrandstreifen: Wie das Dauermonitoring in Leistadt von Juni bis Oktober 2008 gezeigt hat, ist die Populationsentwicklung von *F. auricularia* im Kronenbereich von Randgehölzen wie dem Feldahorn im Vergleich zur Laubwand der Rebstöcke annähernd gleich (Abbildung 46). In beiden Habitaten wurden die höchsten Ohrwurm-Dichten Ende Juni/Anfang Juli ermittelt (Abbildung 46). Grund hierfür ist die Blütenbildung der Rebe und des Feldahorns, mit deren Beginn viele Individuen in die Blütenzone einwandern und sich von den Blütenbestandteilen ernähren. Nach der Blütezeit Mitte Juli nahmen die Populationsdichten im Kronenbereich des Feldahorns und in der Laubwand der Rebstöcke bis Anfang Oktober tendenziell ab. In der an die Rebanlage angrenzenden Brombeer-Hecke wurden die höchsten Fangzahlen erst Anfang/Mitte August ermittelt. Während dieser Zeit war die Fruchtreife der Brombeere abgeschlossen, so dass die reifen Beeren eine attraktive Futterquelle für die Ohrwürmer waren. In der Brombeer-Hecke wurden bis Ende September Tiere erfasst, da die Früchte nicht geerntet wurden und damit den Ohrwürmern ausreichend Nahrung zur Verfügung stand.

Populationsentwicklung im Jahresvergleich 2007 bis 2009

2007 wurden sowohl bei den Weißwein- als auch bei den Rotweinsorten mit Ausnahme der Sorte Rosenmuskateller die meisten Individuen am Boden und in der Laubwand der Rebstöcke erfasst (Abbildung 51 bis 54). Da die Sorte Rosenmuskateller 2006 neu angepflanzt wurde, waren die Stöcke 2007 erst 1 m hoch, so dass die Beblätterung sehr spärlich und licht war und nur wenige kleine Trauben ausgebildet wurden. 2008 nahmen die Populationsdichten am Boden und in der Laubwand bei allen Sorten ab, wobei ein signifikanter Rückgang der Individuenzahlen von 2007 zu 2008 nur für die Sorten Viognier und Reberger errechnet wurde (Abbildung 51 bis 54). 2009 nahmen die Populationsdichten im Laubwandbereich bei zehn von 13 Sorten wieder zu, jedoch war dieser Zuwachs bei keiner Sorte signifikant (Abbildung 53, 54). Am Boden aller Versuchstransecte wurden 2009 sehr wenige Individuen erfasst, so dass zur Populationsentwicklung auf der Bodenoberfläche keine Aussagen möglich waren (Abbildung 51, 52). Die Abnahme der Populationsdichten von 2007 zu 2008 kann unter anderem auf das Sommerklima 2008 sowie auf die intraspezifische Konkurrenz zurückzuführen sein.

Sommerklima: Der Sommer 2008 war im Vergleich zu 2007 und 2009 durch zwei sehr kühle Perioden im Zeitraum vom 14. bis 21. Juli und vom 11. bis 18. August geprägt. In diesen Zeitabschnitten betrug die durchschnittliche Temperatur nur 18 °C, weshalb viele Ohrwürmer

den Rebstock verließen und sich in den Oberboden bis in eine Tiefe von 20 cm zurückzogen. Aufgrund der vermehrten Abwanderung der Tiere aus der Laubwand in den Boden verringerten sich die Fangzahlen im jeweiligen Fangintervall und damit auch die sortenspezifischen Jahresmittel der Individuenzahlen 2008 im Vergleich zu 2007 und 2009 (Abbildung 53, 54, 86). Auch in der bodennahen Vegetationsschicht ging die Aktivität der Ohrwürmer während der sehr kühlen Perioden zurück, so dass die Fangzahlen der Barberfallen nicht nur im jeweiligen Fangintervall sondern auch im Jahresdurchschnitt 2008 gegenüber 2007 abnahmen (Abbildung 51, 52, 85).

Konkurrenz: Die intraspezifische Konkurrenz kommt als ein weiterer Faktor für den Rückgang der Individuendichten am Boden und in der Laubwand der untersuchten Rebsorten von 2007 zu 2008 in Frage. Die innerartliche Konkurrenz führt bei hohen Populationsdichten zu einer Verknappung von Nahrung und Raum, zu selbstverschuldeter Verschlechterung des Milieus durch Ausscheidungen, Verunreinigungen, Krankheitserreger, zu Kannibalismus sowie zu Kollisionseffekten, d.h. zur gegenseitigen Beunruhigung und Störung der Individuen einer Population (SCHAEFER 1992, BEGON et al. 1998). Aufgrund dieser konkurrenzbedingten Regulationsmechanismen könnte einer Überbevölkerung 2007 eine Bevölkerungsregulation 2008 gefolgt sein. Der resultierende Rückgang der Populationsdichte 2008 könnte dazu geführt haben, dass den Ohrwürmern mehr Nahrungs- und Raumressourcen zu Verfügung standen und somit die intraspezifische Konkurrenz abgenommen hat. Infolgedessen könnte 2008 die Reproduktion stark angestiegen sein, wodurch 2009 die Populationsdichte wieder zugenommen hat. In welchem Umfang die intraspezifische Konkurrenz bei dem Populationswachstum von *F. auricularia* wirkt und ob dieser Regulationsmechanismus zu zyklischen Schwankungen der Populationsdichte führt, konnte aufgrund fehlender Langzeitdaten zur Populationsentwicklung von *F. auricularia* in Rebanlagen im Untersuchungszeitraum nicht geklärt werden.

Ferner hat sich während der Nestkartierung 2007/2008 gezeigt, dass die Bodentemperaturen im Brut- und Überwinterungshabitat nicht für den Rückgang der Individuendichten von 2007 zu 2008 verantwortlich waren. Im Dezember 2007 und Februar 2008 trat kurzzeitig ein oberflächlicher Bodenfrost von -0,2 bis -1,4 °C bis in 5 cm Tiefe auf. In einer Tiefe von 20 cm war der Boden frostfrei, von Dezember bis Februar betragen die minimalen Bodentemperaturen hier 0,5 bis 1,4 °C. Da die durchschnittliche Nesttiefe von *F. auricularia* in der Rebanlage in Abhängigkeit von der Bodenbewirtschaftung zwischen 4 cm und 7 cm liegt und maximal 15 bis 20 cm betragen kann (Tabelle 25), befand sich der überwiegende Anteil der Gelege mit den überwinternden Weibchen im Winter 2007/2008 in der frostfreien Zone. Auch LAMB (1976b) beschreibt für die Art eine durchschnittliche Nesttiefe von 5 cm. Ferner kann der adulte Ohrwurm durch die Kältestarre sehr niedrige Temperaturen

überdauern. Studien aus Russland haben belegt, dass *F. auricularia* im unterirdischen Überwinterungsquartier eine von Dezember bis Februar anhaltende durchschnittliche Bodentemperatur von -12 bis -13 °C überlebt hat (BEIER 1959). Die Kältestarre ist ein Zustand, in den poikilotherme Tiere verfallen, wenn die Temperatur unter das tolerierte Minimum fällt (WEHNER & GEHRING 1995). Die Körpertemperatur passt sich der Außentemperatur an, der Herzschlag und die Atemfrequenz sind pro Minute sehr gering, so dass das Tier bei kritisch tiefen Temperaturen nicht aufwachen und den Kältetod sterben kann (WEHNER & GEHRING 1995).

4.2.2 Rebstock- und Traubenbefall

Rebstockbefall

Das Dauermonitoring in einer Versuchs-Sortenmix-Anlage mit fünf Weißweinsorten und acht Rotweinsorten hat ergeben, dass 2007 bis 2009 zwischen den durchschnittlichen Individuenzahlen aller Sorten nur geringe, nicht signifikante Unterschiede bestanden (Abbildung 49, 50).

Weißweinsorten (Laubwand): Bei Riesling, Helios, Viognier und Goldmuskateller lag der Rebstockbefall im Jahresmittel zwischen 40 und 80 Ohrwürmern pro Rebstock (Abbildung 49). Im Vergleich dazu war der Stockbefall der Sorte Cabernet Blanc in den drei Versuchsjahren etwas geringer (Abbildung 49). Diese Ergebnisse sind auf die Triebanzahl der Rebstöcke und der sich daraus ergebenden Dichte der Beblätterung sowie der Traubenanzahl zurückzuführen. Die Cabernet Blanc-Reben wiesen 2007 zwei Triebe, 2008 neun bis zwölf Triebe und 2009 fünf bis acht Triebe auf. Die anderen vier Sorten hatten sechs bis 14 Triebe in den Versuchsjahren. Aufgrund der höheren Triebanzahl zeigten Riesling, Helios, Viognier und Goldmuskateller eine dichtere Laubwand sowie eine höhere Traubenanzahl. Ferner war die Wüchsigkeit der Stöcke bei diesen Sorten deutlich besser als bei der Sorte Cabernet Blanc. Da diese Parameter maßgeblich die Habitatheterogenität bestimmen, ist anzunehmen, dass die Laubwand der Sorten Riesling, Helios, Viognier und Goldmuskateller den Ohrwürmern deutlich mehr attraktive Tagesrefugien bot und deshalb zahlreicher aufgesucht wurde als die Rebstöcke der Sorte Cabernet Blanc (Abbildung 49, 95).

Rotweinsorten (Laubwand): Bei den überprüften Rotweinsorten konnten 2007 größere Unterschiede zwischen den durchschnittlichen Individuenzahlen festgestellt werden (Abbildung 50). Bei Pinotin, Reberger, Tempranillo und Spätburgunder betrug der Rebstockbefall im Jahresdurchschnitt 75 bis 100 Ohrwürmer. Diese Ergebnisse sind nicht wie bei den Weißweinsorten auf die Triebanzahl zurückzuführen, denn diese lag sortenunspezifisch zwischen vier und 14 Trieben pro Stock (in Ausnahmefällen minimal ein

Trieb, maximal 17 Triebe), sondern auf die Bildung von Traubenansammlungen. Obwohl die Trauben der Sorten Pinotin, Reberger und Tempranillo lockerbeerig sind, bilden sich aufgrund der Traubengröße (oft 20 cm lang und länger) ebenso wie bei Spätburgunder reich strukturierte und dichte Traubenansammlungen aus drei bis fünf Trauben. Derartige Gebilde wirken auf *F. auricularia* durch die zahlreichen Mikrohabitate als Tagesrückzugsorte sehr anziehend. Ferner werden direkt in- und übereinander hängende Trauben stärker von pathogenen Pilzen befallen als freihängende und gut durchlüftete Einzeltrauben (MOHR 2005). Da Pilzsporen zu den bevorzugten Nahrungskomponenten des Gemeinen Ohrwurms zählen (BEALL 1932, DIMICK & MOTE 1934, CRUMB et al. 1941, BEIER 1959, SKUHRVY 1960, PHILIPPS 1981), sind Traubenansammlungen mit Pilzbefall als Nahrungsquelle besonders attraktiv.

Die quantitative Auswertung der Individuenzahlen zwischen Weiß- und Rotweinsorten ergab, dass sich *F. auricularia* mehrheitlich in höherer Anzahl in den Rotweinstöcken aufhielt (Abbildung 49, 50, Tabelle 18). Diese Verteilung basiert vermutlich neben den schon diskutierten Parametern auch auf der Traubenfarbe. Rotweintrauen nehmen durch die in der Beerenhaut enthaltenen Anthocyane rote, violette, blaue oder blauschwarze Färbungen an (LEHNINGER et al. 1998), wodurch das Traubeninnere der Rotweintraupe im Vergleich zur Weißweintraupe dunkel ist. Deshalb bieten Rotweintrauen dem lichtscheuen Ohrwurm tagsüber wahrscheinlich dunklere Verstecke als Weißweintrauen.

Weiß- und Rotweinsorten (Boden): Da am Boden der Sortenmix-Anlage mit Ausnahme von 2008 nur geringfügige, nicht signifikante Unterschiede zwischen den sortenspezifischen Jahresmitteln der Individuenzahlen bestanden (Abbildung 47, 48), war der Befallsdruck in jeder Rebsorte vom Oberboden aus annähernd gleich. Deshalb kann davon ausgegangen werden, dass die Unterschiede zwischen den Individuendichten der untersuchten Rebsorten auf die im Vorfeld diskutierten Laubwand- und Traubenparameter zurückzuführen sind und beispielsweise nicht aus der Art der Bodenbewirtschaftung resultieren. In der Riesling-Reihe wurden 2007 bis 2009 im Vergleich zu den anderen Weißweinsorten höhere Individuenzahlen am Boden ermittelt, wobei die Unterschiede zwischen den Befallszahlen der Sorte Riesling und der Sorte Viognier signifikant waren (Abbildung 47, 48). Da die Riesling-Reihe im Vergleich zu den anderen Rebzeilen unmittelbar an einen Begrünungsstreifen mit Ruderalvegetation angrenzte, ist es möglich, dass mit Beginn der Rebblüte zusätzlich Ohrwürmer aus der Grasbegrünung in den Unterstockbereich der Riesling-Reihe einwanderten. Da der Begrünungsstreifen mehrmals im Jahr gemulcht wurde und die Maßnahme für Bodenarthropoden einen störenden Eingriff in Habitat darstellt (GERSTMEIER & LANG 1996), könnten mehrere Ohrwürmer aus dem gemulchten Randstreifen in den störungsfreien Unterstockbereich eingewandert und in die Falle geraten sein.

Traubenbefall

Mittels umfangreicher Bonituren von Riesling-Trauben wurde 2007 eindeutig nachgewiesen, dass die Locker- und Dichtbeerigkeit, das Traubengewicht, in die Trauben eingewachsene Rebblätter sowie 51 bis 100 % Fäulnis an der Traube den Ohrwurm-Befall signifikant beeinflussen (Tabelle 19). Die Auswertung dieser Parameter erfolgte jeweils separat für die Laubwandzonen A bis C (Abbildung 5, Seite 18).

Zone A (60 cm): In Zone A war die Anzahl der Trauben mit Ohrwürmern deutlich geringer als die Anzahl der Trauben ohne Tiere (Abbildung 57). Auch die Befallsdichte der Trauben war in Zone A im Vergleich zu den Bereichen B und C am niedrigsten, wobei sich in den Trauben der Zone A signifikant weniger Tiere befanden als in denen der Zone C (Abbildung 58, 59). Sowohl die geringe Anzahl an besetzten Trauben als auch die niedrige Befallsdichte in den Trauben ergeben sich aus den Traubeneigenschaften. Im Bereich A war die Anzahl an lockerbeerigen Trauben signifikant höher als in Zone B und C (Abbildung 60). Lockerbeerige Trauben sind für *F. auricularia* als Tagesrefugium weniger geeignet als dichtbeerige. Durch das aufgelockerte Traubengerüst stoßen die Beeren nicht direkt zusammen, so dass Licht in die Traube eindringt und nur vereinzelt engräumige Lücken- und Spaltensysteme im Traubeninneren entstehen. Dadurch sind lockerbeerige Trauben für den tagsüber lichtscheuen Ohrwurm, der aufgrund seiner thigmotaktischen Orientierung bevorzugt engräumige Tagesrefugien aufsucht, weniger interessant. Bonituren auf Ohrwurm-Befall an Spätburgunder-Trauben in Freiburg (Baden-Württemberg) haben ergeben, dass Trauben mit einem lockeren Traubengerüst nicht zu den bevorzugten Schlupfwinkeln von *F. auricularia* gehörten (BREUER 2008). WEGNER-KIß (2007) betont, dass eine aufgelockerte Traubenstruktur nach dem Einsatz von Gibberellinsäure sowie Traubenteilen der Ohrwurm-Befall reduzieren kann, weil lockere Trauben kein geeignetes Quartier für die Tiere darstellen. Durch die Lockerbeerigkeit waren die Trauben der Zone A signifikant leichter als die der Zone B (Abbildung 61). Zudem wies der Bereich A im Vergleich zu den Zonen B und C die geringste Belaubung auf. Aufgrund dessen und durch die Lockerbeerigkeit der Trauben, wuchsen nur vereinzelt Rebblätter in die Trauben ein und es wurde nur selten ein stärkerer Pilzbefall festgestellt (Abbildung 62, 63). Durch die spärliche Beblätterung im Traubenumfeld waren die Trauben oft freihängend und relativ stark besonnt, so dass sich kein hoher Pilzbefall entwickeln konnte. Demzufolge waren die stark belichteten Trauben nicht nur als Tagesruheplatz für *F. auricularia* unattraktiv, sondern auch wegen des geringeren Nahrungsangebots an pathogenen Pilzen. Bei Entblätterungsversuchen in Rheinhessen wurden in Chardonnay-Trauben der entlaubten Varianten weniger Ohrwürmer nachgewiesen als in den nicht entblätterten (BRÜSSEL 2010). Die Autorin führt dieses Ergebnis darauf zurück, dass die Trauben durch die Entlaubung lockerbeeriger und

gesünder waren. In diesen Trauben fanden die Tiere weniger Nahrung und Versteckmöglichkeiten vor als in den dichtbeerigen zur Fäulnis neigenden Trauben der nicht entblätterten Laubwand.

Zone B (30 cm):). In der Zone B war die Befallsdichte der Trauben signifikant höher als in Zone A (Abbildung 57 bis 59). Diese Ergebnisse sind auf den signifikant höheren Anteil an dichtbeerigen Trauben, das signifikant höhere Traubengewicht, das vermehrte Auftreten von Trauben mit eingewachsenen Rebblättern, die dichtere Beblätterung der Laubwand sowie auf die Zunahme des traubenspezifischen Pilzbefalls in Zone B zurückzuführen (Abbildung 60 bis 63). Insbesondere die stärkere Belaubung in Zone B führte dazu, dass vermehrt Rebblätter in die Trauben einwuchsen und sich dadurch die Habitatheterogenität und der Lichtschutz im Traubenumfeld erhöhten. Aufgrund der starken Belaubung und der dicht aneinander hängenden Trauben entstanden mehrfach Traubenansammlungen, die dicht von Reblaub umschlossen waren. Derartige Gebilde wurden unter anderem wegen der Vielfalt an Mikrohabitaten massenhaft von *F. auricularia* besiedelt. Verbunden mit der Dichtbeerigkeit und der starken Beblätterung nahm die Anzahl der Trauben mit einem Fäulnisanteil von 1 bis 20 % und 51 bis 100 % zu. Demzufolge erhöhte sich für die Ohrwürmer in der Zone B die Menge an verfügbaren Futterressourcen, wie zum Beispiel Sporen und Mycel der Graufäule. Auch BRÜSSEL (2009) wies im Rahmen von Entlaubungsversuchen bei der Sorte Chardonnay in faulen Trauben einen höheren Ohrwurm-Besatz nach als in gesunden. Während die Autorin in pilzbefallenen Trauben bis zu acht Tiere fand, lag die Befallsdichte in gesunden Trauben bei maximal drei Individuen pro Traube.

Zone C (50): In Zone C war die die Befallsdichte der Trauben deutlich höher als in den Zonen A und B (Abbildung 57 bis 59). Da im Bereich C die Beblätterung, die Anzahl eingewachsener Rebblätter und der Fäulnisanteil im Vergleich zu den Zonen A und B zunahm (Abbildung 60 bis 63), erhöhten sich für *F. auricularia* nochmals die Heterogenität und der Lichtschutz im Habitat sowie die Menge an Nahrungsquellen.

Traubenbefall

Im Rahmen einer weiteren Bonitur 2008 von kompakten Riesling- und Regent-Trauben ohne Pilzbefall wurde überprüft, ob sich die Befallsdichten von Weiß- und Rotweitrauben unterscheiden. Die Riesling-Trauben waren im Durchschnitt mit sieben Tieren und die Regent-Trauben durchschnittlich mit sechs Ohrwürmern besetzt (Abbildung 55, 56). Obwohl sich die durchschnittliche Befallsdichte beider Sorten unwesentlich unterschied, war in der Rotweinsorte Regent die Anzahl an Trauben mit einem, zwei, fünf und sechs Ohrwürmern pro Traube etwas höher. Auch die Anzahl an Trauben ohne Ohrwurm-Befall war in der Sorte Regent geringer als in der Sorte Riesling (Abbildung 55, 56). Die geringfügig höheren

Befallsdichten in den Rotweitrauben sind vermutlich wie bereits auf Seite 226 erklärt auf die Traubenfarbe zurückzuführen.

4.2.3 Bewirtschaftungsmethode

Die Ergebnisse des Dauermonitorings und der Nestkartierungen 2007 bis 2009 haben ergeben, dass die Art und die Intensität der Bodenbewirtschaftung mit der daraus resultierenden Flächenbegrünungsart sowie der Störungsintensität im Oberboden einen deutlichen Einfluss auf das Überwinterungs- und Brutverhalten sowie die Aktivitätsphase von *F. auricularia* haben und die Entwicklung der Individuendichten am Boden und in der Laubwand der Rebanlagen signifikant beeinflussen (Kapitel 3.2.1, 3.2.3). In den vollständig und alternierend begrüneten Untersuchungsflächen, die konventionell oder nach KUW-Richtlinien bewirtschaftet wurden, traten von Juni bis September 2007 bis 2009 sowie im Jahresdurchschnitt höhere Ohrwurm-Dichten auf als in konventionell bewirtschafteten, unbegrüneten Anlagen (Abbildung 38, 39, 64 bis 69). Auch bei Rebstockbonituren in Metzingen (Baden-Württemberg) waren die rebstockspezifischen Dichten von *F. auricularia* in einer unbegrüneten, konventionell bearbeiteten Schwarzriesling-Anlage signifikant geringer waren als in begrüneten, konventionell bewirtschafteten Versuchsflächen (TAHER 2009). Bei anderen epigäischen Arthropodengruppen, wie zum Beispiel Laufkäfern (Carabidae), Kurzflügelkäfern (Staphylinidae) und Spinnen (Araneae), wurde mehrfach nachgewiesen, dass sich die Artendiversität und die Siedlungsdichte mit zunehmenden Extensivierungsgrad der Bodenbewirtschaftung erhöhte (EKSCHMITT et al. 1997, GEROWITT & WILDENHAYN 1997, PERNER & MALT 2003).

Begrünungsart: Überwinterungs- und Brutphase

Begrünte Bereiche: Durch die umfangreichen Nestkartierungen hat sich eindeutig herausgestellt, dass *F. auricularia* den Oberbodenbereich der begrüneten Fahrgassen als unterirdisches Überwinterungs- und Bruthabitat bevorzugt. In den Begrünungsstreifen wurden deutlich mehr Nester angelegt und eine signifikant höhere Anzahl an überwinternden Adulten ermittelt (Abbildung 87 bis 89). Frühere Studien zur Brutbiologie des Gemeinen Ohrwurms haben gezeigt, dass die Neststruktur von der Bodenbeschaffenheit und vom Anlageort abhängig ist (LAMB 1976a). Deshalb findet der Nestbau gewöhnlich im gut durchwurzelt und lockeren Bodenbereichen an Steinen, Holzstücken und Pflanzenwurzeln statt (GUPPY 1947, LAMB 1976a). Diese Ergebnisse wurden in den durchgeführten Versuchen für den Weinbau bestätigt. Während der Nestkartierungen wurden 78% (2007/2008) und 59 % (2008/2009) aller Brutkammern unmittelbar an oder zwischen den Wurzeln von Begrünungspflanzen und Rebstöcken gefunden (Abbildung 90, 92). Insbesondere der in den vollständig und alternierend begrüneten Flächen mit 49 bis 100 %

Deckung dominierende Gemeine Löwenzahn (*Taraxacum officinale* WEBER EX F. H. WIGGERS 1780) bot den *Forficula*-Weibchen durch seine bis zum 20 cm langen Pfahlwurzeln optimale Nestbaubedingungen. Da ein Großteil der kartierten Brutkammern (2007/2008: 39 %, 2008/2009: 47 %) direkt an oder zwischen den *Taraxacum*-Wurzeln angelegt wurde (Abbildung 93, 95, 99e bis 99g), konnte mittels Redundanzanalyse ein signifikanter Einfluss des Löwenzahns auf den Nestbau errechnet werden (Abbildung 90, 92, Tabelle 25). Außerdem hat LAMB (1976a, 1976b) durch seine Feldstudien in Streuobstwiesen nachgewiesen, dass die Eier im Nest vertikal verlagert werden, wenn das Temperaturoptimum über- beziehungsweise unterschritten wird (Bodenoberfläche = Wärme, tiefere Bodenschichten = Kälte), damit das Gelege keinen Schaden nimmt. Demzufolge ist die klimaabhängige vertikale Verschiebung der Eier an Wurzelstrukturen, wie zum Beispiel an den stabilen und starren Löwenzahn-Wurzeln, möglicherweise einfacher als in wurzellosen Bodenabschnitten. Ferner hat die stärkere Durchwurzelung des Bodens bis in 20 cm Tiefe zu einer Auflockerung des Bodengefüges und damit zur Ausbildung von Spalten und Hohlräumen geführt. Wie FULTON (1924) in einer Laborzucht und in Feldbeobachtungen nachgewiesen hat, wurden diese Bodenlücken vom Weibchen sofort angenommen und durch zusätzliche Grabungen zu Brutkammern ausgeformt. Demzufolge wurden vermutlich auch in der Rebanlage die Hälfte aller Gelege in lockerem Boden mit höherem Durchwurzelungsgrad größer als 50 % gefunden (Abbildung 91, 93). Da das Weibchen beim Vorhandensein von stützenden Wurzelstrukturen und Hohlräumen für das Anlegen der Brutkammer nicht so viel Energie aufbringen muss als beim Anlegen der Brutröhre im Rohboden, kann der resultierende Energiegewinn beispielsweise in die Eiproduktion und die Brutpflege investiert werden. Außerdem ist bei Insekten mit Brutpflege bekannt, dass der Nestbau in Bereichen erfolgt, in denen die Larven ausreichend Nahrung finden werden (DETTNER & PETERS 1999). Da im Oberboden der Begrünungsstreifen wesentlich mehr pflanzliche und tierische Nahrungsressourcen für die omnivoren Larven und Adulten verfügbar sind, werden diese Zonen instinktiv als Bruthabitat und Überwinterungsrefugium bevorzugt (Abbildung 87, 88). Da *F. auricularia* das Futtermaterial für die Larven im Umfeld der Brutkammer sammelt (LAMB & WELLINGTON 1974), ist davon auszugehen, dass diese Ressourcen in der Begrünung zusammengesucht werden.

Unbegrünte Bereiche: Der wesentlich geringere Anteil an Brutkammern in den unbegrünten Flächen (2007/2008: 19 %, 2008/2009: 41 %) war laut Redundanzanalyse signifikant vom hohen Anteil an Rohboden abhängig, der durch die ganzjährig stattfindende Bodenbearbeitung entsteht (Abbildung 88, Tabelle 25). Im Vergleich zu den begrünten Rebanlagen wird durch die intensive Bodenbewirtschaftung die großflächige Ausbildung einer Krautschicht bis auf vereinzelt wachsende Begrünungspflanzen verhindert, so dass

sich das zunächst lockere Bodengefüge nach kurzer Zeit verdichtet und nur noch vereinzelt größere Hohlräume und Spalten aufweist. Anzunehmen ist, dass ein gering durchwurzelter und entsprechend verdichtetes Bodengefüge den Nestbau aufgrund des hohen Energieaufwandes massiv erschwert, so dass die unbegrünten Fahrgassen bis auf wenige Ausnahmen als Bruthabitat gemieden werden. Falls Brutkammern in den gegrubberten Bereichen aufgefunden wurden, lagen diese entweder an oder in direkter Nachbarschaft von Löwenzahn-Wurzeln und Gangsystemen der Feldmaus (*Microtus arvalis* PALLAS 1778). Anzunehmen ist, dass die Pflanzenwurzeln und die Feldmaus-Bauten das verdichtete Bodengefüge auflockerten, wodurch die Weibchen die entstehenden Bodenlücken ohne höheren Energieverlust als Nest umbauten. Ferner verlagerten auch viele Ohrwurm-Weibchen ihre Brutröhren in den Randbereich der gegrubberten Gassen, weil dieser die Übergangszone zum Unterstockbereich der Rebzeile darstellt. In diesem Bereich wies die lückige Krautschicht einen Deckungsgrad bis 24 % auf und der Boden war besser durchwurzelt. Durch das Aufkommen einer Winterbegrünung in den gegrubberten Gassen nahm die Zahl an Nestern tendenziell zu (Tabelle 26). Aufgrund der erhöhten Durchwurzelung des Bodens sowie der Auflockerung der Bodenverdichtungen verbesserten sich mit hoher Wahrscheinlichkeit die Brutbedingungen.

Störungsintensität: Überwinterungs- und Brutphase

In den Begrünungsstreifen findet *F. auricularia* nicht nur optimale strukturelle Voraussetzungen für den Nestbau vor, sondern auch störungsfreie Lebensräume während der Brut- und Überwinterungsphase, da die Krautschicht von September bis Mai nur gemäht beziehungsweise abgemulcht wird und dadurch kein mechanischer Eingriff in den Oberboden erfolgt. Der Einfluss der Störungsintensität spiegelt sich unter anderem in der Nesttiefe, der Eizahl pro Gelege sowie der Anzahl an überwinternden Adulten wieder. Während in den begrüneten Fahrgassen die mittlere Nesttiefe bei 4 cm lag, betrug dieser Parameter in den unbegrüneten Bereichen 7 cm (Tabelle 24). Da in den begrüneten Abschnitten im Vergleich zu den unbegrüneten Gassen im Spätherbst keine flachgründige Bodenlockerung mit Umbruch oder Reduzierung der oberflächennahen Durchwurzelung erfolgt, können die Weibchen ungestört die Brutkammern anlegen und in der Wurzelzone überwintern. In den gegrubberten Fahrgassen wurden die Gelege vermutlich aus der Störungszone entfernt oder in tiefere und damit störungsfreie Bodenschichten verlagert. Das Umlagern von Eiern durch die Weibchen bei Störungen oder ungünstigen Brutbedingungen wurde bei *F. auricularia* schon mehrfach beschrieben (FULTON 1924, LAMB 1976a, 1976b) und auch in der Laborzucht nach den wöchentlichen Pflegemaßnahmen häufig beobachtet (Kapitel 3.7.1: Brutpflege). Da in den gegrubberten Bodenbereichen wenig Gelege aufgefunden wurden, war auch die Anzahl gesichteter Weibchen gering, weil diese infolge

der Brutpflege immer am Nest überwintern (Abbildung 87). Ferner hat die größere Störungsintensität vermutlich auch dazu geführt, dass die Weibchen im Vergleich zu den störungsfreien Begrünungsstreifen weniger Eier ablegten (Tabelle 24, 27).

Begrünungsart: Aktivitätsphase

Begrünte Bereiche: Die hohen Populationsdichten am Boden und in der Laubwand der vollständig und alternierend begrüneten Rebflächen sind nicht nur eine Folge der optimalen Brut- und Überwinterungsbedingungen in den Begrünungsstreifen, sondern bieten den Insekten auch Nahrungs- und Raumressourcen während der Aufwanderungsphase in den Rebstock. Die hohen Populationsdichten am Boden der vollständig und alternierend begrüneten Anlagen im Juni ergeben sich durch die Larvenansammlungen in der Vegetationsschicht (Abbildung 64 bis 66). Nachdem die L₃- und L₄-Larven Mitte/Ende Mai das Nest verlassen, suchen sie in der Vegetationsschicht bis Mitte Juni nach Nahrung. Gleiche Ergebnisse publizierte auch PHILLIPS (1981), die im Rahmen von Populationsstudien in Apfelplantagen nachgewiesen hat, dass die *Forficula*-Larven nach Verlassen des Nestes hauptsächlich im Bodenbereich fressen. Durch Beobachtungen (BEALL 1932, DIMICK & MOTE 1934, BEIER 1959, PHILIPPS 1981) und Untersuchungen des Mageninhaltes (CRUMB et al. 1941, SKUHRAVY 1960) hat sich gezeigt, dass sich *F. auricularia* hauptsächlich von Pilzsporen und pflanzlicher Kost wie Grünalgen, Flechten, Moosen, Blüten, zarten Blättern, unreifen Samen und Pollen ernährt, die größtenteils auch in den Begrünungsstreifen vorkommen. Dabei bevorzugt das Insekt besonders die Staubgefäße und Stempel sowie den saftigen Blütengrund von Löwenzahn, Gänseblümchen, Rosen, Dahlien und Disteln (BEIER 1959). Da in den Rebanlagen der Löwenzahn als Begrünungspflanze dominiert und zur Aufwanderungsphase blüht, stellen dessen Blütenkomponenten sicherlich eine Hauptnahrungsquelle dar. Neben der pflanzlichen Kost werden auch Milben, Blattläuse, Ameisenbrut sowie kleine Schmetterlingsraupen und -puppen verzehrt (BEIER 1959, LAHUSEN et al. 2006), welche sowohl in der intakten als auch abgemulchten Krautschicht vorkommen. Zusätzlich findet der Ohrwurm sowohl in der strukturreichen Begrünung als auch nach der Mahd zahlreiche Mikrolebensräume vor, die Schutz vor ungünstigen Witterungseinflüssen und Räubern bieten (ANDERSON 1978, GOOD & GILLER 1991). Weiterhin stellen am Rebstamm aufwachsende Begrünungspflanzen wie die Ackerwinde (*Convolvulus arvensis* LINNAEUS 1753) einen ausreichenden Schutz vor Prädatoren während der Aufwanderung dar. Es war auffallend, dass zwischen den laubwandspezifischen Monats- und Jahresbefallsmitteln der vollständig und alternierend begrüneten Flächen nur minimale Unterschiede bestanden, die sich nur im Ausnahmefall signifikant unterschieden (Abbildung 67 bis 69). Im Vorfeld der Untersuchungen wurden geringere Befalldichten in den alternierend begrüneten Anlagen vermutet, da sich die Vegetationsdeckung durch den

Wechsel von begrünter und unbegrünter Gasse, den vermehrten Herbizideinsatz und die stärkere Bodenbearbeitung erheblich reduziert und die Intensität der Störung zunimmt. Diese Annahmen wurden durch die Ergebnisse widerlegt. Da sich *F. auricularia* in den alternierend begrünten Anlagen während der Überwinterungs-, Brut- und Aufwandwanderungsphase vorrangig in den Begrünungsstreifen aufhält, hat das Grubbern in den unbegrüntem Abschnitten keinen Einfluss auf die Populationsentwicklung.

Unbegrünte Bereiche: In den unbegrüntem Flächen findet während der Aufwandwanderung der Tiere im Juni häufig eine Bodenbearbeitung statt, wodurch die in der Regel oft spärlich ausgeprägte natürliche Winterbegrünung umgebrochen wird. Folglich kann sich keine reich strukturierte Krautschicht ausbilden, die *F. auricularia* die bereits erwähnten Tagesrefugien und Nahrungsquellen bietet. Es ist davon auszugehen, dass ein Großteil der Ohrwürmer erst nach der Reblüte von den begrüntem Randzonen oder Nachbaranlagen in die Rebstöcke der unbegrüntem Flächen einwandert, um die Raum- und Nahrungsressourcen in der Laubwand zu nutzen.

Umstellung der Bodenbearbeitung

Portugieser-Anlage (Leistadt): Durch die Veränderung der Bodenbewirtschaftung in einer Portugieser-Anlage konnte nachgewiesen werden, dass durch die Zunahme der Vegetationsdeckung und die Abnahme des Rohbodenanteils sowie der Störungsintensität im Oberboden die Individuendichten in der Laubwand von 2007 zu 2009 kontinuierlich angestiegen sind (Abbildung 71). Während 2007 der Anteil an unbegrüntem Fläche noch 75 bis 100 % betrug und nur vereinzelte Exemplare von der Kleinen Brennessel (*Urtica úrens* LINNAEUS 1753) auftraten, verringerte sich 2008 der Anteil des Rohbodens durch die alternierende Begrünung auf 50 bis 75%. Der flächendeckende Krautschichtanteil mit Arten wie dem Gemeinem Löwenzahn, der Kleinen Brennessel und dem Wiesen-Schwingel (*Festuca pratensis* W. HUDSON 1762) betrug 25 %. 2009 verdichtete sich die Bodenvegetation weiter und zu den aufgeführten Arten kam die Vogel-Sternmiere (*Stellaria média* VILLARS 1783) hinzu. Aufgrund dieser Vegetationszunahme verbesserten sich die im Vorfeld bereits diskutierten Habitatbedingungen für den Ohrwurm während der Brut- und Überwinterungsphase sowie in der Aktivitätsperiode. Die Individuendichten stiegen in der Laubwand im Juli und im Jahresdurchschnitt von 2007 zu 2009 signifikant an (Abbildung 71).

Am Boden war die Zunahme der Populationsdichte von *F. auricularia* von 2007 bis 2009 nicht klar erkennbar, weil insbesondere 2007 während der Aufwandwanderungsphase im Juni/Juli die Fangzahlen im Vergleich zu den Folgejahren sehr hoch waren (Abbildung 70). Begründen lässt sich dieses Ergebnis mit der fehlenden Vegetationsschicht und demzufolge auch den fehlenden Rückzugsmöglichkeiten für *F. auricularia* am Boden der unbegrüntem

Fahrgassen. Möglicherweise haben die Ohrwürmer die Abdeckungen der Barberfallen als vertikale Struktur wahrgenommen und in hoher Anzahl als geeignetes Tagesrefugium aufgesucht.

Silvaner-Anlage (Neustadt-Mußbach): In einer anfänglich unbegrünten und mit Rindenmulch bedeckten Silvaner-Anlage wurde durch die Umstellung der Bodenbewirtschaftung auf eine alternierende Sommerbegrünung mit zusätzlicher Winterbegrünung ein deutlicher Anstieg der Ohrwurm-Dichten in der Laubwand von 2007 bis 2009 beobachtet (Abbildung 73). Diese Zunahme war in den Monaten Juni, Juli und August sowie im Jahresdurchschnitt signifikant. Der Anstieg der Befallsdichte resultierte aus der Zunahme an begrünter Fläche. Ende 2007 wurde die Anlage auf eine alternierende Begrünung umgestellt und zusätzlich Ölrettich (*Raphanus sativus ssp. oleiformes*) eingesät. Da diese Pflanze lange starke Pfahlwurzeln besitzt, ist davon auszugehen, dass die Ölrettich-Begrünung ähnlich wie der Löwenzahn die Brut- und Nestbaubedingungen des Ohrwurms verbessert hat. Da der blühende Ölrettich im Jahr 2008 erst Mitte Juni abgemulcht wurde, fanden die Ohrwürmer auch noch in der Aufwanderungsphase eine reich strukturierte Krautschicht mit den bereits beschriebenen Ressourcen vor. Die natürlich aufgewachsene Winterbegrünung von 2008/2009 bildete bis Juni 2009 eine flächendeckende Krautschicht mit Löwenzahn (Deckung bis 25%) und Vogel-Sternmiere (Deckung bis 75%) aus. Dadurch entstanden für *F. auricularia* optimale Bedingungen für den Nestbau und die Überwinterung. Im Mai und Juni fanden die Tiere hier Refugien und Nahrung vor. Das Klima war ein weiterer Hinweis dafür, dass die ansteigenden Befallsdichten in der Laubwand von 2007 zu 2008 auf die zunehmende Vegetationsdeckung zurückzuführen waren. Während 2008 die Ohrwurm-Dichten an den Rebstöcken in einer benachbarten Sortenmix-Anlage im Vergleich zu 2007 klimabedingt abnahmen, stiegen 2008 die Befallsdichten in der Laubwand der Silvaner-Anlage trotz sehr kühler Perioden weiter an (Abbildung 53, 54, 73).

Am Boden der Versuchsfläche wurden 2007 und 2008 die höchsten Fangzahlen ermittelt (Abbildung 72). Im Juni 2007 nahm die Populationsdichte am Boden bedingt durch die Mulchaufgabe stark zu (Abbildung 72). Anzunehmen ist, dass die lichtscheuen Ohrwürmer in der bis zu 10 cm dicken Bodenaufgabe dunkle Tagesrefugien vorfanden. ANDERSON (1978), RIECHERT & BISHOP (1990) und GOOD & GILLER (1991) stellten durch Feldstudien fest, dass derartige Bodenabdeckungen bevorzugt von Insekten besiedelt werden, weil diese Mikrolebensräume, Nahrungsressourcen sowie Schutz vor ungünstigen Witterungseinflüssen und Räubern bieten. Die hohen Ohrwurm-Dichten am Boden der Rebanlage von Juni bis Juli 2008 resultierten ebenfalls auf dem Vorhandensein einer Mulchschicht (Abbildung 72). Mitte Juni 2008 wurde die Ölrettich-Winterbegrünung abgemulcht, so dass die Tiere sich in diese lichtgeschützte Bodenaufgabe zurückzogen. Im Juni und Juli 2009 wurden am Boden der

Rebanlage signifikant weniger Ohrwürmer erfasst als 2007 und 2008 (Abbildung 72). Grund hierfür war das Fehlen einer dicken Mulchschicht, da die natürliche Winterbegrünung aus Löwenzahn und Vogel-Sternmiere als Sommerbegrünung bestehen blieb. Infolgedessen wanderten die Ohrwürmer am Rebstock auf, um dort lichtgeschützte Tagesrefugien und Nahrung zu suchen.

KUW- und Biobetriebe (Neustadt-Mußbach): Die Feldstudien in zwei KUW-Riesling-Anlagen und in einer biologisch bewirtschafteten Riesling-Anlage ergaben, dass die Ohrwurm-Dichten am Boden der Bio-Fläche von Mitte Juli bis Mitte August sowie im Jahresdurchschnitt signifikant geringer waren als in den KUW-Anlagen (Abbildung 74). Ein möglicher Grund für die geringen Fangzahlen am Boden der Bio-Anlage könnte die maschinelle Unkrautentfernung im Unterstockbereich Anfang Juli gewesen sein. Diese Störungen im Oberboden könnten dazu geführt haben, dass die Ohrwürmer verletzt beziehungsweise abgetötet wurden oder dieses Areal mieden, so dass nur wenige Tiere in die Laubwand aufwanderten beziehungsweise mit Barberfallen im Unterstockbereich erfasst werden konnten (Abbildung 74, 75). Ähnliche Ergebnisse wurden auch beim Umbruch der Begrünung mit der Kreiselegge Ende Juni erzielt (Kapitel 3.5.5). Durch den Eingriff in die Begrünung verringerten sich die Ohrwurm-Dichten am Boden und in der Laubwand für circa drei Wochen. Da in den Rebzeilen der zwei KUW-Flächen die Unkrautbekämpfung mit Herbiziden erfolgte, fand kein störender Bodenbruch im Unterstockbereich während der Aufwanderungsphase von Juni bis Juli statt. Daher wurden höchstwahrscheinlich mehr Tiere am Boden und in der Laubwand im Vergleich zur Bio-Anlage gefangen (Abbildung 74).

4.2.4 Bodenart

Die Bodenart wurde in die Untersuchungen als ein möglicher dichtesteuernder Umweltfaktor einbezogen, weil sich die Brut- und Überwinterungsphase von *F. auricularia* im Oberboden vollzieht (FULTON 1924, BEIER 1959, LAMB 1976a, 1976b, GOODACRE 1997) und die Bodenbeschaffenheit den artspezifischen Nestbau beeinflusst (BEIER 1959). Bei epigäischen Arthropodengruppen wie Laufkäfern und Spinnen wurde unter anderem der Einfluss der Bodenart und der Bodenstruktur auf die unterirdisch stattfindende Ei- und Larvalentwicklung sowie auf die Artverbreitung mehrfach nachgewiesen (EISENBEIS & WICHARD 1985, EKSCHMITT et al. 1997, DUNGER 1998).

Bereits im Dauermonitoring 2007 konnte ein signifikanter Einfluss der zwei Bodenarten „lehmiger Sand“ und „sandiger Lehm“ auf die Verteilung der Individuen am Boden und in der Laubwand festgestellt werden (Tabelle 16). Die Ohrwurm-Dichten am Boden und in der Laubwand der Versuchsfelder mit Sandboden waren deutlich geringer als in den Versuchsanlagen mit Lehmboden (Abbildung 38, 39). Auch 2008 und 2009 wurde durch

gezielte Flächenvergleiche belegt, dass die Bodenarten sowohl in konventionell als auch in biologisch bewirtschafteten Rebanlagen die Befallsdichten am Boden und in der Laubwand von Juni bis September beeinflussten. Am Boden und in der Laubwand der konventionell bewirtschafteten Schwarzriesling-Fläche mit Sandboden wurde im Jahresdurchschnitt 2008 eine signifikant geringere Ohrwurm-Dichte ermittelt als in der Riesling-Anlage mit Lehmboden (Abbildung 76, 77). Auch im Laubwandbereich einer biologisch bewirtschafteten Riesling-Fläche mit Sandboden war die Fangzahl im Jahresdurchschnitt signifikant geringer als in der Bio-Riesling-Anlage mit Lehmboden (Abbildung 79). Am Boden der beiden Bio-Flächen wurden mit Ausnahme eines Fangintervalls nur vereinzelt Ohrwürmer erfasst, so dass keine Aussage zur Wirkung der Bodenart auf die Befallsdichte möglich war (Abbildung 78). Ferner konnten in einer Studie zur Befallsregulation die Daten nicht ausgewertet werden, weil die betreffende Portugieser-Anlage in lehmigem Sandboden stand und deshalb über den gesamten Versuchszeitraum am Boden keine und in der Laubwand nur vereinzelte Ohrwürmer nachgewiesen wurden (Kapitel 3.6.8).

