

**Entwicklung eines Freilandtests zur Überprüfung der Wirksamkeit  
von Pheromonanwendungen im Weinbau**

D 386

Vom Fachbereich Biologie der Universität Kaiserslautern  
zur Verleihung des akademischen Grades  
„Doktor der Naturwissenschaften“  
genehmigte Dissertation

vorgelegt von: **Eric Doye**

Datum der wissenschaftlichen Aussprache: 16. Februar 2006

Referent: Prof. Dr. U. Koch

Korreferent: Prof. Dr. M. Hahn

Kirchzarten – Burg am Wald, Februar 2006

# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	7
1.1	Problemstellung.....	7
2	Stand des Wissens.....	9
2.1	Schädlinge im Weinbau und ihre klassischen Bekämpfungsmöglichkeiten..	9
2.1.1	Weinbau in Deutschland .....	9
2.1.2	Geschichte des Pflanzenschutzes im Weinberg .....	11
2.1.3	Neuere Methoden .....	13
2.2	Pheromone.....	14
2.2.1	Begriffsklärung Pheromon.....	14
2.2.2	Pheromone bei Lepidopteren .....	15
2.2.3	Funktionsweise der Pheromone bei Lepidopteren .....	16
2.2.4	Pheromone im Pflanzenschutz.....	17
2.2.4.1	Prognoseverfahren (Monitoring) .....	17
2.2.4.2	Massenfang (mass-trapping) .....	18
2.2.4.3	Paarungsstörung (mating disruption) .....	19
2.3	Traubenwickler .....	22
2.3.1	Allgemeines.....	22
2.3.2	Biologie der Traubenwickler .....	23
2.3.2.1	Allgemeines .....	23
2.3.2.2	Biologie von <i>Lobesia botrana</i> .....	23
2.3.2.3	Biologie von <i>Eupoecilia ambiguella</i> .....	25
2.3.3	Pheromonbukett der Traubenwickler .....	26
2.3.3.1	Allgemeines .....	26
2.3.3.2	Pheromone von <i>Eupoecilia ambiguella</i> .....	27
2.3.3.3	Pheromone von <i>Lobesia botrana</i> .....	28
2.4	Fragestellung/Ziele.....	29
2.4.1	Offene Fragen .....	29
2.4.1.1	Populationsdichte.....	29
2.4.1.2	Witterungseffekte .....	29
2.4.1.3	Pheromonbukett.....	30
2.4.1.4	Dispenserleistung .....	31
2.4.2	Bisherige Methoden zur Prüfung der Wirksamkeit von Pheromonanwendungen .....	31

2.4.2.1	Befallsvergleiche .....	31
2.4.2.2	Fallenfänge .....	32
2.4.2.3	Freilassungsexperimente .....	32
2.4.2.4	Windkanalversuche.....	33
3	Material und Methoden.....	34
3.1	Versuchsprinzip.....	34
3.2	Versuchstiere .....	34
3.3	Dispenser .....	35
3.3.1	Dispenser für Schwellenwertversuche .....	35
3.3.2	Dispenser Isomerenversuch.....	35
3.3.3	Konventionelle Dispenser .....	36
3.4	Versuchskäfig.....	38
3.4.1	Konstruktion und Ausstattung .....	38
3.4.2	Fallen .....	40
3.4.3	Klimastation.....	42
3.4.4	Versuchsdurchführung .....	42
3.4.4.1	Versuchsflächen .....	42
3.4.4.2	Versuchsablauf .....	45
3.4.5	Auswertung .....	46
3.4.6	Statistik .....	47
4	Versuche .....	49
4.1	Versuche zur Überprüfung der Messmethode.....	49
4.1.1	Versuch Fangvergleiche kleiner Käfig vs. Standardkäfig .....	49
4.1.1.1	Versuchsdurchführung Fangvergleiche kleiner Käfig vs. Standardkäfig.....	50
4.1.1.2	Versuchsergebnisse Fangvergleiche kleiner Käfig vs. Standardkäfig.....	51
4.1.1.3	Diskussion Fangvergleiche kleiner Käfig vs. Standardkäfig .....	52
4.1.2	Versuche Ködertyp.....	53
4.1.2.1	Versuchsdurchführung Ködertyp <i>L. botrana</i> .....	54
4.1.2.2	Versuchsdurchführung Ködertyp <i>E. ambiguella</i> .....	54
4.1.2.3	Versuchsergebnisse Ködertyp <i>L. botrana</i> .....	54
4.1.2.4	Versuchsergebnisse Ködertyp <i>E. ambiguella</i> .....	55
4.1.2.5	Diskussion Ködertyp <i>L. botrana</i> .....	56