Grund für die deutlichen Unterschiede in den Befallsdichten auf Lehm- und Sandboden war höchstwahrscheinlich der Bruterfolg, der bei *F. auricularia* im wesentlichen vom Nestbau und damit auch von speziellen Bodeneigenschaften wie der Bodenart abhängig ist. Die Körnungsstruktur des Bodens spielt für die Nestanlage eine entscheidende Rolle, denn das Weibchen muss in der Lage sein, Röhren oder Kammern ins Erdreich zu graben und auszuformen (BEIER 1959, LAMB 1976a, 1976b). Basierend auf diesen Erkenntnissen wurden 2007 und 2008 Zuchtversuche durchgeführt, in deren Verlauf die Weibchen nur im sandigen Lehmboden Nester mit Eiern angelegten (Abbildung 157, Tabelle 32). Sandiger Lehm ist aufgrund des höheren Schluff- und Tonanteils im leicht feuchten Zustand besser formbar als lehmiger Sandboden (SCHEFFER et al. 1998). Infolgedessen versuchten die Weibchen in den Zuchtbehältern mit lehmigem Sandboden über den gesamten Versuchszeitraum vergebens Brutröhren in den feinkörnigen Untergrund zu graben, so dass sich die Versuchstiere nur in flachen Oberflächengruben aufhielten (Abbildung 158, Tabelle 32). Demzufolge ist davon auszugehen, dass die Mehrzahl der Ohrwürmer in Rebanlagen mit Sandboden erst zu Reblütebeginn einwandert, weil in dem feinkörnigen und gering durchwurzelten Substrat eine Eiablage beziehungsweise Überwinterung kaum möglich ist. Auch BEIER (1959) beschreibt, dass *F. auricularia* in lockerem Sandboden nur Mulden aushöhlt, weil das Graben längerer Röhren nicht möglich ist. Über die Eiablage in den Vertiefungen macht der Autor keine Angaben. In den eigenen Zuchtversuchen wurden nie Eier im Sandboden gefunden. Das weist darauf hin, dass sich die Weibchen aufgrund der artuntypischen Brutbedingungen gegenseitig die Gelege aufgefressen haben könnten. Studien zur Brutbiologie dieser Art haben ergeben, dass die Weibchen während der Brutphase zu

Einzelgängern werden und die Eier sehr intensiv gegen Nesteindringlinge verteidigen (FULTON 1924, BEIER 1959, LAMB 1976a, 1976b). Durch die ständigen Störungen der Weibchen untereinander kam es wahrscheinlich zur Beschädigung von Eiern und die ungünstigen Brutbedingungen führten vermutlich zu Unterbrechungen in der Brutpflege, wodurch ein Großteil des Geleges verpilzte. Da *Forficula*-Weibchen zwischen unversehrten und beschädigten beziehungsweise verpilzten Eiern unterscheiden können, werden nicht intakte aufgefressen (GUPPY 1947, LAMB 1976a, 1976b). Beim Sandohrwurm (*Labidura riparia* PALLAS 1773) führten wiederholte Nestzerstörungen ebenfalls zum Auffressen der Eier (CAUSSANEL 1968).

Die im Dauermonitoring ermittelten Abundanzunterschiede zwischen Rebanlagen mit Lehm- und Sandboden waren nicht nur auf der Bodenkörnung zurückzuführen, sondern auch auf weitere Bodeneigenschaften wie die Vegetationsdeckung und die damit verbundene Bodendurchwurzelung und Bodenstruktur. Basierend auf der Redundanzanalyse des Dauermonitorings 2007 wurden zwischen den Bodenarten, der Vegetationsdeckung sowie dem Offenbodenanteil Korrelationen aufgezeigt (Abbildung 40). Mit zunehmendem Sandanteil im Boden nahmen die Vegetationsdeckung ab und der Offenbodenanteil zu. Dagegen hatte ein Boden mit einer höheren Lehmfraktion eine dichtere Vegetation und einen geringeren Offenbodenanteil. Da der Nestbau auch vom Grad der Durchwurzelung des Bodens abhängig war (Kapitel 3.3), ist die Vegetationsdeckung neben der Bodenart ein weiterer Grund dafür, dass in den spärlich begrünten Flächen mit lehmigem Sandboden nur geringe Individuendichten von *F. auricularia* registriert wurden. EKSCHMITT et al. (1997) verglichen die Carabiden-Abundanzen in Kulturen mit Lehm- und Sandboden und stellten fest, dass sich im lehmigen Substrat sowohl mehr Arten als auch mehr Individuen ansiedelten. Die höheren Abundanzen im Lehmboden führten die Autoren auf eine bessere Nahrungsverfügbarkeit zurück, die unter anderem durch die dichtere Vegetationsschicht und die höhere Produktivität von organischen Substanzen entstand.

4.2.5 Makro- und Mikroklima

Mit der Redundanzanalyse wurden 2007 die im Boden- und Laubwandbereich aufgenommenen Individuenzahlen aller Dauermonitoring-Flächen mit den regional gemessenen makroklimatischen Faktoren verrechnet. Hiermit sollten die Parameter ermittelt werden, die einen potenziellen Einfluss auf die Individuenverteilung haben. Die Analyse für den Neustädter Raum ergab, dass die Lufttemperatur, die Niederschlagsmenge, das Sonnenstundenmittel und die Blattnässe signifikant die Ohrwurm-Dichten am Boden der jeweiligen Versuchstranekte beeinflussten (Abbildung 40, Tabelle 16). In der Region Freinsheim, in welcher sich die Leistädter und Kallstädter Monitoring-Flächen befanden,

wirkten sich die Luftfeuchtigkeit, die Bodenart sowie die Intensität der Bewirtschaftung signifikant auf die Individuenzahlen in der Laubwand aus (Abbildung 40, Tabelle 16).

Aufgrund der in der Berechnung integrierten und sich wechselseitig beeinflussenden elf Umweltfaktoren konnte die Wirkung jedes einzelnen Klimaparameters auf die Individuendichten der einzelnen Versuchsflächen nicht explizit beschrieben werden, so dass in folgenden Analysen die Klimadaten von den übrigen Variablen getrennt verrechnet wurden. Ferner wurden nur noch die für die Habitatwahl von *F. auricularia* relevanten Klimafaktoren wie die Lufttemperatur, die relative Luftfeuchtigkeit und die Niederschlagsmenge einbezogen (WEYRAUCH 1929, VAN HEERDT 1946, BEIER 1959, LAMB 1975) und deren regionaler (Makroklima) und flächenspezifischer Einfluss (Mikroklima) auf die Befallszahlen einer Neustädter Rebanlage untersucht. Die flächenspezifische Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit wurden 2008 und 2009 noch zusätzlich in der Monitoring-Fläche aufgezeichnet, da das Mikroklima gegenüber dem Makroklima durch größere Schwankungen und ausgeprägtere Extrema der Temperatur und relativen Luftfeuchtigkeit geprägt ist, die sich aus dem geringen Luftaustausch in Erdbodennähe ergeben (LESER et al. 1997). Des Weiteren wirken sich Lokalfaktoren wie Kleinformen im Relief, Bodenbedeckung und Bodenbeschaffenheit besonders stark auf das Mikroklima aus (LESER et al. 1997).

Das Sonnenstundenmittel floss in weitere Betrachtungen nicht mehr ein, da der Ohrwurm zum einen nachtaktiv ist und zum anderen in der Literatur keine Hinweise darüber vorliegen, inwieweit dieser Faktor die Habitatwahl beeinflusst. Mittels Redundanzanalyse wurde eine positive Korrelation zwischen dem Sonnenstundenmittel und der Temperatur errechnet, so dass beispielsweise ein Temperaturanstieg aus einer höheren Anzahl an Sonnenstunden resultiert (Abbildung 40). Die Blattnässe ging aufgrund der positiven Wechselwirkung zur Niederschlagsmenge ebenfalls nicht mehr in die Auswertungen ein, da durch gegenseitige Abhängigkeit auch Rückschlüsse von der Niederschlagsmenge auf die Blattnässe möglich waren (Abbildung 40).

Lufttemperatur

Sowohl die regionale als auch die flächenspezifische Lufttemperatur hatten in Abhängigkeit vom jeweiligen Projektjahr einen signifikanten Einfluss auf die Individuendichten im Boden- und Laubwandbereich der Neustädter Monitoring-Fläche.

Die regionale Lufttemperatur beeinflusste 2007 die Individuenverteilung in der Laubwand signifikant (Tabelle 21). Dabei ergab sich der Zusammenhang unter anderem aus der temperaturbedingten starken Abnahme der Individuenzahlen vom vierten (17.07. bis 24.07.07) zum fünften Erfassungszeitraum (31.07. bis 7.08.07). Am 31. Juli betrug die durchschnittliche Tagestemperatur nur noch 14 °C und im Folgemonat August wurden

lediglich nur noch sieben Tage mit einem Tagesmittel von über 20 °C registriert. Dadurch verringerte sich auch die durchschnittliche Jahrestemperatur 2007 im Vergleich zu 2008 und 2009 (Abbildung 80). Infolge der Temperaturabnahme wanderte ein Großteil der in der Laubwand siedelnden Ohrwürmer in den warmen Oberboden ab. 2008 wirkten sich sowohl die regionale als auch die flächenspezifische Lufttemperatur signifikant auf die am Boden ermittelten Individuenzahlen aus, weil unter anderem im fünften Fangintervall vom 28.07. bis 04.08.08 eine im Vergleich zum vorhergehenden Erfassungszeitraum vom 14.07. bis 21.07.08 höhere Anzahl an Tieren in der Vegetationsschicht registriert wurde (Abbildung 85, Tabelle 21, 23). Durch die vom 14.07. bis 21.07.08 anhaltende sehr kühle Wetterphase mit einer durchschnittlichen Wochentemperatur von 18 °C verließen viele Individuen den Rebstock und zogen sich in den warmen Oberboden zurück. Bereits in der darauffolgenden Fangperiode stieg die Wochentemperatur im Durchschnitt auf 23 °C an. Aufgrund der höheren Temperaturen wanderten zahlreiche Individuen vom Boden wieder in die Laubwand auf, wodurch sich die Bodenaktivität erhöhte. Durch die temperaturbedingte starke Zunahme der Individuenzahlen in den Rebstöcken vom 28.07. bis 04.08.08 errechnete die Redundanzanalyse einen signifikanten Zusammenhang zwischen den Abundanzen in der Laubwand und der flächenspezifischen Lufttemperatur (Tabelle 23). 2009 war im Vergleich zu 2008 im Durchschnitt am wärmsten (Abbildung 80), da von Ende Juli bis Anfang September weder mikro- noch makroklimatisch bedingte Kühleperioden auftraten und sich dadurch keine signifikanten Veränderungen in der Individuenverteilung am Boden und in der Laubwand ergaben (Tabelle 21, 23).

Insgesamt haben die Untersuchungen gezeigt, dass *F. auricularia* bei Abnahme der Temperaturen unter 18°C in den Monaten Juli und August von der Laubwand in den Boden abwandert. Dieses Verhalten kehrt sich um, sobald wieder Temperaturen über 20 °C erreicht werden. Auch CHANT & MCLEOD (1952) stellten bei Freilandstudien mit dieser Art einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Abundanz und der durchschnittlichen Nachttemperatur von 18.00 bis 6.00 Uhr fest. Die Versuche ergaben, dass die im Baumkronenbereich ermittelten Fangzahlen unmittelbar nach und in einer Wärmeperiode zunahm. Während bei Lufttemperaturen von 4 bis 10 °C bis maximal 800 Individuen in allen Fallenstandorten erfasst wurden, erhöhte sich die Fangzahl bei Temperaturen von 11 bis 15 °C schon auf 1300.

Abschließend ist noch anzufügen, dass das wechselnde Besiedlungsverhalten und die Wahl der Ruheplätze nur sekundär von Wärmereizen bestimmt werden, sondern primär auf die temperaturabhängige Trockenheit zurückzuführen sind (WEYRAUCH 1929).

relative Luftfeuchtigkeit

Die regionale Luftfeuchtigkeit beeinflusste 2008 neben weiteren Faktoren die Besiedlungsdichten im Rebstock kennzeichnend (Tabelle 21). Aus welchen Wechselwirkungen sich die Signifikanz ergab, konnte anhand der Datenreihen nicht eindeutig geklärt werden. Auffällig war, dass die Luftfeuchte ab dem dritten (14.07. bis 21.07.08) bis zum fünften Fangintervall (11.08. bis 18.08.08) von 64 % auf 75 % anstieg (Abbildung 81). Dadurch wurde das artspezifische Feuchteoptimum, das im Bereich von 70 bis 90 % liegt, erreicht (BEIER 1959). Möglicherweise führte unter anderem die erhöhte Luftfeuchtigkeit in der Laubwand zum Anstieg der Individuenzahlen im vierten Fangintervall vom 28.07. bis 04.08.08 (Abbildung 86). Außerdem kann das im Sommer auftretende Wasserdefizit bei *F. auricularia* dazu führen, dass viele Individuen hygropositiv reagieren und sich in Habitats mit hoher Luftfeuchtigkeit zurückziehen, um nicht auszutrocknen (VAN HEERDT 1946, PERTTUNEN 1952).

Dennoch sollte der Einfluss der regionalen Luftfeuchte unter Vorbehalt betrachtet werden, da es sich um einen makroklimatischen Parameter handelt, der auf die flächenspezifischen Individuendichten viel geringer wirkt als ein mikroklimatischer Faktor. Ferner konnten CHANT & MCLEOD (1952) bei Untersuchungen in Baumkronen, die in einer vergleichbaren Höhe (1,50 m) wie die Erfassungen im Rebstock stattfanden, keine Korrelation zwischen der Abundanz von *F. auricularia* und der regionalen Luftfeuchte feststellen. In diesem Zusammenhang spielt auch der Ernährungszustand eine wichtige Rolle. VAN HEERDT (1946) & PERTTUNEN (1952) wiesen in Laborexperimenten nach, dass wohlgenährte und gut mit Wasser versorgte Individuen keine Feuchtepräferenz in der sommerlichen Aktivitätsphase zeigten und sich auch in Quartiere mit niedrigeren Luftfeuchten zurückzogen.

Zwischen der flächenspezifischen Luftfeuchtigkeit und den Abundanzen am Boden und in der Laubwand wurde sowohl 2008 als auch 2009 kein signifikanter Zusammenhang errechnet (Tabelle 23). Aufgrunddessen ist der dichtesteuernde Einfluss der regionalen Luftfeuchte trotz der berechneten Signifikanz eher unwahrscheinlich, denn gerade durch die Art der Rebanlagenbegrünung entsteht ein flächenspezifisches Mikroklima, das spezielle Habitatbedingungen bewirkt (EKSCHMITT et al. 1997).

Niederschlag

Obwohl die regionalen Niederschlagsmengen laut Redundanzanalyse keinen signifikanten Einfluss auf die Fangzahlen am Boden und in der Laubwand hatten, wurden nach Starkregen und Hagel 2007 und 2008 deutliche Veränderungen im Besiedlungsverhalten von *F. auricularia* festgestellt (Abbildung 83, 84, Tabelle 21, 22).

Starkregen: Nach Starkregen zogen sich die Ohrwürmer aus der völlig durchnässten Laubwand in hoher Anzahl in die trockenen Bambusfallen zurück oder verließen den Rebstock und suchten die nicht durchnässten Bodenschichten auf (Tabelle 22). Diese Reaktionen hängen mit der von WEYRAUCH (1929) beschriebenen artspezifischen negativen Hydrotaxis zusammen. Sie führt dazu, dass *F. auricularia* sich dem schädigenden Einfluss von Nässe und Feuchtigkeit entzieht und trockene Tagesruheplätze aufsucht. WEYRAUCH (1929) konnte durch faunistische Freilandstudien eindeutig beweisen, dass die Niederschlagsmengen bei der Besiedlung von Ruheorten eine entscheidende Rolle spielen. Große Aggregationsverbände beobachtete er nur in trockenen Ritzen von Zaunpfählen, unter losen trockenen Rindenschichten und in trockenen Mauerspalten. An den entsprechenden feuchten Stellen wie durchnässten Holzpfählen oder in der Vegetation von Feucht- und Sumpfwiesen wies WEYRAUCH (1929) keine Ohrwürmer nach. In seinerseits durchgeführten Laborversuchen mit unterschiedlich simulierten Habitatbedingungen zeigte sich, dass die Insekten bei übermäßiger Feuchtigkeit schnell verstarben.

Hagel: Neben Starkregen veränderten auch Hagelschauer das Besiedlungsverhalten von *F. auricularia* am Rebstock, so dass die Fangzahlen am Boden und in der Laubwand für Ende Juli untypisch stark anstiegen (Abbildung 83, 84). Bei dem Ende Juli 2008 aufgetretenen Hagelschauer wurden in den betroffenen Anlagen die Laubwände bis zu 70 % entblättert und Trauben stark geschädigt (Abbildung 82). Die Fluchtreaktion der Ohrwürmer aus dem Rebstock ergab sich in diesem Fall nicht primär aus der Durchnässung der Laubwand und der Trauben, sondern aus dem heftigen Aufprall der Hagelkörner auf die Tagesrefugien. Jegliche Habitaterschütterungen führen bei *F. auricularia* dazu, dass die Schlafplätze schnell verlassen werden (BEIER 1959). Beispielsweise wurde bei Traubenauswertungen im Freiburger Raum beobachtet, dass die Ohrwürmer bei mechanischen Störungen die Trauben schnell verließen (BREUER 2008). Die Abwanderung der Tiere nach dem Hagel basierte zusätzlich auch auf den Habitatveränderungen in der Laubwand. Durch die starke Entblätterung war die Laubzone intensiv belichtet und damit standen den lichtscheuen Ohrwürmern keine artgerechten Verstecke zur Verfügung. In diesem Zusammenhang kann der Vergleich mit lockerbeerigen Trauben angeführt werden. Eigenversuche sowie Untersuchungen von WEGNER-KIß (2007), BREUER (2008) und BRÜSSEL (2009) haben gezeigt, dass ein aufgelockertes Traubengerüst weniger artgerechte Versteckmöglichkeiten bietet und sich dadurch die Befallsdichte reduziert.

Die tagsüber ermittelten durchschnittlichen Niederschlagsmengen der Sommermonate beeinflussten das Besiedlungsverhalten von *F. auricularia* nicht, da sich die Insekten tagsüber in meist wassergeschützten Quartieren aufhalten. Demzufolge ließ sich kein

signifikanter Zusammenhang zwischen der Niederschlagsmenge und den Individuenzahlen am Boden und in der Laubwand errechnen (Tabelle 21).

4.3 Befallsregulation am Boden

Zur Befallsregulation von *F. auricularia* im Bodenbereich der Rebanlage wurden Bodenbearbeitungsmaßnahmen sowie chemische und biologische Präparate mit insektizider Wirkung getestet, um entweder die Überwinterungs- und Brutphase des Insektes zu stören oder regulierend in die fröhsommerliche Aufwanderungsphase der Tiere einzugreifen.

4.3.1 Maßnahmen ohne befallsregulierende Wirkung

Bodenanhäufung im Unterstockbereich

Mit diesem im Spätherbst durchgeführten Verfahren gelang es, die Anzahl an überwinternden Individuen im Vergleich zur nicht angehäuften Kontrollvariante signifikant zu senken und die Nestanzahl zu reduzieren (Abbildung 97).

Eine mögliche Erklärung für dieses Ergebnis ist der durch das Pflügen bedingte abrupte Bodenbruch, der das bestehende Bodengefüge komplett verändert und die Durchwurzelung des Bodens weitgehend zerstört. Aufgrund des mechanischen Eingriffes in den Oberboden unterbrachen vermutlich viele Imagines die Winterruhe und wanderten in ungestörte tiefere Bereiche ab. 2007 bis 2009 konnte eindeutig nachgewiesen werden, dass *F. auricularia* vorwiegend in den dauerbegrüntem und damit störungsfreien Abschnitten der Rebanlage überwintert (Abbildung 87). Auch bei anderen epigäischen Arthropodengruppen (Carabidae, Staphylinidae, Araneae) ist die Intensität der Bodenbearbeitung ein Schlüsselfaktor für die Arten- und Individuenverteilung (EKSCHMITT et al. 1997, GEROWITT & WILDENHAYN 1997, PERNER & MALT 2003). Beispielsweise wiesen GEROWITT & WILDENHAYN (1997) in konventionell bewirtschafteten Ackerkulturen geringere Arten- und auch geringere Individuenzahlen nach als in Flächen mit extensiverer Bewirtschaftung. Als Begründung führen EKSCHMITT et al. (1997) bei Coleopteren wie den Laufkäfern die Sensibilität der überwinternden und damit relativ unbeweglichen Adulten gegenüber der Bodenbearbeitung im Herbst an. HEYDEMANN (1953) konnte in agrarökologischen Studien zeigen, dass größere Bodenarthropoden eher durch Bodenbearbeitungsprozesse verletzt werden als kleine. Da auch der Gemeine Ohrwurm durchaus in die Gruppe der größeren Insekten eingeordnet werden kann, ist es möglich, dass das Pflügen bereits in Winterruhe befindende Individuen verletzt oder abgetötet hat. Für Kurzflügelkäfer in Ackerkulturen wurde nachgewiesen, dass durch Pflügen häufiger Individuen direkt geschädigt wurden und demzufolge die Individuen- und Artenzahlen zurückgingen (GEROWITT & WILDENHAYN 1997).

Die geringere Nestanzahl im angehäuften Bodenbereich ergab sich vermutlich direkt aus den Störungen im Bodengefüge während und nach der Maßnahme sowie indirekt aus der stark verringerten Durchwurzelung des Bodens in der Umbruchzone. Der plötzliche maschinelle Eingriff in die Bodenstruktur könnte einerseits Brutröhren und damit auch Gelege zerstört haben. Andererseits ist anzunehmen, dass die Weibchen ihre Gelege von der Störungszone in tiefere Bodenschichten mit intaktem Bodengefüge verlagerten, denn im angehäuften Unterstockbereich wurden die Nester im Durchschnitt 2 cm tiefer angelegt als im nicht angehäuften (Abbildung 98). Ferner konnte durch eigene Laborzuchten (Kapitel 3.7.1) und durch Studien zur Brutbiologie in den 70iger Jahren (LAMB 1976a, 1976b) gezeigt werden, dass *Forficula*-Weibchen bei jeglichen Störungen in der Nestumgebung die Eier in einen ungestörten Bereich bringen und dort eine neue Brutkammer einrichten. Die umbruchbedingte Zerstörung der Durchwurzelung des Bodens könnte ebenfalls zu Verlagerungen von Nestern in an den Versuchsplot angrenzende, gut durchwurzelte Begrünungsstreifen geführt haben. Die in den begrünten Gassen vorhandenen Wurzelsysteme werden vielfach in den Bau der Brutröhren integriert (Abbildung 90, 92). Bei der Nestkartierung 2007 und 2008 wurden im Unterstockbereich die meisten Nester direkt an den Rebwurzeln oder im Geflecht von Wurzeln der Ackerwinde gefunden. Da bei der Bodenanhäufung im Unterstockbereich die Begrünungspflanzen aus dem Boden gerissen wurden, ist davon auszugehen, dass der aufgeschobene Bereich nicht mehr genügend stabile Wurzelsysteme für den Nestbau bot.

FAZIT: Diese Ergebnisse zeigen, dass die Insekten nicht, wie anfänglich vermutet, in den aufgeschobenen Unterstockbereich einwandern, um dort mit ihren Gelegen zu überwintern. Zusammenfassend ist anzumerken, dass die Bodenanhäufung keine praxisrelevante Methode zur Befallsregulation des Gemeinen Ohrwurms im Bodenbereich darstellt. Zum einen konnte mittels der Nestkartierungen eindeutig nachgewiesen werden, dass der Großteil der Population in den begrünten Abschnitten der Rebanlage überwintert und die Nester anlegt (Kapitel 3.3), so dass die nur auf die Rebzeilen beschränkte Maßnahme die Imagines und Eier nicht effektiv reduzierte. Zum anderen wird das Anhäufen schon seit Jahrzehnten nicht mehr im Weinbau praktiziert, weil durch die in den letzten Jahren angestiegenen Wintertemperaturen kein Boden um die Veredlungsstelle des Rebstockes als Frostschutz mehr aufgeschoben wird.

Kalkstickstoff PERLKA®

Mit dem ausgebrachten Kalkstickstoffgranulat PERLKA® konnten unter Freilandbedingungen die Befallsdichten im Bodenbereich nicht reduziert werden, denn zwischen der Larvenanzahl in den behandelten und unbehandelten Bodenabschnitten bestand kein signifikanter Unterschied (Abbildung 99, 101). In Abhängigkeit vom jeweiligen Fangintervall wurden in den zwei PERLKA®-Varianten „3 kg/a“ und „6 kg/a“ sogar kennzeichnend mehr Individuen erfasst (Abbildung 99, 101). Da der Stickstoffdünger laut Hersteller auf die Larvalstadien abtötend wirkt (ALZCHEM 2009) sind die hohen Individuendichten in den PERLKA®-Parzellen, wie zum Beispiel in der Reihe 1, auf standortbedingte Umweltfaktoren zurückzuführen. In diesem Fall ergeben sich die hohen Befallsdichten mit hoher Wahrscheinlichkeit aus der Randlage mit angrenzendem Begrünungsstreifen, aus dem vermutlich viele Larven in den Unterstockbereich der Versuchszeile eingewandert sind (Abbildung 101). Aufgrund der ausgebliebenen dezimierenden Wirkung auf die L₄-Larven im Boden wurden nach der Aufwanderungsphase auch in der Laubwand beider Kalkstickstoffparzellen gleiche oder höhere Individuendichten gegenüber der Kontrolle ermittelt (Abbildung 100, 102).

Der Abbau von Kalkstickstoff zu Cyanamid findet nur unter feuchten Bedingungen statt (ALZCHEM 2009). Zeitgleich zu den Freilandstudien wurde ein Laborversuch angelegt (Kapitel 3.8), um auszuschließen, dass die fehlende Wirkung des Präparates auf die in der Rebanlage geringe Bodenfeuchtigkeit zurückzuführen war. Im Laborexperiment reduzierten die unterschiedlich konzentrierten PERLKA®-Dünger die Larven und die adulten Weibchen nicht (Tabelle 33). Der Boden wurde permanent feucht gehalten und die Granulatkörner wurden wie nach Herstellerangaben oberflächlich in das Substrat eingearbeitet, um so den Abbau von Kalkstickstoff zu Cyanamid zu beschleunigen (ALZCHEM 2009). Obwohl die Versuchstiere durch den räumlich begrenzten und abgeschlossenen Kunststoffbehälter dem behandelten Substrat dauerhaft ausgesetzt waren, zeigten sie keinerlei Verhaltensveränderungen, wie zum Beispiel motorische Störungen, die auf Nervenschädigungen durch einen Insektizideffekt hinweisen könnten. Sowohl die Larven als auch die Imagines krochen ständig über die Granulatkörner, welche sie auch ableckten beziehungsweise anfraßen. Da Cyanamid das erste Abbauprodukt des Kalkstickstoffs ist und je nach Umsetzungsbedingungen acht bis 14 Tage im Boden wirkt (ALZCHEM 2009), hätte bei einer dezimierenden Wirkung der Großteil der Larven schon in den ersten zwei Wochen nach der Behandlung absterben müssen. Jedoch setzte der Sterbeprozess vereinzelter Larven in den PERLKA®-Behältern erst drei Wochen nach Versuchsbeginn ein (Tabelle 33). In diesem Fall war das Absterben, wie in der unbehandelten Kontrolle, wahrscheinlich auf die intraspezifische Raum- und Futterkonkurrenz sowie den Kannibalismus zwischen Artgleichen zurückzuführen. Die Sterblichkeit der Weibchen ab Mitte Mai resultierte ebenfalls nicht aus

dem Präparat sondern war wie in der Kontrolle artspezifisch bedingt. Die Lebensdauer von *F. auricularia* beträgt in Deutschland etwa zwölf Monate (BEIER 1959).

FAZIT: Durch die umfangreichen Freilanduntersuchungen und den Laborversuch konnte eindeutig nachgewiesen werden, dass der Kalkstickstoffdünger PERLKA® keine befallsreduzierende Wirkung auf die Juvenil- und Adultstadien von *F. auricularia* hat.

Insektenpathogene Nematoden: *Heterorhabditis bacteriophora*

Während mit der Nematodenart *H. bacteriophora* unter Laborbedingungen adulte Ohrwürmer signifikant um 83 bis 90 % reduziert wurden (Kapitel 3.8), hatten die Insektenpathogene im Freilandversuch keinen befallsreduzierenden Effekt auf L₄-Larven und Imagines im Oberboden (Abbildung 103). Demzufolge wurden während der im Mai und Juni stattfindenden Aufwanderungsphase in der Laubwand der Nematoden- und Kontrollparzellen fast identische Befallsdichten von *F. auricularia* ermittelt (Abbildung 104).

Die ausgebliebene dezimierende Wirkung im Freiland kann viele Ursachen haben, wie zum Beispiel die verwendete Applikationstechnik, die bei der Ausbringung in der Luft und im Boden herrschenden Klimabedingungen, die Siedlungsdichte und das Entwicklungsstadium des Wirtsorganismus sowie die Begrünungsart, die Bodenbeschaffenheit und auch die Intensität der Bodenbearbeitung (BARBERCHECK & KAYA 1991, GAUGLER et al. 1992, GRIFFIN 1993, GREWAL et al. 1994, SMITS et al. 1994, GLAZER 2002, MILLAR & BARBERCHECK 2002, VOGT & KÖPPLER 2003, Peters & Vlug 2005, KURTZ et al. 2009, SUSURLUK & EHLERS 2008, NAVANEETHAN & EHLERS 2010).

Bereits das manuelle Ausbringen der Nematodensuspension könnte dazu geführt haben, dass die Fadenwürmer durch die kleinen Wassermengen und den sehr geringen Wasserdruck, die sich durch den Brauseaufsatz der Gießkanne ergaben, nicht schnell genug in den Boden gespült wurden. Demzufolge blieb vermutlich trotz einer zweiten nachträglichen Wasserapplikation ein Großteil der ursprünglich 500.000 Nematoden pro m² in der Begrünung oder auf der Erdoberfläche haften und erreichte die *Forficula*-Larven im Oberboden nicht. In der Fachliteratur wird darauf hingewiesen, dass Nematoden sehr empfindlich gegenüber Trockenheit reagieren (SMITS et al. 1994, GLAZER 2002, Peters & Vlug 2005, SUSURLUK & EHLERS 2008) und deshalb die Applikation mit großen Wassermengen erfolgen sollte, um die Nematoden schnell in den Boden zu spülen und sie so vor Austrocknung auf der Bodenoberfläche zu schützen (GLAZER 2002, VOGT & KÖPPLER 2003) und den schnellen Wirtskontakt zu gewährleisten (SMITS et al. 1994).

In den begrüneten Gassen des Versuchsplots könnten sich durch die applikationsbedingten geringen Wassermengen viele Individuen in der Vegetationsschicht verfangen haben und aufgrund der Trockenheit abgestorben sein, ehe sie den Oberboden erreichten. Nach

SUSURLUK & EHLERS 2008 haben die Pflanzenstruktur und die -höhe einen entscheidenden Einfluss auf das Erreichen der Bodenoberfläche. Während in einer Wirtschaftswiese mit flachwüchsigen Arten und in einem Kartoffelfeld 77 bis 78 % der ausgebrachten Nematoden auf der Bodenoberfläche nachweisbar waren, befand sich im Substrat von hochwachsenden Raps- und Lupineflächen nur ein Pathogenanteil von 5 bis 6 % (SUSURLUK & EHLERS 2008). Da die Rebgassenvegetation zum Applikationszeitpunkt aus bis zu 80 % Löwenzahn bestand, ist es möglich, dass viele Nematoden auf den breiten, rosettenartig wachsenden Blättern hängen blieben und vertrockneten. Obwohl auch in den unbegrünten Parzellen die Behandlung in den Morgenstunden stattfand, könnte die bereits während der Mittagsstunden aufgetretene starke UV-Strahlung dazu geführt haben, dass ein Großteil der Fadenwürmer auf der Erdoberfläche abstarben. Diese Vermutung basiert auf den Versuchen von GAUGLER et al. (1992), die Nematoden im Juni auf dem vegetationslosen Boden eines Kartoffelfelds mit zu geringen Wassermengen applizierten und dabei eindeutig nachwiesen, dass ein Großteil der Würmer von der UV-Strahlung abgetötet wurde. In begrünnten Flächen spielt dieser Umweltfaktor eine untergeordnete Rolle, da die Blätter die Nematoden vor der UV-Strahlung schützen (GAUGLER et al. 1992).

Neben der Applikationsmethode bestimmen während und nach der Nematodenbehandlung auch gewisse Klimafaktoren wie die relative Luftfeuchtigkeit, die Lufttemperatur sowie die Bodenfeuchtigkeit und die -temperatur den Bekämpfungserfolg (PETERS & VLUG 2005, E-NEMA 2007). Da die Lufttemperatur in der Versuchsanlage während der Applikation im Bereich von 12 bis 17 °C lag, bis abends nur 18 °C erreichte und in den folgenden drei Tagen nicht über 20 °C anstieg, waren optimale Lufttemperaturbedingungen für das Überleben der Fadenwürmer gegeben. Laut Literaturangaben sind Lufttemperaturen zwischen 15 bis 25 °C für viele Nematodenarten gut verträglich, wobei die Organismen bei Werten über 40 °C und unter 0 °C absterben (G RIFFIN 1993, GREWAL et al. 1994). Auch die Bodentemperatur in 5 cm Tiefe, die am Ausbringungstag durchschnittlich 16 °C und maximal 19 °C betrug, hatte sicherlich auch keinen schädigenden Einfluss auf die Nematoden. GREWAL et al. (1994) geben als optimale Applikationsbedingungen von *H. bacteriophora* eine Bodentemperatur von 16 bis 17 °C an. PETERS & VLUG (2005) weisen darauf hin, dass die Pathogene nur bei einer Bodentemperatur von über 12 °C ausgebracht werden sollten. Im Vergleich zu den Temperaturen waren die Feuchtigkeitsverhältnisse höchstwahrscheinlich die limitierten Faktoren für das Überleben der Fadenwürmer in der Rebanlage, da diese sehr stark auf Austrocknung reagieren (GLAZER 2002). Die Luftfeuchte erreichte während der Behandlung nur 64 % und in den Folgestunden nur vereinzelt 76 %. NAVANEETHAN & EHLERS (2010) haben bei ihren Studien zur Befallsregulation der im Boden überwinterten Larven von Apfelwicklern (*Cydia pomonella* LINNAEUS 1758) mit den Nematoden der Gattung

Steinernema festgestellt, dass eine erfolgreiche Wirtsinfektion nur bei einer Luftfeuchtigkeit von mindestens 80 % während und einige Stunden nach der Applikation stattfand. Zusätzlich zu den suboptimalen Luftfeuchtwerten bewirkten höchstwahrscheinlich auch der sehr trockene Boden und die minimalen Niederschlagsmengen ein Absterben der Nematoden. Denn 17 Tage vor der Behandlung regnete es nicht und erst am Vortag und am Tag der Applikation gingen sehr geringe Niederschlagsmengen von 3 bis 4 mm nieder. In den folgenden elf Tagen traten keine Niederschläge auf. Dass der Bekämpfungserfolg maßgeblich von den Feuchteverhältnissen abhängig ist, konnte durch einen zusätzlichen Laborversuch gezeigt werden. Während die Luft- und Bodentemperaturen mit durchschnittlich 20 °C fast identisch zu denen im Freiland waren, wurde der Boden in den Versuchsbehältern zweimal pro Woche bewässert, so dass er mäßig feucht war und eine Luftfeuchte von 80 % vorlag. Dadurch waren optimale Feuchteverhältnisse für die Nematoden gegeben, so dass die adulten Ohrwürmer von den Pathogenen befallen und abgetötet wurden (Abbildung 163). Auch VOGT & KÖPPLER (2003) erzielten mit *H. bacteriophora* unter Laborbedingungen wesentlich höhere Wirkungsgrade auf die Kirschfruchtfliege (*Rhagoletis cerasi* LINNAEUS 1758) als unter Freilandbedingungen. Die Autoren konnten im Labor die für die Nematoden überlebensnotwendige Bodentemperatur und Bodenfeuchte besser erzeugen und regulieren als im Freiland.

Zusätzlich zur Bodenfeuchte bestimmt auch die Bodenbeschaffenheit die erfolgreiche Ansiedlung von Fadenwürmern, da die Organismen auf das Wasserspeichervermögen und die -durchlässigkeit sowie der Bodendurchlüftung reagieren. BARBERCHECK & KAYA (1991) wiesen in Feldstudien nach, dass sich Nematoden in verdichteten Böden wie tonigem Lehm oder schluffigem Ton nur eingeschränkt verteilen können. Schwere Böden bilden durch den hohen Ton- und Lehmanteil Staunässe und in Folge ergibt sich Sauerstoffmangel (SCHEFFER et al. 1998), so dass die Nematoden absterben können. Die hohe Nematodenaktivität in leichteren Böden wie im lehmigen Sand führen BARBERCHECK & KAYA (1991) auf die bessere Wasserdurchlässigkeit sowie die gute Bodendurchlüftung zurück. Der projektbezogene Versuch fand in einer Rebanlage mit sandigem Lehm statt. Diese Bodenart fördert nach den Ergebnissen von BARBERCHECK & KAYA (1991) die Ansiedlung von *H. bacteriophora*. Es ist davon auszugehen, dass nicht durch die Bodenart für die ausbleibende reduzierende Wirkung des Nematodenpräparats verantwortlich war, sondern hauptsächlich die sehr geringe Bodenfeuchtigkeit.

Inwieweit das Entwicklungsstadium von *F. auricularia* Einfluss auf die Nematodeninfektion hat, wurde im Laborversuch nicht abgeklärt, da zu dieser Zeit noch nicht die Publikation von SMITS et al. (1994) vorlag. Die Autoren konnten durch Freilandversuche in Niederländischen Sportanlagen und Rasenflächen nachweisen, dass sich die Anfälligkeit der Larven des

Gartenlaubkäfers (*Phyllopertha horticola* LINNAEUS 1758) gegenüber *Heterorhabditis*- und *Steinernema*-Isolaten mit fortschreitendem Entwicklungsstadium erhöht, so dass bei L₃-Larven ein Wirkungsgrad von annähernd 100 % erreicht wurde. Die Autoren vermuten, dass die Eintrittspforten für die Fadenwürmer bei den L₃-Larven größer sind als bei den vorhergehenden Entwicklungsstadien und dass mit zunehmender Körpergröße die Wahrscheinlichkeit eines Zusammentreffens zwischen Wirt und Pathogen steigt. In neueren Studien zur Befallsregulation des Maiswurzelbohrers (*Diabrotica virgifera* LÉCONTE 1858) konnte gezeigt werden, dass *H. bacteriophora* das dritte Larvenstadium und die Puppen schneller dezimierte als die beiden ersten Larvenstadien (KURTZ et al. 2009). Da L₄-Larven von *F. auricularia* nur geringfügig kleiner sind als die Imagines, lassen sich die Resultate von SMITS et al. (1994) auch auf den Ohrwurm übertragen. Ob allerdings auch L₂- und L₃-Larven durch Nematoden infiziert werden können, ist nach den Ergebnissen von SMITS et al. (1994) zu bezweifeln, da diese Stadien sehr klein und weniger bewegungsaktiv sind (LAMB 1976a, 1976b).

FAZIT: Mit der Nematodensuspension „Nematop[®]50“ konnte in der Rebanlage kein befallsreduzierender Effekt auf *F. auricularia* erzielt werden, weil die insektenpathogenen Organismen durch die Applikationsmethode und die zu niedrigen Luft- und Bodenfeuchten in der Rebanlage abstarben, bevor sie einen Wirt infizieren konnten. Außerdem wären die Kosten für einen großflächigen Einsatz in der weinbaulichen Praxis zu hoch, denn eine Packung Nematop[®] 50 kostet bei dem Hersteller e-Nema GmbH 20 Euro und reicht nur für 100 m² (E-NEMA 2007).

Folienabdeckung in Gassenmitte

Die dammartig aufgeschobene Folienkonstruktion in der Gassenmitte hatte keinen Anziehungseffekt auf den Gemeinen Ohrwurm. Unter der Folie hielten sich deutlich weniger Individuen auf als im Bodenabschnitt der angrenzenden Rebzeilen (Abbildung 105). Ferner waren die Unterschiede der Befalldichten zwischen den am Foliendamm stehenden Rebstöcken und denen in weiter entfernten Reihen nicht signifikant (Abbildung 106).

Mögliche Erklärungen für die geringen Besiedlungsraten im Folienhabitat waren die im Vergleich zur Rebanlage signifikant höheren Tages- und Nachtmitteltemperaturen. Unter der schwarzen Kunststoff-Folie betrug die durchschnittliche Tagestemperatur generell 25 °C und an 23 von 51 Versuchstagen lag sie sogar bei 30 bis 40 °C (Abbildung 107). Die hohen Tagestemperaturen waren vermutlich die Hauptursache dafür, dass der Folienwall von *F. auricularia* weitestgehend gemieden wurde. VAN HEERDT (1946) und LAMB (1975) stellten in Labor- und Freilandversuchen fest, dass die artspezifische Letaltemperatur bei 38 bis 39 °C liegt. Auch WEYRAUCH (1929) wies mit Laborstudien nach, dass die Ohrwürmer

Bodenabschnitte mit einer Temperatur von 30 bis 35 °C verließen. Ferner wird in der Literatur darauf verwiesen, dass die Art schon bei einem Julimittel von 24 °C merklich seltener vorkommt (BEIER 1959). Im Foliendamm betrug die tagsüber gemessene Durchschnittstemperatur von 1. bis 20. Juli 29 °C. In Anlehnung an die Erkenntnisse von BEIER (1959) lassen sich damit die niedrigen Besiedlungsdichten unter der Folie begründen. Die durchschnittlichen Tages- und Nachtlufffeuchten waren voraussichtlich nicht der Grund für die geringe Attraktivität des neuen Habitats. Sowohl tagsüber wie auch nachts wurden unter der Folie signifikant höhere Luftfeuchten als in der Rebanlage aufgezeichnet, die tagsüber vorwiegend zwischen 70 bis 90 % lagen und somit dem artspezifischen Feuchteoptimum entsprachen (BEIER 1959) (Abbildung 108).

Neben den ungünstigen Tagestemperaturen hat wahrscheinlich auch der Mangel an Nahrungsressourcen dazu geführt, dass der Folienwall von *F. auricularia* kaum besiedelt wurde. Die Nahrungsverfügbarkeit im Umfeld des Tagesrefugiums ist eine begrenzende Ressource und bestimmt die Nutzung des Versteckes (LAMB 1975). Durch Probegrabungen im Erddamm nach Beendigung des Versuchs hat sich gezeigt, dass sich im aufgeschobenen Bodenbereich im Vergleich zur Laubwand nur wenige attraktive Futterquellen wie vereinzelte unreife Samen, Pilzsporen und Detritus befanden.

FAZIT: Der aufgeschobene Erddamm mit schwarzer Folienabdeckung in Gassenmitte wurde von *F. auricularia* nicht als Ersatzhabitat angenommen, so dass die Tiere weiter in die Laubwand der angrenzenden Rebstöcke eingewandert sind und der Ohrwurm-Befall nicht reduziert werden konnte.

Strohauflage in unbegrünter Gasse

Da während des gesamten Versuchszeitraumes sehr niedrige Individuendichten im Boden- und Laubwandbereich ermittelt wurden (Abbildung 117), konnte nicht festgestellt werden, ob die positiven Eigenschaften der Mulchauflage, wie zum Beispiel erhöhte Habitatheterogenität (ANDERSON 1978) und zunehmende Nahrungsressourcen (HAVELIN et al. 1990), einen Einfluss auf die Besiedlungsdichten von *F. auricularia* haben.

Prinzipiell wurde davon ausgegangen, dass sich Strohmulch in vielerlei Hinsicht fördernd auf die Ansiedlung des Gemeinen Ohrwurms auswirken kann. Beispielsweise bietet die Bodenauflage dem Ohrwurm neue strukturreiche und dunkle Mikrohabitate während der Überwinterungs-, Brut- und Aktivitätsphase, die vor ungünstigen Witterungseinflüssen und Räubern schützen (ANDERSON 1978, GOOD & GILLER 1991). Bereits bei anderen Arthropodengruppen wie den Kurzflügelkäfern (Staphylinidae), die ebenfalls Lückensystembewohner sind und deren Brut- und Überwinterungsperiode auch unterirdisch stattfindet, wurde die anziehende Wirkung von Weinbergen mit Strohmulch und der sich

daraus ergebende Anstieg der Arten- und Individuenzahlen im Vergleich zu unbegrünten Anlagen aufgezeigt (HUTH 2005).

Ferner wird durch die steigende Zufuhr an organischem Material das Angebot an Nahrungsressourcen erhöht (HAVELIN et al. 1990), die von den in der Mulchschicht lebenden Milben (Acari), Springschwänzen (Collembola) und Insektenlarven genutzt werden (RIECHERT & BISHOP 1990). Da diese Destruenten auch gleichzeitig als potentielle Beutetiere für den omnivoren Ohrwurm in Frage kommen und in der Mulchschicht noch weitere artspezifische Nahrungsquellen wie Pilze und zersetztes organisches Material vorhanden sind (BEIER 1959, EKSCHMITT et al. 1997), könnte die Mulchschicht sehr anziehend auf *F. auricularia* wirken. RIECHERT (1990) konnte in gemulchten Flächen deutlich mehr Beutetiere für Käfer- und Spinnenarten registrieren.

Ein letzter Faktor, der für die bevorzugte Besiedlung des Strohmulchs relevant wäre, ist die Temperatur, die in der Strohaufgabe gerade zur Brutphase im noch kühlen Frühjahr höhere Werte annimmt als in den begrünten und unbegrünten Bodenbereichen. Da die Larvalentwicklung von *F. auricularia* stark temperaturabhängig ist und die Weibchen frostfreie Bruträume zum Schutz der Eier und der Larven aufsuchen (LAMB 1976a, 1976b), bietet sich die Strohschicht aufgrund der hier herrschenden milden Temperaturen als Bruthabitat an.

FAZIT: Aufgrund der sehr geringen Individuendichten am Boden und in der Laubwand der Versuchsanlage konnte nicht nachgewiesen werden, ob durch das Ausbringen von Strohmulch in den Fahrgassen die Befallsdichten von *F. auricularia* am Rebstock reduziert wurden. Falls eine befallsregulierende Wirkung auf den Ohrwurm aufgetreten wäre, hätte der weinbaulichen Praxis eine kostengünstige Methode zur Befallsregulation zur Verfügung gestanden, da Strohaufgaben in Rebflächen auch als Humus- und Nährstofflieferant sowie zum Erosions- und Verdunstungsschutz eingesetzt werden (BAUER et al. 2004).

4.3.2 Maßnahmen mit befallsregulierender Wirkung

Tiefengrubbern mit Umbrechen der Begrünung

Mittels der zwei Maßnahmen „1 x Tiefengrubbern (Herbst) + Begrünungsumbruch“ und „2 x Tiefengrubbern (Herbst, Frühjahr) + Begrünungsumbruch“ wurde das Überwinterungs- und Brutverhalten von *F. auricularia* kaum beeinflusst (Abbildung 115, 116). Zwar waren die Nestanzahl und die Anzahl an überwinternden Adulten im bearbeiteten Bereich geringer als in den ungestörten Kontrolltransekten, jedoch waren diese Unterschiede nicht signifikant (Abbildung 113). Der minimale befallsregulierende Effekt war mit hoher Wahrscheinlichkeit auf das gestörte Bodengefüge und die veränderte Bodendurchwurzelung zurückzuführen.

Die im Vorfeld des Versuches durchgeführte Nestkartierung hat ergeben, dass *Forficula*-Nester in Bodentiefe von 1 bis 20 cm angelegt werden (Tabelle 24, 27). Entsprechend wurde die Bodenlockerung in diesem Bereich vorgenommen, um die hier angelegten Brutröhren mit den Eiern und überwinternden Weibchen zu schädigen. Bei Laufkäfern (Carabidae) wurde die Sensibilität der überwinternden und damit relativ unbeweglichen Adulten gegenüber der Bodenbearbeitung im Herbst schon beschrieben (EKSCHMITT et al. 1997), weil größere epigäische Arthropoden, zu denen auch der Gemeine Ohrwurm zählt, schneller durch Bodenbearbeitungsprozesse verletzt werden als kleine (HEYDEMANN 1953). *F. auricularia* betreibt wie bereits beschrieben aktive Brutpflege. Ohne den intensiven Beitrag der Mutter verpilzen die Eier in kürzester Zeit (BEIER 1959, LAMB 1976a, 1976b). Durch den abrupten und bis 20 cm tiefen Eingriff in das Bodengefüge wurden mit hoher Wahrscheinlichkeit viele Weibchen verletzt oder abgetötet, so dass folglich auch die Eier abstarben.

Da die Wurzelsysteme der Begrünungspflanzen, insbesondere die Pfahlwurzeln des Gemeinen Löwenzahns, in den Nestbau integriert werden (Abbildung 90, 92, Tabelle 25), hat sich vermutlich die durch den Umbruch des Bodens bedingte Veränderung in der Bodendurchwurzelung negativ auf das Brutverhalten ausgewirkt. Dadurch, dass die Begrünungspflanzen durch das Grubbern aus dem Substrat gerissen wurden, ist wahrscheinlich ein Großteil der Gelege zerstreut worden. *Forficula*-Weibchen können in kürzester Zeit zerstreute Eier wieder einsammeln und in einem neuen Nest formieren (FULTON 1924, LAMB 1976a, 1976b). Es kann davon ausgegangen werden, dass die Weibchen in den stark umgelagerten Boden- und Vegetationsschichten nicht alle Eier wieder fanden und keine neuen Brutröhren anlegten. Außerdem wurden durch die Nestkartierungen und das Dauermonitoring in den drei Projektjahren nachgewiesen, dass der Gemeine Ohrwurm unbegrünte Bodenabschnitte mit intensiver Bodenbearbeitung als Brut- und Überwinterungshabitat oft meidet (Kapitel 3.2.4, 3.3). Für andere epigäische Arthropodengruppen (Carabidae, Staphylinidae, Araneae) wurde belegt, dass die Intensität der Bodenbearbeitung ein Schlüsselfaktor für Arten- und Individuenverteilung ist (EKSCHMITT et al. 1997, GEROWITT & WILDENHAYN 1997, PERNER & MALT 2003).

Beide Bodenbearbeitungsmaßnahmen dezimierten die Nester und überwinternden Adulten in vergleichbarer Weise (Abbildung 114). Im Vorfeld des Versuches wurde angenommen, dass das zweimalige Grubbern die überwinternden Imagines und die Eier noch mehr schädigt. Bereits durch den ersten störenden Eingriff im Spätherbst könnte ein Großteil der Individuen und ihrer Nester geschädigt worden sein, so dass nachfolgend die Wiederbesiedlung dieser Parzelle vor der zweiten Maßnahme im April eventuell ausblieb. Denn Ende Oktober/Anfang November befinden sich die Adulten in der Winterruhe und sind daher nicht mehr auf der Bodenoberfläche aktiv, um neue Habitate und Nahrungsquellen

aufzusuchen (LAMB 1976a, 1976b, GOODACRE 1997). Demzufolge hatte voraussichtlich der zweite Bodenumbruch gar keinen Effekt mehr, weil bereits nach dem ersten eine Befallsregulation eintrat.

FAZIT: Die Untersuchung hat gezeigt, dass mit den beiden Maßnahmen „1 x Tiefengrubbern (Herbst) + Begrünungsumbruch“ und „2 x Tiefengrubbern (Herbst, Frühjahr) + Begrünungsumbruch“ während der Überwinterungs- und Brutphase von *F. auricularia* die Befallszahlen in der Laubwand, insbesondere während der Aufwanderungsphase im Juni, schwach reduziert werden können (Abbildung 116). Wie durch das Dauermonitoring 2007 bis 2009 nachgewiesen wurde, könnte die befallsreduzierende Wirkung des Bodenumbruchs durch jährliche Wiederholungen verstärkt werden (Kapitel 3.2.4). Weiterhin könnten durch ein an den Begrünungsumbruch anschließendes Feingrubbern gut durchwurzelte Erdschollen so zerkleinert werden, dass die sich darin befindenden Eier und Adulten abgetötet werden. Obwohl das Tiefengrubbern mit dem Umbruch der Begrünung nur einmal im Spätherbst als befallsreduzierende Maßnahme im Boden angewendet werden müsste, ist der großflächige Eingriff in die Begrünung nur bedingt umsetzbar. Die Dauerbegrünung ist essentiell für den Erosions- und Grundwasserschutz, die Humusproduktion, die wetterunabhängige Befahrbarkeit der Rebanlage und die Förderung der Artenvielfalt (BAUER et al. 2004).

Mechanische Störung der Begrünung

Durch die Ende Juni angewandte mechanische Störung der Begrünung mit der Kreiselegge in einer dauerbegrüneten Parzelle konnten die Befalldichten am Boden und in der Laubwand des Versuchsplots gegenüber dem störungsfreien Begrünungsstreifen gesenkt werden (Abbildung 109, 111). Der Ohrwurm-Befall in den Reben wurde bis zu drei Wochen nach der Maßnahme signifikant reduziert (Abbildung 111).

Die Abnahme der Individuenzahlen am Boden ist höchstwahrscheinlich auf den störenden Eingriff in die Vegetationsschicht zurückzuführen. Ende Juni/Anfang Juli findet die artspezifische Aufwanderungsphase von der Bodenoberfläche in den Rebstock statt (Kapitel 3.4), weshalb sich noch viele L₄-Larven und Adulte in den Refugien der Krautschicht aufhalten. Die Störungen der Begrünung könnten zum einen dazu geführt haben, dass die weniger lauffaktiven Jungstadien (GERSTMEIER & LANG 1996) durch die Kreiselegge verletzt oder abgetötet wurden. Aber auch bei den Adulten kann eine direkte körperliche Schädigung durch die maschinelle Bodenbearbeitung nicht ausgeschlossen werden, da *F. auricularia* als flugträge gilt und das Insekt nur in seltensten Fällen fliegt (BEIER 1959, GÜNTHER & HERTER 1974). Durch den während des Fluges S-förmig gekrümmten, senkrecht herabhängenden Körper werden Flughöhen von höchstens 1½ m und Distanzen von maximal 10 m erreicht

(BEIER 1959). Bei Lichtfängen in cirka 10 m Höhe am Rande einer Leipziger Wirtschaftwiese wurden keine fliegenden Exemplare von *F. auricularia* nachgewiesen, obwohl die Art das für den Versuch genutzte Areal besiedelte (LEHMANN & MATZKE 2004).

Andererseits könnten die Individuen infolge der plötzlichen Habitatveränderungen und des damit verbundenen Wegfalls an bodennahen Tagesquartieren in die angrenzenden begrünten Gassen abgewandert sein. Bei anderen epigäischen Arthropoden wie Lauf- und Kurzflügelkäfern sowie Spinnen wurde in agrarökologischen Studien belegt, dass die Umstellung der Bewirtschaftung unmittelbar eine Veränderung in der Artendiversität und Abundanz zur Folge hat (EKSCHMITT et al. 1997, GEROWITT & WILDENHAYN 1997, PERNER & MALT 2003).

Eine weitere Erklärung für das Verlassen des gestörten Bereiches könnte das reduzierte Nahrungsangebot für die Insekten gewesen sein, das sich aus dem Umbruch der blühenden Begrünungspflanzen, insbesondere des deckungsstarken Löwenzahns ergab. Unter anderem gehören die Staubgefäße, die Stempel sowie der saftige Blütengrund des Löwenzahns zu den bevorzugten Nahrungsquellen des Gemeinen Ohrwurms (BEIER 1959). Es ist davon auszugehen, dass durch den Umbruch der Begrünung diese Nahrungsquellen zerstört oder durch den Eingriff ins Habitatgefüge nicht mehr aufgesucht wurden. Aufgrund der bereits diskutierten Gründe für die Befallsregulation am Boden, wanderten nur noch einzelne Individuen am Rebstock auf. Dadurch verringerten sich die Individuendichten in der Laubwand der Bodenpflegeparzelle gegenüber der ungestörten und dauerbegrünten Bereiche in Abhängigkeit vom jeweiligen Fangintervall signifikant (Abbildung 111).

FAZIT: Im zweiten Jahr nach der Maßnahme konnte keine befallsregulierende Wirkung auf die Ohrwürmer am Boden und in der Laubwand der ehemaligen Bodenpflegeparzelle mehr festgestellt werden (Abbildung 110, 112). Aufgrund dieser Ergebnisse ist ersichtlich, dass jedes Jahr ein störender Eingriff in die Bodenvegetation erfolgen muss, um einen befallsreduzierenden Effekt während der Aufwanderungsphase zu erreichen. Denn durch das gelockerte Substrat, in dem sich nach wenigen Wochen erneut natürlich aufkommende Begrünungspflanzen wie Vogel-Sternmiere und der Gemeine Löwenzahn ansiedeln, werden optimale Raum- und Nahrungsressourcen für *F. auricularia* geschaffen. Grundsätzlich ist diese Methode zur Befallsregulation des Ohrwurms im Juni geeignet, da der Begrünungsumbruch noch weitere Vorteile hat. Beispielsweise wird die Wasserkonkurrenz zwischen Begrünung und Rebstock im Sommer minimiert, Bodenverdichtungen werden vermieden und unerwünschte oder zu stark aufgewachsene Begrünungspflanzen werden reduziert (BAUER et al. 2004).

4.4 Befallsregulation in der Laubwand

4.4.1 Maßnahmen ohne befallsregulierende Wirkung

Repellentsubstanz 2-Methyl-1,4-benzochinon

Die 2-Methyl-1,4-benzochinon-Lösungen in den Konzentrationen 0,01 M und 0,1 M hatten unter Freilandbedingungen nur eine schwache, nicht signifikante Repellentwirkung auf *F. auricularia*, die mit steigender Konzentration nur minimal zunahm (Abbildung 141). Obwohl WALKER et al. (1993) im Laborversuch nachwies, dass eine wie im *Forficula*-Abwehrsekret enthaltene 0,01 M und 0,1 M 2-Methyl-1,4-benzochinon-Lösung einen signifikanten Abstoßungseffekt auf die Versuchstiere hatte, konnten diese Ergebnisse in der ersten Freilandstudie nicht bestätigt werden. Da WALKER et al. (1993) geschlossene Versuchsbehälter verwendeten, verflüchtigte sich die Substanz vermutlich nicht so schnell wie aus der gut durchlüfteten Holzwollfüllung der Eierpappen, so dass der Repellenteffekt in den Laborgefäßen stärker war und auch länger anhielt. In einem offenen System, wie zum Beispiel der Rebanlage, ist die Substanz direkt nach der Ausbringung aus der Holzwollfüllung aufgrund der sehr leichten Flüchtigkeit im gasförmigen Medium ausgedampft (BEYER & WALTER 1984).

Dass Benzochinon im Freiland schnell wirkungslos wird, hat sich dadurch gezeigt, dass die behandelten Fangeinheiten nicht mehr repellent wirkten, sobald eine für den Ohrwurm attraktive Nahrungsquelle wie Honig mit ins Falleninnere gegeben wurde. Folglich wurden nach der Honigzugabe in den Benzochinon-Fallen fast doppelt so viele Individuen erfasst als in der Kontrolle (Abbildung 141). Sofern von dem künstlichen Tagesrefugium noch eine abstoßende Wirkung ausgegangen wäre, hätten die Insekten die Eierpappen trotz ihrer großen Vorliebe für Zuckerverbindungen (LAHUSEN et al. 2006) nicht so zahlreich aufgesucht.

Ferner könnten die Verkotungen in den Eierpappenfallen und in deren unmittelbarem Umfeld dazu geführt haben, dass die attraktive Wirkung des Ohrwurmkots die noch vorhandene Repellentwirkung des Benzochinons in den Fangeinheiten aufgehoben beziehungsweise überdeckt hat. WALKER et al. (1993) haben mittels GCMS-Analytik Aggregationspheromone im Kot nachgewiesen und auch die Ausscheidungen als Pheromon eingestuft. Da *F. auricularia* regelmäßig tote Artgenossen und Exuvien frisst, reichern sich im Kot die als Pheromone fungierenden Alkane an, die in der Cuticula des Exoskeletts enthalten sind (WALKER et al. 1993). Ferner haben die Autoren in Freilandstudien festgestellt, dass die frischen Exkrete, die in großen Mengen an attraktiven Tagesruheplätzen abgegeben werden, sehr anziehend auf Artgenossen wirken, weil sich daran ergiebige Futterquellen für Zuwanderer erkennen lassen (LAMB 1975). Die von WALKER et al. (1993) nachgewiesene

Attraktivität von frischem Kot wurde in stark verkoteten und dementsprechend attraktiven Ohrwurm-Refugien des Rebstockes, wie zum Beispiel im Traubeninneren, in eingerollten Blattspreiten, an zusammenstoßenden Trieben und zwischen Metall- und Holzstickeln, regelmäßig in allen Freilandversuchen von 2007 bis 2009 beobachtet.

In einer weiteren Studie wurde überprüft, ob von Eierpappenfallen, deren Holzwoölfüllung in einer Kotlösung getränkt wurde, eine Repellentwirkung ausgeht und ob es gelingt, die Insekten vom Fallenumfeld fernzuhalten. Die Auswertung ergab, dass sich die Fangzahlen der Kot- und Kontrollfallen nur geringfügig unterschieden (Abbildung 141) und demzufolge keine abstoßende Wirkung von der Fangeinheit ausging. Bei Versuchen unter Laborbedingungen wirkten die chinonhaltigen Ausscheidungen selbst in geschlossenen Behältern auf *F. auricularia* nicht abweisend (WALKER et al. 1993). Vermutlich wurde in beiden Studien die abstoßende Wirkung des Benzochinons durch die in der Kotlösung beziehungsweise im Kot enthaltenen Aggregationspheromone überdeckt, so dass die Versuchstiere die behandelten Bereiche nicht verließen.

FAZIT: Der Versuch hat gezeigt, dass sich Holzwole nicht als Trägermedium für 2-Methyl-1,4-benzochinon eignet, weil die Substanz sehr schnell ausdampft. Es müsste in Anlehnung an den zur Traubenwickler-Bekämpfung eingesetzten Dispenser ein im Aufbau ähnliches Kunststoffgehäuse entwickelt werden, aus dem 2-Methyl-1,4-benzochinon langsam und in gleichen Mengen ausdampft, um die Insekten aus der Traubenzone von Mai bis September fernzuhalten. Die Entwicklung eines solchen biotechnischen Bekämpfungsverfahrens ist jedoch sehr kosten- und zeitintensiv.

Pflanzenstärkungsmittel ENVIREpel

Der unter Freilandbedingungen getestete Knoblauchextrakt ENVIREpel hatte keine Repellentwirkung auf *F. auricularia*, denn die Befallsdichten im Laubwandbereich und in den Trauben der ENVIREpel-Parzelle waren höher als in der unbehandelten Kontrolle (Kapitel 3.6.5, Abbildung 143). Da die Knoblauchlösung eher eine attraktive Wirkung auf das Insekt hatte, konnten die Meldungen aus der weinbaulichen Praxis über eine abstoßende Wirkung auf den Ohrwurm nicht bestätigt werden.

Durch die erstmalige Untersuchung zur Wirkung von ENVIREpel auf *F. auricularia* existieren noch keine Vergleichsstudien, in denen näher auf die Wirkungsweise des Präparats eingegangen wird. Daher wäre in weiteren Studien abzuklären, welche Verbindungen im Knoblauchextrakt auf den Gemeinen Ohrwurm anziehend wirken und inwieweit diese in ihrer Attraktivität mit dem artspezifischen Aggregationspheromon vergleichbar sind. In der Fachliteratur wird lediglich darauf hingewiesen, dass das im Knoblauch enthaltene schwefelhaltige Allicin antibiotische Wirkung auf Bakterien, Viren, Hefe- und Schimmelpilze

hat und die ätherischen Öle des Knoblauchs auf viele Schadinsekten wie Rüsselkäfer (Curculionidae), Thripse (Thysanoptera) und Zikaden (Auchenorrhyncha) abstoßend wirken (DÖRFLER & ROSELT 1997, JULIUS KÜHN-INSTITUT 2009).

FAZIT: Durch die Feldversuche wurde nachgewiesen, dass das Pflanzenstärkungsmittel ENVIRepel keine zusätzliche Repellentwirkung auf *F. auricularia* in der Laubwand und in den Trauben hatte.

Ausdünnung der Laubwand mit dem Vollernter

Obwohl die Ergebnisse gezeigt haben, dass durch eine einmalig angewendete maschinelle Traubenausdünnung die Individuenzahlen in der Laubwand reduziert werden können (Abbildung 144), sollten diese Resultate unter Vorbehalt betrachtet werden. Aus Zeitgründen wurde der Stichprobenumfang des Versuchs reduziert, weshalb die Ergebnisse nicht nur auf die Wirkung der Traubenauflockerung sondern auch auf natürlich bedingte Schwankungen der Individuenzahlen zurückzuführen sein könnten. Andererseits bestanden zwischen den Fangzahlen der einzelnen Transekte starke Schwankungen, so dass keine deutliche Aussage zur Wirkung der Traubenausdünnung möglich war (Abbildung 144).

Die mögliche befallsreduzierende Wirkung der maschinell aufgelockerten Trauben auf *F. auricularia* kann zum einen aus dem abrupten maschinellen An- und Abschlagen der Trauben resultieren, wodurch sich die Insekten schlagartig zu Boden fallen lassen. Dieses Fluchtverhalten beschreibt auch BREUER (2008), der bei Traubenbonituren im Freiburger Raum beobachtet hat, dass die Ohrwürmer bei mechanischen Störungen die Trauben schnell verlassen. Weiterhin ist auch schon aus früheren Populationsstudien bekannt, dass der Gemeine Ohrwurm bei plötzlichen Habitaterschütterungen eine Fluchtreaktion zeigt (BEIER 1959). Zum anderen könnten die aufgelockerten Trauben aufgrund des nun stärkeren Lichteinfalls ins Traubeninnere als Tagesrefugium für die lichtscheuen Insekten nicht mehr attraktiv gewesen sein. Gleiche Beobachtungen beschreiben WEGNER-KIß (2007), BREUER (2008) und BRÜSSEL (2009). In ihren Untersuchungen haben sie festgestellt, dass ein aufgelockertes Traubengerüst weniger artgerechte Versteckmöglichkeiten für den Ohrwurm bietet und sich dadurch die Befallsdichte reduziert.

FAZIT: Dieses Verfahren ist zur Verringerung des Befallsdrucks für die weinbauliche Praxis ungeeignet, da der befallsreduzierende Effekt auf *F. auricularia* nur kurzzeitig anhält. Die Insekten suchen ihr ursprüngliches Habitat wieder auf, weil neben den aufgelockerten Trauben immer noch ungeschädigte kompakte Trauben in der Laubwand vorhanden sind, die der Art optimale Raumressourcen bieten. Ferner führen die maschinell bedingten Verletzungen der Trauben dazu, dass aus den beschädigten Einzelbeeren Fruchtsaft austritt, der durch die enthaltenen Zuckerverbindungen sehr anlockend auf *F. auricularia* wirkt (BEIER

1959, LAHUSEN 2006). Zusätzlich finden die Ohrwürmer an den verletzten Beeren weitere Nahrungsquellen wie das Beerenfleisch und auf der beschädigten Cuticula wachsendes Pilzmycel vor, wodurch der Befallsdruck in der Traubenzone wieder zunehmen kann.

Ein- und beidseitige Entlaubung der Traubenzone

Durch die beiden Entlaubungstechniken gelang es nicht, die Befalldichten in der Traubenzone während des Versuchszeitraumes signifikant zu senken (Abbildung 148). Eine Woche nach der Maßnahme unterschieden sich die Individuenzahlen zwischen Kontroll- und Entlaubungsparzellen nur minimal (Abbildung 145).

Diese Ergebnisse lassen sich anhand der gemessenen Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit in den Kontroll- und Entlaubungstransekten begründen. Es war bemerkenswert, dass sich die Tag- und Nachttemperaturen sowie die relativen Tag- und Nachtluftfeuchten der drei Versuchsansätze nur geringfügig unterschieden (Abbildung 146, 147). Die Vermutungen im Vorfeld der Studie, dass sich die Klimabedingungen mit zunehmender Entlaubung durch die stärkere Sonneneinstrahlung in die Traubenzone für *F. auricularia* verschlechtern und die Insekten daraufhin die entlaubten Bereiche verlassen, wurden nicht bestätigt. Es wurde angenommen, dass die Tagestemperatur in der beidseitig entblätterten Traubenzone dauerhaft steigt und regelmäßig Werte von deutlich mehr als 24 °C erreicht, womit das artspezifische Temperaturoptimum überschritten ist und die Insekten diese Zone verlassen. BEIER (1959) weist darauf hin, dass der Gemeine Ohrwurm bei einem Julimittel von 24 °C merklich seltener auftritt. Weiterhin wurde angenommen, dass sich die Tagesluftfeuchtigkeit in der beidseitig entlaubten Parzelle dauerhaft auf Werte von 40 % senkt, weil sich die Luftzirkulation und die Sonneneinstrahlung in der Traubenzone durch die entfernten Rebblätter stark erhöht (MOHR 2005). Eine derartige verringerte Luftfeuchte hätte sicherlich zu einer Abwanderung der Insekten geführt, da das artspezifische Feuchteoptimum in einem Bereich von 70 bis 90 % liegt und *F. auricularia* Luftfeuchten um die 40 % nur wenige Tage toleriert (BEIER 1959).

Parallel zu den Entlaubungsstudien in Neustadt-Mußbach 2008 fanden im Rahmen einer Diplomarbeit an der Fachhochschule Geisenheim ebenfalls Entblätterungsversuche im Weinanbaugebiet Rheinhessen statt. Es sollte überprüft werden, ob eine frühe Entblätterung in der Sorte Chardonnay zu einer Abnahme der Befalldichten von *F. auricularia* in der Traubenzone führt (BRÜSSEL 2009). Da die Autorin zur Individuenerfassung dieselben Fallentypen und zur Messung der Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit die gleichen Datenlogger einsetzte sowie denselben Versuchsaufbau verwendete, konnten ihre Ergebnisse sehr gut mit den eigenen Resultaten verglichen werden. Auch BRÜSSEL (2009) wies nach, dass sich die Fangzahlen zwischen der nicht entlaubten Kontrolle und den

beidseitig maschinell sowie einseitig manuell entblätterten Abschnitten nur minimal unterschieden. Wie in den Neustädter Versuchen ergaben sich diese Ergebnisse aus den fast identischen Lufttemperatur- und Luftfeuchtebedingungen in den Kontroll- und Entlaubungstransekten, woraus sich eine ähnliche Aktivität und demzufolge auch Befallsdichte von *F. auricularia* unabhängig von der Beblätterung ableitete.

Trotz der ausgebliebenen Primärwirkung der Entblätterung, die eine direkte Befallsregulation zur Folge hat, wies BRÜSSEL (2009) bei Untersuchungen des Leseguts einen Sekundäreffekt nach. Da die Trauben aus den Entlaubungstransekten stärker verrieselten und dadurch auch lockerbeeriger und gesünder waren, wurden in diesen Trauben weniger Ohrwürmer gefunden als in dichtbeerigen und damit zur Fäulnis neigenden Trauben der nicht entblätterten Kontrolle. Gleiche Ergebnisse wurden 2007 bei dem in Neustadt-Mußbach durchgeführten Traubenzonenversuch erzielt (Kapitel 3.2.3). WEGNER-KIß (2007) betont, dass durch Auflockerung der Traubenstruktur (zum Beispiel Einsatz von Gibberellinsäure, Traubenteilen) der Ohrwurmbefall reduziert werden kann. Ferner stellte BREUER (2008) bei Spätburgunder-Trauben mit einem lockeren Traubengerüst fest, dass diese keine bevorzugten Schlupfwinkel für *F. auricularia* waren und dass der Ohrwurmbefall mit der Kompaktheit der Trauben zunahm.

FAZIT: Eine einmalig durchgeführte ein- und beidseitige Entlaubung verringerte die Befallsdichten des Gemeinen Ohrwurms in der Traubenzone nicht. Jedoch haben viele Meldungen aus der weinbaulichen Praxis bestätigt, dass eine dreimal während der Traubenreife maschinell durchgeführte einseitige Entblätterung und vor allem die beidseitige manuelle Entlaubung um die Trauben dazu führt, dass die Individuenzahlen abnehmen. Zum anderen resultiert aus der frühzeitigen Entlaubung (Ende Mai/Anfang Juni) ein Verrieselungseffekt, der die Trauben auflockert und Fäulnis und Ohrwurm-Befall reduziert.

Laubwandkalkung mit Hydrocal®SUPER 85

Das Kalkpräparat Hydrocal®SUPER 85 hatte weder eine schädigende noch eine abstoßende Wirkung auf *F. auricularia*. In der behandelten Laubwand wurden in Abhängigkeit vom Fangzeitpunkt entweder nur geringfügig weniger oder sogar mehr Ohrwürmer erfasst als in der Kontrolle (Abbildung 148). Ein weiterer Beweis dafür, dass die Laubwandkalkung keinen befallsreduzierenden Effekt auf die Insekten hatte, waren die im Vergleich zur Kontrolle wesentlich niedrigeren Individuendichten am Boden der gekalkten Rebstöcke (Abbildung 149). Falls Hydrocal®SUPER abtötend oder abweisend auf *F. auricularia* gewirkt hätte, wären die Ohrwürmer aufgrund der Körperschädigungen vermutlich zu Boden gefallen oder aus den gekalkten Bereichen abgewandert, so dass die Fangzahlen in den Barberfallen wahrscheinlich angestiegen wären. Außerdem wurden

während der wöchentlichen Fallenleerungen keine Individuen in den gekalkten Trauben oder Rebblättern aufgefunden, die Verätzungen am Exoskelett aufwiesen oder deren Motorik durch neuronale Schädigungen gestört war. Alle beobachteten Ohrwürmer zeigten in der Kontroll- und Kalkparzelle tagsüber das arttypische Versteck- und Aggregationsverhalten.

Selbst wenn die Laubwandkalkung einen schädigenden oder abstoßenden Einfluss auf die Insekten gehabt hätte, wäre die Wirkung aufgrund der ungleichmäßigen Applikation des Kalkbelages nur gering ausgefallen. Zum einen lagerte sich die Kalkschicht bei dichtbeerigen Trauben nur im äußeren Bereich an, so dass die Ohrwürmer im Traubeninneren von dem Mittel nicht erreicht wurden. Andererseits wurden nur die außen hängenden Trauben und Blätter des Rebstockes gekalkt, wodurch die Insekten noch ausreichend unbehandelte Trauben im inneren Bereich des Rebstockes als Ruheplätze vorfanden.

FAZIT: Der befallsreduzierende Effekt der Kalkung auf *F. auricularia* konnte nicht bestätigt werden. Außerdem haben Stäubeverfahren im Rahmen des Pflanzenschutzes keine Zulassung im deutschen Weinbau. Ferner ist bei einer Anwendung dieser Maßnahme zu überprüfen, inwieweit der Belag das Lesegut kontaminiert. Bisher wurde noch nicht untersucht, ob der stark basische pH-Wert des Kalkes den Gehalt der Weinsäure reduziert. Des Weiteren entspricht dieses Verfahren mit bis zu neun Applikationen aus Kosten- und Zeitgründen nicht der guten fachlichen Praxis.

Stammbehandlung mit Kaolin

Die Freilandstudien mit dem Kaolinpräparat Surround® haben ergeben, dass dieses Tonmineral keine physikalische Aufwanderungsbarriere für *F. auricularia* darstellt. In der Laubwand der mit Surround® behandelten Rebstöcke wurden ähnliche Befallsdichten wie in den unbehandelten registriert (Abbildung 150). Diese Ergebnisse sind zum einen auf die schlechte Witterungsbeständigkeit des Kaolinbelages zurückzuführen. Bereits einen Tag nach der Applikation wies der Belag durch die hohen Temperaturen Risse auf, durch welche die Tiere ungehindert in die Laubwand einwanderten. Zum anderen nutzten die Ohrwürmer die kaolinfreien Spalten zwischen den losen Rindenschichten und dem Leitbündelbereich des Rebstammes als Aufwanderungspfade. Selbst wenn es gelungen wäre, auf der Außenseite der Borke eine intakte physikalische Barriere zu schaffen, hätten die Insekten diese unterwandert, um vom Boden in den Rebstock zu gelangen.

Weiterhin konnte durch einen zweiten Versuch mit Kaolinfallen gezeigt werden, dass Surround® auf den Gemeinen Ohrwurm trotz intaktem Kaolinbelag im Falleninneren nicht repellent wirkt, denn in den behandelten Fangsystemen wurden wesentlich mehr L₄-Larven und Adulte erfasst als in den Kontrollfallen (Abbildung 151). Im Gegensatz zu anderen Schadinsekten, wie dem Gemeinen Birnenblattsauger (*Cacopsylla pyri* LINNAEUS 1758) und

der Schwarzen Pekannuss-Blattlaus (*Melanocallis caryaefoliae* DAVIS 1910), die sich auf den kaolinbesprühten Pflanzenteilen nicht mehr halten konnten und durch die motorischen Störungen die behandelte Matrix verließen (GLENN et al. 1999, COTTRELL et al. 2002), bewegte sich *F. auricularia* ungehindert und in normaler Weise auf der Surround®-Schicht fort.

FAZIT: Die Feldstudien in der Rebanlage haben eindeutig gezeigt, dass sich das am Rebstamm applizierte Tonmineral Surround® als physikalische Aufwanderungsbarriere beziehungsweise als Repellentsubstanz nicht zur Befallsregulation des Gemeinen Ohrwurms eignet. Das Präparat wurde in die Bekämpfungsversuche integriert, weil Kaolin ein natürlicher Bodenbestandteil ist, keine Rückstände auf Früchten hinterlässt und im biologischen Land- und Gartenbau in der Schweiz bereits eingesetzt wird (STÄHLER 2009).

Insektenpathogene Pilze: *Metarhizium anisopliae*

Mit den unter Laborbedingungen durchgeführten Infektionsversuchen sollte eine Fang-Infektionsmethode zur Befallsregulation in der Laubwand des Rebstockes entwickelt werden. Sowohl im Vorversuch mit infizierten Agarplatten als auch im Hauptexperiment mit *Metarhizium* bestückten Bambusfallen gelang eine Pilzübertragung trotz sporulierendem Mycel auf *F. auricularia* nicht. Beide Versuche wurden vorzeitig abgebrochen, weil die Ohrwürmer bereits nach zwei Tagen begannen, das Nährmedium mit der Pilzkultur zu vertilgen, und weil auch vier Wochen nach dem Experiment bei keinem der lebenden Versuchstiere *Metarhizium*-Mycel auf dem Exoskelett nachzuweisen war (Kapitel 3.8).

Aufgrund der Laborstudien konnten die Erkenntnisse von YENDOL & PASCHKE (1965) und KELLER (1991) nicht bestätigt werden. Die Autoren wiesen nach, dass schon ein kurzer Kontakt zwischen Pilzmycel und Wirt ausreicht, um eine perkutane Infektion beim Zielorganismus auszulösen und dadurch das Absterben des Insekts in wenigen Tagen herbeizuführen. Allerdings fanden die Studien von YENDOL & PASCHKE (1965) im feuchten Boden statt und nicht wie in den eigenen Infektionsversuchen auf Agarplatten beziehungsweise in Bambusröhren, die nach dem Einsetzen der Versuchstiere der trockenen Laborluft mit einer relativen Luftfeuchtigkeit von nur 40 % permanent ausgesetzt waren. Demzufolge trocknete der Agar in den Petrischalen und in den Bambusröhren bereits nach 24 Stunden aus, wodurch das Pilzmycel abstarb und sich damit auch das Infektionsrisiko für *F. auricularia* stark verringerte.

Da während der Zuchtversuche mit naturbelassenem Lehmboden einzelne Ohrwürmer durch eine *Metarhizium*-Infektion abgetötet wurden (Abbildung 162), kann davon ausgegangen werden, dass der Erdboden das bessere Substrat für eine Pilzübertragung ist. Denn der Boden hat ein höheres Wasserspeichervermögen als Agar, der bei der Abfüllung in offene

Petrischalen oder in luftdurchlässiges Bambusholz leicht austrocknet. KELLER (1991) weist ausdrücklich darauf hin, dass *M. anisopliae* nur in feuchtem Substrat wächst. KELLER et al. (1997) sowie KESSLER et al. (2003) betonen, dass eine erfolgreiche Bodeninfektion und das Überleben von insektenpathogenen Pilzen nur bei einer höheren Temperatur und Feuchtigkeit im Boden gewährleistet ist. Auch bei Bodeninfektionsstudien mit anderen Erregern wie (*Beauveria brongniartii* SACCARDO, PETCH) wurde in heißen und trocknen Sommern kein Bekämpfungserfolg des Waldmaikäfers (*Melolontha hippocastani* FABRICIUS 1801) im unterirdischen Bruthabitat erzielt, weil bei den ungünstigen Klimabedingungen im Boden zu wenig Pilzsporen überlebten (KOLLER et al. 2005).

FAZIT: Obwohl der Fang-Infektionsversuch offensichtlich durch die Kultivierungsmethode des Pilzes in den Bambusfallen nicht gelang, sollte dieser Versuch mit einer anderen Technik wiederholt werden. Beispielsweise setzten KOLLER et al. (2005) zur Bekämpfung des Waldmaikäfers Lochfallen ein, die Pilzsporen von *B. brongniartii* in Puderform enthielten. Die Männchen flogen die Fangeinheiten an, infizierten sich perkutan und übertrugen die Sporen erfolgreich auf die Weibchen. Falls *B. brongniartii* auf den Gemeinen Ohrwurm virulent wirkt, könnte die Methode von KOLLER et al. (2005) mit Bambusfallen getestet werden. Damit wäre eine selektive Bekämpfung von *F. auricularia* im Rebstock möglich, da sich in den Bambusfallen neben seltenen Beifängen wie Araneae und Heteroptera, hauptsächlich nur Ohrwürmer ansiedeln. Außerdem verringert sich durch den Einsatz der Fang-Infektionsmethode gegenüber einer *Metarhizium*-Bodeninfektion das Infektionsrisiko für andere Arthropoden, denn das Entomopathogen befällt etwa 160 Insektenarten (KELLER 1991). Demzufolge würde sich nach einer großflächigen Bodenapplikation in der Rebanlage höchstwahrscheinlich die Artendiversität der epigäischen Arthropoden verringern.

4.4.2 Maßnahmen mit befallsregulierender Wirkung

Montage von Leimringen am Rebstamm

Durch das Anbringen von beidseitig klebenden Leimringen am Rebstamm während der Aufwanderungsphase von *F. auricularia* konnten die Befallsdichten in der Laubwand über fünf Wochen hinweg bis zu 91 % gesenkt werden (Abbildung 152, 153). In pfälzischen Weichobstanlagen erzielten DAHLBENDER & HENSEL (2006) fast identische Ergebnisse. Die Autoren konnten durch die stammbürtige Montage von Leimringen an Pflirsichbäumen die Einwanderung des Gemeinen Ohrwurms in den Fruchtbereich fast völlig verhindern und dadurch die von den Insekten verursachten Fraßschäden und die Fruchtverkotung stark reduzierten.

Obwohl in den Leimring- und Kontrollparzellen ein vergleichbarer Befallsdruck vom Boden her ermittelt wurde und in der Laubwand zahlreiche attraktive Raum- und Nahrungsressourcen für *F. auricularia* zur Verfügung standen, überflogen die Ohrwürmer die Leimringbarriere nicht (Abbildung 154). In diesem Zusammenhang stellten LEHMANN & MATZKE (2004) fest, dass auch bei Lichtfängen in cirka 10 m Höhe am Rande einer Leipziger Wirtschaftswiese keine fliegenden Exemplare dieser Art auftraten, obwohl der Gemeine Ohrwurm das für den Versuch genutzte Areal besiedelte. In einem zur Freilandstudie parallel angelegten Laborversuch hat sich gezeigt, dass die Versuchstiere bei völligem Wasser- und Nahrungsentzug eher kranke oder abgestorbene Individuen anfressen als über den Leimring zur attraktiven Nahrungsquelle zu fliegen (Abbildung 163, Tabelle 34). Ohrwürmer, die versuchten den Klebring zu überwandern, blieben haften und gingen ein (Abbildung 163, Tabelle 34).

Aufgrund der eigenen Labor- und Freilandbeobachtungen ist davon auszugehen, dass *F. auricularia* das Flugvermögen nicht mehr nutzte, da im Umfeld der Leimringbarriere noch ausreichend Nahrungsressourcen zum Überleben vorhanden waren. Selbst bei völliger Futterknappheit überleben noch Tiere, da bei *F. auricularia* häufig Kannibalismus auftritt, der in den eigenen Zuchtversuchen und in Laborversuchen von TAHER (2009) mehrmals beobachtet wurde.

FAZIT: Trotz der sehr guten Barrierewirkung der Leimringe während der Aufwanderungsphase von *F. auricularia* und der sich daraus ergebenden Befallsreduktion in der Laubwand ist diese Methode aufgrund des hohen Arbeits- und Zeitaufwandes als Präventionsmaßnahme nicht praxisrelevant. Alleine für die Montage von 16 Leimringen und das Bestreichen der Erziehungseinrichtungen mit Tanglefood-Leim benötigten zwei Personen knapp 120 Minuten Arbeitszeit. Außerdem fehlt für das Anbringen von beidseitig klebenden Leimringen am Rebstamm bisher im deutschen Weinbau eine Zulassung.

Insektizide

Die Ergebnisse der beiden Insektizidvorversuche mit SpinTor und Reldan 22 werden im folgenden Abschnitt nicht diskutiert, weil durch die geringe Stichprobenanzahl mit vier Beprobungen und die starken Schwankungen zwischen den Befallsdichten in den Versuchsrebstöcken keine Aussagen über die Insektizidwirkung auf *F. auricularia* möglich waren (Kapitel 3.6.1). In der Versuchsfläche des zweiten Insektizidvorversuchs kam es zu einer kontinuierlichen Zunahme der Populationsdichte von der Kontroll- zur SpinTor- und Reldan 22-Parzelle, die sich vermutlich aus einem Temperatur- oder Luftfeuchtegradienten ergab (Abbildung 119). Da diese für einen Insektizidversuch ungünstigen Verteilungsmuster erst nach den Applikationen festgestellt wurden, konnten die Versuchsplots nicht mehr

umgelegt werden und die Untersuchung wurde fortgeführt. Weil die Ohrwurm-Dichten von Rebstock zu Rebstock sehr stark variieren können, sollte bei Bekämpfungsversuchen mit Pflanzenschutzmitteln darauf geachtet werden, dass die Stichprobenanzahl auf das vom Zeitaufwand maximal Machbare (zum Beispiel 20 bis 50 Erfassungspunkte pro Variante) erhöht wird.

Außerdem wurden bei den Vorstudien mit SpinTor und Reldan 22 das Entwicklungsstadium und die Nachtaktivität des Gemeinen Ohrwurms nicht berücksichtigt. Wie sich bei Feldstudien 2008 gezeigt hat, bestimmen aber gerade diese Faktoren maßgeblich den Bekämpfungserfolg. Durch eine frühe Behandlung Mitte/Ende Juni ist es möglich, die in hoher Anzahl in den Rebstock aufwandernden L₄-Larven zu dezimieren und dadurch Folgeschäden wie die Traubenverkotung, die Übertragung von Pilzpathogenen und den Traubenfraß zu reduzieren. Ferner schädigt eine Applikation im Juni die Population am stärksten, weil Larven in der Regel sensibler auf Pflanzenschutzmittel reagieren als Adulte (SAUPHANOR & STÄUBLI 1994). Zudem wird im Juni ein Großteil der Population vom Insektizid erfasst, da in diesem Monat die Befallsdichten in der Laubwand am höchsten sind (Abbildung 31, Kapitel 3.4).

Reldan 22 (Wirkstoff: Chlorpyrifos-Methyl)

Die Wirkung von Reldan 22 auf *F. auricularia* wurde 2008 in einer Junganlage (Sortenmix) und in einer Ertragsanlage (Riesling) versuchsweise getestet. In der Neuanpflanzung konnte der Befall an den Jungreben in den Pflanzröhren durch eine Tagapplikation um bis zu 69 % gesenkt werden, wobei der befallsreduzierende Effekt nur maximal 14 Tage anhielt (Abbildung 120, 121). Der hohe Wirkungsgrad der Taganwendung ergab sich vermutlich durch die Kunststoffummantelung der Jungreben, in welcher die Dampfphase des Chlorpyrifos-Methyl höchstwahrscheinlich länger wirksam war als in einer gut durchlüfteten Laubwand. Dadurch nahmen vermutlich alle Ohrwürmer in den Pflanzröhren eine hohe Dosis des Wirkstoffes über das Tracheensystem auf. Außerdem wurde die Insektizidwirkung in den mit einem Netz verschlossenen Röhren noch verstärkt, weil die Insekten direkt nach der Applikation die abgedeckte Röhre über den oberen Rand zunächst nicht verlassen konnten und somit der behandelten Matrix länger ausgesetzt waren (Abbildung 120).

In der Ertragsanlage erfolgten zwei Nachtapplikationen, um die Kontaktwirkung auf die L₄-Larven und Adulten zu erhöhen. Nach der ersten Nachtanwendung reduzierte sich der Befall in der Laubwand um 9 % und nach der zweiten um 50 %, wobei die Wirkdauer auf etwa drei Wochen beschränkt war (Abbildung 122, 123). Ferner wurden nach den Spritzungen auf der Bodenoberfläche zwar viele abgetötete Larven und Adulte registriert, jedoch wurden in den Barberfallen der Reldan-Parzelle nur halb so viele Individuen gefangen

als in der Kontrolle (Abbildung 124). Es kann davon ausgegangen werden, dass die vom Insektizid erfassten Individuen schnell abgetötet wurden. Ohrwürmer mit motorischen Nervenschädigungen können sich nicht mehr in den Tagesrefugien des Rebstocks halten, fallen zu Boden und bewegen sich noch einige Zeit ungerichtet auf der Bodenoberfläche. Demzufolge ist nicht auszuschließen, dass vereinzelte Tiere in die Fangeinheiten geraten und dadurch die Fangzahlen ansteigen.

Die geringen Wirkungsgrade der Nachtapplikationen und die kurze Wirkdauer von Reldan 22 lassen sich lediglich mit der chemischen Instabilität des Wirkstoffs Chlorpyrifos-Methyl in der Luft begründen, denn alle weiteren Applikationsbedingungen waren zum Zeitpunkt der Ausbringung optimal und beeinflussten den Bekämpfungserfolg nicht. Während und nach der Behandlung trat kein Niederschlag und keine direkte Sonneneinstrahlung auf, es war ein hoher Befallsdruck durch die aufwandernden L₄-Larven gegeben sowie eine hohe Kontaktwirkung zwischen Insektizid und Zielorganismus durch die nächtliche Applikation. Chlorpyrifos-Methyl ist ein Thiophosphorsäureester, der in der Pflanze und in der Umwelt rasch wieder abgebaut wird (DOWAGRO 2008). Deshalb weist der Hersteller von Reldan 22 zum Beispiel bei der Bekämpfung des Rapsglanzkäfers (*Meligethes* spp.) darauf hin, dass die Insektizidwirkung in Rapskulturen nur cirka eine Woche lang anhält (DOWAGRO 2008). Bei Freilandstudien mit Phosphorsäureestern in der Begrünung von Steinobstanlagen von 2001 bis 2003 haben DAHLBENDER & HENSEL (2006) ebenfalls nur eine kurzzeitige Reduktion des Ohrwurm-Befalls in Kronenbereich der Bäume nachgewiesen. Zwei Wochen nach der Behandlung stiegen die Individuenzahlen jedoch wieder an. Auch auf andere Ohrwurm-Arten wie (*Doru taeniatum* DOHRN 1862) in Maisfeldern wirkte Chlorpyrifos im Vergleich zu Spinosad wesentlich schlechter (CISNEROS et al. 2001). Bereits 48 Stunden nach der Tagapplikation erzielte der Phosphorsäureester nur noch einen Wirkungsgrad von 33 %, während Spinosad die Population um 83 % reduzierte. Nach weiteren 24 Stunden wurden durch Chlorpyrifos lediglich nur 9 % und durch SpinTor 65 % der verbliebenen Versuchstiere abgetötet.