4.1.2.6	Diskussion Ködertyp <i>E. ambiguella</i> .....	57
4.1.3	Versuch Fallenhöhe .....	57
4.1.3.1	Versuchsdurchführung Fallenhöhe .....	58
4.1.3.2	Versuchsergebnisse Fallenhöhe.....	58
4.1.3.3	Diskussion Fallenhöhe.....	58
4.1.4	Versuch Laubwandspeicher.....	59
4.1.4.1	Versuchsdurchführung Laubwandspeicher.....	60
4.1.4.2	Versuchsergebnisse Laubwandspeicher.....	60
4.1.4.3	Diskussion Laubwandspeicher.....	61
4.1.5	Klimatische Faktoren.....	62
4.1.5.1	Grenzbereich Hitze .....	62
4.1.5.2	Grenzbereich Kälte .....	63
4.2	Versuche zur Anwendung des Systems.....	65
4.2.1	Versuch Gewöhnungs- bzw. Überreizungseffekte .....	65
4.2.1.1	Versuchsdurchführung Gewöhnungs- bzw. Überreizungseffekte	65
4.2.1.2	Versuchsergebnisse Gewöhnungs- bzw. Überreizungseffekte ....	65
4.2.1.3	Diskussion Gewöhnungs- bzw. Überreizungseffekte .....	67
4.2.2	Richtungsfänge .....	67
4.2.2.1	Berg-Tal-Windsysteme.....	68
4.2.2.2	Versuchsdurchführung Richtungsfänge .....	70
4.2.2.3	Versuchsergebnisse Richtungsfänge.....	70
4.2.2.4	Diskussion Richtungsfänge.....	73
4.2.3	Versuch Isomere .....	74
4.2.3.1	Versuchsdurchführung Isomere .....	75
4.2.3.2	Versuchsergebnisse Isomere.....	77
4.2.3.3	Diskussion Isomere.....	79
4.2.4	Versuche zu Einflüssen der Pheromonkonzentration.....	80
4.2.4.1	Phänomen Verdriftung Pheromonwolke.....	80
4.2.4.2	Diskussion Phänomen Verdriftung Pheromonwolke .....	82
4.2.4.3	Versuche zur Auswirkung der Dispenserdichte.....	83
4.2.4.3.1	Versuchsdurchführung Auswirkung der Dispenserdichte.....	83
4.2.4.3.2	Versuchsergebnisse zur Auswirkung der Dispenserdichte .....	84
4.2.4.3.3	Diskussion zur Auswirkung der Dispenserdichte .....	85
4.2.4.4	Versuch „Gebrauchte“ Dispenser.....	87

4.2.4.4.1	Versuchsdurchführung „Gebrauchte“ Dispenser.....	87
4.2.4.4.2	Versuchsergebnisse „Gebrauchte“ Dispenser .....	88
4.2.4.4.3	Diskussion „Gebrauchte“ Dispenser .....	89
4.2.4.5	Versuche Schwellenwerte.....	90
4.2.4.5.1	Versuch Schwellenwert <i>L. botrana</i> .....	90
4.2.4.5.1.1	Versuchsdurchführung Schwellenwert <i>L. botrana</i> .....	90
4.2.4.5.1.2	Versuchsergebnisse Schwellenwert <i>L. botrana</i> .....	91
4.2.4.5.1.3	Diskussion Schwellenwert <i>L. botrana</i> .....	92
4.2.4.5.2	Schwellenwert <i>E. ambiguella</i> .....	94
5	Generaldiskussion .....	96
6	Ausblick .....	100
7	Literaturverzeichnis .....	102
8	Danksagung .....	106
9	Zusammenfassung .....	107



Foto 1 : Ostseite des Blankenhornsberg in Ihringen am Kaiserstuhl. Am oberen linken Bildrand das Gebäude des Gutsbetriebs Staatsweingut Ihringen/Blankenhornsberg. (Bild WBI, Freiburg).