FAZIT: Durch eine Nachtapplikation mit Reldan 22 konnten die Befalldichten von *F. auricularia* in den ersten Wochen nach der Behandlung nicht so stark gesenkt werden wie mit SpinTor und Confidor WG 70. Damit konnten die bereits publizierten Ergebnisse von BOWER (1992) und EPSTEIN et al. (2000) zur stark schädigenden Wirkung von Organophosphaten wie Chlorpyrifos auf den Gemeinen Ohrwurm in Obstplantagen nicht für Rebflächen bestätigt werden.

Confidor WG 70 (Wirkstoff: Imidacloprid)

Die Wirkung von Confidor WG 70 auf *F. auricularia* wurde 2008 in einer Junganlage (Sortenmix) und in einer Ertragsanlage (Riesling) untersucht. Durch eine Tagapplikation konnte der Ohrwurm-Befall in den Pflanzröhren mit Jungreben für maximal 14 Tage um 42 % reduziert werden (Abbildung 120, 121). Damit war die Wirkung gegenüber Reldan 22 um 27 % geringer. Begründen lässt sich dieses Ergebnis mit der auch noch zwei Wochen nach der Applikation anhaltenden hohen Zuwanderung von Ohrwürmern aus dem Oberboden in die Pflanzröhren.

Nach einer Nachtanwendung in der Ertragsanlage erzielte Confidor WG 70 wesentlich höhere Wirkungsgrade als Reldan 22: nach der ersten Nachtapplikation 71 % und nach der zweiten 76 % (Abbildung 122, 123). Ferner hielt die Insektizidwirkung bei Confidor WG 70 bis zu vier Wochen nach der Behandlung an und verringerte dadurch den Befallsdruck doppelt so lange wie Reldan 22 (Abbildung 122, 123). Die gegenüber Reldan 22 länger andauernde Insektizidwirkung von Confidor WG 70 hat sich auch in den Fangzahlen der Barberfallen gezeigt, die noch fünf Wochen nach der Nachtapplikation höherer waren als in der Reldan-Parzelle (Abbildung 124). Imidacloprid führt bei *F. auricularia* zu Lähmungserscheinungen und gestörter Motorik.

Die höhere Langzeitwirkung von Confidor WG 70 ist auf den Wirkstoff Imidacloprid zurückzuführen, der eine beachtliche Wirkungsdauer hat (BAYERCROPS SCIENCE 2010). Die neuronale Schädigung von *F. auricularia* durch Neonicotinoide wurde beispielsweise von LAHUSEN et al. (2006) beschrieben. Die Autoren haben im Laborversuch Thiacloprid eingesetzt, einem dem Imidacloprid sehr ähnlichen Wirkstoff, der die Anzahl der Versuchstiere signifikant reduziert hat. Dabei verstarben die Ohrwürmer nicht sofort nach der Mittelaufnahme, sondern zeigten noch bis zu drei Wochen danach starke Lähmungserscheinungen, wodurch auch die Fraßtätigkeit eingestellt wurde (LAHUSEN et al. 2006). Des Weiteren haben VOGT et al. (2010) bei Feldversuchen mit Pflanzenschutzmitteln die Toxizität von Thiacloprid auf *F. auricularia* untersucht. Sie stellten fest, dass sich die Populationsdichte eine Woche nach der Tagapplikation um 60 % verringerte und der Wirkungsgrad nach 42 Tagen immer noch 49 % betrug.

FAZIT: Obwohl die Wirkung und Wirkdauer von Confidor WG 70 gegenüber Reldan 22 deutlich höher war, wurde das Insektizid ab 2009 aus den Testreihen ausgeschlossen, weil der Ohrwurm-Befall durch Nachtapplikationen mit SpinTor und durch Taganwendungen mit Steward® wesentlich stärker und länger reduziert wurde. Da Confidor WG 70 nach § 18a PflSchG zur Bekämpfung von Thripsen (Thysanoptera), Schildläusen (Coccoidea) und der Reblaus im deutschen Weinbau genehmigt ist, darf das Insektizid nicht primär zur

Befallsregulation von *F. auricularia* eingesetzt werden. Falls Confidor WG 70 in Rebanlagen gegen die oben genannten Insektengruppen eingesetzt wird und diese Flächen zusätzlich noch hohe Befallsdichten aufweisen, kann die Behandlung natürlich auch zu einer Reduzierung des Ohrwurms führen.

SpinTor (Wirkstoff: Spinosad)

Insgesamt fanden mit SpinTor sieben Feldversuche statt, um in einer Junganlage (Sortenmix) und sechs Ertragsanlagen (Sorten: Riesling, Regent, Portugieser) die befallsregulierende Wirkung auf *F. auricularia* zu überprüfen.

In der Junganlage reduzierte SpinTor nach einer Tagapplikation den Ohrwurm-Befall in den Röhren mit Jungreben um 95 % (Abbildung 120). Der für eine Taganwendung sehr hohe Wirkungsgrad von 95 % ist vermutlich wie schon bei Reldan 22 beschrieben auf die Kunststoffhülle um die Jungreben zurückzuführen. Die Insektizidwirkung von SpinTor hielt in den Röhren zum einen aufgrund der hohen Zuwanderung an Tieren nur 14 Tage an (Abbildung 121). Zum anderen sind die Jungreben in den Pflanzröhren ganztägig der starken Sonnenstrahlung ausgesetzt, wodurch sich der Wirkstoff schneller abbaut als in Ertragsanlagen mit je nach Sonnenstand einseitig beschatteter Laubwand. Laut Produktinformation wird Spinosad sehr schnell unter Einfluss von Sonnenlicht abgebaut SPEISER (2007).

Die Versuchsergebnisse der fünf Ertragsanlagen (Sorten: Riesling, Regent, Portugieser) haben gezeigt, dass Nachtapplikationen mit SpinTor im Vergleich zu Tagbehandlungen wesentlich effektiver und länger auf *F. auricularia* in der Laubwand gewirkt haben. Sieben Tage nach der Nachtanwendung wurden die Befallsdichten signifikant gesenkt und Wirkungsgrade von 53 bis 94 % erreicht (Abbildung 125, 126, 130, 131, 133, 134). Bemerkenswert war, dass eine nächtliche Behandlung der Traubenzone den Ohrwurm-Befall mit Wirkungsgraden von 69 bis 86 % ähnlich stark verringerte wie eine Komplettbehandlung der gesamten Laubwand, durch welche die Befallsdichten um 81 bis 93 % gesenkt wurden (Abbildung 133, 134). Grund hierfür ist die Morphologie des Rebstockes, welcher im Bereich der Boglebe durch die abgehenden Triebe eine hohe Anzahl an kompakten Trauben und eine starke Beblätterung aufweist. Demzufolge bietet die Traubenzone den Ohrwürmern sehr attraktive Raumressourcen und wird am stärksten besiedelt. Insgesamt wurde mittels der Nachtapplikationen über sieben Wochen hinweg die Ohrwurm-Dichte in der Laubwand signifikant reduziert. Dabei betrug der Wirkungsgrad von SpinTor wenige Tage vor der Traubenlese immer noch 50 bis 55 % (Abbildung 122, 123). Zusätzlich haben unmittelbar vor der Lese durchgeführte Traubenbonituren ergeben, dass durch die nächtliche Behandlung

auch der Traubenbefall stärker gesenkt werden kann als mit einer Taganwendung (Tabelle 30).

Eine Woche nach den SpinTor-Tagapplikationen wurden die Befallsdichten in der Laubwand um 36 bis 67 % reduziert, wobei die signifikante Insektizidwirkung maximal zwei bis vier Wochen anhielt und nach sieben Wochen auf 17 % absank (Abbildung 125 bis 128, 135, 136). Auch VOGT et al. (2010) registrierten zwei Wochen nach der Tagapplikation mit SpinTor im Baumkronenbereich 59 % weniger Individuen. Nach sechs Wochen sanken die Ohrwurm-Dichten unter 30 %.

Die stärkere und dauerhaftere Insektizidwirkung auf *F. auricularia* nach der Nachtbehandlung basiert mit hoher Wahrscheinlichkeit auf der höheren Kontaktwirkung zwischen Zielorganismus und Wirkstoff. Erst durch die Nachtaktivität des Ohrwurms wird ein direkter Mittelkontakt möglich. Nach Tagbehandlungen werden die Insekten meist nicht unmittelbar vom Insektizid erfasst, da das Insektizid nicht bis ins Innere der Schlafplätze vordringt. Ferner kann nicht ausgeschlossen werden, dass SpinTor nach der Nachtapplikation besser und länger auf der Matrix wirkt als nach der Tagbehandlung, weil nachts die den Wirkstoffabbau fördernde Sonneneinstrahlung fehlt.

Die Wirkdauer von SpinTor wird neben dem tageszeitlich bedingten Applikationszeitpunkt auch maßgeblich von der Populationsentwicklung des Ohrwurms bestimmt. Der höchste Bekämpfungserfolg kann Mitte/Ende Juni mit einer Nachtapplikation erreicht werden, wenn die gegenüber Insektiziden sehr sensiblen L₄-Larven in hoher Anzahl vom Oberboden in die Laubwand einwandern. Ferner dämmt eine frühzeitige Befallsregulation vor Traubenschluss Folgeschäden wie Verkotung, Pathogenübertragung und Traubenfraß ein. Dennoch haben die Ergebnisse auch gezeigt, dass bei einer lang anhaltenden Aufwanderungsphase in den Rebstock von Anfang bis Ende Juni die reduzierende Wirkung einer Nachtbehandlung innerhalb von vier Wochen stark abnehmen kann und eine weitere Applikation nötig ist, um die Befallsdichten während der Traubenreife und vor der Lese nochmals zu senken (Abbildung 122, 123). Erst wenn nur noch einzelne Ohrwürmer vom Boden in die Laubwand nachkommen, kann der Befallsdruck mit einer Nachtanwendung bis zu sieben Wochen signifikant verringert werden (Abbildung 122).

Zusätzlich zu den Feldstudien fanden mit SpinTor zwei Laborversuche statt, um die Verhaltensweisen und den Grad der neuronalen Schädigung bei adulten Ohrwürmern nach Körper- und Fraßkontakt festzustellen. Die Tests haben ergeben, dass die Versuchstiere durch die SpinTor-Anwendung über direkten Körperkontakt stärker und schneller dezimiert wurden als nach einer Insektizidaufnahme mit der Nahrung (behandelter Apfel). Sieben Tage nach der Applikation über Körperkontakt betrug der Anteil an toten Individuen 66 bis 76 %.

Eine Woche nach Aufnahme des mit SpinTor behandelten Apfels verstarben 45 bis 65 % der Ohrwürmer im Versuchsansatz (Tabelle 35, 36). Ähnliche Ergebnisse erzielten auch CISNEROS et al. (2001) in Laborversuchen zur Fraßwirkung von SpinTor mit der Ohrwurm-Art *D. taeniatum*. Dabei wurden die Versuchstiere mit behandelten Larven einer Eulenfalter-Art (Noctuidae) gefüttert. 24 Stunden nach dem Verzehr der Larven waren 17 % der Versuchstiere tot und 49 % stark geschädigt und gelähmt. Nach drei Tagen stieg der Anteil an abgetöteten Ohrwürmern auf 72 % an. Ferner konnte durch einen weiteren Labortest mit behandeltem Cellulosepapier und besprühten Bambusfallen gezeigt werden, dass die Insekten den Wirkstoff auch über die Körperoberfläche aufnehmen, wenn sie nicht direkt angesprüht werden, sondern sich nur über eine behandelte Matrix bewegen. Diese Art der Mittelaufnahme schädigte die Versuchstiere in gleicher Weise wie die Fraßwirkung (Tabelle 36). Dieses Ergebnis ist vermutlich auf das ausgeprägte Putzverhalten von *F. auricularia* zurückzuführen, wodurch die Tiere das auf der Habitatmatrix haftende Insektizid aufnehmen. Durch die im Labor gehaltenen Zuchttiere konnte das artspezifische Putzverhalten genau beobachtet werden. Auffällig war, dass sich die Versuchstiere die Fühler, die Extremitäten und die Zangen sehr intensiv und mehrmals am Tag putzten. Es kann deshalb davon ausgegangen werden, dass durch die Insektizidanwendung in der Rebanlage ein Großteil der Population über direkten Mittelkontakt und durch die Wirkstoffaufnahme über die behandelte Oberfläche (Trauben, Rebblätter, Triebe, Stickle) reduziert wird. Die Fraßwirkung von SpinTor ist erst während der Traubenreife relevant, wenn die Ohrwürmer vorgeschädigte Beeren anfressen oder den Pilzrasen auf der Beerenhaut abweiden. Insgesamt widersprechen diese Laborergebnisse den Resultaten von DANIEL et al. (2005), die nach SpinTor-Applikationen in Apfelanlagen festgestellt haben, dass Ohrwürmer nur geschädigt werden, wenn sie größere Mengen an Blattmaterial aufnehmen.

Ferner konnte durch die Laborversuche nachgewiesen werden, dass SpinTor unabhängig von der Aufnahmeart die gleichen Schädigungen verursacht. Hierzu gehören der Verlust der Fortbewegung, des Orientierungssinns und der Nachtaktivität, die Einstellung der Nahrungs- und Wasseraufnahme sowie der Verlust des Aggregationsverhaltens und gesteigerte Aggressivität gegenüber Artgenossen. Aufgrund der motorischen Schäden und der starken Dehydrierung durch den Verlust der Nahrungsaufnahme können sich die Insekten nach einer SpinTor-Applikation nicht mehr in den Tagesrefugien des Rebstockes halten und fallen zu Boden. Demzufolge wurden mit Ausnahme des zweiten Insektizidversuches 2008 am Boden der SpinTor-Parzellen überwiegend höhere Individuenzahlen ermittelt als in der Kontrolle (Abbildung 124, 129, 132, 137). Auch CISNEROS et al. (2001) beschrieben die typischen Vergiftungssymptome wie Zuckungen und den Verlust der Fortbewegung für die Ohrwurm-Art *D. taeniatum*. Ferner reduziert die Einstellung der Nahrungsaufnahme den Traubenfraß.

Weiterhin sinkt durch die Auflösung der Aggregationsverbände und der steigenden intraspezifischen Aggressivität die Besiedlungsrate der Tagesrefugien, wodurch Verkotung sowie Verbreitung von Pilzpathogenen in den Trauben abnehmen. Durch den Verlust der Nachtaktivität ist *F. auricularia* vermutlich auch einfache Beute für Prädatoren (zum Beispiel Stare), da sich neuronal geschädigte Tiere tagsüber mit auffälligem Fühlerkreisen und Zuckungen in der Laubwand oder auf der Bodenoberfläche bewegen können.

FAZIT: Aufgrund des seit circa 2005 anhaltenden hohen Befallsdrucks in pfälzischen Rebanlagen und der 2008 erzielten guten Bekämpfungserfolge wurde SpinTor (Wirkstoff: Spinosad) gegen *F. auricularia* in Kelter- und Tafeltrauben nach § 11 Absatz 2 PflSchG ab dem 2. Juli 2009 für 120 Tage mit maximal 2 Anwendungen nach der Rebbblüte (BBCH 71: 120 ml/ha, BBCH 75: 160 ml/ha, Wartezeit 14 Tage) genehmigt. Ab März 2010 wurde für SpinTor unter den gleichen Bedingungen die Genehmigung über § 18a PflSchG erteilt. Bei hohen Befallsdichten ist ein geeigneter Bekämpfungstermin einmal Mitte Juni nach der Rebbblüte (BBCH 71), um die in die Laubwand aufwandernden L₄-Larven zu dezimieren. Eine zweite Behandlung auf die Adulten sollte nur bei sehr hohem Befall eventuell nach Traubenschluss (BBCH 79) erfolgen. Ein hoher Bekämpfungserfolg wird mit einer Nachtapplikation erreicht. Eine gezielte Behandlung der Traubenzone genügt, um den Befall signifikant zu senken, wodurch Mittelkosten und Arbeitszeit eingespart werden können. SpinTor darf sowohl in Junganlagen als auch in Ertragsanlagen eingesetzt werden. Aufgrund der Bienengefährlichkeit (Kategorie: B1) darf das Mittel erst nach der Rebbblüte und nach dem Abblühen beziehungsweise dem Abmulchen der Begrünungspflanzen appliziert werden. Im Bio-Anbau wird die Anwendung von SpinTor bisher sehr kontrovers diskutiert.

Steward® (Wirkstoff: Indoxacarb)

Dieses Insektizid reduzierte die Befallsdichten von *F. auricularia* im Vergleich zu Reldan 22, Confidor WG 70 und SpinTor nach einer Tagapplikation am stärksten. Während nur mit Nachtbehandlungen von Reldan 22, Confidor WG 70 und SpinTor in der Laubwand Wirkungsgrade von 50 bis 94 % erzielt wurden, verringerte die Taganwendung von Steward® den Befallsdruck um 95 % (Abbildung 122, 123, 135, 136, 138, 139). Darüber hinaus hat das am Tag applizierte Steward® den Ohrwurm-Befall in der Laubwand mit 68 bis 73 % Wirkungsgrad bis drei Wochen vor Lesebeginn noch stärker reduziert als eine Tag- und Nachtbehandlung mit SpinTor (Abbildung 125, 126, 135, 136, 138, 139). Auch in Baumkronen von Apfelbäumen haben die Ohrwurm-Dichten nach einer Steward®-Tagapplikation um 76 % abgenommen (VOGT et al. 2010).

Die vergleichsweise zu SpinTor über den gesamten Versuchszeitraum höhere Insektizidwirkung von Steward® resultiert zum einen sicherlich aus der guten

Regenbeständigkeit und der bei hohen Temperaturen anhaltenden Stabilität des Wirkstoffes Indoxacarb (DUPONT 2009). Eigene Laborversuche haben gezeigt, dass nach sieben Tagen der schädigende Effekt von Steward® auf den Ohrwurm bei Aufnahme über die behandelte Oberfläche mit 86 % Wirkungsgrad annähernd so hoch war wie bei der Mittelaufnahme über Körperkontakt mit 98 % Wirkungsgrad (Tabelle 36).

Zum anderen konnte durch die Insektizidtests unter Laborbedingungen gezeigt werden, dass der Wirkstoff Indoxacarb schneller und stärker neuronale Schädigungen bei *F. auricularia* hervorruft als Spinosad. In den Testbehältern trat bei den mit Steward® besprühten Versuchstieren bereits nach vier Stunden dieselbe Insektizidwirkung ein wie bei SpinTor nach fünf Stunden (Tabelle 35). Ferner tötete Indoxacarb sieben Tage nach der Behandlung sowohl über direkten Körperkontakt als auch über Fraßkontakt und Kontakt über die Habitatmatrix mehr Individuen ab als Spinosad (Tabelle 35, Tabelle 36). Infolgedessen kann auch bei der Insektizidanwendung in der Rebanlage davon ausgegangen werden, dass durch die hohe und schnelle Insektizidwirkung von Steward® die Ohrwürmer im Vergleich zu SpinTor nicht so lange gelähmt waren und schneller abgetötet wurden. Deshalb wurden wahrscheinlich in der Steward®-Parzelle gegenüber dem SpinTor-Plot die niedrigsten Fangzahlen am Boden und in der Laubwand ermittelt (Abbildung 137).

FAZIT: Aufgrund der sehr hohen und dauerhaften Insektizidwirkung von Steward® auf den Gemeinen Ohrwurm wurde im Juli 2010 ein Genehmigungsantrag nach § 18a PflSchG für die Anwendung bei Kelter- und Tafeltrauben gestellt. Die Bewilligung wird für 2011 erwartet. Da Steward® im Vergleich zu SpinTor aufgrund der hohen Wirkstoffstabilität nicht in der Dämmerung beziehungsweise nachts appliziert werden muss, kann die Anwendung tagsüber erfolgen. Im Falle einer Genehmigung wären geeignete Bekämpfungstermine bei hohen Befallsdichten einmal Mitte Juni nach der Rebbüte (BBCH 71), um die in den Laubwandbereich aufwandernden L₄-Larven abzutöten. Eine zweite Behandlung auf die Adulten sollte nur bei hohem Befall etwa nach Traubenschluss (BBCH 79) erfolgen. Außerdem kann Steward® auch bei Rebanlagen mit blühendem Unterwuchs eingesetzt werden, da dieses Insektizid als nicht bienengefährlich (Kategorie: B 4) eingestuft ist.

4.5 Schäden und Schadensschwellen

4.5.1 Ohrwurm-Fraß

Ohrwurm-Fraß wurde nur an vorgeschädigten Beeren im BBCH 85 bis 89 beobachtet, deren Cuticula durch Fäulnis- und/oder Eintrocknungsprozesse aufgeplatzt war, Mikrorisse aufwies oder bereits von Wespen, Vögeln und Mäusen angefressen wurde (Abbildung 171a, Tabelle 37 bis 39). *F. auricularia* war in keinem der durchgeführten Labor- und Freilandversuche in

der Lage, Traubenbeeren mit einer intakten Cuticula zu öffnen (Tabelle 37 bis 39). Damit konnten die Ergebnisse von SCHIRRA (2007) nicht bestätigt werden. Der Autor setzte Ohrwürmer ohne zusätzliches Nahrungsangebot an unverletzte Beeren an und beobachtete, dass die Tiere die Beerenhaut aktiv öffneten und das Beerenfleisch fast vollständig ausfraßen. Auch im Apfelanbau ist bekannt, dass Ohrwürmer vorrangig an beschädigten Stellen der Apfelhaut fressen, die beispielsweise durch die Bohrgänge der Apfelwickler-Larven, durch Wespen- oder Vogelfraß sowie durch Wettereinflüsse oder fehlerhaften Einsatz von Pflanzenschutzmitteln entstanden sind (FOX-WILSON 1942, AUERSCH 1971, PHILLIPS 1981). Ohrwurm-Fraß kann klein- und großflächig auftreten. Kleinflächige Verletzungen sind an Bohröffnungen von Traubenwickler-Larven und am Stielansatz der Beere zu finden. Großflächige Fraßschäden entstehen durch Wespen-, Vogel- oder Mäusefraß. An diesen runden bis ovalen Fraßöffnungen fressen sich die Ohrwürmer direkt in das Fruchtfleisch, bis dieses restlos vertilgt ist (Abbildung 175f). Die von Ohrwürmern geschädigte Beerenhaut weist unregelmäßige, zickzackförmige Fraßmuster auf, die oft mit Wespenfraß verwechselt werden (Abbildung 171a). Dennoch lässt sich der Ohrwurm-Fraß durch die Kotablagerungen an und in den angefressenen Beeren von Wespenfraß unterscheiden (Abbildung 175f). Die Exkremente sind überwiegend dunkelbraun bis schwarz gefärbt, unregelmäßig kugelförmig, im Durchschnitt 1 bis 2 mm groß und erinnern im Aussehen an Samen des Mohns (*Papaver spec.*) (Abbildung 175c, d, g).

Die im vorherigen Abschnitt beschriebenen Ergebnisse sind auf die Morphologie der Mundwerkzeuge zurückzuführen. *F. auricularia* hat beißend-kauende Mundwerkzeuge, welche die Nahrung abschneiden und zerkleinern (DETTNER & PETERS 1999). Da die Mandibelenden stumpfkantig sind, ist das Öffnen einer unverletzten Beerenhaut in der Regel nicht möglich (Abbildung 171b). Selbst wenn den Versuchstieren im Labor oder Freiland außer den intakten Beeren keine weitere Nahrung zur Verfügung stand, ernährten sie sich eher von Artgenossen als dass sie die unverletzte Beerencuticula anfraßen (Tabelle 37 bis 39). Es kann deshalb davon ausgegangen werden, dass sich Ohrwürmer am Rebstock von Eiern, Larven und Puppen der Traubenwickler und des Springwurmwicklers, von sporulierendem Mycel phytopathogener Pilze, Blattspreiten sowie Detritus ernähren (BEIER 1959, SCHIRRA & LOUIS 1995, MOHR 2005, TAHER 2009). Im Vergleich zu *F. auricularia* verursachen Wespen, wie zum Beispiel die Gemeine Wespe (*Paravespula vulgaris* LINNAEUS 1758), zur Traubenreife erhebliche Fraßschäden an intakten Beeren (MOHR 2005). Obwohl Wespen ebenfalls beißend-kauende Mundwerkzeuge besitzen (DETTNER & PETERS 1999), sind die Mandibeln im Vergleich zu Ohrwurm kräftiger. An den Mandibelenden befinden sich scharfkantige Zähne, die als Schneidwerkzeuge fungieren (Abbildung 171c). Mit diesen

gezähnten Mundzangen durchbeißen die Insekten die intakte Beerenhaut und gelangen so an das süße Fruchtfleisch (MOHR 2005).

In den Labor- und Feldversuchen 2007 und 2009 wurde mehrfach beobachtet, dass die Ohrwürmer bevorzugt Beeren mit Graufäule-Befall anfraßen. Es ist davon auszugehen, dass die Tiere während des Verzehrs von sporulierendem Pilzmycel auf vorgeschädigte Bereiche der Beerencuticula gestoßen sind. Die Pilzhyphen breiten sich auf der Beerenhaut aus und bilden Appressorien, mit denen sie die Cuticula durchbohren (MOHR 2005). Ferner nutzt der Pilz Mikrorisse in der Haut, um in das Beereninnere einzudringen (MOHR 2005). An diesen Eintrittspforten diffundiert zuckerhaltiger Beerensaft nach außen (MOHR 2005). Aufgrund ihrer Vorliebe für zuckerhaltige Stoffe (LAHUSEN et al. 2006) wurden die Ohrwürmer möglicherweise auf die Schadstelle in der Cuticula aufmerksam. Direkt unter der durchbrochenen Beerenhaut begannen die Versuchstiere das zuckerhaltige Beerenfleisch an- und auszufressen.

Von gelegentlich vorkommenden Fraßschäden wird auch aus anderen Kulturen berichtet. Mit Beginn der Fruchtreife werden im Obstanbau insbesondere Pflaumen, Pfirsiche, Aprikosen, Birnen und Äpfel durch *F. auricularia* geschädigt (BEIER 1959, PHILLIPS 1981, DAHLBENDER & HENSEL 2006). Im Gemüseanbau ist der Ohrwurm durch Wurzelfraß an Karotten, Sellerie und Kartoffeln, durch Blattfraß an Zuckerrüben und Chinakohl sowie auch durch das Anfressen junger Grünspargel-Stangen bekannt (BEIER 1959, KÜTHE 1996, KREISELMAIER 2007). Jedoch kam es sowohl in Obst- als auch in Gemüsekulturen bisher nie zu derart empfindlichen Ernteaussfällen, dass eine ökonomische Schadensschwelle für *F. auricularia* definiert wurde beziehungsweise in der Fachliteratur erwähnt ist. Allerdings können durch das Anfressen der Fruchthaut neue Eintrittspfade für phytopathogene Pilze entstehen. CROXALL et al. (1951) fanden in einer Studie mit geernteten Äpfeln heraus, dass eine positive Korrelation zwischen dem Anteil von durch Ohrwürmer angefressenen Früchten und dem Befall mit Monilia-Fruchtfäule (*Sclerotinia fructigena* ADERHOLD 1905) bestand. Auch SCHLENZ (1927) weist darauf hin, dass durch oberflächlichen Ohrwurm-Fraß an der Apfel-Cuticula Eintrittspforten für die Monilia-Fruchtfäule entstehen.

4.5.2 Übertragung von pilzlichen Pathogenen durch Bewegungsaktivitäten

Reife Trauben von BBCH 85 bis 89 mit Ohrwurm-Befall sind insbesondere im Traubeninneren mit Graufäule (*Botrytis cinerea*) infiziert. Beeren mit Graufäule-Befall sind bräunlich bis rötlich gefärbt (MOHR 2005). Bei anhaltend feuchter Witterung bildet sich auf der Cuticula ein grauer Pilzrasen (MOHR 2005) (Abbildung 175f). Dennoch kann bei Trauben mit Pilzbefall nicht eindeutig geklärt werden, ob die Graufäule-Infektion von *F. auricularia* verursacht wurde oder auf natürliche Weise entstand wie zum Beispiel durch

Konidienverbreitung durch Wind und Regen. Hinweise auf einen durch den Ohrwurm ausgelösten Pathogenbefall sind die Ansammlungen von Kotteilchen zwischen den Beeren (Abbildung 175c, d, g). Die Pathogene werden von *F. auricularia* überwiegend auf kompakte Trauben übertragen, da sich die Tiere hier aufgrund des erhöhten Lichtschutzes sowie der engräumigen Mikrohabitate bevorzugt aufhalten.

2008 fanden zwei Laborstudien und 2009 ein Feldversuch statt. Während im Freiland nachgewiesen werden konnte, dass *F. auricularia* sporulierendes Mycel der Graufäule aktiv verbreitet, waren die Labortests zur Graufäule-Übertragung durch den Ohrwurm nicht aussagekräftig. Jedoch wurde mittels Labortest eine Beereninfektion mit Pinselschimmel (*Penicillium crustosum*) durch pilzkontaminierte Ohrwürmer erzeugt.

Freilandversuch: Die 2009 durchgeführte Feldstudie in einer Riesling-Anlage ergab, dass *F. auricularia* Sporen sowie Bruchstücke von Konidienträgern der Graufäule durch Bewegungsaktivitäten auf Trauben überträgt, so dass in kurzer Zeit die Beeren infiziert werden. Nach zwölf Tagen wiesen alle ehemals gesunden Trauben, in denen pilzinfizierte Tieren eingeschlossen waren, einen Pilzbefall von 11 bis 48 % auf (Tabelle 37). Da die ohne Ohrwürmer eingensetzten Kontrolltrauben im unmittelbaren Umfeld der Versuchstrauben während und nach der Studie keinen sichtbaren Befall an Graufäule zeigten, wurden die Fäulniserreger mit großer Wahrscheinlichkeit durch die Ohrwürmer auf die Beeren übertragen. Eine Verbreitung der Pilzsporen durch den Kot der Tiere ist bei diesem Versuch eher unwahrscheinlich, da sich keine Exkremente zwischen den locker angeordneten Beeren befanden. Des Weiteren fiel der Kot durch die groben Maschen der Traubennetze zu Boden und sammelte sich dadurch nicht im Bereich zwischen Beere und Netz an.

Laborversuche: In zwei Laborstudien 2008 und 2009 konnten keine Aussagen zur Übertragung der Graufäule durch Bewegungsaktivitäten von *F. auricularia* angestellt werden. Trauben ohne Ohrwürmer hatten einen durchschnittlichen Pilzbefall von 45 % (2008) beziehungsweise 19 % (2009). Trauben mit pilzkontaminierten Tieren wiesen durchschnittlich 29 % (2008) beziehungsweise 11 % (2009) Pilzbefall auf (Abbildung 166, 168 bis 170). Der hohe Befall mit Graufäule in den Kontrolltrauben lässt sich lediglich damit erklären, dass auf den äußeren Beeren der Traube bereits infektiöse, nicht gekeimte Konidien vorhanden gewesen sein müssen. Diese waren durch die optische Traubenkontrolle per Binokular zu Versuchsbeginn nicht zu erkennen. Eine Kontamination während der Überführung der Trauben vom Freiland ins Labor ist ausgeschlossen, da mit Ausnahme der Trauben alle verwendeten Materialien steril waren sowie alle versuchsspezifischen Arbeiten unter sterilen Bedingungen abliefen. Eine Sterilisation der Traubenoberfläche nach der Methode von COERTZE & HOLZ (1999) mit Ethanol (70 %) und

Natriumhypochlorit (0,35 %) war nicht möglich. In der Laborzucht hat sich gezeigt, dass die Tiere eine mit Ethanol (50 %) behandelte Fläche grundsätzlich mieden und sich in unbehandelte Bereiche zurückzogen. Bei Körperkontakt mit flüssigem Ethanol (50 %) verstarben die Individuen. Aufgrund der schon vor der Studie vorhandenen Graufäule-Infektion in vereinzelt Versuchstrauben konnte nicht geklärt werden, ob der Pilzbefall in den Trauben mit kontaminierten Ohrwürmern die Folge einer natürlichen Infektion in der Rebanlage war oder durch die Tiere verursacht wurde.

Die Laborstudie 2008 mit Pinselschimmel (*Penicillium crustosum*) hat ergeben, dass diese Pathogene durch *F. auricularia* auf Beeren übertragen werden können. Während in den Kontrollansätzen ohne kontaminierte Tiere lediglich eine von vier Trauben mit 1 % Pinselschimmel befallen war, wiesen alle vier Trauben mit kontaminierten Ohrwürmern eine Infektion mit durchschnittlich 3 % Befall auf (Abbildung 167). Der geringe Befall der Trauben mit Pinselschimmel war für den kurzen Versuchszeitraum von sieben Tagen typisch, da zunächst nur Einzelbeeren befallen werden (MOHR 2005). Mit Pinselschimmel infizierte Beeren zeigen eine stumpfe, schmutzig grüne bis braun-gelbliche, milchkaffeeartige Färbung an (MOHR 2005). Nach kurzer Zeit bilden sich mehrfach zuerst am Stielansatz weißliche bis grünblaue Mycelpolster, die sich rasch über die gesamte Beere ausbreiten (MOHR 2005).

Sowohl die Verbreitung von *Botrytis* als auch von *Penicillium* erfolgte durch Anheftung der infektiösen Stadien an die Körperteile des Vektors, wenn sich dieser über eine Oberfläche mit Pilzbefall bewegt. Bei den vorsätzlich mit Graufäule und Pinselschimmel kontaminierten Ohrwürmern verfangen sich Bruchstücke der Konidienträger insbesondere auf der feinstrukturierten und behaarten Unterseite der Tarsen, den Haftlappen zwischen den Tarsengliedern und in den ventralen Intersegmentalräumen des Abdomens. TAHER (2009) hat in Laborstudien mit *F. auricularia* festgestellt, dass sich Graufäule-Sporen vermehrt an behaarten Körperteilen wie der Ventralseite des Körpers, den Extremitäten und den Antennen ansammelten. Ähnliche Beobachtungen machten auch FERMAUD & GAUNT (1995), welche die Verbreitung von *B. cinerea* in neuseeländischen Kiwikulturen durch den Blütenthrips (*Thrips obscuratus* CRAWFORD 1941) untersuchten. Bei adulten Thripsen hafteten die Konidien am Kopf, Thorax, Abdomen und Extremitäten sowie vereinzelt auch an den Flügeln. Dabei sammelten sich die Fäulniserreger besonders in unebenen Stellen der Exocuticula, in Intersegmentalräumen, an Sinnesborsten und in behaarten Regionen an. Des Weiteren identifizierten BAILEY et al. (2008) in südafrikanischen Rebanlagen die Larven der Hellbraunen Apfelmotte (*Epiphyas postvittana* WALKER 1863) als Überträger von Graufäule in reifen Trauben. Die infektiösen Stadien hafteten auf der gesamten Larvencuticula. Die Autoren ermittelten in Trauben mit pilzkontaminierten Raupen bis zur Lese einen *Botrytis*-Befall von 59 %. In Trauben mit sterilen Larven stellten BAILEY et al. (2008) lediglich einen

Pilzbefall von 27 % fest. In den Kontrolltrauben ohne Raupen lag der Graufäule-Befall bei 18 %.

Der geringere Graufäule-Befall in den Trauben mit kontaminierten Tieren im Vergleich zu den ohrwurmfreien Trauben lässt sich gegebenenfalls mit dem Fressverhalten von *F. auricularia* erklären. In den Versuchsbehältern stand den Ohrwürmern mit Ausnahme der Beeren keine weitere Futter- und Wasserquelle zur Verfügung. Es ist davon auszugehen, dass sich die Ohrwürmer neben dem Fruchtfleisch der vorgeschädigten Beeren zusätzlich von Graufäule-Sporen ernährten, weil alle Versuchstiere am Versuchsende noch lebten und keine intakte Traubenbeere angefressen war (Abbildung 165, Tabelle 37 bis 39). Das ausgeprägte Putzverhalten von *F. auricularia*, aus dem die orale Aufnahme von Pathogenen resultiert, kann nicht als Grund für den geringen Pilzbefall in den mit Ohrwurm kontaminierten Trauben angeführt werden. Denn in den Ansätzen mit Pinselschimmel gelangt trotz des intensiven Putzverhaltens die Übertragung der Pathogene von der Körperoberfläche des Ohrwurms auf die Trauben. In der Laborzucht 2007 bis 2009 wurde das ausgiebige und zeitintensive Putzen des Körpers und der Körperanhänge, wie zum Beispiel Fühler, Extremitäten und Zangen, täglich beobachtet.

4.5.3 Übertragung von pilzlichen Pathogenen durch Kot

Mit Beginn der Beerenreife (BBCH 81) werden durch den Ohrwurm-Befall kompakte Trauben mit Ohrwurm-Kot kontaminiert. Insbesondere nach dem Weichwerden der Beeren (BBCH 85) bis zur Vollreife (BBCH 89) sammeln sich die Exkremente in Spalten und Ritzen zwischen dem Stielgerüst und den Beeren an und fallen nicht mehr aus der Traube heraus. Da die Trauben mehrere Tage von den Tieren als Tagesrefugium besetzt werden, können sich im Traubeninneren mehrere hundert Kotteilchen ansammeln (Abbildung 175c, d). Der dunkelbraune bis schwarze Kot häuft sich auch in Kontaktstellen zwischen Blattspreiten und Trauben sowie in Engstellen zwischen Trauben und Metall- und Holzstickeln an (Abbildung 175c, d, g). Haben die Tiere im Vorfeld beispielsweise infektiöse Stadien der Graufäule vertilgt, können die Konidien bei Feuchtigkeit auskeimen und auf den Exkrementen entwickelt sich graues sporulierendes Mycel (Abbildung 175e). Pilzkomponenten sind für den Ohrwurm aufgrund pilzspezifischer Nährstoffe wie Sterole als Nahrungsquelle attraktiv (TAHER 2009).

Pilzpathogene werden durch Ohrwurm-Kot nur verbreitet, wenn *F. auricularia* im Vorfeld infektiöses Material aufgenommen hat. Die 2007 durchgeführten Fraßversuche im Labor und Beobachtungen von BREUER (2008) haben ergeben, dass Ohrwürmer in großen Mengen sporulierendes Mycel der Graufäule fressen. Im Labor fraßen zehn Versuchstiere innerhalb von 24 Stunden einen 39 cm² umfassenden Pilzrasen auf einer Agarplatte vollständig auf

(Abbildung 165). Ferner wurde 2007 im Verlauf einer Traubenbonitur festgestellt, dass faule Riesling-Trauben häufiger mit *F. auricularia* besetzt waren als gesunde. In Trauben mit einem hohen Fäulnisanteil von 51 bis 100 % befanden sich signifikant mehr Tiere als in Trauben mit geringerem Pilzbefall von 1 bis 50 % (Tabelle 20). Dieses Resultat lässt sich vermutlich auf die Attraktivität des sporulierenden Pilzmycels als Nahrung im Tagesquartier „Traube“ zurückführen. Der Großteil der Trauben wies ausschließlich Graufäule-Befall auf, lediglich vereinzelte Trauben zeigten einen Komplex aus Graufäule, Grünfäule (*Penicillium expansum* LINK 1809) und „Essigfäule“, wobei letztere von Bakterien wie *Gluconobacter spec.* und *Acetobacter spec.* hervorgerufen wird (MOHR 2005).

Bereits in früheren Studien wurde die Aufnahme von Pilzsporen durch direkte Beobachtungen und Magenuntersuchungen bei *F. auricularia* nachgewiesen (BEIER 1959). TAHER (2009) untersuchte im Rahmen der Verbreitung von pilzlichen Pathogenen der Weinrebe durch *F. auricularia* den Darminhalt und den Kot auf infektiöse Stadien der Graufäule. Die Autorin wies durch Fraßversuche und durch Versuche mit pilzkontaminierten Tieren aus Freiland-Trauben nach, dass im Darminhalt und in den Exkrementen der Ohrwürmer lebensfähige Fortpflanzungseinheiten der Graufäule enthalten sind. Die Art der Fortpflanzungseinheit konnte nicht bestimmt werden. Als mögliche infektiöse Stadien führt TAHER (2009) Makro- und Mikrokonidien, Ascosporen, Mycel und endogene Hyphen auf. Sie stellte fest, dass die Fortpflanzungseinheiten selbst dann nicht ihre Keimfähigkeit verloren, wenn diese mehrere Wochen in einer -20 °C kalten Lösung aufbewahrt wurden. Auch bei anderen Insektenarten wurde die Verbreitung der Konidien durch den Kot nachgewiesen. BAILEY et al. (2008) isolierten Graufäule-Sporen aus dem Larvenkot der Hellbraunen Apfelmotte. In südafrikanischen Rebanlagen verbreitet diese Lepidopteren-Art durch ihre Exkremente die Graufäule in reifen Trauben.

Für das Fressen von Pilzrasen kommen zwei Gründe in Betracht. Schon LAMB (1975) beobachtete, dass sich *F. auricularia* zunächst im direkten Umfeld des Tagesquartiers Nahrung sucht. Als weiterer Grund für das Fressen von sporulierendem Pilzmycel können pilzspezifische Nährstoffe wie Sterole angeführt werden (TAHER 2009). Sterole wie das Cholesterin sind unentbehrliche Strukturkomponenten der tierischen Zellmembran und Ausgangsmaterial anderer Steroide wie Vitamin B (PENZLIN 1996). Da Insekten im Gegensatz zu den Wirbeltieren Sterole nicht selbst synthetisieren können, müssen diese Komponenten mit der Nahrung aufgenommen werden (PENZLIN 1996). Die meisten herbivoren Insektenarten können die mit der pflanzlichen Nahrung aufgenommenen Sterine in Cholesterin umwandeln (PENZLIN 1996). Beim Bekreuzten Traubenwickler nahmen durch die Aufnahme der pilzlichen Sterole der Graufäule die Lebenserwartung und die Fruchtbarkeit der Weibchen zu (MONDY & CORIO-COSTET 2000). Die Larvenentwicklung

verkürzte sich durch die Fütterung mit Pilzmycel signifikant und die Sterblichkeit nahm ab. Weibchen, die als Larven mit Pilzmycel ernährt wurden, waren fruchtbarer, erzeugten annähernd doppelt so viele Eier und beendeten die Diapause früher als die Weibchen, denen im Juvenilstadium kein Mycel gefüttert wurde (MONDY & CORIO-COSTET 2000).

4.5.4 Sensorische Fehltöne im Wein

Aufgrund des Massenauftretens von *F. auricularia* in pfälzischen Rebanlagen sammeln sich die Tiere und deren Exkremente in großen Mengen in den Trauben an. Vor allem bei früh- und mittelreifen Sorten wie Ortega und Müller-Thurgau, die von Ende August bis Mitte September geerntet werden, geraten die mit Ohrwürmern kontaminierten Trauben ins Lesegut, so dass im Wein Fehlgerüche entstehen können (SCHRUFFT et al. 1995). Die als Schaden definierten Fehltöne fallen jedoch erst nach Abschluss der Weingärung sensorisch auf. Die negativen Geruchs- und Geschmacksbeeinträchtigungen sind unter anderem auf die im Abwehrsekret enthaltene Substanz 2-Methyl-1,4-benzochinon zurückzuführen. Das Abwehrsekret wird aus vier Pygidialdrüsen freigesetzt, deren Öffnungen sich am Hinterende des dritten und vierten Abdominalsegments befinden (SCHILDKNECHT & WEISS 1960). 2-Methyl-1,4-benzochinon wurde mittels GCMS-Messung aber nicht nur im Tier, sondern auch im Kot nachgewiesen (Anhang: Abbildungen 32, 33). Die eigenen GCMS-Messungen haben ergeben, dass die durchschnittliche Benzochinon-Menge für ein Individuum 3,2 µg und für ein Gramm Ohrwurm-Kot 0,9 µg beträgt. Folglich gelangt die Substanz sowohl durch die Ohrwürmer als auch durch die Exkremente ins Lesegut.

Ohrwurm-Kot: Die analytischen Untersuchungen haben ergeben, dass das im Ohrwurm-Kot enthaltene 2-Methyl-1,4-benzochinon während der Weingärung neben weiteren Reaktionsprodukten in 2-Methyl-1,4-hydrochinon umgewandelt wird (Abbildung 172, 174). Das Hydrochinon wurde auch noch nach der Gärung im ausgebauten Weinextrakt mittels GCMS nachgewiesen (Anhang: Abbildung 35). Die Umwandlung von 2-Methyl-1,4-benzochinon zu 2-Methyl-1,4-hydrochinon erfolgt höchstwahrscheinlich durch eine Reduktion beim Zuckerabbau während der Gärung. Die bei der Zuckerzersetzung freigesetzten Wasserstoffionen lagern sich an die Sauerstoffatome der Ketogruppen des Benzochinons an und werden unter Energiegewinnung zu Hydroxygruppen (OH-Gruppe) reduziert, so dass Hydrochinon entsteht (Abbildung 174). Auch reduktiv wirkende Weininhaltsstoffe können Benzochinon in Hydrochinon umwandeln. Aufgrund dieser Umwandlungsprozesse im Wein erfolgte selbst bei einer Dotierung des Weinextrakts mit 0,1 µg/ml, 1 µg/ml und 10 µg/ml Benzochinon immer eine Reduktion zu Hydrochinon, so dass Benzochinon im Weinextrakt nicht mehr nachweisbar war (Tabelle 42, 43).

Ferner kann das aus dem Ohrwurm-Kot gelöste 2-Methyl-1,4-benzochinon mit im Wein enthaltenen Aminosäuren und Aminen zur zyklischen Aminen und Iminen reagieren (Abbildung 174). Aminosäuren sind polyfunktionell, d.h., sie enthalten zwei oder mehr funktionelle Gruppen wie Aminogruppen (NH₂-Gruppe) und Carboxygruppen (COOH-Gruppe) und sind deshalb hoch reaktiv (LEHNINGER et al. 1998). Amine sind Derivate der Kohlenwasserstoffe, bei denen ein oder mehrere Wasserstoffatome durch eine Aminogruppe ersetzt werden (LEHNINGER et al. 1998). Zyklische Amine können durch die Michael-Addition entstehen (BEYER & WALTER 1984). Dabei wird an das benachbarte Kohlenstoffatom der Carbonylgruppe (CO-Gruppe) des 2-Methyl-1,4-benzochinons ein nukleophiles Amin oder Aminosäure angelagert (Abbildung 174). Durch die Anlagerung von Aminen und Aminosäuren an die Carbonylgruppe des Benzochinons können auch Imine (Azomethin) gebildet werden. Imine sind organische Verbindungen, die eine Iminogruppe (= NH beziehungsweise -NH-) enthalten und entstehen, wenn ein Sauerstoffatom eines Aldehyds oder Ketons durch ein Stickstoffatom ersetzt wird (LEHNINGER et al. 1998). Die Entstehung von zyklischen Imin kann durch die Iminreaktion erfolgen. Dabei wird das Sauerstoff-Atom der ersten Ketogruppe des Benzochinons durch ein Stickstoffatom ersetzt (Abbildung 174). Inwieweit diese Reaktionsprodukte den Geschmack und Geruch des Weins beeinflussen, ist bisher noch nicht detaillierter untersucht worden.

Obwohl Hydrochinon im undotierten Weinextrakt nachgewiesen wurde, konnte die geruchliche und geschmackliche Beeinflussung des Weins durch die Substanz nicht eindeutig definiert werden, da der nicht mit Kot kontaminierte Kontrollwein ebenfalls Fehleraromen zeigte. In der ersten Sensorikprüfung unterschieden sich die durchschnittlichen Bewertungen des „Kot-Weins“ mit 1,7 nur geringfügig von dem unbehandelten Wein mit 1,8. Bei der zweiten Sensorikprüfung wurden sowohl der mit Ohrwurm-Kot kontaminierte Wein als auch die Kontrolle geschmacklich mit jeweils 1,7 und geruchlich mit jeweils 1,6 benotet (Anhang: Tabelle 4). Aufgrund der minimalen Unterschiede zwischen den quantitativen Bewertungen wurde auf einen statistischen Vergleich verzichtet. Trotzdem stellten vereinzelte Prüfer nach der Verkostung des kontaminierten Weins im Vergleich zum Kontrollwein geschmackliche Unterschiede fest. Der verkostete „Kot-Wein“ wies zwar auch wie die Kontrolle die Fehleraromen „Mottenkugel-Note“ „leichter Schwefelwasserstoff-Ton“, „Chemieton“, „bitter“ und „muffig“ auf, jedoch berichtete die Mehrzahl der Prüfer nach der Verkostung von einem Nachgeschmack nach angesmortem Holz und einer angerauten Zunge beziehungsweise Rachenbereich (Anhang: Tabelle 4). Insbesondere das rauchige Aroma und der angeraute Rachenbereich sind typische Geschmackseigenschaften des Benzochinons, das im Mund- und Rachenbereich durch die oxidativen Enzyme des

Speichels wie Cytochrom P-450 (EISENBRAND & METZLER 1994) aus dem im Wein enthaltenen Hydrochinon gebildet wird (Anhang: Tabelle 1).

Durch das Hydrochinon verursachte geruchliche und geschmackliche Fehltöne können mit UTA (Untypische Alterungsnote) verwechselt werden. Bei zukünftigen Verkostungen sollte deshalb zusätzlich zur Sensorikprüfung eine analytische Untersuchung mittels GCMS auf 2-Methyl-1,4-hydrochinon erfolgen. UTA ist ein Sammelbegriff für negative Geruchs- und Geschmacksveränderungen bei Weißweinen (MOHR 2005). Auch bei starkem Pilzbefall des Lesezugs entstehen im späteren Wein Fehleraromen wie „muffig“, „bitter“, „esterig“ (MOHR 2005), die den Fehltönen des Benzo- und Hydrochinons im durchgeführten Sensorikversuch und in der Weinprüfung ähnelten. Nicht nur der substanzspezifische Geruch und Geschmack des Hydrochinons kann Weine sensorisch verändern, sondern auch dessen Reaktionsprodukte. Da die beiden Hydroxygruppen des Hydrochinons alkoholische Funktion besitzen, können diese mit im Wein vorhandenen Säuren abreagieren und Ester bilden, die Geruchs- und Geschmacksveränderungen herbeiführen können (BEYER & WALTER 1984, MOHR 2005).

Ohrwürmer im Lesezug: SCHRUFTE et al. (1995) führten 1992 nach einem Massenaufreten von *F. auricularia* in badischen Rebanlagen sensorische Untersuchungen durch, um festzustellen, inwieweit ins Lesezug geratene Tiere die Weinqualität beeinflussen. Für die Studie wurde wie im vorliegenden Fall Spätburgunder verwendet, der jeweils mit und ohne Ohrwürmer ohne Maischeerhitzung zu einem Spätburgunder Weißherbst ausgebaut wurde. Die Autoren setzten drei Varianten an, welche von insgesamt 76 Prüfern beurteilt wurden: erste Variante = Trauben ohne Ohrwürmer, zweite Variante = Trauben mit vier bis fünf Ohrwürmern, dritte Variante = 100 kg Trauben mit 4 bis 5 kg Ohrwürmern. Die zweite Variante ist mit dem eigenen Ansatz vergleichbar, weil für den Versuch 100 kg Trauben mit 1600 Tieren verpresst wurden. Da 100 kg Trauben circa 400 Trauben entsprechen (1 kg ~ vier Trauben), lag der durchschnittliche Ohrwurm-Besatz pro Traube bei vier Tieren. Weine, die aus Trauben mit jeweils vier bis fünf Ohrwürmern hergestellt wurden, zeigten bei den sensorischen Prüfungen von SCHRUFTE et al. (1995) im Vergleich zu ohrwurmfreien Weinen negative Geruchs- und Geschmacksauffälligkeiten, die als untypisch, fremd und mit einem nicht definierbaren Fehlton beurteilt wurden. Die Intensität der Fehleraromen nahm bei den Testweinen der dritten Variante noch zu. Im Gegensatz zu den Untersuchungen von SCHRUFTE et al. (1995) wurde bei Spätburgunder-Weinen keine qualitative Beeinträchtigung des Geruchs und Geschmacks durch Zugabe von Ohrwürmern ins Lesezug festgestellt.

SCHRUFTE et al. (1995) benannten die sensorischen Veränderungen im Wein nicht genau und führten keinen analytischen Substanznachweis der Chinone im Wein durch. Deshalb bleibt

unklar, ob die Fehleraromen durch Benzochinon oder Hydrochinon entstanden sind. In den eigenen Sensorikprüfungen mit jeweils zwölf Prüfern zeigten die Weine mit verpressten Ohrwürmern keine Fehleraromen im Geruch und Geschmack und Benzo- und Hydrochinon konnten im Testwein nicht analytisch nachgewiesen werden (Tabelle 42, Anhang: Abbildung 34, Tabelle 3). Möglicherweise war die Konzentration des Benzochinons in der Maische zu gering, um nach der Gärung Fehleraromen im Wein zu erzeugen. Anzunehmen ist, dass die Arbeiten während der Traubenlese von den Ohrwürmern als Bedrohung und Stress wahrgenommen werden und infolgedessen die Tiere das Abwehrsekret mit dem enthaltenen Benzochinon ausstoßen. Dabei gelangt die Substanz auf die Traubenoberfläche und damit an die Luft. Da Benzochinon leicht flüchtig ist (BEYER & WALTER 1984), kann davon ausgegangen werden, dass keine oder nur sehr geringe Substanzmengen in die Maische und damit in den Most gelangten. Weil Benzochinon in Flüssigkeiten, wie zum Beispiel im Wein, sehr schnell metabolisiert, ist die Substanz bei sehr geringen Mengen nicht nachweisbar. Ferner reagiert 2-Methyl-1,4-benzochinon mit verschiedenen Weinhaltstoffen während der Gärung zu 2-Methyl-1,4-hydrochinon, so dass im Wein, wenn überhaupt, nur Hydrochinon nachweisbar wäre (Tabelle 42). Aufgrund dessen gelang der Substanznachweis von Benzochinon auch nicht nach der Zugabe von 0,1 µg/ml, 1 µg/ml und 10 µg/ml Substanz im Weinextrakt (Tabelle 42). Obwohl der Nachweis von Hydrochinon nicht in Weinen mit zugesetzten Ohrwürmern gelang, sollte bedacht werden, dass in jeder mit Ohrwürmern besetzten Traube auch Kot vorkommt. Gelangen die Exkremente mit den Tieren ins Lesegut, kann ein Fehlton durch das aus dem Kot heraus gelöste Benzochinon entstehen.

Schadensschwelle: Zusammenfassend wurde versucht, für den Ohrwurm-Fraß, für die Übertragung von Pilzpathogenen durch Bewegungsaktivitäten des Tieres und seinen Kot sowie für die Entstehung von sensorischen Fehlnoten im Wein eine Schadensschwelle festzulegen. In die Betrachtungen sowie in die Versuche einbezogen wurde der über die drei Versuchsjahre ermittelte durchschnittliche Ohrwurm-Befall von sieben Ohrwürmern pro Traube.

Da Ohrwurm-Fraß an Trauben nur bei Fäulnis, Wespen-, Vogel- und Mäusefraß sowie bei wetter- und bewirtschaftungsbedingten Beerenschädigungen auftritt, ist der entstehende Beerenerlust im Vergleich zu anderen Ohrwurm-Schäden wie der kontinuierlich auftretenden Verkotung und Verbreitung von Pilzpathogenen als geringfügig einzustufen. Da die Fraßintensität und -häufigkeit von räumlich und zeitlich variablen Faktoren wie der Populationsdichte, von ausreichenden Nahrungsressourcen am Rebstock sowie von der Attraktivität der Fraßstelle abhängig sind, ist die Bestimmung einer Schadensschwelle für den Ohrwurm-Fraß wenig sinnvoll. Dennoch können die Ergebnisse der eigenen

Fraßversuche für eine mögliche Befallsregulation des Ohrwurms bei Fraßschäden in kompakten, reifen (BBCH 85 bis 89) Trauben als Richtwert gelten. Die Studien ergaben, dass sieben Tiere pro Traube 25 % aller vorgeschädigten Beeren dieser Traube komplett vertilgen können.

F. auricularia ist ein mobiles Insekt, das in Abhängigkeit von der Populationsdichte, des Klimas und der Verfügbarkeit an Raum- und Nahrungsressourcen die Verstecke in der Laubwand regelmäßig wechselt. Deshalb konnte keine Schadensschwelle für die Verbreitung der Pilzpathogene durch die Bewegungsaktivität und durch den Kot des Ohrwurms ermittelt werden. Des Weiteren ist zu bedenken, dass die Keimung und die Überlebensfähigkeit der Konidien von den jeweils herrschenden Umweltbedingungen abhängt. Die erfolgreiche Infektion des Wirtsgewebes wird insbesondere von der Niederschlagsintensität und -dauer (HOLZ et al. 2004, SPOTTS & HOLZ 1996), von der Luftfeuchtigkeit (MOHR 2005), von den Vorschädigungen der Beerenhaut (PUCHEU-PLATÉ & MECIER 1983), von den vorhandenen Nährstoffen auf der Beerencuticula sowie von der vorliegenden Konidienanzahl (HILL et al. 1981) bestimmt. Weitere Umweltfaktoren wie die Intensität der UV-Strahlung, der Einsatz von Fungiziden sowie die Durchführung von kulturtechnischen Pflegemaßnahmen der Laubwand beeinflussen nicht nur die Keimrate sondern auch die Überlebensfähigkeit der infektiösen Stadien (MOHR 2005). Selbst wenn *F. auricularia* stark mit Pilzpathogenen behaftet ist und diese durch die Bewegungsaktivitäten von Traube zu Trauben verbreitet, ist schließlich die erfolgreiche Penetration des Pilzes von den zuvor genannten Umweltfaktoren abhängig. Für Jahre mit hohem Pilzbefall in kompakten Trauben kann ein Richtwert zur Befallsregulation von *F. auricularia* genannt werden, um die Pathogenverbreitung durch die Bewegungsaktivitäten des Tieres einzudämmen. Sieben Ohrwürmer in einer kompakten, reifen (BBCH 89) Traube reichen aus, um in der Traube innerhalb von 14 Tagen einen Graufäule-Befall von bis zu 48 % und innerhalb von sieben Tagen einen Pinselschimmelbefall von bis zu 5 % herbeizuführen. TAHER (2009) vermutet, dass vom Ohrwurm-Kot ein höheres Infektionspotential ausgeht als von der Pathogenübertragung mittels Bewegungsaktivitäten, denn in den Exkrementen sind die Konidien besser vor UV-Strahlung geschützt. Da sich der Kot meist in dunklen und feuchten Spalten im Traubeninneren ansammelt, können die Sporen unter optimalen Bedingungen auskeimen (TAHER 2009).

Da kein sensorischer und analytischer Nachweis von Benzochinon und Hydrochinon im Spätburgunder-Wein erfolgte, wurden beide Substanzen in definierten Mengen einem fertig ausgebauten Riesling-Wein zugesetzt und direkt im Anschluss sensorisch untersucht. Ziel war, die Substanzmenge zu bestimmen, bei der sensorische Fehleraromen auftreten. Bei Zugabe von 200 µg/l Benzochinon trat ein leichter Bittergeschmack auf. Bereits ab 300 µg/l zugesetzter Substanz verstärkte sich dieser Fehlton massiv und der Testwein begann nach

Schwefelwasserstoff zu riechen (Anhang: Tabelle 1). Hydrochinon war im Testwein geruchlich nicht auffällig. Ab 700 µg/l wurde ein leichter Bittergeschmack und ein Nachgeschmack nach angesmortem Holz festgestellt, der sich ab 800 µg/l verstärkte (Anhang: Tabelle 2). Für die Ermittlung einer theoretischen Schadensschwelle wurde mit den zuvor genannten Konzentrationen beider Chinone und der mit GCMS bestimmten Benzochinon-Menge von 3,2 µg pro Tier eine Modellrechnung durchgeführt (Kapitel 3.11.3). Hypothetisch werden 62 bis 93 Ohrwürmer pro Liter Wein benötigt, um mit Benzochinon einen Fehlton im Geruch und Geschmack zu erzeugen. Daraus ergibt sich eine theoretische Schadensschwelle von 62 bis 93 Ohrwürmern in vier beziehungsweise fünf Trauben. Umgerechnet auf eine Einzeltraube ergeben sich Befallsdichten von zwölf, 16, 19 und 23 Ohrwürmern pro Traube. Diese Befallszahlen sind durchaus realistisch. Obwohl für die Rebsorte Riesling ein durchschnittlicher Besatz von sieben Tieren pro Traube ermittelt wurde, befanden sich in vereinzelt Trauben auch 14 bis 33 Individuen (Abbildung 55). Für die Erzeugung von Fehleraromen durch Hydrochinon werden hypothetisch 217 bis 248 Tiere pro Liter Wein benötigt. Daraus ergibt sich eine theoretische Schadensschwelle von 217 bis 248 Ohrwürmern in vier beziehungsweise fünf Trauben, die cirka einem kg Trauben entsprechen. Umgerechnet auf eine Einzeltraube ergeben sich Befallsdichten von 43, 54, 50 und 62 Tiere pro Traube. Derart hohe Befallsdichten wurden im Projektverlauf nie ermittelt.

Vermutlich ist 2-Methyl-1,4-benzochinon an Ausscheidungsprodukte des Kots fester gebunden als im Abwehrsekret des Tieres. Dadurch wird die Substanz erst in der Maische frei und nicht schon während des Leseprozesses in der Rebanlage. Infolgedessen gelangen höhere Benzochinon-Konzentrationen durch den Kot in den Most. Zur Bestimmung der Schadensschwelle wurden neben eigenen Ergebnissen, zusätzlich die von WALKER et al. (1993) angegebenen artspezifischen Kotmengen verwendet. Die Autoren stellten zwischen den Kotmengen der Weibchen und Männchen keinen signifikanten Unterschied fest. Die durchschnittliche Kotmenge beträgt bei einem Männchen 1,238 mg pro Tag und bei einem Weibchen 1,336 mg pro Tag. Aus diesen zwei Werten ergibt sich ein Mittelwert von 1,3 mg Kot pro Tag, der für die folgenden Berechnungen verwendet wurde. Wird für die Rebsorte Riesling der durchschnittliche Ohrwurm-Besatz von sieben Tieren pro Traube angenommen, so erzeugen sieben Individuen am Tag durchschnittlich 9,1 mg Kot. Da sich die Ohrwürmer in Abhängigkeit von den Nahrungsressourcen im Umfeld des Tagesrefugiums von mehreren Tagen bis zu einem Monat in der Traube aufhalten können, ergeben sich folgende Kotmengen: nach 10 Tagen = 91 mg, nach 20 Tagen = 182 mg und nach 30 Tagen = 273 mg. Der Nachweis von 2-Methyl-1,4-hydrochinon erfolgte bereits in Weinen, deren Trauben mit Kotmengen von 20 bis 380 mg kontaminiert waren. Demzufolge würden schon Fehleraromen im Wein auftreten, wenn sich in jeder Traube durchschnittlich 91 mg Kot

angereichert hätte, der von sieben Tieren innerhalb von zehn Tagen abgegeben wurde. Aufgrund dieser Berechnungen kann für einen Fehlton durch Ohrwurm-Kot in Weinen eine theoretische Schadensschwelle von sieben Tieren pro Traube angegeben werden. Dieser theoretische Wert gilt für Weißweinsorten mit kompakten Trauben. Für Rotweinsorten wurden noch keine sensorischen und analytischen Untersuchungen zum Nachweis von Hydrochinon im Wein durchgeführt. Wahrscheinlich tritt bei Rotweinen durch das im Kot vorhandene Benzochinon kein Fehl aroma auf, weil die Substanz während der Maischeerhitzung mit Inhaltsstoffen des Weins reagieren kann oder sich durch Sublimationseigenschaften (zum Beispiel Übergang vom festen in den gasförmigen Zustand) verflüchtigt. Ferner könnte das Benzochinon durch die Co-Destillation mit Wasserdampf nach der Maischeerhitzung entweichen. Bei Rebsorten mit lockerbeerigen Trauben fällt dieses Schaden ebenfalls nicht auf, da der Kot in großen Mengen aus dem lückigen Traubengerüst herausfällt. Die Bestimmung einer tatsächlichen Schadensschwelle war auch in diesem Fall aufgrund der wechselnden Tagesrefugien der Tiere nicht möglich. Ferner unterscheiden sich die Tiere in ihrem Fressverhalten und in ihrer Stoffwechselaktivität. Bei Nahrungsüberangebot kann sich die Kotmenge eines Tieres verdoppeln und bei Nahrungsmangel oder auftretenden Infektionen können die Futteraufnahme und somit auch die Kotmenge abnehmen (BEGON et al. 1998).

4.6 Zucht

Dieses Kapitel fasst die wichtigsten Erkenntnisse für eine erfolgreiche Zucht von *F. auricularia* unter Laborbedingungen kritisch betrachtet zusammen.

Zuchtbehälter

Die gut durchlüfteten Vollglasterrarien und die Buchsteiner-Kunststoffboxen eigneten sich am besten als Zuchtbehälter. Nur in diesen Gefäßen gelang die Zucht bis zum L₄-Stadium (Tabelle 32). Grund für den Zuchterfolg war zum einen die gute Durchlüftung der Behälter (Danilo Matzke, persönliche Mitteilung), so dass sich keine Staunässe bilden konnte und alle Tagesrefugien im Gefäß trocken blieben. Dauerhafte Übernässung des Habitats schädigt die Tiere (WEYRAUCH 1929). Da sich in den als Zuchtbehälter verwendeten Gipsröhren und modifizierten Reblauskästen aufgrund der schlechten Luftzirkulation Staunässe bildete, legten die Weibchen in diesen Behältern entweder keine Eier ab oder fraßen die Eier wenige Tage nach der Ablage wieder auf. Ferner boten die Vollglasterrarien und die Buchsteiner-Kunststoffboxen mit einer Grundfläche von 30 x 24 cm beziehungsweise von 11 x 11 cm im Vergleich zu den Gipsröhren und den Rundgefäßen aus Kunststoff mehr Raum für Aktivitäten, der für das Überleben der Tiere in der Zucht lebensnotwendig ist (Danilo Matzke, persönliche Mitteilung).

Besatz

Sobald trächtige Weibchen im Substrat graben, sollten sie separat in Einzelbehälter umgesetzt werden und die Männchen aus dem Zuchtgefäß entfernt werden. In Behältern, die mit mehreren Tieren besetzt waren, verteidigten die Weibchen ihre Gelege wehrhaft gegenüber Männchen und anderen Weibchen und vertrieben die Eindringlinge vom Nest. Dieses Verhalten wurde bereits in früheren Zuchtstudien von WORTHINGTON (1926), LAMB & WELLINGTON (1974), LAMB (1976b) beschrieben. LAMB & WELLINGTON (1974) stellten fest, dass die Männchen nach der Eiablage der Weibchen aus den Zuchtbehältern entfernt werden müssen. Die Weibchen wenden sonst zu viel Zeit auf, um die Männchen vom Nest zu verjagen und vernachlässigen in dieser Zeit die Brutpflege. Werden die Eier nicht ausreichend vom Weibchen gepflegt, bilden sich Schimmelpilze auf der Eihülle (LAMB & WELLINGTON 1974). Außerdem fressen sich mehrere Weibchen in einem Behälter sowohl die Eier als auch die ersten Larvenstadien gegenseitig auf (HERTER 1943, PHILLIPS 1981). Ohrwürmer werden aufgrund ihres Brutverhaltens von MICHENER (1969) in die Gruppe der subsozialen Insekten eingeordnet. Solche Insekten betreiben zwar Brutpflege, diese ist aber nicht kooperativ, da sich nicht mehrere Individuen an der Pflege beteiligen. Obwohl die Weibchen ihre eigenen Gelege intensiv pflegten und gegen Störungen vehement verteidigten, haben die Zuchtversuche ergeben, dass die Weibchen auch Fremdeier annehmen, diese in ihr eigenes Gelege integrieren und die Fremdlarven aufziehen (Tabelle 32). In der Laborzucht hat sich weiterhin gezeigt, dass die brütenden Weibchen höchstens einmal pro Woche durch Fütterungs- oder Pflegemaßnahmen gestört werden sollten. Um den Stress für die Tiere so gering wie möglich zu halten, sollten zum Beispiel Borkenstücke in den Behälter auf die Oberfläche des Substrats gelegt werden, unter denen die Weibchen ihre Brutkammern ungestört anlegen können.

Substrat

Das Anlegen von Brutröhren und die Eiablage sind von der Körnigkeit des Bodens und damit von der Bodenart abhängig. Dabei hat sich sandiger Lehmboden aus dem Freiland am besten für die Zuchtversuche geeignet. In diesem Substrat legten die Weibchen die meisten Nester mit Eiern an (Tabelle 31). Um das natürliche Brutverhalten zu fördern und den Tieren natürliche Brutbedingungen zu bieten, sollte in der *Forficula*-Zucht Erde als Substrat verwendet werden. Die Eiablage wurde zwar auch zwischen Lagen aus Cellulosepapier sowie in Bambus- und Papprollen beobachtet, jedoch fraßen die Weibchen ihre Eier nach kürzester Zeit auf. Wahrscheinlich konnten die Weibchen aufgrund des fehlenden Bodens die Bruttemperatur nicht regulieren, so dass die Eier abstarben und vom Weibchen gefressen wurden. In natürlichen Bodennestern verlagern die Weibchen ihre Eier in

Abhängigkeit von der Bodentemperatur vertikal, um optimale Bruttemperaturen zu erzielen (LAMB 1976b).

Nahrung

Ideale Nahrung für *F. auricularia* in der Laborzucht waren Apfelstücke, da diese sehr gut von den Tieren angenommen wurden und nicht so schnell verpilzten wie aufgeweichtes Katzenfutter. BUXTON (1974) wies in Fütterungsversuchen nach, dass mit rein pflanzlicher Kost ernährte Larven besser überlebten und schneller das Adultstadium erreichten als Larven, welche ausschließlich mit Blattläusen versorgt wurden. Da der Ohrwurm omnivor ist, wurde dennoch einmal im Monat Katzenfutter als Nahrung angeboten. Um die Weibchen so wenig wie möglich zu stören, wurden nur einmal pro Woche neue Apfelstücke in den Behälter gelegt.

Klima

Essentiell für das Überleben der Versuchstiere war eine ausreichende Luftfeuchtigkeit, weshalb der gesamte Zuchtbehälter im dreitägigen Rhythmus mit abgestandenem Wasser besprüht wurde. So wurden Luftfeuchten von über 50 % in den Zuchtgefäßen erreicht, die für *F. auricularia* lebensnotwendig sind (BEIER 1959). Nach dem Befeuchten nahmen die Tiere regelmäßig Wasser über die Wassertropfen auf. Die für frei lebende Ohrwürmer typische Diapause während der Wintermonate (BEIER 1959, LAMB 1976a, GOODACRE 1997) wurde bei den Labortieren aufgrund der ganzjährig gleich bleibenden Lufttemperatur von cirka 20 °C nicht beobachtet. Auch in der Laborzucht von LAMB & WELLINGTON (1974) blieb die Diapause bei den Versuchstieren während des Winters aus. In den eigenen Zuchtbehältern, die in einem ungeheizten Wohnraum mit Temperaturen von 9 bis 16 °C und Luftfeuchten von 41 bis 76 % standen, waren die Weibchen im Vergleich zu denen im Labor wesentlich ruhiger, ihre Eier verpilzten nicht und alle Larvenstadien waren aktiver und größer. Die geringeren Temperaturen und höheren Luftfeuchten in den Zuchtgefäßen des ungeheizten Wohnraumes boten den Tieren in der Brutphase bessere Klimabedingungen als im Labor.

5. Zusammenfassung

Der Gemeine Ohrwurm (*Forficula auricularia* LINNAEUS 1758) wurde bisher im Weinbau als natürlicher Gegenspieler verschiedener Rebschädlinge zu den Nützlingen gezählt. Etwa seit 2005 verursacht er aufgrund stark ansteigender Populationsdichten Schäden in pfälzischen Rebanlagen. Ohrwürmer halten sich massenhaft in den Trauben auf. Zusammen mit ihren Exkrementen geraten sie bei der Lese in großer Zahl ins Erntegut. Die Tiere werden von der weinbaulichen Praxis als sehr störend und qualitätsmindernd empfunden und ihre Einstufung als Nützlich kritisch gesehen. Aufgrund dieser Problematik wurde im Mai 2007 ein durch den Forschungsring des Deutschen Weinbaus (FDW) finanziertes Forschungsprojekt am Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Rheinpfalz in Neustadt an der Weinstraße begonnen. Bis 2010 wurden offene Fragen zur Erfassung und Populationsbiologie des Gemeinen Ohrwurms in Rebanlagen bearbeitet, die von ihm verursachten Schäden beschrieben und Strategien zu seiner Befallsregulation entwickelt.

1. Erfassungsmethoden in der Rebanlage

Am Boden aktive Ohrwürmer wurden mit Bodenfallen nach BARBER (1931) aufgenommen. In der Laubwand des Rebstockes wurden die Ohrwürmer mit eigens konzipierten Bambusfallen erfasst, die im Vergleich zu weiteren getesteten Fallentypen die höchste Fangeffektivität aufwiesen. Die Bambusfalle besteht aus drei mit Draht verbundenen und circa 19 cm langen Bambusröhren, die jeweils einen Innendurchmesser von durchschnittlich 1 cm haben. Die Röhren haben eine Öffnung, die nach vertikaler Montage am Rebstamm nach unten zeigt. Der Hohlraum der Röhren ist so vor Lichteinfall und Regen geschützt und wird von den Tieren bevorzugt als Tagesrefugium genutzt. Beide Fallentypen wurden von 2007 bis 2009 im Dauermonitoring und in den Bekämpfungsversuchen eingesetzt.

2. Populationsbiologie

F. auricularia ist in pfälzischen Rebanlagen die dominierende Ohrwurm-Art. Nur vereinzelt trat der Gebüsch-Ohrwurm (*Apterygida media* HAGENBACH 1882) in Randzonen der Rebflächen auf, die an Gebüschstreifen angrenzten. Im Projektverlauf wurde der Entwicklungszyklus des Gemeinen Ohrwurms in pfälzischen Rebanlagen vollständig aufgeklärt und beschrieben. Phänologisch folgt auf eine im Oberboden der Rebanlage verlaufende Überwinterungs- und Entwicklungsphase von Oktober bis Mai eine in der Laubwand ablaufende Aktivitätsphase von Juni bis September mit Paarungsphase von August bis September. Die Art bildet in pfälzischen Rebanlagen nur eine Generation pro Jahr. In der Vegetationsperiode beeinflussen die Intensität der Bodenbewirtschaftung mit der resultierenden Flächenbegrünung, die Bodenart, die Lufttemperatur, die Luftfeuchtigkeit und die Niederschlagsmenge die Befallsdichten am Rebstock signifikant. Der Ohrwurm-Befall in

den Trauben war signifikant von der Kompaktheit und vom Gewicht der Trauben sowie dem Fäulnisanteil pro Traube und von eingewachsenen Rebblättern in den Trauben abhängig. Auf das Überwinterungs- und Brutverhalten hatte die Art und Weise der Bodenbewirtschaftung entscheidenden Einfluss. In den begrünten Abschnitten der Rebanlage wurden signifikant mehr überwinternde Imagines sowie deutlich mehr Nester gefunden als in den unbegrünten Bereichen. Diese Verteilung ist auf die Störungsintensität der Bodenbearbeitung, auf den Deckungsgrad der Begrünungspflanzen sowie auf die Durchwurzelung und die Beschaffenheit des Bodens zurückzuführen. In der Laborzucht wurde nachgewiesen, dass Bodeneigenschaften wie die Bodenart und der Durchwurzelungsgrad den Bruterfolg maßgeblich bestimmen.

Im Verlauf des Dauermonitorings 2007 bis 2009 wurde nachgewiesen, dass Rotweinsorten in der Regel etwas höhere Befallsdichten zeigten als Weißweinsorten. Bei Rotweinsorten wurden pro Rebstock bis zu 401 Ohrwürmer und bei Weißweinsorten bis zu 378 Ohrwürmer erfasst. Der durchschnittliche Ohrwurm-Befall pro Jahr betrug bei den Rotweinsorten 27 bis 98 Tiere pro Rebstock und bei den Weißweinsorten 26 bis 77 Tiere pro Rebstock. In der Rebsorte Riesling wurden am Rebstock maximal 203 Individuen und im Jahresdurchschnitt 41 bis 57 Individuen aufgenommen. In einzelnen Riesling-Trauben befanden sich durchschnittlich sieben und maximal 33 Tiere.

3. Schäden

(1) Im Rahmen von Labor- und Freilandversuchen wurde nachgewiesen, dass *F. auricularia* Pilzpathogene wie die Graufäule (*Botrytis cinerea* PERSON 1794) auf gesunde Trauben überträgt. Unter Laborbedingungen verbreitete der Ohrwurm auch den Pinselschimmel (*Penicillium crustosum* THOM 1930) auf gesunde Trauben. (2) Fraßversuche haben ergeben, dass der Ohrwurm nur faule und vorgeschädigte Beeren anfressen kann und keine intakten Beeren verletzt. (3) Durch analytische und sensorische Untersuchungen wurde festgestellt, dass durch den Ohrwurm-Kot sensorische Fehltöne im Wein entstehen können. Diese werden durch das im Kot enthaltene 2-Methyl-1,4-benzochinon verursacht, das eine Komponente des arteigenen Abwehrsekrets ist. Gerät diese Substanz zusammen mit den Ausscheidungen in die Maische, entsteht während der Weingärung das sensorisch auffällige 2-Methyl-1,4-hydrochinon. (4) Ferner wirken die Massenansammlungen von Ohrwürmern am Rebstock während der Pflege- und Erntearbeiten störend. Gelangen die Tiere mit ihren Exkrementen in großen Mengen ins Lesegut, entsteht sowohl bei Erzeugern als auch bei Vermarktern der Eindruck einer schlechten Traubenqualität.

4. Befallsregulation

Da sich der Gemeine Ohrwurm jahreszeitlich bedingt entweder im Boden oder am Rebstock aufhält, wurden befallsregulierende Maßnahmen im Boden- und Laubwandbereich der Rebanlage durchgeführt. Durch Tiefengrubbern mit Umbruch der Begrünung im Herbst und Frühjahr wurden die überwinternden Imagines und die Gelege geschädigt, so dass in der darauf folgenden Vegetationsperiode die Befallsdichten in der Laubwand geringfügig aber nicht signifikant abnahmen. Die während der Aufwanderungsphase der Ohrwürmer Ende Juni durchgeführte mechanische Störung der Begrünung reduzierte den Ohrwurm-Befall am Rebstock bis zu drei Wochen nach der Maßnahme signifikant. Mit weiteren mechanischen Eingriffen in die Bodenstruktur wie mit angehäuften Boden im Unterstockbereich, flächig ausgebrachtem Strohmulch und einem Foliendamm wurde der Befall nicht reduziert. Im Boden eingebrachter Kalkstickstoff sowie insektenpathogene Nematoden dezimierten die Ohrwürmer in der Rebanlage nicht. Eine Bekämpfung von *F. auricularia* im Boden mit insektenpathogenen Nematoden und Pilzen gelang nur unter Laborbedingungen.

In der Laubwand der Rebstöcke wurden die Befallsdichten durch Insektizide und die Sekundärwirkung der Entlaubung dauerhaft bis zur Traubenlese reduziert. Von den vier getesteten Insektiziden erzielten SpinTor (Wirkstoff Spinosad: 0,01%) und Steward® (Wirkstoff Indoxacarb: 0,0125 %) eine hohe und anhaltende Wirkung auf *F. auricularia*. Sieben Tage nach der Behandlung reduzierte SpinTor die Befallsdichten um bis zu 67 % (Tagapplikation) beziehungsweise um bis zu 94 % (Nachtapplikation). Unmittelbar vor der Lese betrug der Wirkungsgrad der Spintor-Nachtbehandlung immer noch 55 %. Steward® reduzierte die Befallsdichten sieben Tage nach der Anwendung um 95 % und drei Wochen vor Lesebeginn immer noch um 68 bis 73 %. Da das Mittel bereits bei einer Behandlung am Tag den Ohrwurm sehr stark dezimierte, wurde auf Nachtapplikationen verzichtet. Aufgrund der guten Bekämpfungsergebnisse wurde 2010 SpinTor gegen *F. auricularia* in Kelter- und Tafeltrauben nach § 18a PflSchG mit maximal zwei Anwendungen nach der Rebblüte genehmigt. Eine Genehmigung für Steward® gegen den Ohrwurm im Weinbau wird für 2011 erwartet. Die ein- und beidseitige Entlaubung der Rebstöcke hatte nur durch den indirekten Verrieselungseffekt der Trauben eine befallsreduzierende Wirkung auf *F. auricularia*. Alle weiteren durchgeführten Maßnahmen führten nicht oder nur kurzfristig zu einer Verringerung des Ohrwurm-Befalls: Kalkung der Laubwand, Applikation von Repellentsubstanzen und Pflanzenstärkungsmitteln und Ausbringen von Kaolin und Leimringen am Rebstamm als Aufwanderungsbarrieren.

6. Summary

The Common Earwig (*Forficula auricularia* LINNAEUS 1758) has been classified as a beneficial predator in vineyards. Amongst others the insect feeds on grape pests like different tortricids. Since 2005 within many regions of the viticultural area of the Palatinate the individual densities increased to an extremely high level. The high number of earwigs in grapevines and grapes before the vintage interferes cultivation. Grapes contaminated with earwigs and faeces during grape gathering constitute a deterioration of grape quality for wine-growers. Therefore the role as a beneficial species is discussed critically. On account of these problems on May 2007 a research project was initiated at the Agricultural Service Centre Palatinate in Neustadt/Weinstraße with financial support of the FDW (Forschungsring des Deutschen Weinbaus). Until 2010 research was focussed on the following topics: (1) development of special trapping methods for monitoring earwigs, (2) analysis of the population biology of Common earwig in vineyards, Determination of the damages on grapes and wine caused by earwigs, (4) examination of chemical, ecological and biological strategies to reduce the population densities.

1. Sampling in vineyard

Pitfall traps (BARBER 1931) were used for collecting earwigs on the ground. Self-made bamboo traps were used for sampling earwigs in the foliage of grapevines. The bamboo trap showed the highest catch rate compared to other live traps tested. This trap consists of three bamboo tubes connected with wire or hot glue. Each tube had an inner diameter of about 1 cm and a length of 19 cm. The traps were vertically fixed with wire at the grapevine trunk. The tubes were open at the lower end. The upper end was closed by the nodes and hereby protected against rain and light. Thus these traps are very attractive for earwigs as daytime places.

2. Population biology

In vineyards of the Palatinate *F. auricularia* is the predominating earwig species. In very rare cases *Apterygida media* (HAGENBACH 1882) was caught in shrubberies of the edge area of vineyards. During the field studies the complete life cycle of the Common Earwig in vineyards of the Palatinate was investigated and described. The cycle can be divided in two phases. Overwintering and breeding take place in soil from early October to May and moving occur in grapevine from June to September with mating from August to September. In vineyards of the Palatinate *F. auricularia* produces one generation per year. During the vegetation period the earwig densities in grapevines are significantly depending on intensity of soil tillage in respect with the density of vegetation cover, soil type, air temperature, air humidity and amount of precipitation. The number of earwigs in grapes is significantly depending on grape

characteristics like vine variety (loose and tight clusters), weight of grape clusters, percentage of rot in grapes and surrounding of the grapes. Overwintering and breeding are influenced by ground management in vineyards. In areas with ground vegetation and without soil cultivation the number of hibernate individuals and nests was higher than in places without vegetation and intensive soil management. This distribution is based on the intensity of soil tillage, the density of vegetation cover, the mode of vegetation and root penetration and the soil structure. Rearing in the laboratory showed that the breeding success was influenced by the soil type and the root penetration.

The monitoring from 2007 to 2009 showed that earwig densities in grapevines of red varieties were predominantly higher than in grapevines of white varieties. At most 401 individuals per grapevine of red varieties and 378 individuals per grapevine of white varieties were caught. In the annual average 27 to 98 earwigs were trapped in grapevines of red varieties and 26 to 77 earwigs were caught in grapevines of white varieties. In Riesling-grapevines 203 individuals per grapevine were trapped at most, the annual mean number was 41 to 57 earwigs per grapevine. In average 7 earwigs were found per Riesling-grape. At most 33 earwigs were collected in one Riesling-grape.

3. Damages caused by earwigs

(1) Laboratory and field studies demonstrated that earwigs transfer pathogens like grey mould (*Botrytis cinerea* PERSON 1794) by moving from grape to grape. Tests under laboratory conditions showed that earwigs also transfer blue mould (*Penicillium crustosum* THOM 1930). (2) Feeding experiments showed that earwigs feed only berries with preliminary damages like mould infection or injuries caused by wasps and birds. Earwigs are not able to erode berries with intact berry skin. (3) Analytical determinations and sensory tests demonstrated that faeces of earwigs in grapes have a negative influence on wine smell and flavour. These adverse effects of faeces are based on the chemical substance 2-Methyl-1,4-benzochinon, a component of the earwig defense agent. (4) During cultivation and vintage the high earwig densities in grapevines and grapes are very disruptive for winegrowers. Contaminated grapes with earwigs and faeces during grape gathering constitute a deterioration of grape quality for producers and marketers.

4. Control of earwigs

For earwig control different mechanical, biological and chemical strategies were tested on the ground and in the foliage of vineyards. With soil cultivation by removing vegetation in autumn and spring some hibernated individuals in and nests were killed. By this measure the earwig densities were slightly reduced in the grapevines. Removing the vegetation cover end of June, the time which moving earwigs from soil into the foliage, is an effective strategy for

controlling earwigs in the foliage. After soil management the densities in grapevines were significantly lower up to three weeks compared to the densities in the untreated control. Other strategies in vineyards like soil tillage in grapevine rows, mulching with straw, earth wall covers with black plastic film between grapevine rows, scatter lime granulate and application of insect parasitic nematodes were not efficient against earwigs. Under laboratory conditions earwigs were killed by insect parasitic nematodes and fungi.

Insecticides were very efficient against earwigs in the foliage of grapevines. SpinTor (Spinosad: 0,01%) and Steward® (Indoxacarb: 0,0125 %), two of four tested insecticides, reduced earwig densities successfully for several weeks. Seven days after application of SpinTor at the daytime the densities were 67 % lower compared to the densities in the untreated control. Night application reached an efficiency of 94 %. Few days before vintage still an efficiency of 55 % was determined. Seven days after application of Steward® by day 95 % of the earwigs were killed, three weeks before harvest the efficiency of this insecticide still reached 68 to 73 %. On account of the satisfying results SpinTor received an approval against earwigs in grapes after § 18a PflSchG. The approval for Steward® against earwigs in wine-growing is expected for 2011. Loosening the grape structure by stripping in the foliage also reduced earwig densities. Other strategies tested like liming the foliage, application of insect repellent agents and plant tonics as well as climbing barriers from Kaolin and glue had no reducing effects on earwigs.

7. Literatur

- ABBOTT, W.S. (1925): A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology* 18: 265-267.
- AMBROSI, H., DETTWEILER-MÜNCH, E., RÜHL, E.H., SCHMID, J. & F. SCHUHMAN (1998): *Farbatlas Rebsorten - 300 Sorten und ihre Weine*. Eugen Ulmer GmbH & Co, Stuttgart: 320 Seiten.
- ANDERSON, J.M. (1978): Inter- and intra-habitat relationships between woodland Cryptostigmata species diversity and the diversity of litter and soil microhabitats. *Oecologia* 32: 341-348.
- ARTHUR, C. L. & J. PAWLISZYN (1990): Solid phase microextraction with thermal desorption using fused silica optical fibers. *Analytical Chemistry* 62: 2145-2148.
- AUERSCH, O. (1971): Jungrauen des Goldafters und Forficuliden als Schädlinge an Früchten von Birne und Apfel. *Anzeiger für Schädlingskunde* 44: 136-138.
- BAARS, M.A. (1979): Catches in pitfall traps in relation to mean densities of Carabid beetles. *Oecologia* 41: 25-46.
- BAILY, P.T., FERGUSON, K.L., MCMAHON, R. & T.J. WICKS (1997): Transmission of *Botrytis cinerea* by lightbrown apple moth larvae on grapes. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 3 (2): 90-94.
- BARBER, H. (1931): Traps for cave-inhabiting insects. *Journal of Elisha Mitchell Science Society* 46: 259-266.
- BARBERCHECK, M.E. & H.K. KAYA (1991): Effect of host condition and soil texture on host finding by the entomogenous nematodes *Heterorhabditis bacteriophora* (Rhabditida: Heterorhabditidae) and *Steinernema carpocapsae* (Rhabditida: Steinernematidae). *Environmental Entomology* 20: 582-589.
- BAUER, K., FOX, R. & B. ZIEGLER (2004): *Moderne Bodenpflege im Weinbau*. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart (Hohenheim): 78 Seiten.
- BEALL, G. (1932): Life-history and behaviour of the European earwig (*Forficula auricularia* L.) in British Columbia. *Proceedings Entomological Society of British Columbia* 39: 28-43.
- BEGON, M.E., HARPER, J.L. & C.R. TOWNSEND (1998): *Ökologie*. Spektrum Akademischer Verlag GmbH, Heidelberg, Berlin: 750 Seiten.
- BEIER, M. (1959): *Ohrwürmer und Tarsenspinner*. A. Ziemsen Verlag, Wittenberg Lutherstadt: 34 Seiten.
- BEYER, H. & W. WALTER (1984): *Lehrbuch der Organischen Chemie*. 20., überarbeitete und ergänzte Auflage, S. Hirzel Verlag Stuttgart: 954 Seiten.
- BORTZ, J., LIENERT, G.A. & K. BOEHNKE (2008): *Verteilungsfreie Methoden in der Biostatistik*. 3. Auflage, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York: 929 Seiten.
- BOWER, C.C. (1992): Control of European earwig, *Forficula auricularia* L., in stonefruit orchards at Young, New South Wales. *General Applied Entomology* 24: 11-18.
- BRAUN-BLANQUET, J. (1964): *Pflanzensoziologie, Grundzüge der Vegetationskunde*. 3. Auflage, Springer-Verlag Berlin, Wien, New York: 865 Seiten.

- BREUER, M. (2008): Was tun Ohrwürmer in den Trauben? Der Badische Winzer Juni 2008: 22-23.
- BRÜSSEL, J. (2009): Einfluss von Entblätterungsmaßnahmen auf das Vorkommen des Gemeinen Ohrwurms (*Forficula auricularia*) an Reben der Sorte Chardonnay. Diplomarbeit, Forschungsanstalt Geisenheim.
- BURNIP, G.M., DALY, J.M., HACKETT, J.K. & D.M. SUCKLING (2002): European earwig phenology and effects of understorey management on population estimation. New Zealand Plant Protection 55: 390-395.
- BUSCH, W. (1959): Balduin Bährlamm der verhinderte Dichter. Werke. Historisch-kritische Gesamtausgabe, Bände I-IV, Band 4, Hamburg: 42-53.
- BUXTON, J.H. (1974): The biology of the European earwig *Forficula auricularia* L. with reference to its predatory activities on the damson hop aphid *Phorodon humuli* (Schrank). Thesis, Wye College, University of London.
- CALDWELL, D. (1992): Earwigs. Ohio State University Extension Fact Sheet.
- CARCAMO, H.A., NIEMALA, J.K. & J.R. SPENCE (1995): Farming and ground beetles: effects of agronomic practice on populations and community structure. Canadian Entomologist 21: 188-194.
- CAUSSANEL, C. (1968): Facteurs conditionnant le maintien des soies aux oeufs chez *Labidura riparia* (Dermaptère, Labiduridae). International Congress of Entomology Moscow 13 (Volume 1): 488 pages.
- CHANT, D.A. & J.H. MCLEOD (1952): Effects of certain climatic factors on the daily abundance of the European earwig, *Forficula auricularia* L. (Dermaptera: Forficulidae), in Vancouver, British Columbia. The Canadian Entomologist 84: 174-180.
- CHAPMAN, T.A. (1917): Notes on early stages and life history of the earwig (*Forficula auricularia*). The Entomologist's Record and Journal of Variation 29: 25-30, 177-180.
- CICHE, T. (2007): The biology and genome of *Heterorhabditis bacteriophora*. Department of Microbiology and Molecular Genetics, Michigan State University.
- CISNEROS, J., GOULSON, D., DERWENT, L.C., PENAGOS, D.I., HERNÁNDEZ, O. & T. WILLIAMS (2002): Toxic effects of Spinosad on predatory insects. Biological Control 23: 156-163.
- COERTZE, S. & G. HOLZ (1999): Surface colonization, penetration and lesion formation on grapes inoculated fresh or after cold storage with single airborne conidia of *Botrytis cinerea*. Plant Disease 83 (10): 917-924.
- COHEN, J. (1988): Statistical power analysis for the behavioural sciences. (2nd edition) Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates: 567 pages.
- COPPING, L.G. & J.J. MENN (2000): Biopesticides: a review of their action, applications and efficacy. Pest Management Science 56: 651-676.
- COTTRELL, T.E., WOOD, B.W. & C.C. REILLY (2002): Particle films affects black pecan aphid (Homoptera: Aphididae) on pecan. Journal of Economic Entomology 95: 782-788.
- CROXALL, H.E., COLLINGWOOD, G.A. & J.E.E. JENKINS (1951): Observations on brown rot (*Sclerotinia fructigena*) of apples in relation to injury caused by earwigs (*Forficula auricularia*). Annals of Applied Biology 38 (4): 833-843.

- CRUMB, S.E., EIDE, P.M. & A.E. BONN (1941): The European earwig. Technical Bulletin U.S. Department of Agriculture 766: 1-76.
- DAHLBENDER, W. & G. HENSEL (2006): Regulierung des Ohrwurms. Mitteilungen DLR Rheinpfalz Kompetenzzentrum Gartenbau Juniausgabe: 1-6.
- DANIEL, C., TSCHABOLD, J-L. & E. WYSS (2005): Bekämpfung des Apfelblütenstechers mit Spinosad im biologischen Anbau. Schweizerische Zeitung für Obst- und Weinbau 4: 9-13.
- DANIEL, C. & E. WYSS (2006): Vorblütebehandlungen mit Kaolin gegen den Gemeinen Birnenblattsauger (*Cacopsylla pyri*). Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie 15: 263-268.
- DETTNER, K. & W. PETERS (1999): Lehrbuch der Entomologie. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena, Lübeck, Ulm: 921 Seiten.
- DIMICK, R.E. & D.C. MOTE (1934): The present status of the European earwig. Monthly Bulletin of Department of Agriculture, State of California 23: 298-300.
- DOYE, E. (2006): Entwicklung eines Freilandtests zur Überprüfung der Wirksamkeit von Pheromonanwendungen im Weinbau. Dissertation, Universität Kaiserslautern.
- DÖRFLER, H.-P. & G. ROSELT (1997): Hausbuch der Heilpflanzen: gestern und heute. Urania-Verlag GmbH in der Dornier Medienholding, Berlin: 334 Seiten.
- DUNGER, W. (1998): Tiere im Boden. 3. Auflage – A. Ziemsen Verlag, Wittenberg Lutherstadt: 280 Seiten.
- EISENBEIS, G. & W. WICHARD (1985): Atlas zur Biologie der Bodenarthropoden. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York: 434 Seiten.
- EISENBRAND, G. & M. METZLER (1994): Toxikologie für Chemiker - Stoffe, Mechanismen, Prüfverfahren. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York: 320 Seiten.
- EKSCHMITT, K., WOLTERS, V. & M. WEBER (1997): Spiders, Carabids, and Staphylinids: The ecological potential of predatory macroarthropods. Fauna in Soil Ecosystems: 307-362.
- EPSTEIN, D.L., ZACK, R.S., BRUNNER, J.F., GUT, L. & J.J. BROWN (2000): Effects of broad-spectrum insecticides on epigeal arthropod biodiversity in Pacific Northwest apple orchards. Environmental Entomology 29 (2): 340-348.
- FERMAUD, M. & R.E. GAUNT (1995): *Thrips obscuratus* as a potential vector of *Botrytis cinerea* in kiwifruit. Mycological Research 99 (3): 267-273.
- FISCHER, A. (1983): Wildkrautvegetation der Weinberge des Rheingaus (Hessen): Gesellschaften, Abhängigkeit von modernen Bewirtschaftungsmethoden, Aufgaben des Naturschutzes. Phytocoenologia 11: 331-383.
- FULTON, B.B. (1924): Some habits of earwigs. Annals of the Entomological Society of America 17: 357-367.
- FOX-WILSON, G. (1942): The invasion of houses by earwigs and ants. Annals of Applied Biology 29 (3): 316-321.
- GAUGLER, R., BEDNAREK, A. & J.F. CAMPBELL (1992): Ultraviolet inactivation of heterorhabditid and steinernematid nematodes. Journal of Invertebrate Pathology 59: 155-160.

- GESCHER, K. (1905): Die nützlichen Weinbergsinsekten. Ein Handbuch für Winzer. Mit einer Farbentafel der nützlichen Insekten. Verlagsbuchhandlung von Jacob Linz, Trier: 26 Seiten.
- GLAZER, I. (2002): Survival Biology. In: Gaugler R (ed) Entomopathogenic Nematology. CABI Publishing, Oxon, UK: 169-187.
- GLENN, D.M., PUTERKA, G., VENDERZWET, T., BYERS, R.E. & C. FELDHAKÉ (1999): Hydrophobic particle films: a new paradigm for suppression of arthropod pests and plant diseases. *Journal of Economic Entomology* 92: 759-771.
- GLENN, D.M., PRADO, E., EREZ, A. & G.J. PUTERKA (2002): A reflective, processed-kaolin particle film affects fruit temperature, radiation reflection, and solar injury in apple. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 127: 188-193.
- GEROWITT, B. & M. WILDENHAYN (1997): Ökologische und ökonomische Auswirkungen von Extensivierungsmaßnahmen im Ackerbau. Ergebnisse des Göttinger INTEX-Projektes 1990-94. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Universität Göttingen.
- GERSTMEIER, R. & C. LANG (1996): Beitrag zu Auswirkungen der Mahd auf Arthropoden. *Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz* 5: 1-14.
- GOOD, J.A. & P.S. GILLER (1991): The effect of cereal and grass management on staphylinid (Coleoptera) assemblages in south-west Ireland. *Journal of Applied Ecology* 28: 810-826.
- GOODACRE, S. (1997): The overwintering biology of the European Earwig *Forficula auricularia* Linnaeus (Insecta: Dermaptera: Forficulidae). Thesis, Department of Biology Carleton University Ottawa, Ontario.
- GOTTWALD, W. (1995): GC für Anwender. VCH Verlagsgesellschaft mbH, Weinheim, New York, Basel, Cambridge, Tokyo: 284 Seiten.
- GREWAL, P.S., SELVAN S. & R. GAUGLER (1994): Thermal adaptation of entomopathogenic nematodes: niche breadth for infection, establishment, and reproduction. *Journal of Thermal Biology* 19: 245-253.
- GRIFFIN, C.T. (1993): Temperature responses of entomopathogenic nematodes: Implications for the success of biological control programmes. In: Bedding RAR, Kaya H (eds) *Nematodes and the biological control of insect pests*. CSIRO, East Melbourne: 115-126.
- GUPPY, R. (1947): Results of a season's study of the European earwig *Forficula auricularia* (Dermaptera: Forficulidae). *Proceedings Entomological Society of British Columbia* 43: 28-31.
- HEIDINGER, I.M., POETHKE, H.J., BONTE, D. & S. HEIN (2009): The effect of translocation on movement behaviour – a test of the assumptions of behavioural studies. *Behavioural Processes* 82: 12-17.
- HENDERSON, C.F. & E.W. TILTON (1955): Test with acaricides against the brown wheat mite. *Journal of Economic Entomology* 48: 157-161.
- HERTER, K. (1943): Zur Fortpflanzungsbiologie eines lebendgebärenden Ohrwurms *Prolabia arachidis* YERSIN. Publikation des Zoologischen Instituts der Universität Berlin: 158-180.
- HEYDEMANN, B. (1953): Agrarökologische Problematik. Dissertation, Universität Kiel.

- HILL, G., STELLWAAG-KITTLER, F., HUTH, G. & E. SCHLOSSER (1981): Resistance of grapes in different developmental stages to *Botrytis cinerea*. *Journal of Phytopathology* 102 (3): 328-338.
- HOFMANN, U. (1998): Auswirkungen ökologischer Bewirtschaftung (Begrünungsmanagement) auf die Arthropodenfauna in der Laubwand, der Begrünung und am Boden in der Versuchsanlage Kronenberg-Bad Kreuznach. XII. Internationales Kolloquium Begrünung im Weinbau, Oberrottwiel-Deutschland: 94-100.
- HOLZ, G., COERTZE, S. & B. WILLIAMSON (2004): The ecology of *Botrytis cinerea* on plant surfaces: 9-27 in: ELAD, Y., WILLIAMSON, B., TUDZYNSKI, P. & N. DELEN (eds.) *Botrytis: Biology, Pathology and Control*. Kluwer Academic Publishers, Amsterdam, Nederland.
- HUTH, C. (2005): Kurzflügelkäfer-Assoziationen (Coleoptera: Staphylinidae) als ökologische Indikatoren in unterschiedlich genutzten Weinbergen des Saale-Unstrut Triaslandes. Diplomarbeit, Universität Jena.
- HUMMEL, E. (1996): Wirkung von NeemAzal-Formulierungen auf Kartoffelkäfer *Leptinotarsa decemlineata* im Freiland. Practice Oriented Results on Use and Production of Neem-Ingredients and Pheromones, Proc. 4th Workshop (H. Kleeberg, ed.): 65-69.
- HUMMEL, E. & KLEEGERG, H. (2003) Möglichkeiten der Anwendung von NeemAzal-T/S im Kartoffelanbau. Merkblatt der Trifolio-M GmbH, Lahnau.
- HÜBSCHMANN, H. J. (2001): Handbook of GC/MS Fundamentals and Applications. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim: 591 pages.
- JONGMAN, R.H.G., TER BRAAK, C.J.F. & O.F.R. VAN TONGEREN (1995): Data analysis in community and landscape ecology. Cambridge University Press, Cambridge: 324 pages.
- KARG, G. (2005): Wissen Sie, wie Insektizide wirken? Der praktische Schädlingsbekämpfer 2/05: 2-5.
- KELLER, S. (1991): Pilzkrankheiten bei Schädlingen und ihre praktische Bedeutung. Landwirtschaft Schweiz, Band 4: 219-230.
- KELLER, S., SCHWEIZER, C., KELLER, E. & H. BRENNER (1997): Control of the white grubs (*Melolontha melolontha* L.) by treating adults with the fungus *Beauveria brongniartii*. *Biocontrol Science and Technology* 7: 105-116.
- KESSLER, P., MATZKE, H. & S. KELLER (2003): The effect of application time and soil factors on the occurrence of *Beauveria brongniartii* applied as a biological control agent in soil. *Journal of Invertebrate Pathology* 84: 15-23.
- KOEHLER, P.G. & J.L. CASTNER (1994): Pests associated with mulch and moisture. University of Florida IFAS Extension SP149: 1-3.
- KÖHLER, W., SCHACHTEL, G. & P. VOLESKE (2002): Biostatistik. 3. Auflage, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York: 301 Seiten.
- KOLLER, U. (2007): Warnstufe Rot in deutschen Wäldern – Borkenkäfer fliegen wieder aus. FLUGS - Fachinformationsdienst des Forschungszentrums für Umwelt und Gesundheit, 6.06.2007.

- KOLLER, R., JUNG, K., SCHEU, S., ZIMMERMANN, G. & J. RUTHER (2005): Biocontrol of the forest cockchafer (*Melolontha hippocastani*): Experiments on the applicability of the "Catch and Infect"-Technique using a combination of attractant traps with the entomopathogenic fungus *Beauveria brongniartii*. Insect Pathogens and Insect Parasitic Nematodes: Melolontha IOBC/wprs Bulletin 28 (2): 37-44.
- KOPF, A. (2000): Untersuchungen zur Abundanz der Reblaus (*Dactylosphaera vitifolii* SHIMER) und zur Nodositätenbildung in Abhängigkeit von Umweltfaktoren. Dissertation, Universität Hohenheim.
- KÖPPLER, K. (2003): Erarbeitung erster Ansätze für die Bekämpfung der Kirschfruchtfliege im ökologischen Landbau unter besonderer Berücksichtigung des Potentials entomopathogener Nematoden. Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für Pflanzenschutz im Obstbau - Dossenheim, Forschungsprojekt Nr.: 02OE110: 1-41.
- KREISELMAIER, J. (2007): Ohrwürmer - Vom Nützling zu Schädling? Pflanzenschutz- und Anbauservice (PAS) 25: 1-2.
- KUHL, W. (1928): Die Variabilität der abdominalen Körperanhänge von *Forficula auricularia* L. unter Berücksichtigung ihrer normalen und abnormalen Entwicklung nebst einem Anhang über die Geschlechtsbiologie. Zeitschrift für Morphologie und Ökologie der Tiere 12: 299-532.
- KURTZ, B., HILTPOLD, I., TURLINGS, T.C.J., KUHLMANN, U. & S. TOEPFER (2009): Comparative susceptibility of larval instars and pupae of the western corn rootworm to infection by three entomopathogenic nematodes. BioControl 54: 255-262.
- KÜTHE, K. (1996): Der Ohrwurm (*Forficula auricularia* L.), ein gelegentlicher Schädling der Zuckerrübe. Gesunde Pflanzen 48 (2): 55-57.
- LAHUSEN, A., HÖHN, H. & S. GASSER (2006): Der Birnblattsauger und ein in Vergessenheit geratener Gegenspieler. Schweizerische Zeitung für Obst- und Weinbau 4: 10-13.
- LAMB, R.J. (1975): Effects of dispersal, travel and environmental heterogeneity on populations of the earwig *Forficula auricularia* L.. Canadian Journal of Zoology 53 (12): 1855-1867.
- LAMB, R.J. (1976a): Dispersal by nesting earwigs, *Forficula auricularia* (Dermaptera: Forficulidae). The Canadian Entomologist 108: 213-216.
- LAMB, R.J. (1976b): Parental behaviour in the Dermaptera with special reference to *Forficula auricularia* (Dermaptera: Forficulidae). The Canadian Entomologist 108: 609-619.
- LAMB, R.J. & W.G. WELLINGTON (1974): Techniques for studying the behavior and ecology of the European Earwig, *Forficula auricularia* (Dermaptera: Forficulidae). The Canadian Entomologist 106: 881-888.
- LAMB, R.J. & W.G. WELLINGTON (1975): Life history and population characteristics of the European earwig, *Forficula auricularia* (Dermaptera: Forficulidae), at Vancouver, British Columbia. The Canadian Entomologist 107: 819-824.
- LAPIED, B., GROLLEAU, F. & D.B. SATTELLE (2001): Indoxacarb, an oxadiazine insecticide, blocks insect neuronal sodium channels. British Journal of Pharmacology, 132 (2): 587-595.
- LEHMANN, U. & D. MATZKE (2004): Beobachtungen zum Flugverhalten von Ohrwürmern am Licht in Siedlungsgebieten (Insecta, Dermaptera). Insecta 9: 81-85.

- LEHNINGER, A.L., NELSON, D.L. & M.M. COX (1998): Prinzipien der Biochemie. 2. Auflage, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin, Oxford: 1223 Seiten.
- LESER, H., HAAS, H.-D., MOSIMANN, T., PAESLER, R. & J. HUBER-FRÖHLI (1997): DIERCKE-Wörterbuch Allgemeine Geographie. Deutscher Taschenbuch Verlag GmbH & Co. KG, München und Westermann Schulbuchverlag GmbH, Braunschweig: 1037 Seiten.
- LOHRER, T. (2002): Stichwort des Monats: Ohrwurm. Informationsdienst Pflanzenschutz Weihenstephan Mai 2002.
- LOMER, C.J., PRIOR, C. & C. KOOYMAN (1997) Development of *Metarhizium spp.* for the control of grasshoppers and locusts. Memoirs of the Entomological Society of Canada 171: 265-286.
- LORENZ, D.H., EICHHORN, K.W., BLEI-HOLDER, H., KLOSE, R., MEIER, U. & E. WEBER (1994): Phänologische Entwicklungsstadien der Weinrebe (*Vitis vinifera* L. ssp. *vinifera*). Viticultural and Enological Sciences 49: 66-70.
- MAIXNER, M., HOLZ, B., MOHR, D., LANGER, M. & C. PORTZ (2003): Pflanzenschutz im Weinbau. Institut für Pflanzenschutz im Weinbau Bernkastel-Kues, Institutsbericht: 67-71.
- MATZKE, D. (2000): *Chelidurella thaleri* eine weitere Art für die deutsche Ohrwurmfauna? Articulata 15 (1): 121.
- MCCUNE, B. & M.J. MEFFORD (1999): PC-ORD. Multivariate analysis of ecological data. Version 4.0. MjM Software Design. Gleneden Beach, Oregon: 237 pages.
- MCLEOD, J.H. (1953): Status of some introduced parasites and their hosts in British Columbia. Proceedings of the Entomological Society of British Columbia 50: 19-27.
- MICHENER, C.D. (1969): Comparative social behavior of bees. Annual Reviews of Entomology 14: 299-342.
- MILLAR, L.C. & M.E. BARBERCHECK (2002): Effects of tillage practices on entomopathogenic nematodes in a corn agroecosystem. Biological Control 25: 1-11.
- MOERKENS, R., LEIRS, H., PEUSENS, G. & B. GOBIN (2009): Are populations of European earwigs, *Forficula auricularia*, density dependent? Entomologia Experimentalis et Applicata 130: 198-206.
- MOERKENS, R., LEIRS, H., PEUSENS, G. & B. GOBIN (2010): Dispersal of single- and double-brood populations of the European earwig, *Forficula auricularia*: a mark-recapture experiment. Entomologia Experimentalis et Applicata 137: 19-27.
- MOHR, H.D. (2005): Farbatlas Krankheiten, Schädlinge und Nützlinge an der Weinrebe. Eugen Ulmer KG, Stuttgart (Hohenheim): 320 Seiten.
- MONDY, N. & M.-F. CORIO-COSTET (2000): The Response of the grape beery moth (*Lobesia botrana*) to a dietary phytopathogenic fungus (*Botrytis cinerea*): the significance of fungus sterols. Journal of Insect Physiology 18: 107-123.
- MORRIS, M.G. (1981): Responses of grassland invertebrates to management by cutting. III. Adverse effects on Auchenorrhyncha. Journal of Applied Ecology 18: 107-123.
- MÜHLENBERG, M. (1993): Freilandökologie. 3., überarbeitete Auflage, Quelle & Meyer Verlag, Heidelberg, Wiesbaden: 511 Seiten.

- MÜLLER, E., SCHULZE, G. & O. WALG (2000): Weinbau Taschenbuch. Fachverlag Dr. Faund GmbH, Kaiserslautern: 352 Seiten.
- NAVANEETHAN, T. & R.-U. EHLERS (2010): Influence of humidity, water application volume and a formulation on the control potential of the entomopathogenic nematode *Steinernema feltia* on overwintering larvae of the codling moth *Cydia pomonella*. *Journal of Plant Diseases and Protection* 117: 94.
- NICHOLAS, A.H., SPOONER-HART, R.N. & R.A. VICKERS (2005): Abundance and natural control of the woolly aphid *Eriosoma lanigerum* in an Australian apple orchard IPM program. *Biocontrol* 50: 271-291.
- OTTO, D. (1994): Effects of the Azadirachtin preparation „NeemAzal-F“ on larvae and adults of *Leptinotarsa decemlineata*. Practice Oriented Results on Use and Production of Neem-Ingredients and Pheromones. Proc. 3rd Workshop (H. Kleeberg, ed.): 21-28.
- OTTO, M. (2006): Analytische Chemie. 3., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim: 733 Seiten.
- PENZLIN, H. (1996): Lehrbuch der Tierphysiologie. 6., überarbeitete und erweiterte Auflage, Gustav-Fischer Verlag Jena, Stuttgart: 646 Seiten.
- PERNER, J. & S. MALT (2003): Assessment of changing agricultural land use: response of vegetation, ground-dwelling spiders and beetles to the conversion of arable land into grassland. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 98: 169-181.
- PERTTUNEN, V. (1952): Seasonal change in the humidity reaction of the Common Earwig, *Forficula auricularia*. *Nature* 170: 209-210.
- PETERS, A. & H. VLUG (2005): Timing of nematode application to control white grubs (Scarabaeidae). *Insect Pathogens and Insect Parasitic Nematodes: Melolontha IOBC/wprs Bulletin* 28(2): 51-55.
- PHAN, K.L., SUBBOTIN, S.A., NGUYEN, N.C. & M. MOENS (2003): *Heterorhabditis baujardi* sp. n. (Rhabditida: Heterorhabditidae) from Vietnam and morphometric data for *H. indica* populations. *Nematology* 5 (3): 367-382.
- PHILIPPEN, M. (2003): Ohrenkneifer. Bericht zur Sendung "WDR-ServiceZeit: Heim und Garten".
- PHILLIPS, M.L. (1981): The ecology of the Common Earwig *Forficula auricularia* in apple orchards. Thesis, Department of Agriculture and Horticulture Long Ashton Research Station.
- POINAR, G.O. (1975): Description and biology of a new insect parasitic Rhabditoid, *Heterorhabditis bacteriophora* N. Gen., N. sp. (Rhabditida; Heterorhabditidae N. Fam.). *Nematologica* 21 (4): 463-470.
- PUCHEU-PLANTE, B. & M. MERCIER (1983): Étude ultrastructurale de l'interrelation hôte-parasite entre le raisin et le champignon *Botrytis cinerea*: exemple de la pourriture noble en Sauternais. *Canadian Journal of Botany* 61(6): 1785-1797.
- RATH, A.C. (2000): The use of entomopathogenic fungi for control of termites. *Biocontrol Science and Technology* 10: 563-581.
- REMUND, U. & P. LEUTHOLD (1991): Lebensraum Rebberg. Schweizerische Eidgenossenschaft Merkblatt 040.

- RIECHERT, S. & E.L. BISHOP (1990): Prey control by an assemblage of generalist predators: spiders in test garden systems. *Ecology* 71: 1441-1450.
- ROTHMALER, W., BÄBLER, M., JÄGER, E.J. & K. WERNER (1999): Exkursionsflora von Deutschland, Band 2, Gefäßpflanzen: Grundband. 17., bearbeitete Auflage, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin: 640 Seiten.
- ROTHMALER, W., JÄGER, E.J. & K. WERNER (2000): Exkursionsflora von Deutschland, Band 3, Gefäßpflanzen: Atlasband. 10., durchgesehene Auflage, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin: 640 Seiten.
- SAUPHANOR, B. & A. STÄUBLI (1994): Evaluation au champs des effets secondaires des pesticides sur *Forficula auricularia* et *Anthochoris nemoralis*: validation des resultats de laboratoire. *Bulletin OILB/SROP* 17: 83-88.
- SAUPHANOR, B., LENFANT, C., BRUNET, E., FAIVRE D' ARCIER, F., LYOUSOUFI, A. & R. RIEUX (1994): Regulation des populations de psylle de poirier, *Casopsylla pyri* (L.) par un predateur generaliste, *Forficula auricularia* L.. *Bulletin OILB/SROP Bulletin* 17: 125-131.
- SALGADO, V.L. (1997): The modes of action of Spinosad and other insect control products. *Down to Earth* 52: 35-43.
- SALGADO, V.L. (1998): Studies on the mode of action of Spinosad: Insect symptoms and physiological correlates. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 60: 91-102.
- SCHAEFER, M. (1992): Wörterbuch der Ökologie. 3. Auflage, Gustav Fischer Verlag, Jena: 433 Seiten.
- SCHAEFFER, P., BLUME, H.-P., BRÜMMER, G., HARTGE, K.H. & U. SCHWERTMANN (1998): Lehrbuch der Bodenkunde. 14., neu bearbeitete und erweiterte Auflage, Ferdinand Enke Verlag Stuttgart: 494 Seiten.
- SCHLENZ, P. (1927): Schädigungen im Obst- und Gartenbau durch Ohrwurm. *Anzeiger für Schädlingskunde* 3 (2): 22-2394 Seiten.
- SCHILDKNECHT, H. & K.H. WEIS (1960). VI. Mitteilung über Insektenabwehrstoffe. Zur Kenntnis des Pygidialdrüsen-Sekretes vom Gemeinen Ohrwurm, *Forficula auricularia*. *Zeitschrift für Naturforschung* 15b:755-757.
- SCHIRRA, K.-J. & F. LOUIS (1995): Auftreten von natürlichen Antagonisten des Springwurmwicklers *Sparganothis pilleriana* in der Pfalz. *Deutsches Weinbau-Jahrbuch* 1995 (46. Jahrgang): 129-140.
- SCHIRRA, K.-J. (2007): Rebschädlinge und solche, die es aufgrund des Klimawandels werden könnten! *Tagungsband 60. Weinbautage 2007*: 42-44.
- SCHRUFT, G., BUCHHOLZ, U. & P. WOHLFARTH (1995): Der Gemeine Ohrwurm *Forficula auricularia* L. - Biologie und Bedeutung im Weinbau. *Deutsches Weinbau-Jahrbuch* 1995 (46. Jahrgang): 141-149.
- SKUHRVY, V. (1960): Die Nahrung des Ohrwurms (*Forficula auricularia* L.) in den Feldkulturen. *Acta Society Entomology Island* 57 (4): 329-339.
- SMITS, P.H., WIEGERS, G.L. & H.J. VLUG (1994): Selection of insect parasitic nematodes for biological control of the garden chafer, *Phyllopertha horticola*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 70: 77-82.

- SPARKS, T.C., THOMPSON, G.D., KIRST, H.A., HERTLEIN, M.B., LARSON, L.L., WORDEN, T.V. & S.T. THIBAUT (1998): Biological activity of the spinosyns, new fermentation derived insect control agents, on tobacco budworm (Lepidoptera: Noctuidae) larvae. *Journal of Economic Entomology* 91: 1277-1283.
- SPEISER, B. (2007): Bewegung bei Betriebsmitteln für den Öko-Landbau? *Ökologie & Landbau* 141 (1): 47-48.
- SPOTTS, R.A. & G. HOLZ (1996): Adhesion and removal of conidia of *Botrytis cinerea* and *Penicillium expansum* from grape and plum fruit surfaces. *Plant Disease* 80: 688-691.
- STEINMANN, H. (1993): *The Animal Kingdom – Dermaptera/Eudermaptera II.* - Walter de Gruyter, Berlin, New York: 711 pages.
- STELLWAAG, F. (1928): *Die Weinbauinsekten der Kulturländer.* Paul Parey Verlag, Berlin: 884 Seiten.
- STRENGER, A. (1950): Ein Beitrag zur Biologie von *Forficula auricularia*. *Österreichische Zoologische Zeitschrift* 02: 624-638.
- STRESEMANN, E., KLAUSNITZER, B., HANNEMANN, H.-J. & K. SENGLAUB (2005): *Exkursionsfauna von Deutschland, Band 2, Wirbellose: Insekten.* 10. Auflage, Elsevier Spektrum Akademischer Verlag, München: 959 Seiten.
- SUSURLUK, A. & R.-U. EHLERS (2008): Field persistence of the entomopathogenic nematode *Heterorhabditis bacteriophora* in different crops. *BioControl* 53: 627-641.
- TAHER, M. (2009): *Der Gemeine Ohrwurm, Forficula auricularia L. (Dermaptera, Forficulidae) als Vektor phytopathogener Pilze der Weinrebe?* Diplomarbeit, Universität Hohenheim.
- TER BRAAK, C.J.F. & I.C. PRENTICE (1988): A theory of gradient analysis. *Advances in Ecological Research* 18: 272-317.
- TER BRAAK, C.J.F. & P. SMILAUER (2002): *CANOCO Reference manual and CanoDraw for Windows User's guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5).* Microcomputer Power, Ithaca, New York: 489 pages.
- UETZ, G.W. & J.D. UNZICKER (1976): Pitfall trapping in ecological studies of wandering spiders. *Journal of Arachnology* 3: 101-111.
- VAN HEERDT, P.F. (1946): *Eenige physiologische en oecologische Problemen bij Forficula auricularia.* Thesis, Utrecht.
- VOGT, H. & K. KÖPPLER (2003): *Einarbeitung erster Ansätze für die Bekämpfung der Kirschfruchtfliege im ökologischen Landbau unter besonderer Berücksichtigung des Potentials entomopathogener Nematoden.* Institut für Pflanzenschutz im Obstbau der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft. Abschlussbericht zum Forschungsprojekt Nr. 02OE110: 1-41.
- VOGT, H., JUST, J. & A. GRUTZMACHER (2009): Field test of the impact of four insecticides on European earwig, *Forficula auricularia*, in an apple orchard. *DGaaE-Nachrichten* 23 (1): 31.
- VOGT, H., JUST, J. & A. GRUTZMACHER (2010): Impact of four insecticides on the European earwig, *Forficula auricularia* L., in an apple orchard. *IOBC/wprs Bulletin* Vol. 54: 141-145.

- WALLASCHEK, M. (1998): Zur Ohrwurmfauna (Dermaptera) zweier Naturschutzgebiete im Naturraum "Unteres Unstrut-Berg- und Hügelland". Abhandlungen aus dem Museum für Naturkunde und aus dem Museum Heineanum 4: 71-86.
- WALLASCHEK, M. (2004): Rote Liste der Ohrwürmer (Dermaptera) des Landes Sachsen-Anhalt. Rote Listen Sachsen-Anhalt, Berichte des Landesamtes für Umweltschutz Sachsen-Anhalt 39 (2004): 220-222.
- WALKER, K.A., JONES, T.H. & R.D. FELL (1993): Pheromonal basis of aggregation in European Earwig, *Forficula auricularia* L. (Dermaptera: Forficulidae). Journal of Chemical Ecology 28: 2029-2038.
- WARD, J.H. (1963): Hierarchical grouping to optimize an objective function. Journal of the American Statistical Association 58: 236-244.
- WEHNER, R. & W. GEHRING (1995): Zoologie. 23., neu bearbeitete Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York: 861 Seiten.
- WEIDEMANN, G. (1971): Food and energy turnover of predatory arthropods of the soil surface. Ecology Studies 2: 111-118.
- WEGNER-KIß, G. (2007): Der Ohrwurm in Reben – ein Freund oder Feind? Der Badische Winzer Februar 2007: 20.
- WEYRAUCH, W.K. (1929): Sinnesphysiologische Studie an der Imago von *Forficula auricularia* L. auf ökologischer Grundlage. Zeitschrift für vergleichende Physiologie 10: 665-687.
- WIPFLER, R. (2006): Untersuchungen zur Bedeutung und Lebensweise phytophager Thripse (Insecta, Thysanoptera) als Verursacher von Austriebsstörungen an Reben als Grundlage zur Entwicklung umweltschonender Bekämpfungskonzepte. Dissertation, Universität-Hohenheim.
- WORTHINGTON, E.B. (1926): The life-cycle of *Forficula auricularia* Linn. The Entomologist 59: 138-142.
- WYSS, E. & C. DANIEL (2004): Effects of autumn kaolin and pyrethrin treatments on the spring population of *Dysaphis plantaginea* in apple orchards. Journal of Applied Entomology 128: 147-149.
- YENDOL, W.G. & J.D. PASCHKE (1965): Pathology of an entomophthora infection in the eastern subterranean termite *Reticulitermes flavipes* (Kollar). Journal of Invertebrate Pathology 7: 414-422.
- ZIMMERMANN, K. (2006): Invasion von Krabblern abgewehrt - Mittel gegen Tausendfüßler. Mitteldeutsche Zeitung, 21.10.2006.

Internetquellen

- ALZCHEM (2009): Produktinformation zum Kalkstickstoffgranulat PERLKA®. Internet: http://www.kalkstickstoff.de/allgemeine_hinweise.htm, online: 23.06.2009, 16.00 Uhr.
- BAYERCROPSCIENCE (2010): Produktinformation zum Insektizid Confidor WG 70. Internet: <http://www.bayercropscience.de/schnellinformation.cms?ProductId=44ae849a-e5a6-4ba3-9e50-9e0d00c8b271&From=search>, online: 28.09.2010, 16.30 Uhr.
- BIOLAND (2010): Bioland-Richtlinien. Internet: <http://www.bioland.de/bioland/richtlinien.html>, online: 20.04.2010, 13.00 Uhr.

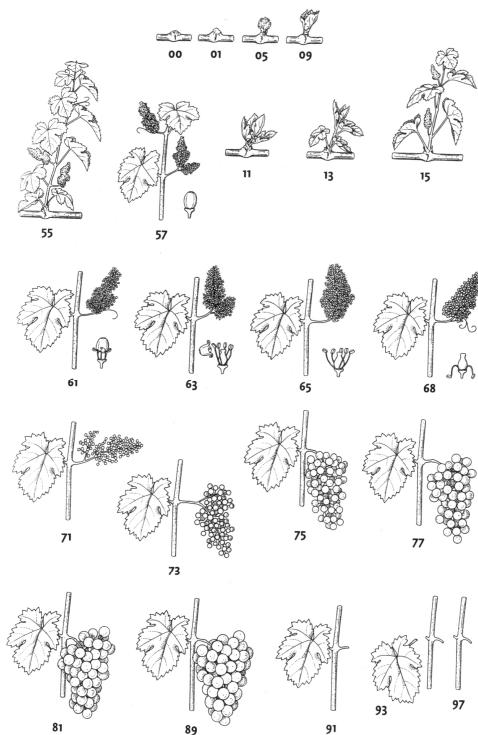
- DLR (2007 bis 2009): Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Rheinland-Pfalz - Agrarmeteorologie. Internet:
http://www.dlr.rlp.de/Internet/global/inetcntr.nsf/dlr_web_full.xsp?src=GSSGT0B084&p1=Z3B7V5ZV10&p3=DH43PY041Q&p4=XJPZBV4849, online: 2007 bis 2009.
- DOWAGRO (2008). Produktinformation zum Insektizid Reldan 22. Internet:
<http://www.dowagro.com/de/produkte/PRODUKTSEITEN/reldan22.htm>, online: 21.11.2008, 15.00 Uhr.
- DOWAGRO (2010): Produktinformation zum Insektizid SpinTor. Internet:
<http://www.dowagro.com/turf/prod/spinosad.htm>, online: 28.09.2010, 16.00 Uhr
- DUPONT (2009): Produktinformation zum Insektizid Steward®. Internet:
http://www2.dupont.com/Crop_Protection/de_DE/Produkte_Services/Insektizide/steward.html, online: 12.08.2009, 15.00 Uhr.
- E-NEMA (2007): Produktinformation zu den Nematoden-Präparaten Nematop und Nemagreen. Internet:
http://shop.e-nema.de/advanced_search_result.php?XTCsid=vp1clt97c l5rsc314b66 bmfoc6&keywords=nematop, online: 20.06.2007, 18.00 Uhr.
- JULIUS KÜHN-INSTITUT (2009): Produktinformation zum Pflanzenstärkungsmittel ENVIREpel. Internet:
<http://pflanzenstaerkungsmittel.jki.bund.de/erg1.php?auswahl=ENVIREpel&senden1=ausw%E4hlen>, online: 25.11.2009, 18.00 Uhr.
- MUFV-RHEINLAND-PFALZ (2010): Ministerium für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz Rheinland-Pfalz, Klimabericht Rheinland-Pfalz 2007. Internet:
<http://www.mufv.rlp.de/energie-und-klimaschutz/energie-und-klimaberichte/klimabericht-rheinland-pfalz/>, online: 13.12.2010, 9.00 Uhr.
- STÄHLER (2009): Produktinformation zum Kaolinpräparat Surround®. Internet:
<http://www.staehler.ch/web/de/produkte/surround.html>; online: 23.03.2009, 12.00 Uhr.
- SYNOTECH (2008): Datenlogger für den Außeneinsatz. Internet:
<http://www.synotech.de/inhalt.php?id=cHJvZHVrdGUvcHJvZl9kZXRhaWwucGhw&add=63>, online: 20.05.2008, 16.00 Uhr.
- UNIVERSITÄT GRAZ (2009): Vorlesung „Trenntechniken 3“. Internet:
http://www.google.de/search?q=https%3A%2F%2Fonline.uni-graz.at+Festphasenextraktion&hl=de&source=hp&aq=f&aql=&aql=&og=&gs_rfai=, online: 23.09.2009, 14.00 Uhr.
- VERBLASETECHNIK (2008): Schneider Verblasetechnik - Produktinformation zu den Löschkalkpräparaten Hydrocal®S11/30 und Hydrocal®SUPER 85. Internet:
<http://www.verblasetechnik.de>, online: 20.02.2008, 13.30 Uhr.

8. Anhang

Abbildung A 1: Entwicklungsstadien der Weinrebe, BBCH-Skala nach LORENZ et al. 1994.

BBCH Beschreibung

- 00 Vegetationsruhe
- 01 Beginn des Knospenschwellens: Augen beginnen sich innerhalb der Knospenschuppen zu vergrößern
- 05 „Wolle-Stadium“: wolleartiger brauner Haarbesatz deutlich sichtbar
- 09 Knospenaufbruch: grüne Triebspitze wird sichtbar
- 11 Erstes Blatt entfaltet und vom Trieb abgespreizt
- 13 3 Blätter entfaltet
- 15 5 Blätter entfaltet
fortlaufend bis
- 19 9 und mehr Blätter entfaltet
- 55 „Gescheine“ (Infloreszenzen) vergrößern sich; Einzelblüten sind dicht zusammengedrängt
- 57 „Gescheine“ (Infloreszenzen) sind voll entwickelt; die Einzelblüten spreizen sich
- 61 Beginn der Blüte; die ersten Blütenköppchen lösen sich vom Blütenboden
- 63 Vorblüte; ca. 30 % der Blütenköppchen sind abgeworfen
- 65 Vollblüte; ca. 50 % der Blütenköppchen sind abgeworfen
- 68 Abgehende Blüte; ca. 80 % der Blütenköppchen sind abgeworfen
- 69 Ende der Blüte
- 71 Fruchtansatz; Fruchtknoten beginnen sich zu vergrößern; „Putzen der Beeren“ wird abgeschlossen
- 73 Beeren sind schrotkorn groß; Trauben beginnen sich abzusenken
- 75 Beeren sind erbsengroß; Trauben hängen
- 77 Beginn des Traubenschlusses
- 79 Ende des Traubenschlusses
- 81 Beginn der Reife; Beeren beginnen hell zu werden (bzw. beginnen sich zu verfärben)
- 85 Weichwerden der Beeren
- 89 Vollreife der Beeren (Lesereife)
- 91 Nach der Lese; Holzreife wird abgeschlossen
- 93 Beginn des Laubfalls
- 97 Ende des Laubfalls



➔ Flächenpläne - Dauermonitoring 2007 bis 2009

Abbildung A 2: Dauermonitoring, Kallstadt, Riesling-Anlage: vollständig begrünt.

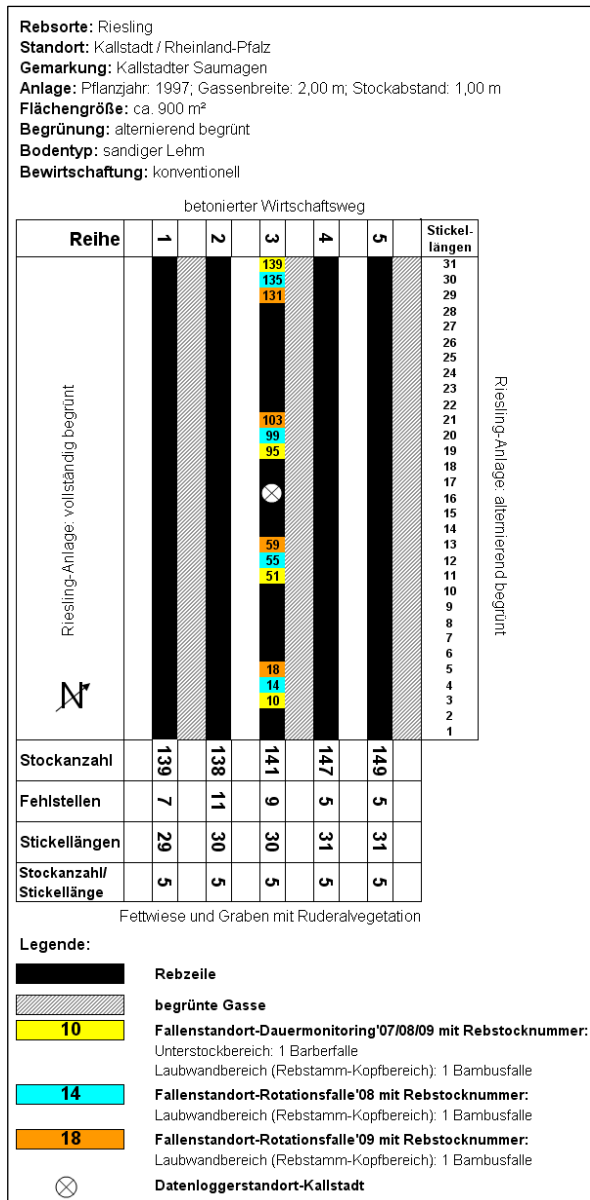


Abbildung A 3: Dauermonitoring, Kallstadt Riesling-Anlage: alternierend begrünt.

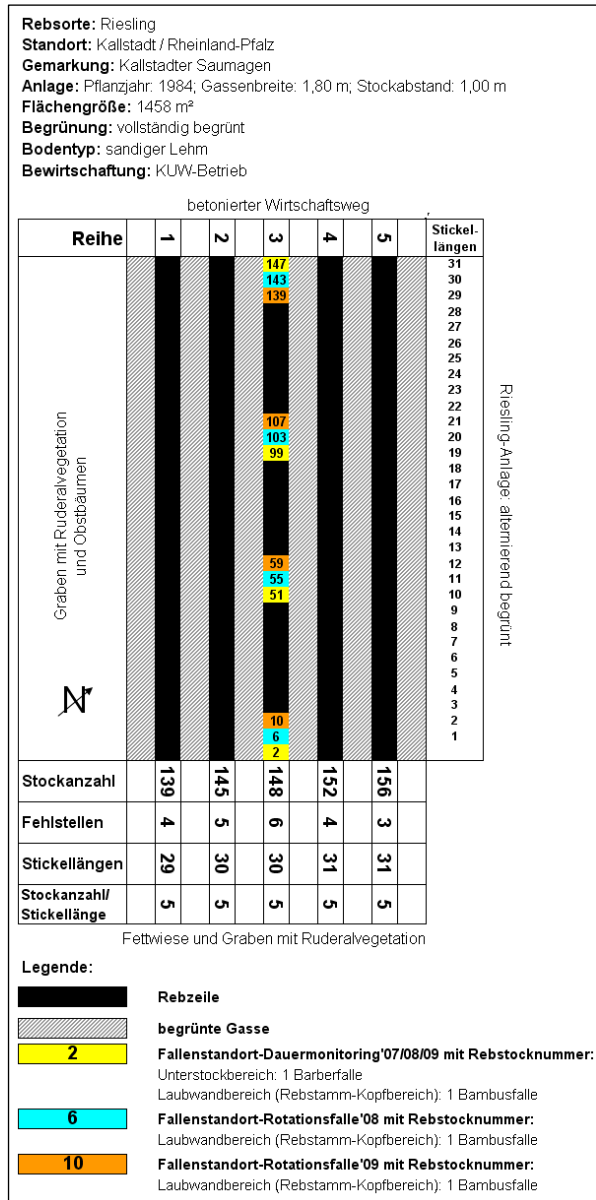


Abbildung A 4: Dauermonitoring, Kallstadt, Riesling-Anlage: unbegrünt.

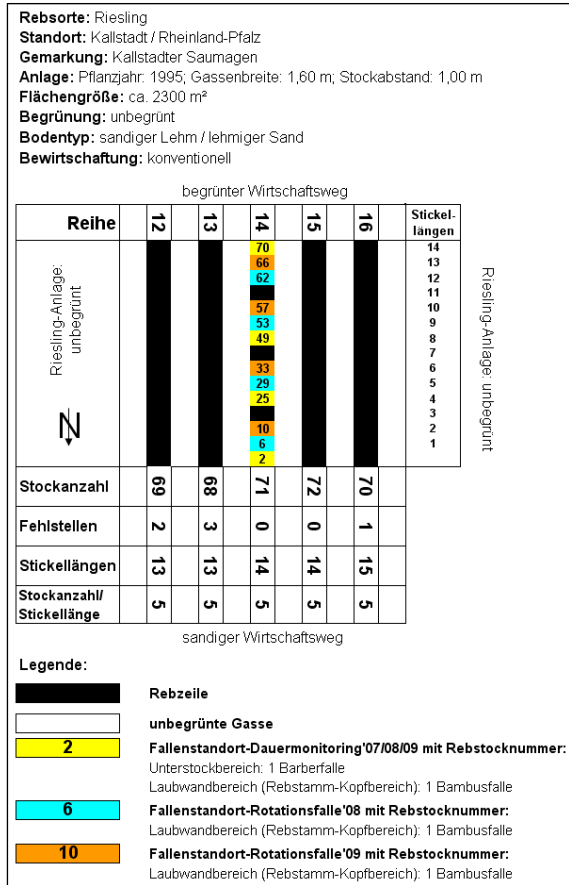


Abbildung A 5: Dauermonitoring, Leistadt, Portugieser-Anlage: unbegrünt/alternierend begrünt.

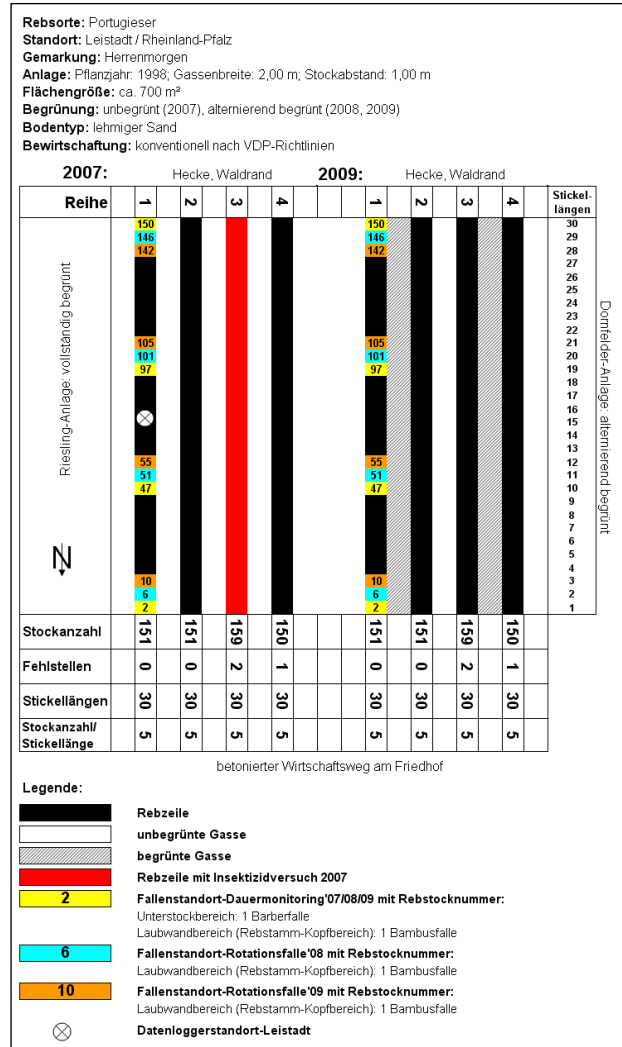


Abbildung A 6: Dauermonitoring, Neustadt-Mußbach
Silvaner-Anlage: unbegrünt/alternierend begrünt.

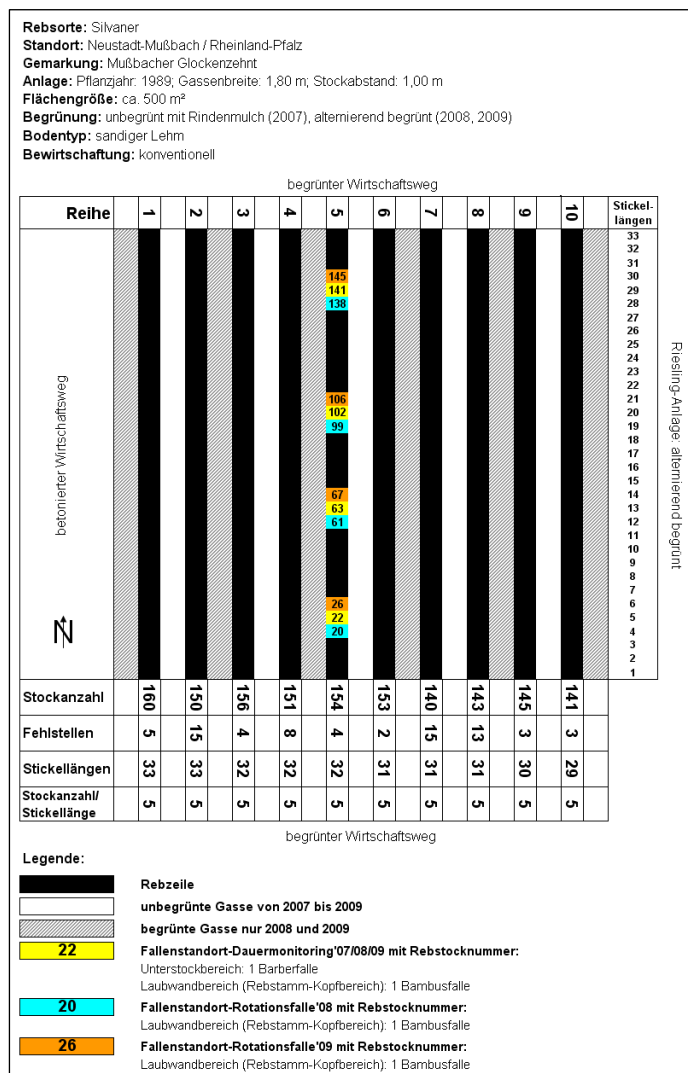


Abbildung A 7: Dauermonitoring,
Neustadt-Mußbach, Schwarzriesling-
Anlage: alternierend begrünt.

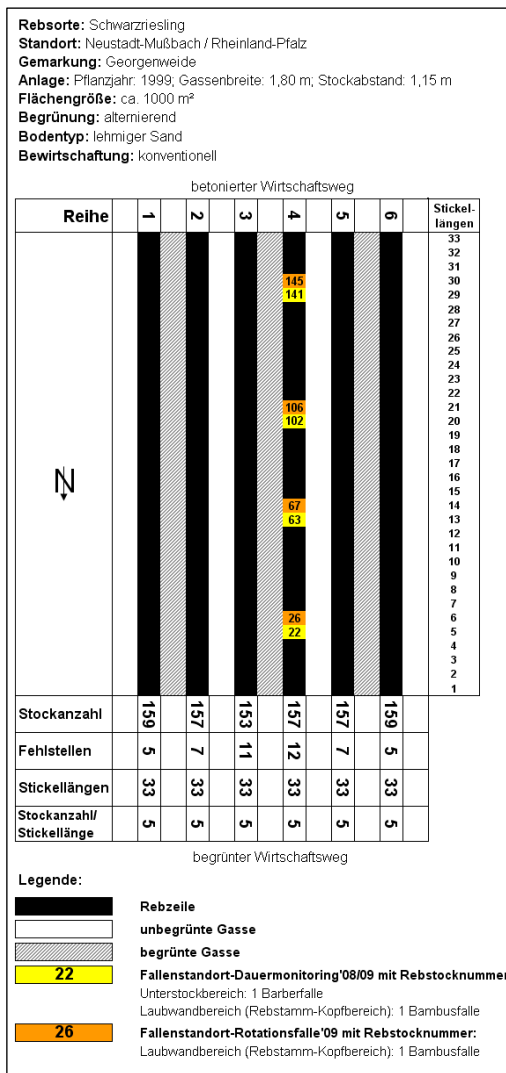


Abbildung A 8: Dauermonitoring, Neustadt-Mußbach, Sortenmix-Anlage: alternierend begrünt.

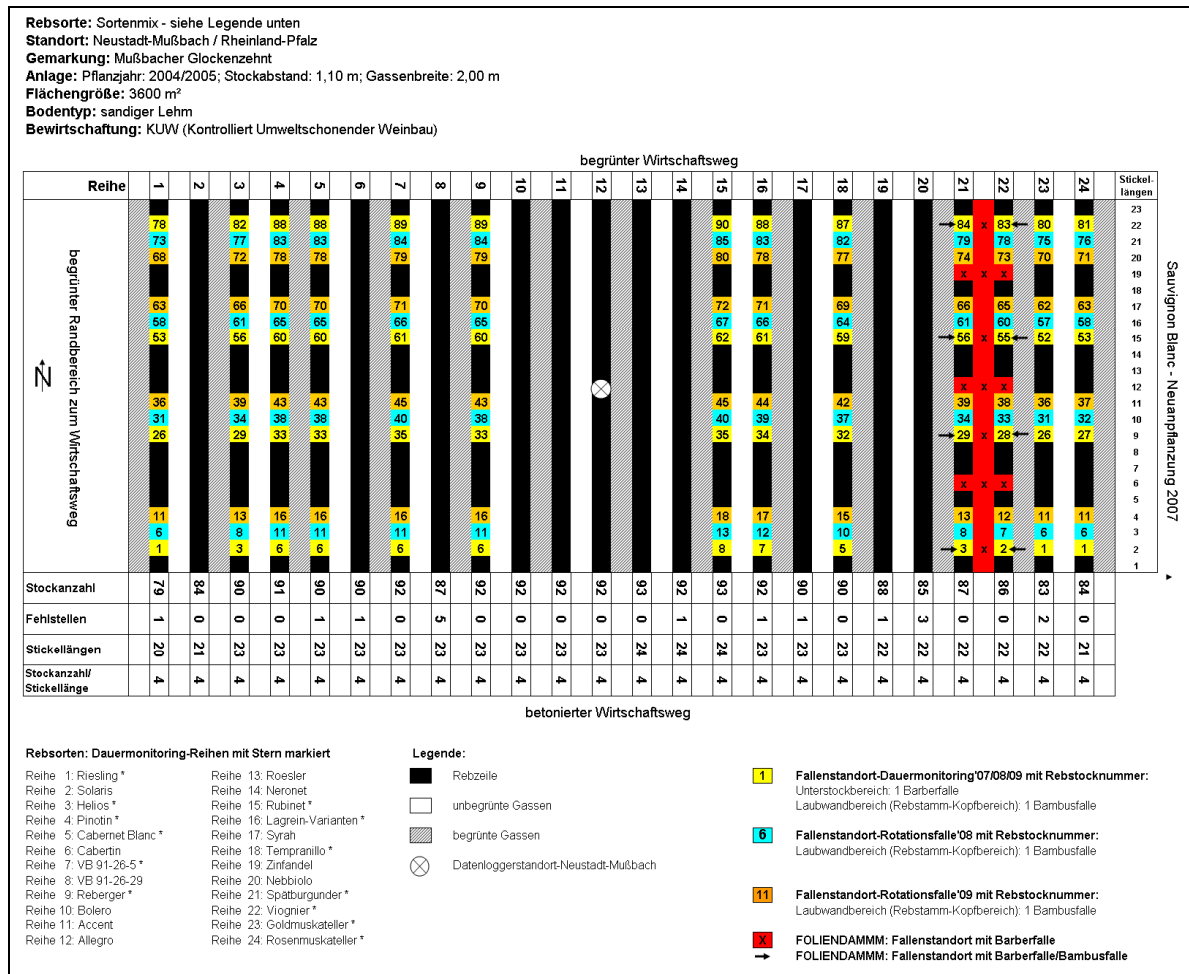


Abbildung A 9: Dauermonitoring, Neustadt-Mußbach, Riesling-Anlage: alternierend begrünt, sandiger Lehm, biologische Bewirtschaftung.

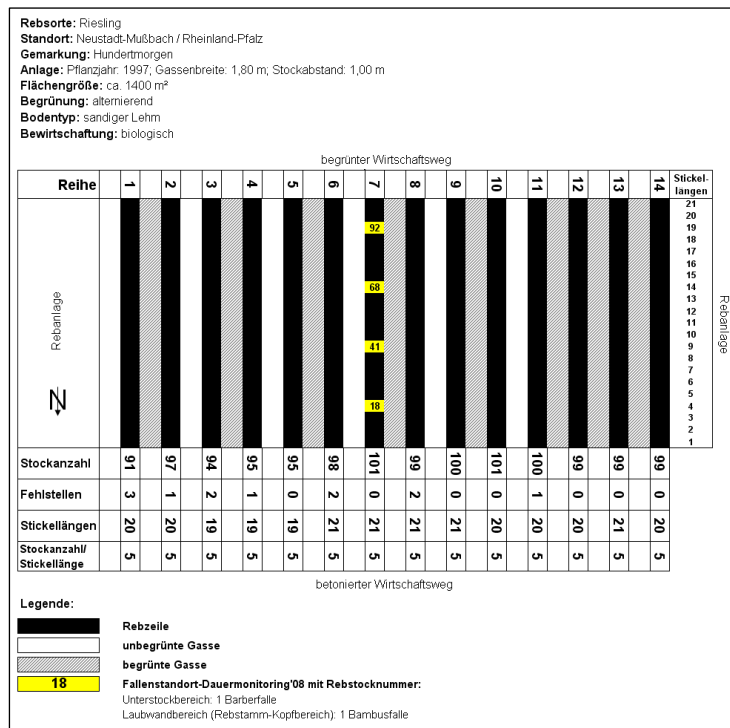


Abbildung A 10: Dauermonitoring, Neustadt-Mußbach, Riesling-Anlage: unbegrünt, sandiger Lehm, biologische Bewirtschaftung.

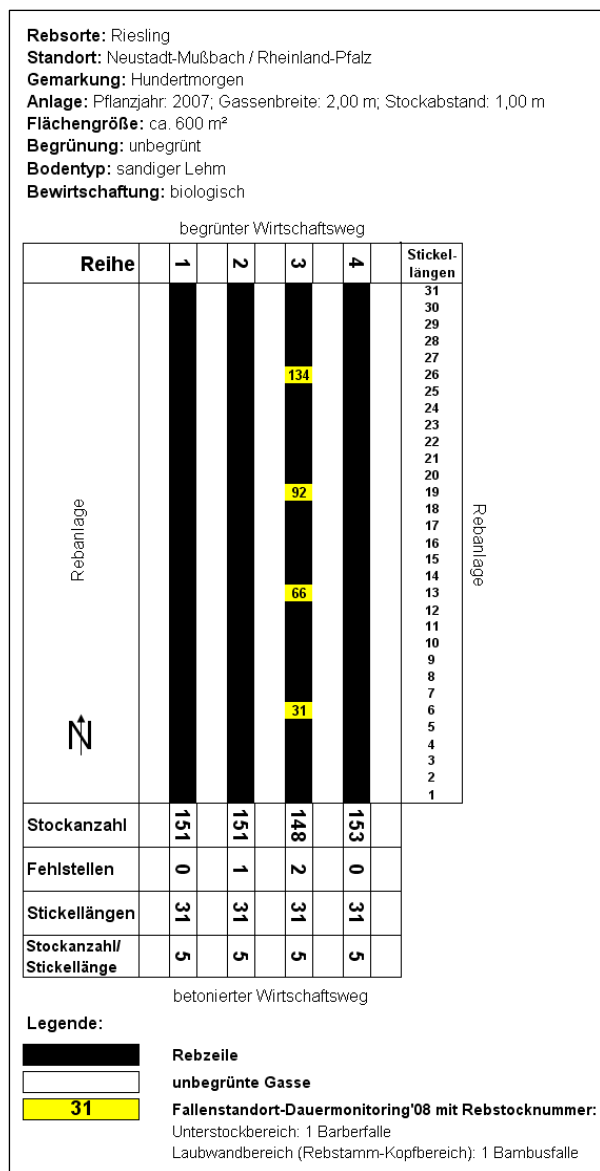
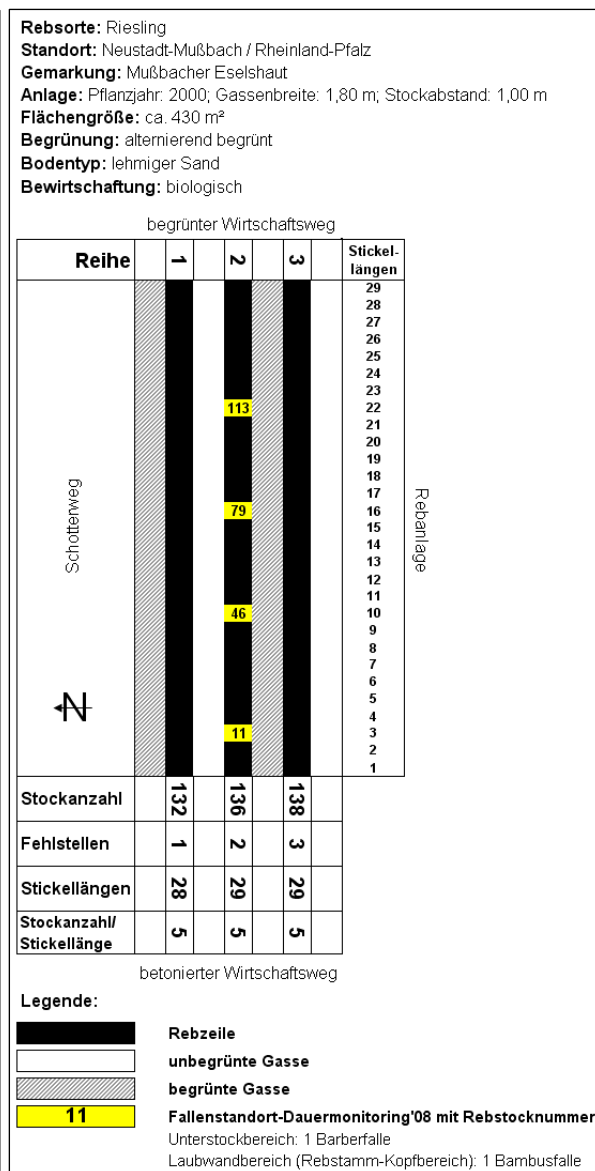
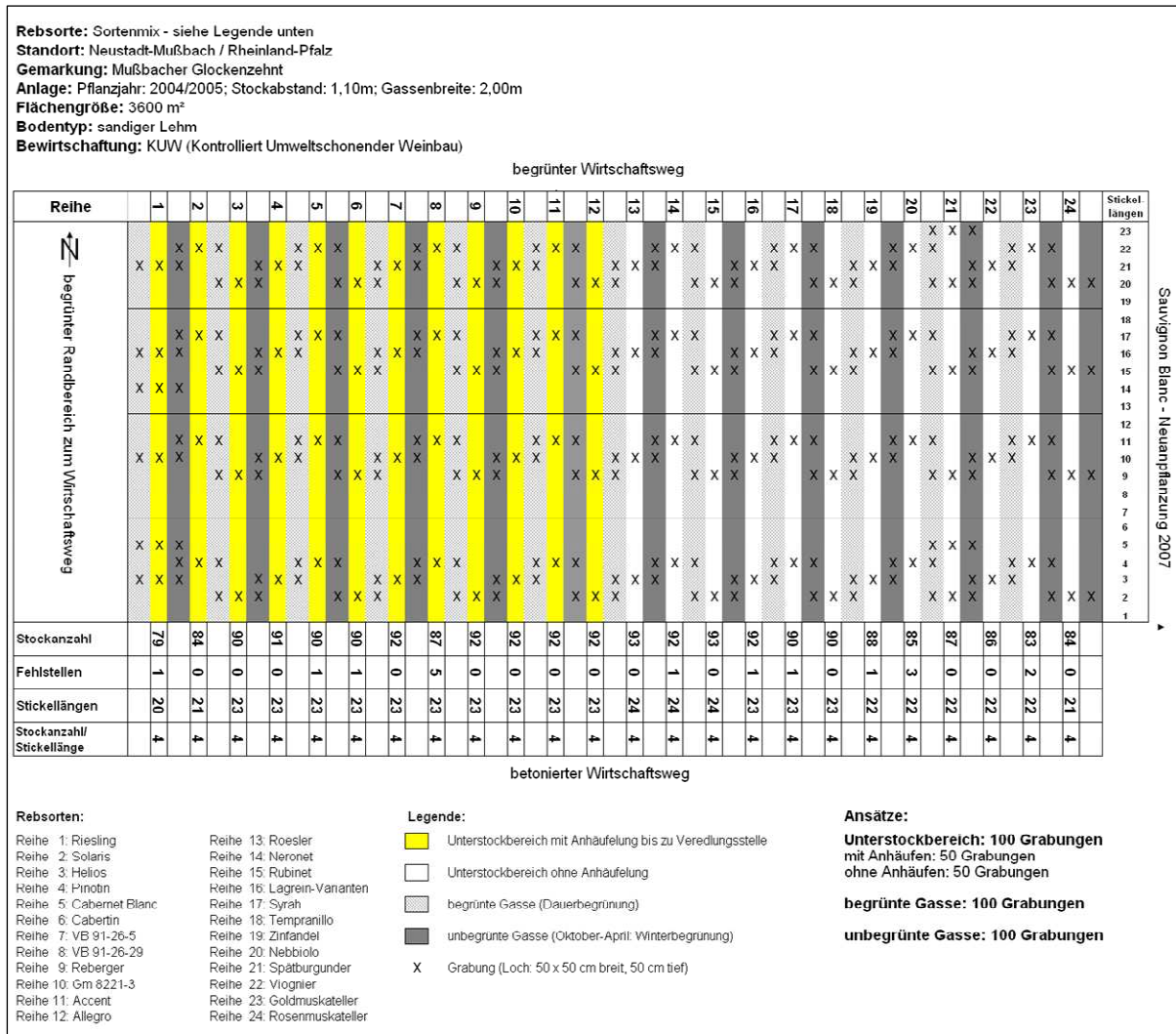


Abbildung A 11: Dauermonitoring, Neustadt-Mußbach, Riesling-Anlage: alternierend begrünt, lehmiger Sand, biologische Bewirtschaftung.



Flächenplan - Nestkartierung 2007 bis 2008

Abbildung A 12: Nestkartierung 2007 bis 2008, Neustadt-Mußbach, Sortenmix-Anlage.



Flächenpläne - Befallsregulation am Boden

Abbildung A 13: Versuch mit Kalkstickstoff PERLKA[®], Neustadt-Mußbach, Sortenmix-Anlage.

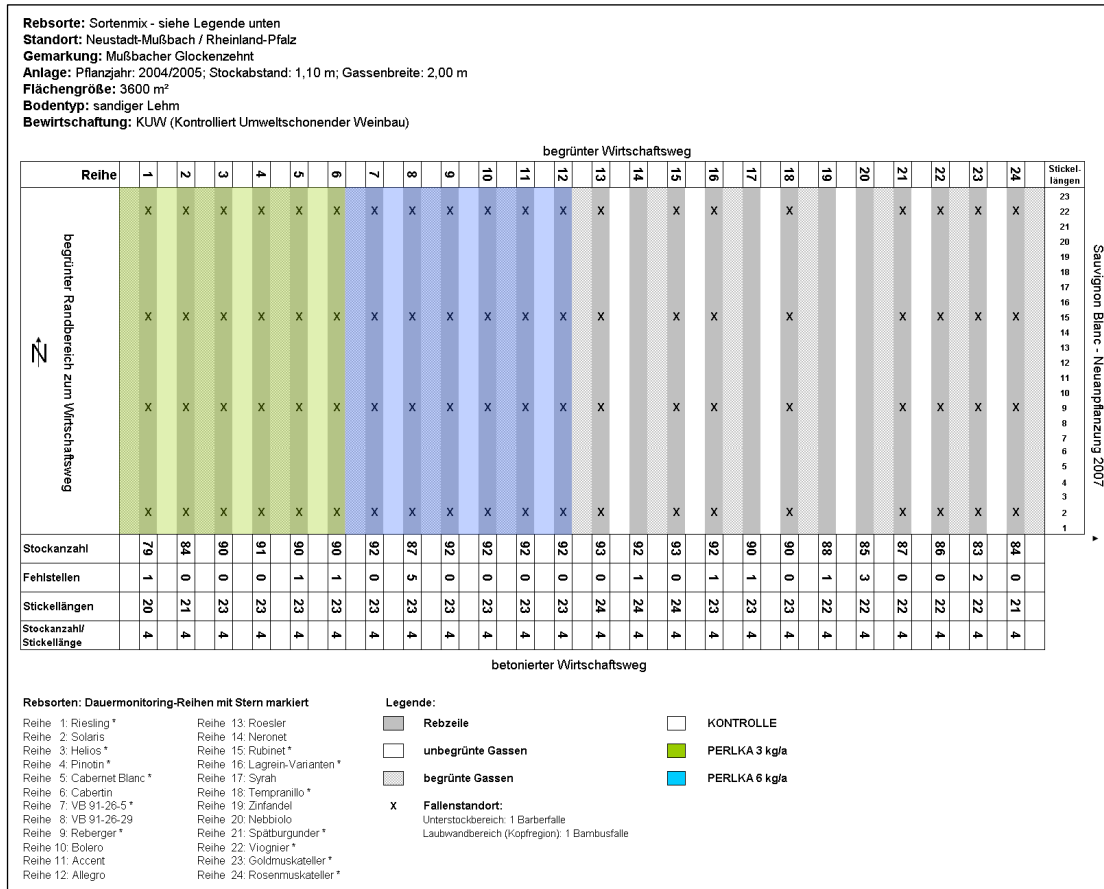


Abbildung A 14: Kalkstickstoff PERLKA[®], Neustadt-Mußbach, Huxel-Anlage.

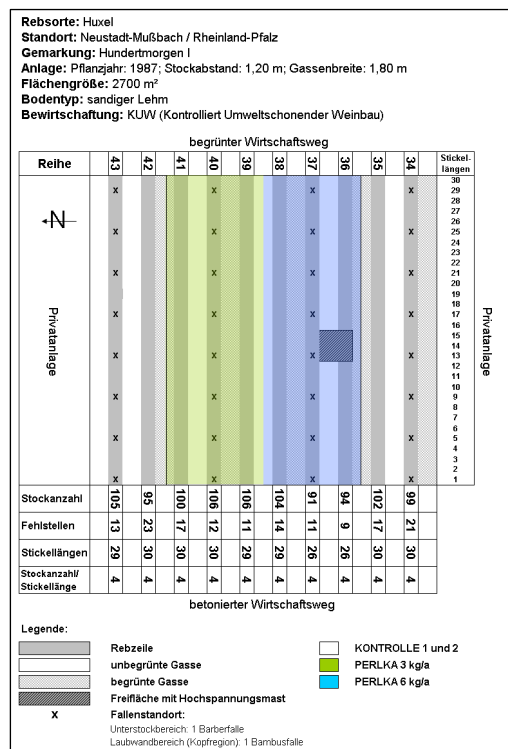


Abbildung A 15: Nematop[®]50, Neustadt-Mußbach, Regent-Anlage.

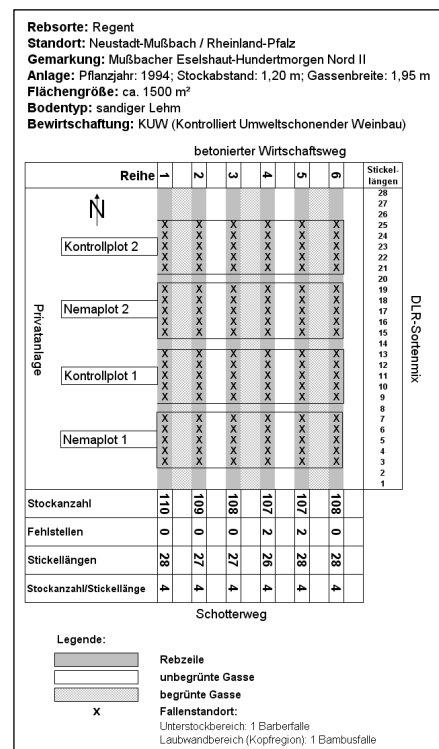


Abbildung A 16: Mechanische Störung der Begrünung, Neustadt-Mußbach, Riesling-Anlage.

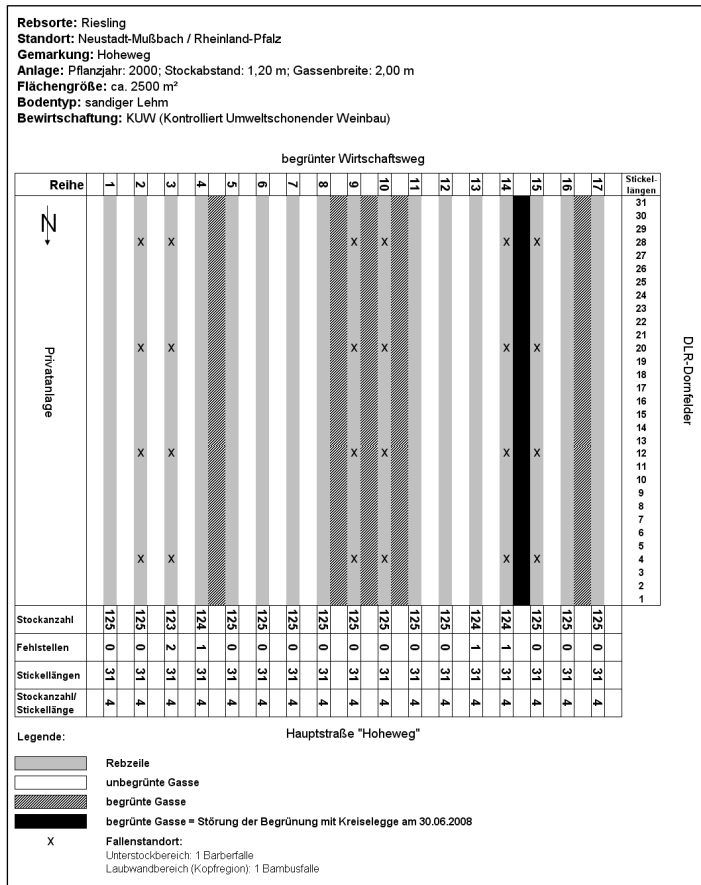


Abbildung A 17: Strohauflage in unbegrünter Gasse, Neustadt-Haardt, Spätburgunder-Anlage.

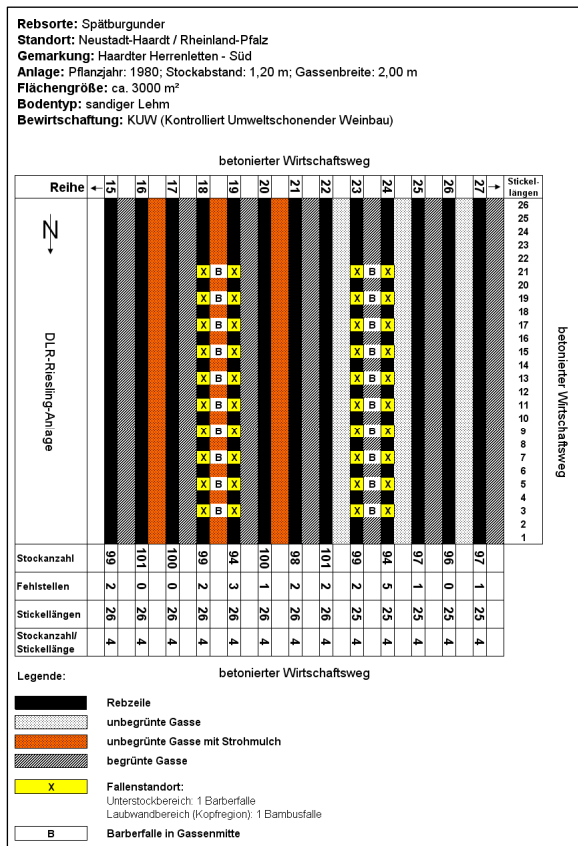
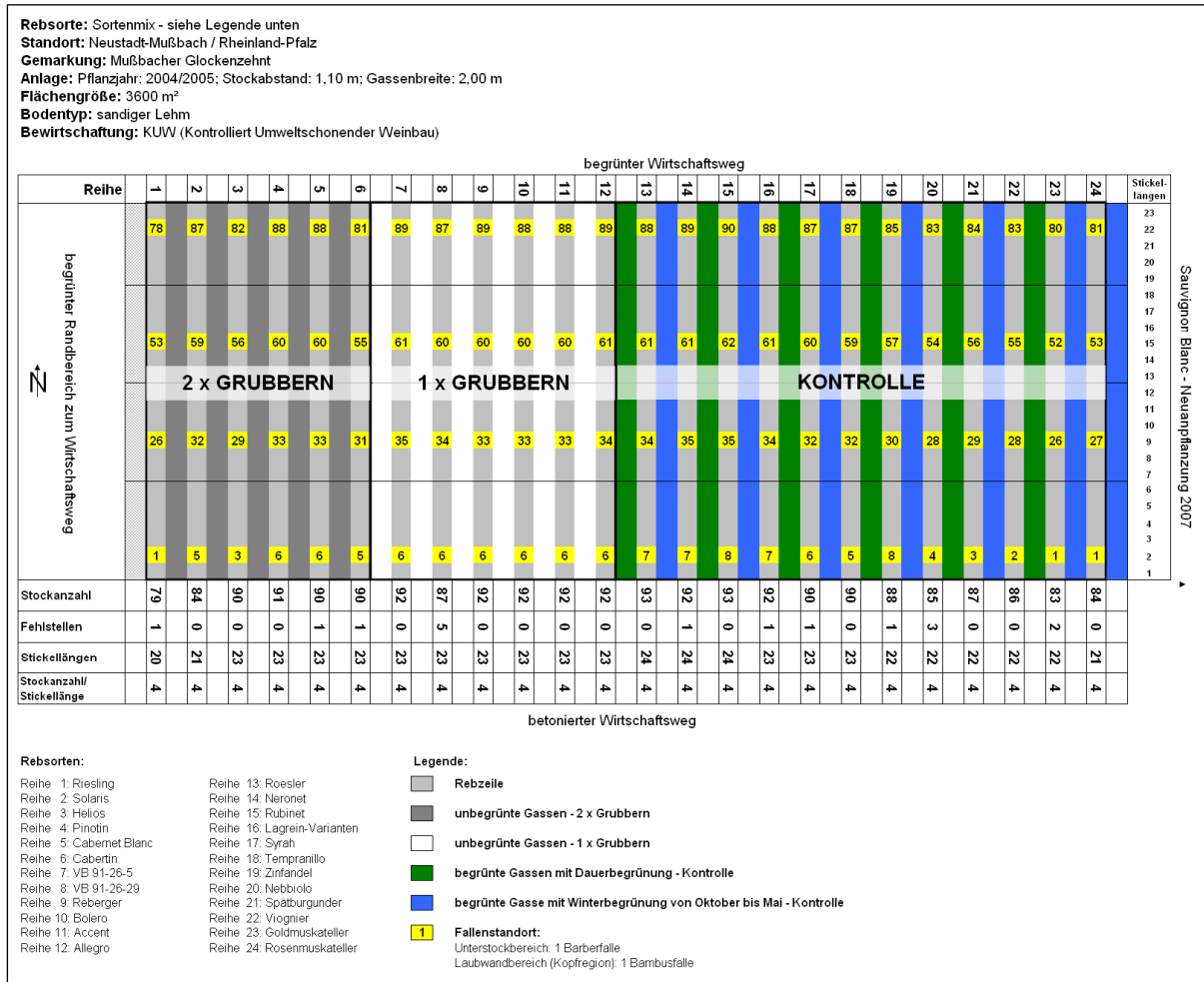


Abbildung A 18: Tiefengrubbern mit Umbruch der Begrünung, Neustadt-Mußbach, Sortenmix-Anlage.



Flächenpläne - Befallsregulation in der Laubwand

Abbildung A 19: SpinTor, Reldan 22, Confidor WG 70, Dackenheim, Sortenmix-Anlage.

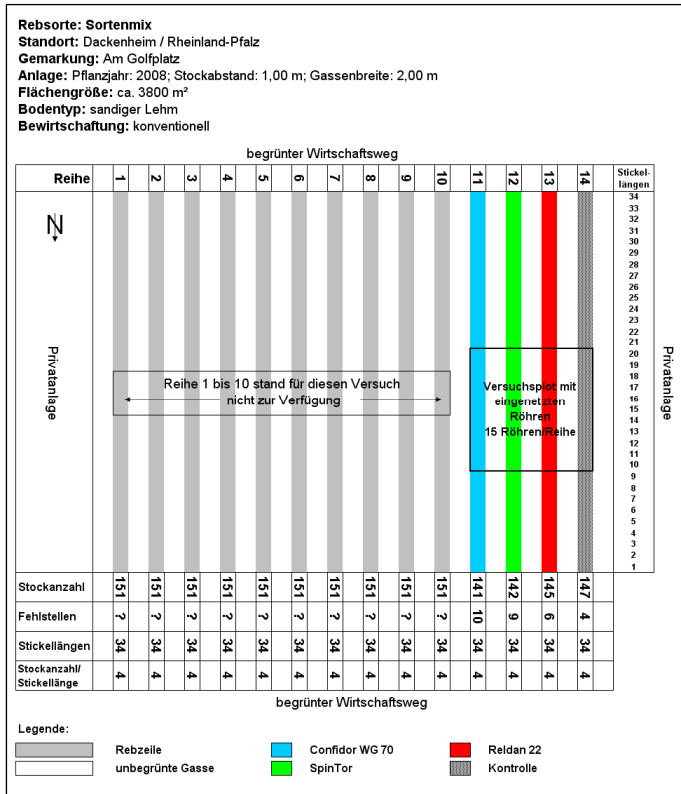


Abbildung A 20: SpinTor, Reldan 22, Confidor WG 70, Deidesheim, Riesling-Anlage.

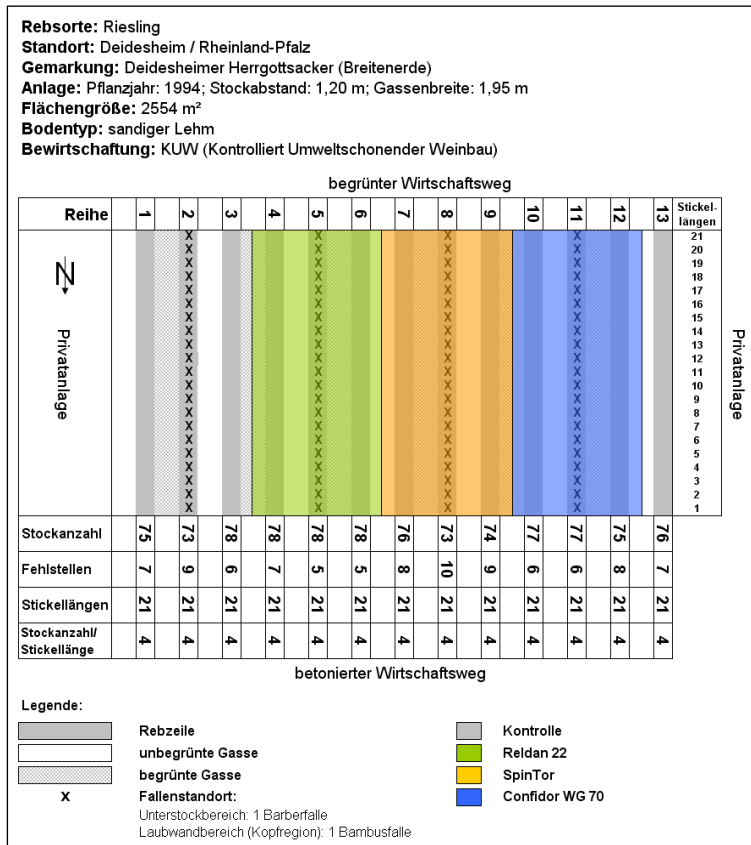


Abbildung A 21: SpinTor-Tag- und Nachtapplikation, Neustadt-Mußbach, Riesling-Anlage.

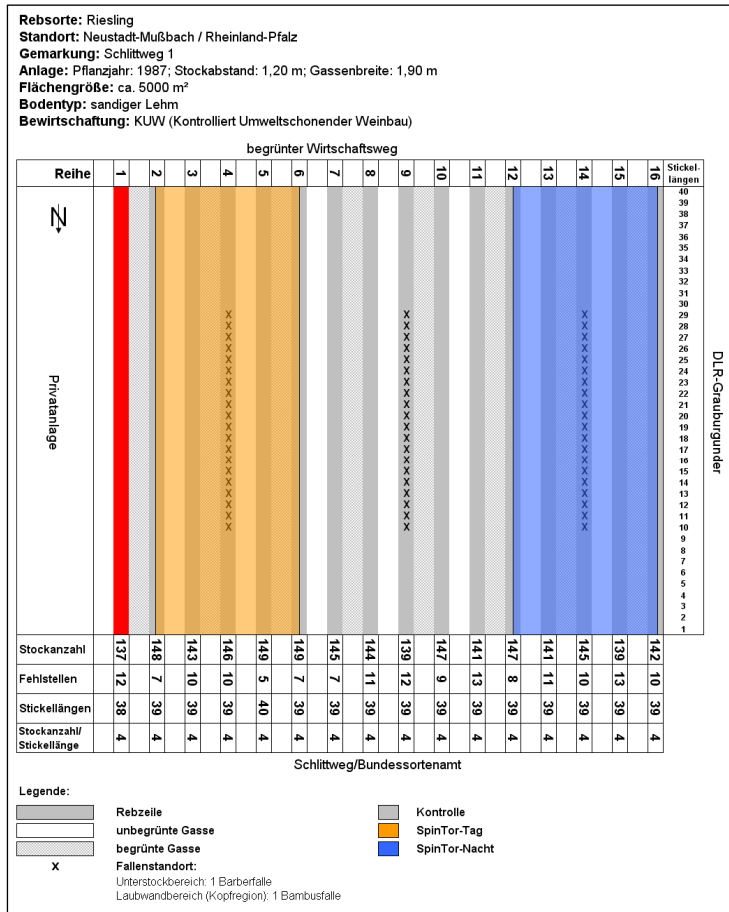


Abbildung A 22: SpinTor, Neustadt-Mußbach, Regent-Anlage.

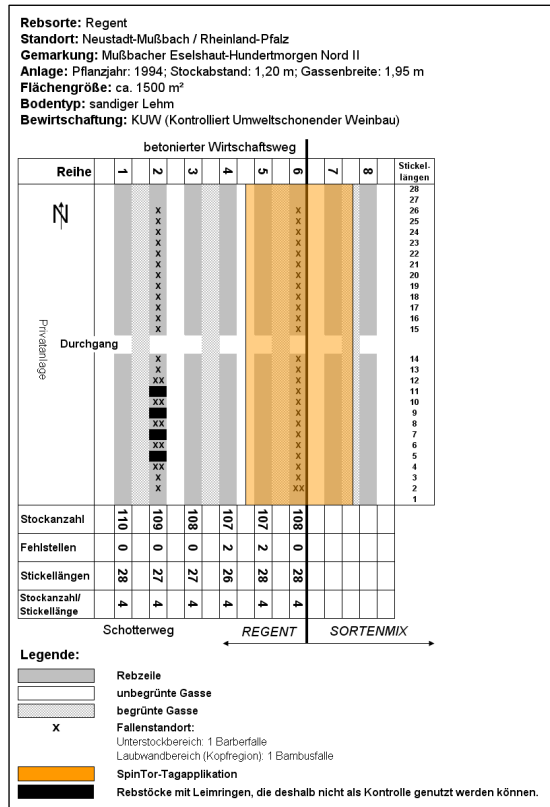


Abbildung A 23: Drei verschiedene SpinTor-Applikationen, Roschbach, Portugieser-Anlage.

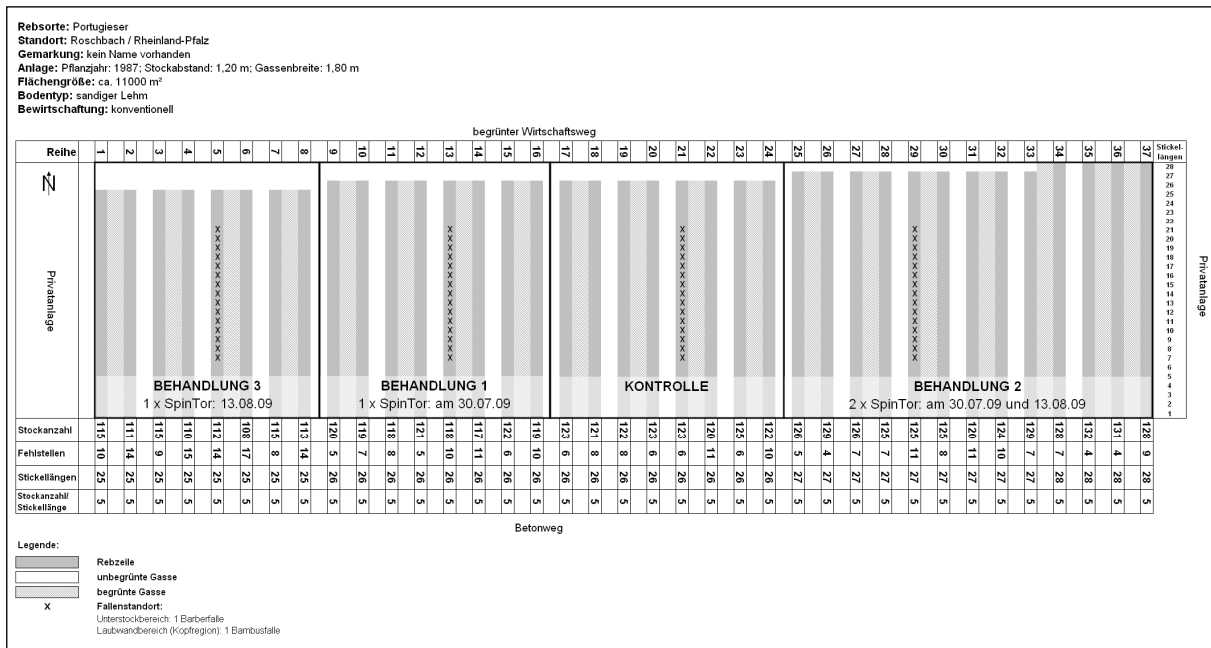


Abbildung A 24: SpinTor, Steward®, Neustadt-Haardt, Riesling-Anlage.

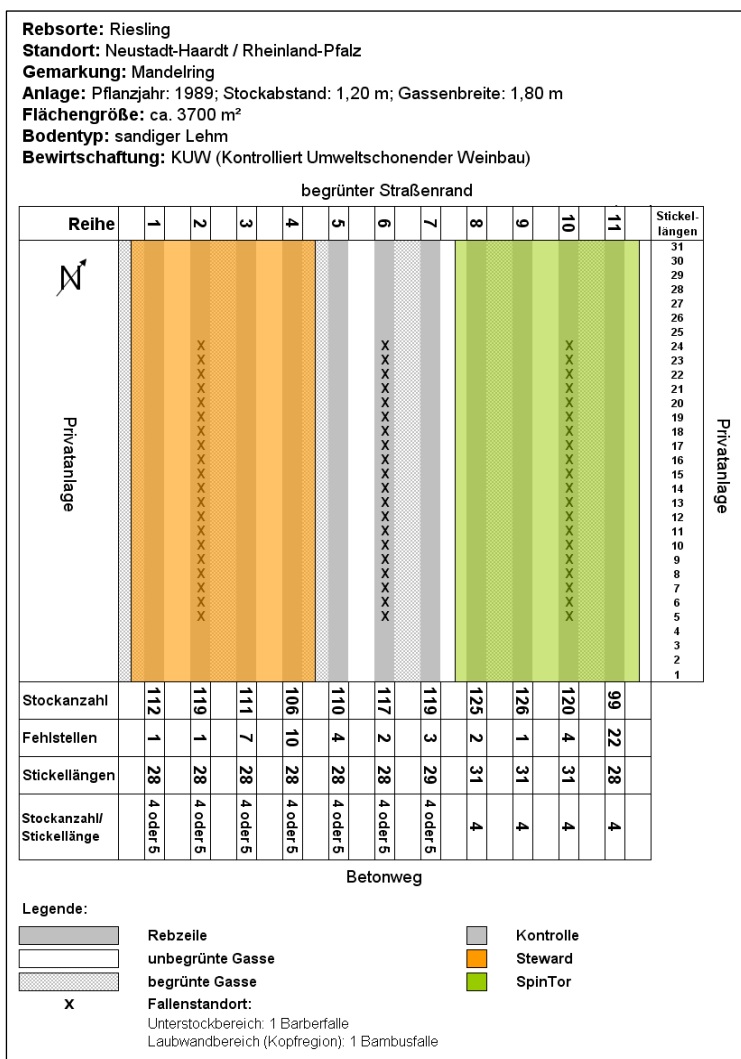


Abbildung A 29: Rebstammbarrrieren mit Kaolin und Leimringen, Neustadt-Mußbach, Regent-Anlage.

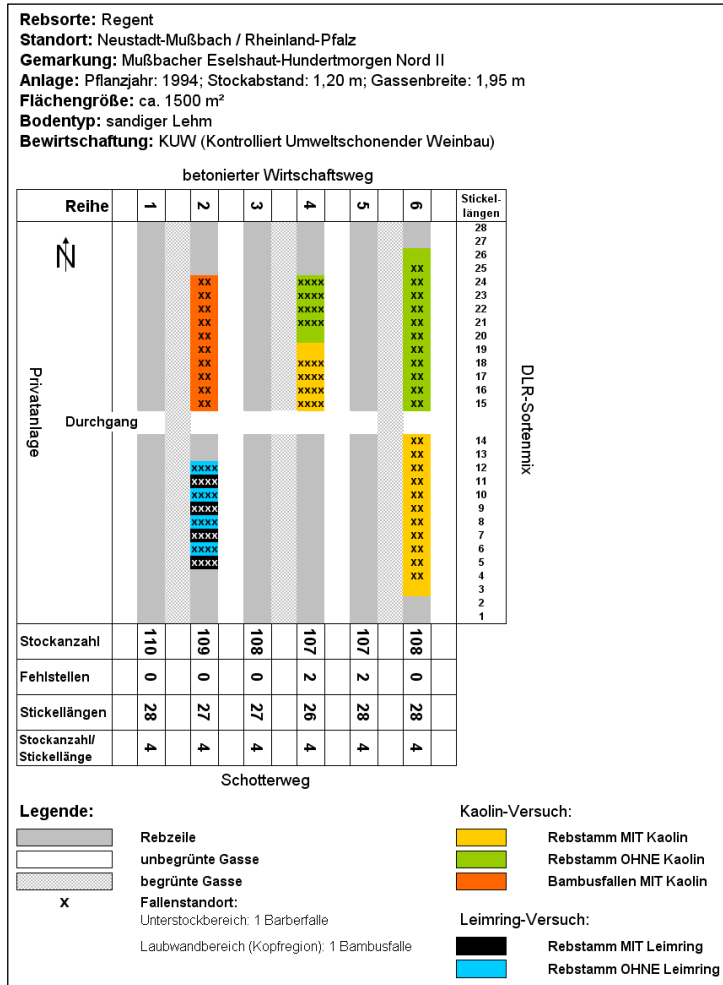


Abbildung A 30: Chromatogramm der Substanz 2-Methyl-1,4-benzochinon.

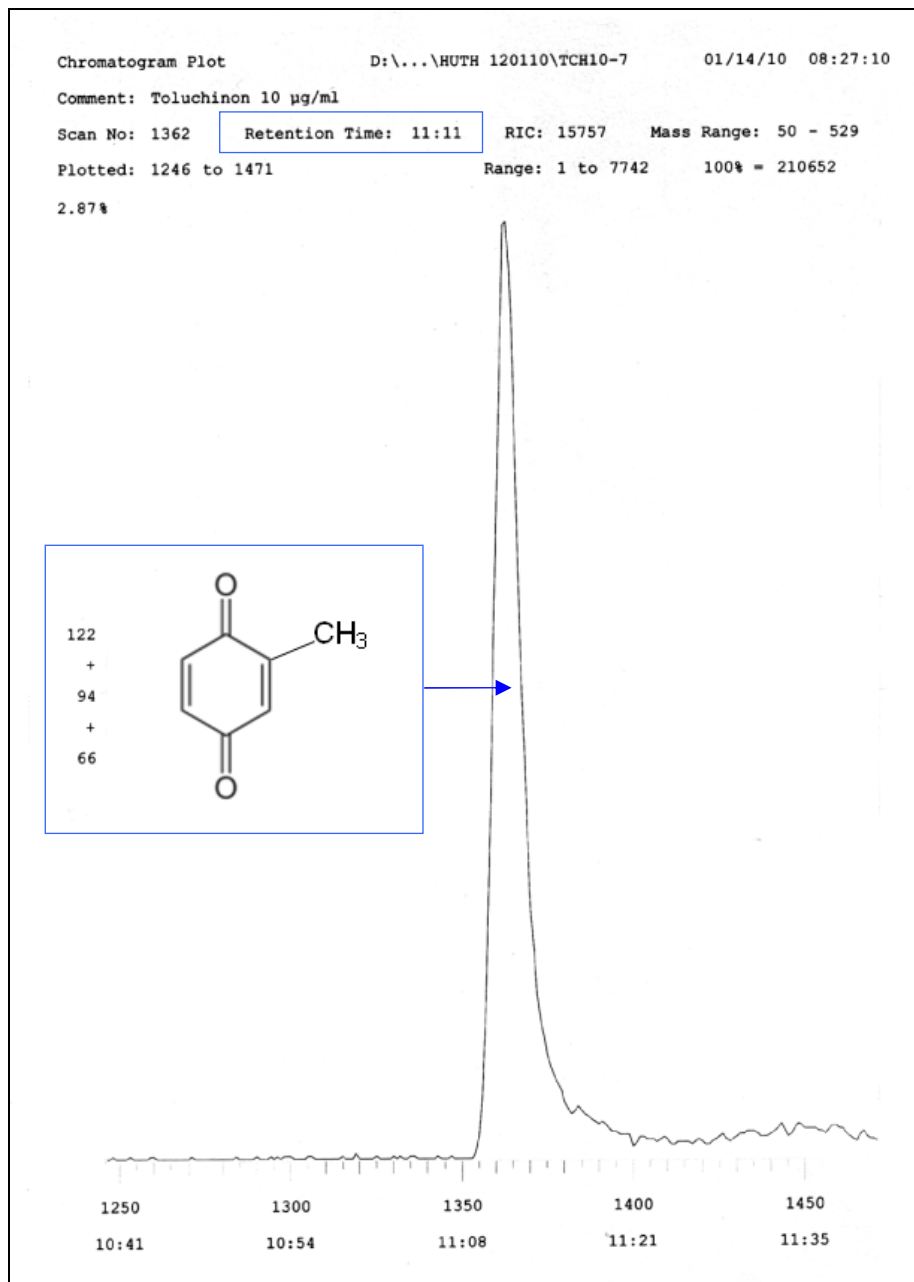


Abbildung A 31: Chromatogramm der Substanz 2-Methyl-1,4-hydrochinon.

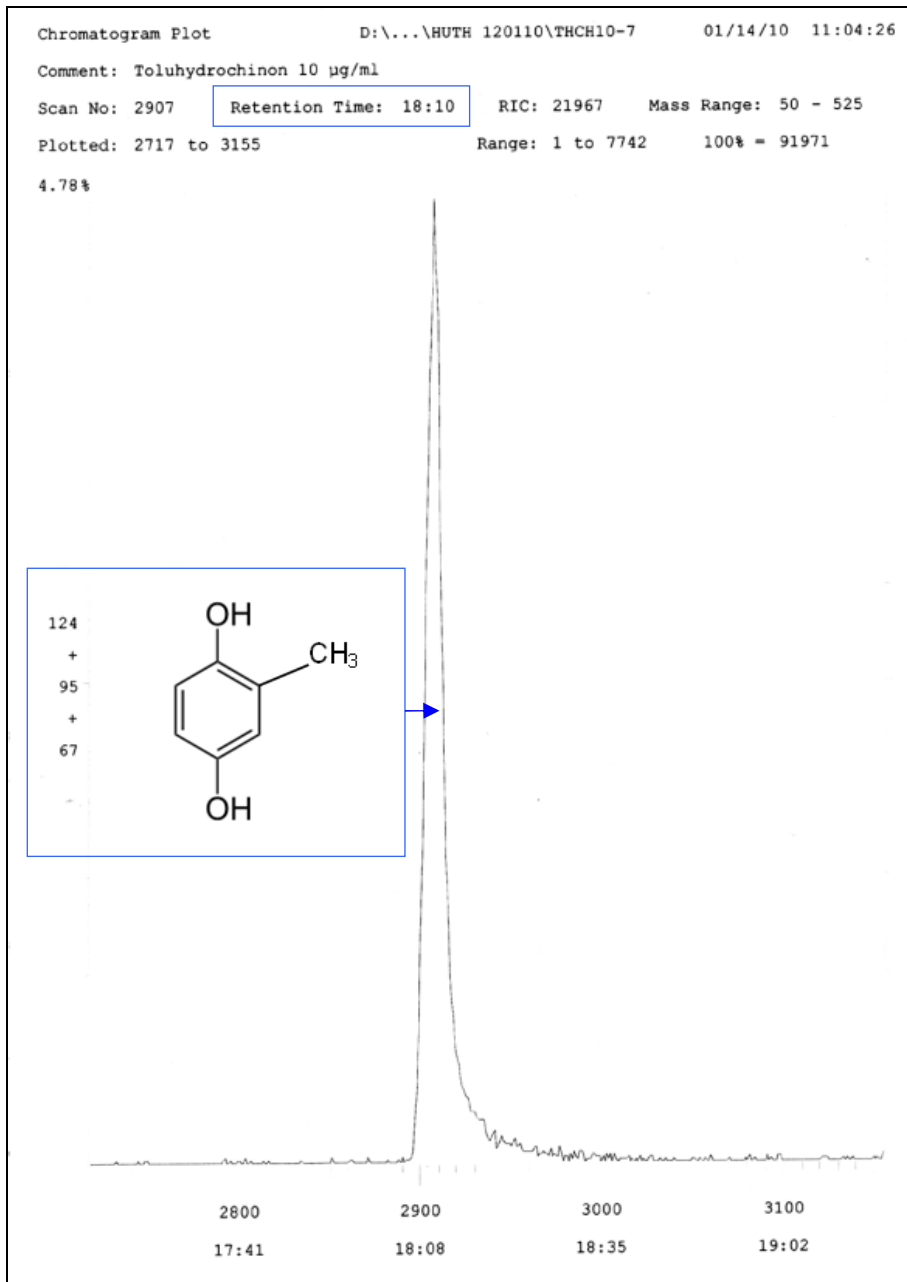


Abbildung A 32: Nachweis der Substanz 2-Methyl-1,4-benzochinon in einem Extrakt aus Ohrwurm-Körpern, der mittels Flüssig-Flüssig-Extraktion hergestellt wurde.

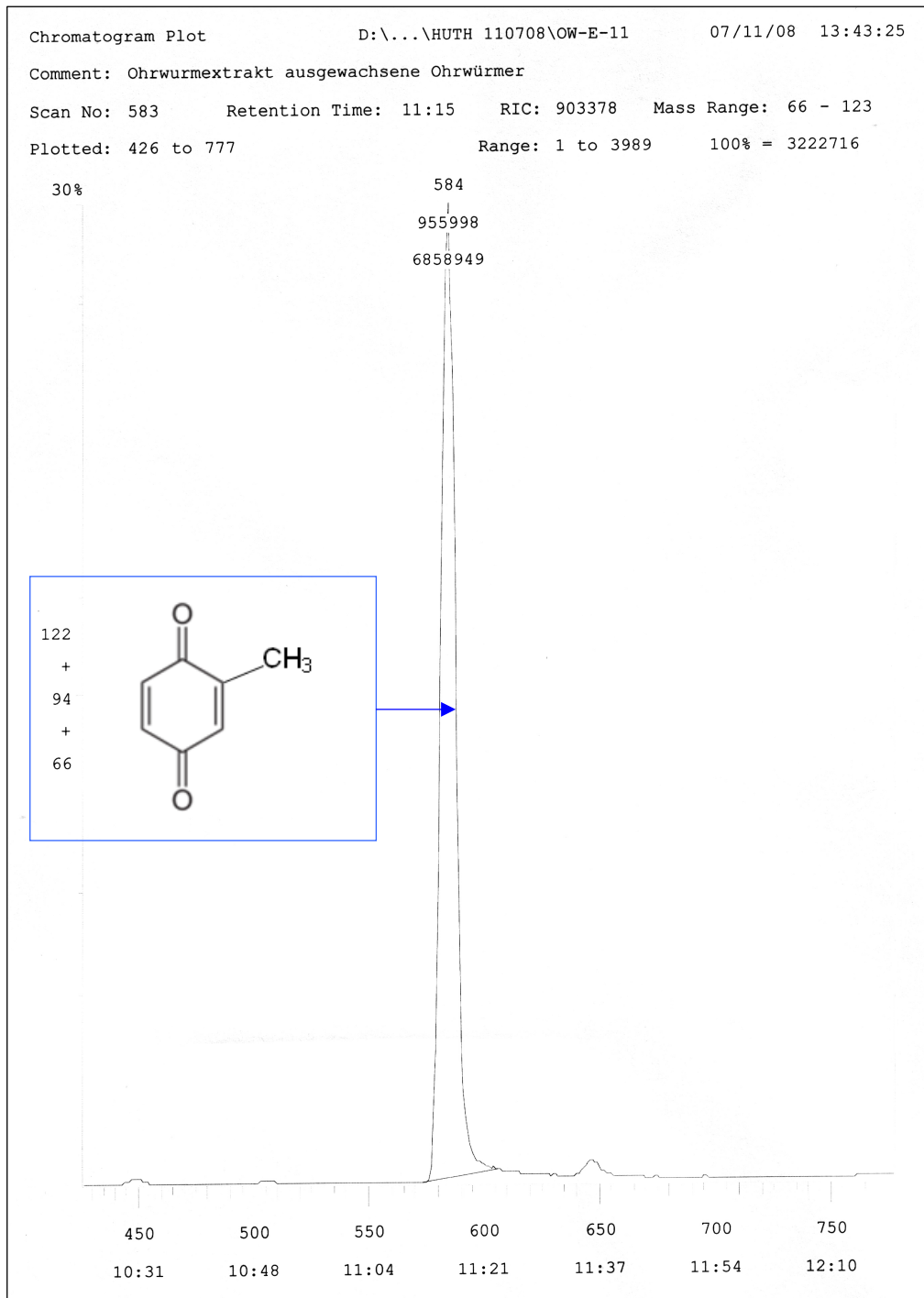


Abbildung A 33: Nachweis der Substanz 2-Methyl-1,4-benzochinon in einem Extrakt aus Ohrwurm-Kot, der mittels Flüssig-Extraktion hergestellt wurde.

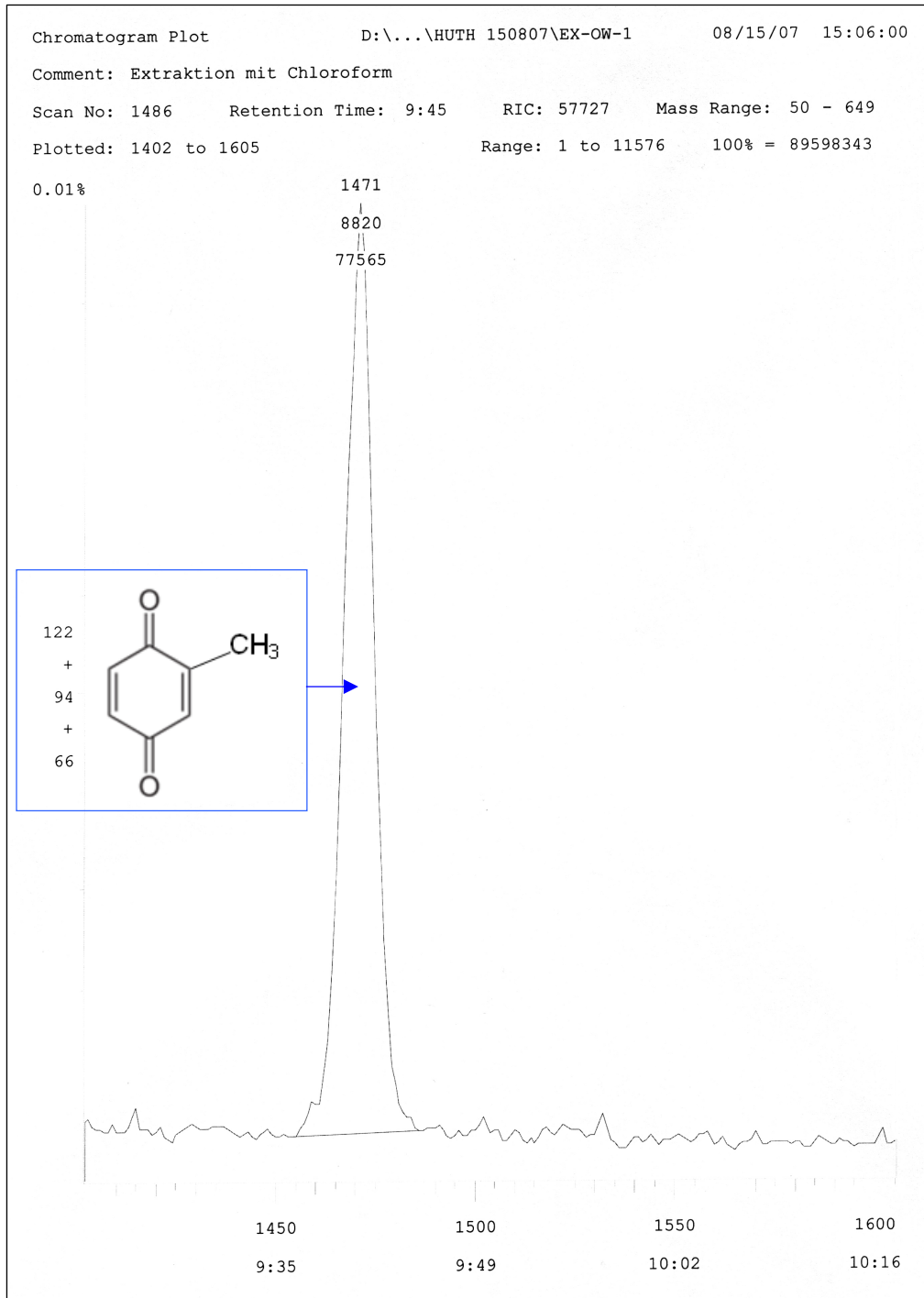


Abbildung A 34: Chromatogramm der Nullprobe eines mit Ohrwürmern kontaminierten Spätburgunder-Wein-Extraktes.

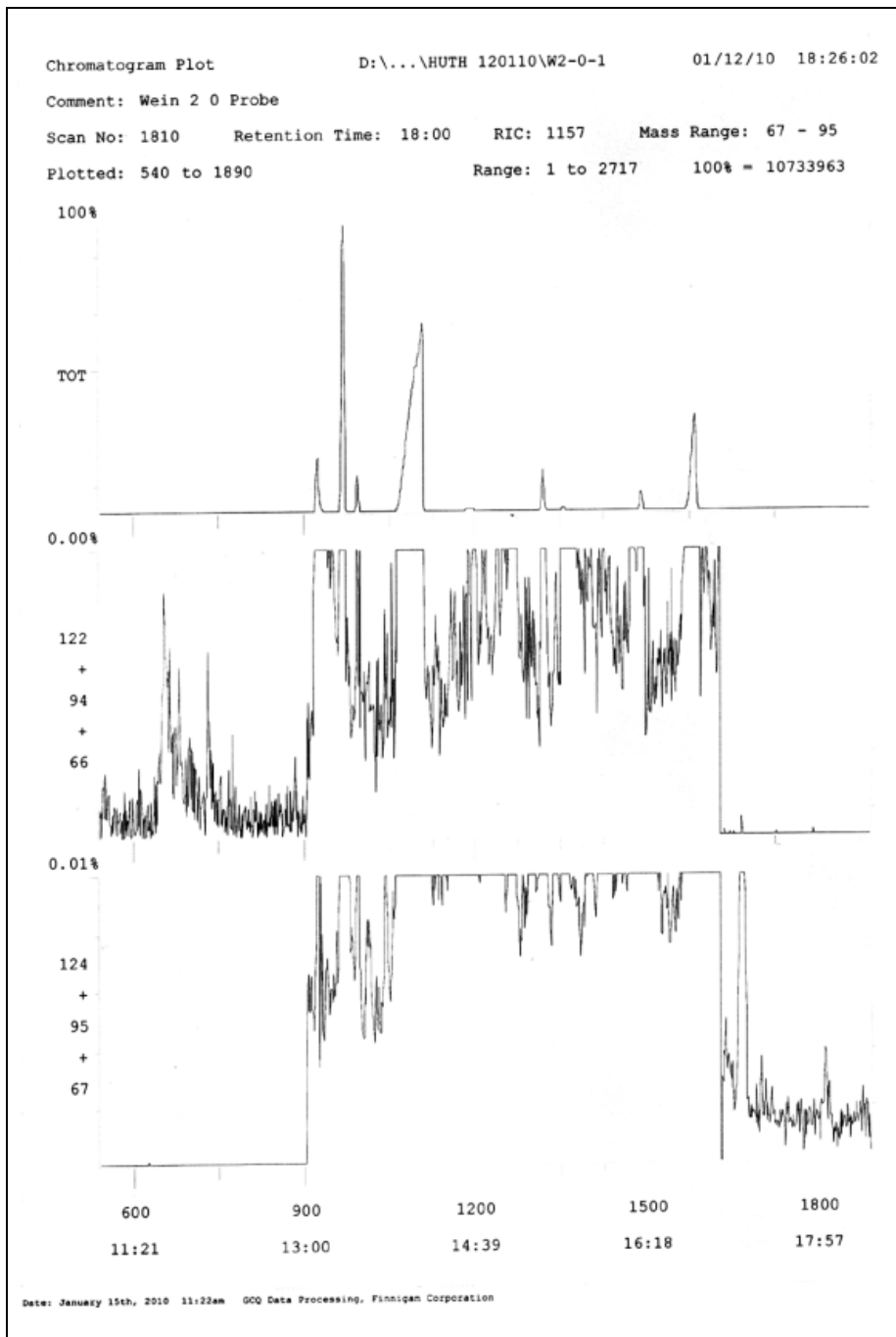


Abbildung A 35: Chromatogramm der Nullprobe eines mit Ohrwurm-Kot kontaminierten Riesling-Wein-Extraktes mit dem Substanznachweis für 2-Methyl-1,4-hydrochinon.

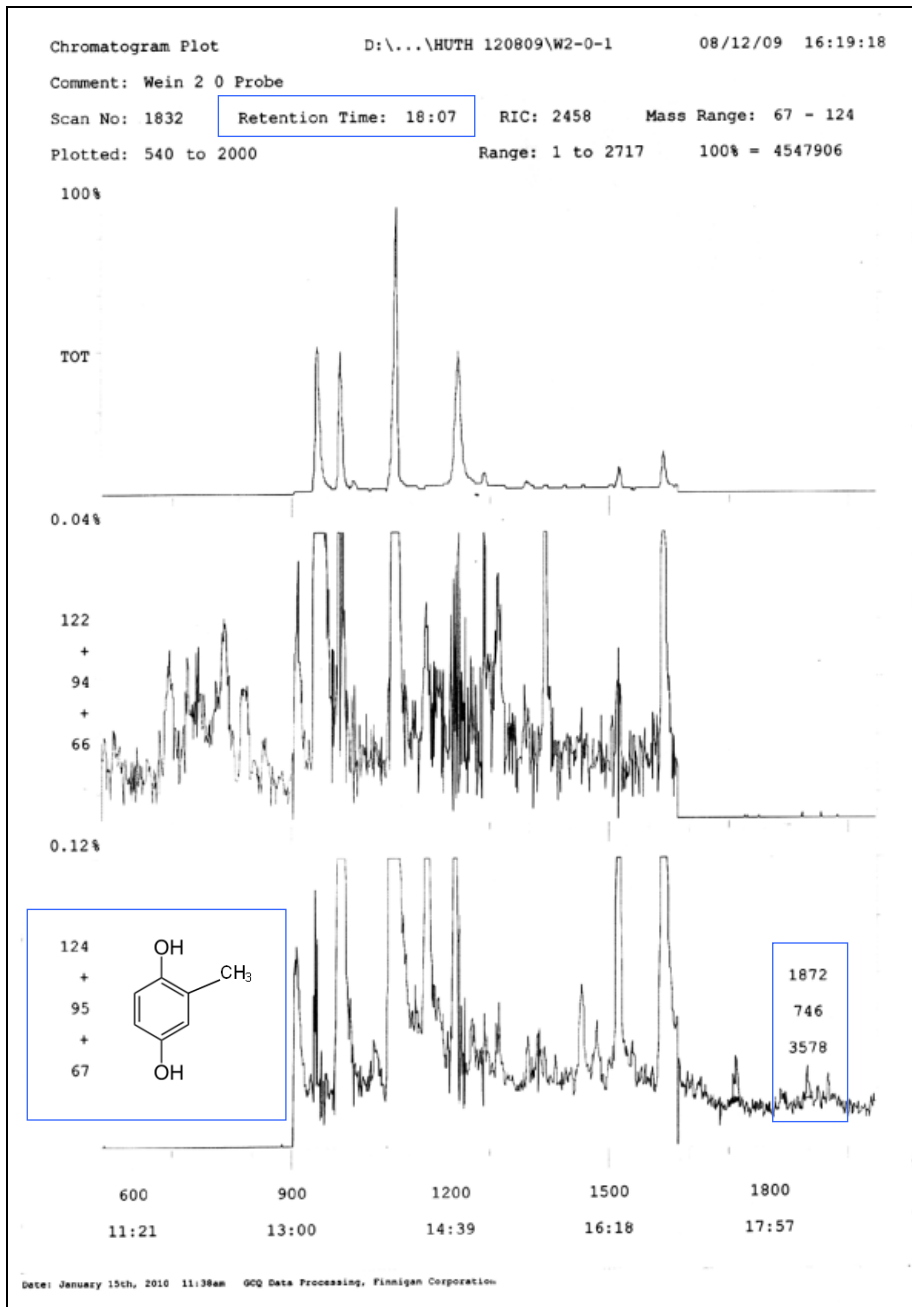


Abbildung A 36: Chromatogramm einer Weinprobe (Riesling), die zusätzlich mit 10 µg/ml 2-Methyl-1,4-benzochinon dotiert wurde.

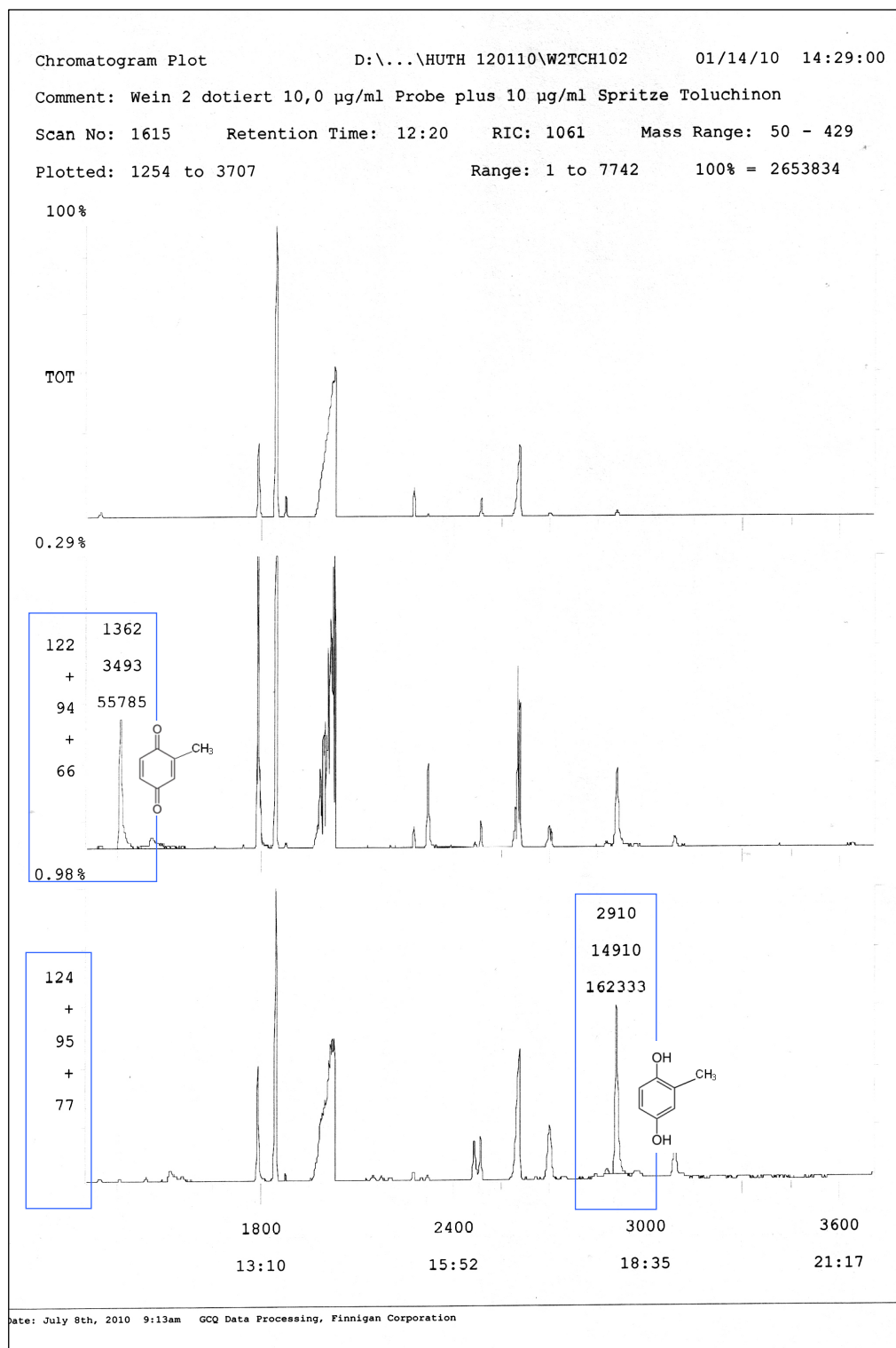


Tabelle A 1: Sensorische Beeinflussung (Geruch, Geschmack) von Wasser und Riesling-Wein durch die Substanz 2-Methyl-1,4-benzochinon.

Konzentration	WASSER Geruchswahrnehmung	RIESLING-WEIN Geruchswahrnehmung
0,1 µg/l	keine Geruchswahrnehmung	keine Geruchswahrnehmung
1 µg/l	keine Geruchswahrnehmung	keine Geruchswahrnehmung
10 µg/l	keine Geruchswahrnehmung	keine Geruchswahrnehmung
20 µg/l	sehr leichte chemische Note	keine Geruchswahrnehmung
30 µg/l	süßlich, kleberähnlich	keine Geruchswahrnehmung
40 µg/l	süßlich, phenolähnlich	keine Geruchswahrnehmung
50 µg/l	süßlich nach Marzipan und Mandel	keine Geruchswahrnehmung
60 µg/l	süßlich nach Marzipan	keine Geruchswahrnehmung
70 µg/l	süßlich nach angesmortem Holz	keine Geruchswahrnehmung
80 µg/l	kein süßlicher Geruch mehr, intensiver nach angesmortem Holz	keine Geruchswahrnehmung
90 µg/l	intensiver Geruch, der beim Anschalten von Elektrogeräten (Mixer, Centrifuge) entsteht	keine Geruchswahrnehmung
100 µg/l	intensiver Geruch, der beim Anschalten von Elektrogeräten (Mixer, Centrifuge) entsteht	keine Geruchswahrnehmung
200 µg/l	leichter Geruch nach angesmortem Holz und Phenol (typisch für Benzochinon)	keine Geruchswahrnehmung
300 µg/l	intensiver Geruch nach angesmortem Holz und Phenol	schwacher böckserähnlicher Geruch Böckser (Fehlton): faulig nach H ₂ S
400 µg/l	intensiver Geruch nach angesmortem Holz und Phenol	stärkerer böckserähnlicher Geruch Böckser (Fehlton): faulig nach H ₂ S
Konzentration	WASSER Geschmackswahrnehmung	RIESLING-WEIN Geschmackswahrnehmung
0,1 µg/l	keine Geschmackswahrnehmung	keine Geschmackswahrnehmung
1 µg/l	keine Geschmackswahrnehmung	keine Geschmackswahrnehmung
10 µg/l	keine Geschmackswahrnehmung	keine Geschmackswahrnehmung
20 µg/l	keine Geschmackswahrnehmung	keine Geschmackswahrnehmung
30 µg/l	keine Geschmackswahrnehmung	keine Geschmackswahrnehmung
40 µg/l	keine Geschmackswahrnehmung	keine Geschmackswahrnehmung
50 µg/l	keine Geschmackswahrnehmung	keine Geschmackswahrnehmung
60 µg/l	keine Geschmackswahrnehmung	keine Geschmackswahrnehmung
70 µg/l	keine Geschmackswahrnehmung	keine Geschmackswahrnehmung
80 µg/l	keine Geschmackswahrnehmung	keine Geschmackswahrnehmung
90 µg/l	keine Geschmackswahrnehmung	keine Geschmackswahrnehmung
100 µg/l	keine Geschmackswahrnehmung	keine Geschmackswahrnehmung
200 µg/l	leichter Bittermandelgeschmack + Geschmack nach angesmortem Holz	Bittergeschmack + Geschmack nach angesmortem Holz
250 µg/l	starker Bittermandelgeschmack + Geschmack nach angesmortem Holz	starker Bittergeschmack + Geschmack nach angesmortem Holz
300 µg/l	sehr starker Bittermandelgeschmack + Geschmack nach angesmortem Holz	sehr starker Bittergeschmack + Geschmack nach angesmortem Holz

Tabelle A 2: Sensorische Beeinflussung (Geruch, Geschmack) von Wasser und Riesling-Wein durch die Substanz 2-Methyl-1,4-hydrochinon.

Konzentration	WASSER Geruchswahrnehmung	RIESLING-WEIN Geruchswahrnehmung
10 µg/l	keine Geruchswahrnehmung	keine Geruchswahrnehmung
50 µg/l	keine Geruchswahrnehmung	keine Geruchswahrnehmung
100 µg/l	keine Geruchswahrnehmung	keine Geruchswahrnehmung
200 µg/l	keine Geruchswahrnehmung	keine Geruchswahrnehmung
300 µg/l	keine Geruchswahrnehmung	keine Geruchswahrnehmung
400 µg/l	keine Geruchswahrnehmung	keine Geruchswahrnehmung
500 µg/l	keine Geruchswahrnehmung	keine Geruchswahrnehmung
600 µg/l	schwacher Desinfektionsmittelgeruch (typisch für Hydrochinon)	keine Geruchswahrnehmung
700 µg/l	stärkerer Desinfektionsmittelgeruch / "Elektrogerätegeruch"	keine Geruchswahrnehmung
800 µg/l	starker Desinfektionsmittelgeruch / "Elektrogerätegeruch"	keine Geruchswahrnehmung
900 µg/l	starker Desinfektionsmittelgeruch / "Elektrogerätegeruch"	keine Geruchswahrnehmung
Konzentration	WASSER Geschmackswahrnehmung	RIESLING-WEIN Geschmackswahrnehmung
10 µg/l	keine Geschmackswahrnehmung	keine Geschmackswahrnehmung
50 µg/l	keine Geschmackswahrnehmung	keine Geschmackswahrnehmung
100 µg/l	keine Geschmackswahrnehmung	keine Geschmackswahrnehmung
200 µg/l	keine Geschmackswahrnehmung	keine Geschmackswahrnehmung
300 µg/l	keine Geschmackswahrnehmung	keine Geschmackswahrnehmung
400 µg/l	keine Geschmackswahrnehmung	keine Geschmackswahrnehmung
500 µg/l	keine Geschmackswahrnehmung	keine Geschmackswahrnehmung
600 µg/l	keine Geschmackswahrnehmung	keine Geschmackswahrnehmung
700 µg/l	angesüßter Kleber	leichter Bittergeschmack (angeraute Zunge), nach 1 min leichter Benzochinon- Nachgeschmack nach angeschmortem Holz
800 µg/l	angesüßter Kleber	starker Bittergeschmack (angeraute Zunge und Rachenbereich)
900 µg/l	angesüßter Kleber	sehr starker Bittergeschmack mit "grün- vegetativem" Charakter (Spargel), nach 2-3 min Benzochinon-Phenol-Geschmack

Tabelle A 3: Ergebnisse der sensorischen Prüfungen eines mit Ohrwürmern kontaminierten Spätburgunder-Weins (Weißherbst) aus Gärversuchen vom 07.11.2007 und vom 06.03.2008.

1. Sensorik: 07.11.2007

Prüfmittel: Spätburgunder mit Ohrwürmern + Hefe			
Prüfer	Geruch	Geschmack	Bemerkung
1a	1	1	-
1b	1	1	-
2a	1	1	-
2b	1	1	-
3a	1	1	-
3b	1	1	-
4a	1	1	-
4b	1	1	-
5a	1	1	-
5b	1	1	-
6a	1	1	-
6b	1	1	-
7a	1	1	-
7b	1	1	-
8a	1	1	-
8b	1	1	-
9a	1	1	-
9b	1	1	-
10a	1	1	-
10b	1	1	-
11a	1	1	-
11b	1	1	-
12a	1	1	leicht harte, bittere Struktur
12b	1	1	-
MW	1,00	1,00	
Vergleichsmittel: Spätburgunder + Hefe			
Prüfer	Geruch	Geschmack	Bemerkung
1a	1	1	-
1b	1	1	-
2a	1	1	-
2b	1	1	-
3a	1	1	-
3b	1	1	-
4a	1	1	-
4b	1	1	-
5a	1	1	-
5b	1	1	-
6a	1	1	-
6b	1	1	-
7a	1	1	-
7b	1	1	-
8a	1	2	bitter, hart, dumpf
8b	1	2	bitter, hart, dumpf
9a	1	1	-
9b	1	1	-
10a	1	1	-
10b	1	1	-
11a	1	1	-
11b	1	1	-
12a	1	1	-
12b	1	1	-
MW	1,00	1,08	

2. Sensorik: 06.03.2008

Prüfmittel: Spätburgunder mit Ohrwürmern + Hefe			
Prüfer	Geruch	Geschmack	Bemerkung
1a	1	1	-
1b	1	1	-
2a	1	1	-
2b	1	1	-
3a	1	2	etwas bitter
3b	1	2	etwas bitter
4a	1	1	-
4b	1	1	-
5a	1	1	-
5b	1	1	-
6a	1	1	-
6b	1	1	-
7a	1	1	-
7b	1	1	-
8a	1	1	-
8b	1	1	-
9a	1	1	-
9b	1	1	-
10a	1	1	-
10b	1	1	-
11a	1	1	etwas bitter
11b	1	1	etwas bitter
12a	1	1	-
12b	1	1	-
MW	1,00	1,08	
Vergleichsmittel: Spätburgunder + Hefe			
Prüfer	Geruch	Geschmack	Bemerkung
1a	1	1	-
1b	1	1	-
2a	1	1	-
2b	1	1	-
3a	1	1	-
3b	1	1	-
4a	1	1	-
4b	1	1	-
5a	1	1	-
5b	1	1	-
6a	1	1	-
6b	1	1	-
7a	1	1	-
7b	1	1	-
8a	1	2	-
8b	1	2	-
9a	1	1	-
9b	1	1	-
10a	1	1	-
10b	1	1	-
11a	1	1	-
11b	1	1	-
12a	3	1	muffig
12b	3	1	muffig
MW	1,17	1,08	

Tabelle A 4: Ergebnisse der sensorischen Prüfungen eines mit Ohrwurm-Kot kontaminierten Riesling-Weins aus Gärversuchen vom 02.12.2008 und vom 10.03.2009.

1. Sensorik: 02.12.2008

Prüfmittel: Riesling mit Ohrwurm-Kot + Hefe			
Prüfer	Geruch	Geschmack	Bemerkung
1a	1	3	muffig
1b	1	1	-
2a	3	3	"Mottenkugel-Note" (UTA)
2b	1	1	-
3a	3	3	Chemieton
3b	2	2	-
4a	3	3	"Mottenkugel-Note" (UTA)
4b	1	1	-
5a	1	1	-
5b	1	1	-
6a	3	3	-
6b	1	1,5	-
7a	3	3	bitter, muffig
7b	1	1	-
8a	3	3	"Mottenkugel-Note" (UTA)
8b	2	2	-
9a	3	1	unsauber
9b	1	1	fest
10a	1	1	"Mottenkugel-Note" (UTA)
10b	1	1	-
11a	1	1	leichter H ₂ S-Ton
11b	1	1	-
12a	2	2	leicht harte, bittere Struktur
12b	1	1	-
MW	1,71	1,73	
Vergleichsmittel: Riesling + Hefe			
Prüfer	Geruch	Geschmack	Bemerkung
1a	1	1	-
1b	1	3	muffig
2a	1	1	-
2b	3	3	"Mottenkugel-Note" (UTA)
3a	2	2	-
3b	3	3	bitter
4a	1	1	-
4b	3	3	"Mottenkugel-Note" (UTA)
5a	1	1	-
5b	1	1	-
6a	1	1,5	-
6b	3	3	-
7a	1	1	-
7b	3	3	bitter, muffig
8a	2	2	-
8b	3	3	"Mottenkugel-Note" (UTA)
9a	1	1	"Mottenkugel-Note" (UTA)
9b	4	2	stinkt, Säure
10a	1	1	-
10b	1	1	"Mottenkugel-Note" (UTA)
11a	1	1	-
11b	1	1	leichter H ₂ S-Ton
12a	1	1	-
12b	3	3	"Mottenkugel-Note" (UTA)
MW	1,79	1,81	

2. Sensorik: 10.03.2009

Prüfmittel: Riesling mit Ohrwurm-Kot + Hefe			
Prüfer	Geruch	Geschmack	Bemerkung
1a	1	1	-
1b	1	1	-
2a	4	4	-
2b	1	1	-
3a	4	3	Arznei, brandig, bitter
3b	1	1	-
4a	1,5	1,5	-
4b	1	1,5	-
5a	3	3	-
5b	1	1	-
6a	1	1	muffig
6b	1	1	-
7a	1	1	bitter
7b	1	1	-
8a	4	4	grün, fest, bitter
8b	1	1	-
9a	1	1	-
9b	1	1	-
10a	1	1	-
10b	1	1	-
11a	4	4	"Mottenkugel-Note" (UTA)
11b	1	1	-
12a	-	-	-
12b	-	-	-
MW	1,66	1,64	
Vergleichsmittel: Riesling + Hefe			
Prüfer	Geruch	Geschmack	Bemerkung
1a	1	1	-
1b	1	1	-
2a	1	1	-
2b	4	4	-
3a	1	1	-
3b	4	3	Arznei, brandig, bitter
4a	1	1,5	-
4b	1,5	1,5	-
5a	1	1	-
5b	3	3	-
6a	1	1	-
6b	1	1	muffig
7a	1	1	-
7b	1	1	bitter
8a	1	1	-
8b	4	4	dumpf, hart, fremd
9a	1	1	-
9b	1	1	-
10a	1	1	-
10b	1	1	-
11a	1	1	-
11b	4	4	"Mottenkugel-Note" (UTA)
12a	-	-	-
12b	-	-	-
MW	1,66	1,64	