# 1 Einleitung

## 1.1 Problemstellung

Der Einsatz von Insektiziden zur Schädlingsbekämpfung im Weinbau, aber auch im Obstbau und anderen Sonderkulturen, birgt eine Reihe von Nachteilen. Neben direkten gesundheitlichen Auswirkungen auf Anwender und Konsumenten wird mit meist unspezifisch wirkenden Insektiziden massiv in die Fauna der Flächen eingegriffen. Die direkte Folge hiervon ist ein Verlust von „Nützlingen“, die im Sinne einer Selbstregulation der Fauna einer bewirtschafteten Fläche erhaltenswert sind. Die ökologischen Zusammenhänge in Weinbergen oder Obstplantagen sind noch weitestgehend unerforscht, mit dem Einsatz von Insektiziden werden also Systeme manipuliert, von denen man noch geringe Kenntnis hat. HOFFMANN (2002) fand beispielsweise erst kürzlich 4 neue unbeschriebene Arten von Schildlausparasitoiden in südbadischen Weinbergen und deren unmittelbarer Umgebung. Somit besteht die Gefahr ungewollter Folgen und Auswirkungen solcher Maßnahmen. Weiterhin gelangen Insektizide bekanntermaßen in die Nahrungskette, über Oberflächenabfluss in Fließgewässer und über Windabdrift in die unmittelbare Umgebung behandelter Flächen. Zudem bedeutet der Einsatz von Insektiziden einen arbeitswirtschaftlichen Aufwand, der je nach Kultur und Befallsdruck des Schadorganismus' erheblich sein kann. Auch kann es beim häufigen Befahren von Flächen zu Bodenverdichtungen kommen, die sich vor allem für mehrjährige Kulturen wie Wein- und Obstbau zu einem Problem entwickeln können. Letztlich kommt es bei der Anwendung von Insektiziden immer wieder zu Resistenzbildungen bei den jeweiligen Zielorganismen, die eine aufwendige Entwicklung von Ersatzmitteln notwendig machen.

Die Vorteile des Einsatzes von Pheromonen zur Schädlingsbekämpfung sind sowohl ökologischer als auch ökonomischer Natur. Zu den ökologischen Vorteilen gehört eine hohe Wirkungsspezifität, es werden also weitestgehend nur die Zielorganismen beeinflusst. Darüber hinaus sind schwerwiegende Nebenwirkungen wie beim Einsatz von Insektiziden bei der Verwendung von Pheromonen nicht bekannt. Vorteile sowohl ökologischer als auch ökonomischer Natur werden im Wein- und Obstbau durch die Schonung von „Nützlingen“ wie Raubmilben erzielt. Diese regulieren Schadmilben und machen den Einsatz von Akariziden somit überflüssig. Arbeitswirtschaftlich ist die Anwendung von Pheromonen deswegen attraktiv, weil zur

Anwendung von Pheromonen beispielsweise im Weinbau nur ein Behandlungstermin nötig ist, der zudem zu einer Zeit erfolgt, in der anderweitige Arbeiten im Weinberg nicht anfallen.

Der Einsatz von Pheromonen zur Schädlingskontrolle hat sich mittlerweile weltweit in verschiedensten Anbaukulturen etabliert. Nach Obst- und Baumwollanbau spielt der Weinbau hierbei flächenmäßig die größte Rolle. In Deutschland werden aktuell (2004) von ca. 100 000 ha Rebfläche knapp 45 000 ha mit Pheromonen behandelt. Der Einsatz von Pheromonen im Weinbau wird deutschlandweit staatlich gefördert. Jedoch wird immer wieder in einzelnen Gemarkungen in Deutschland die Schadschwelle trotz Anwendung der Paarungsstörung überschritten; kostspielige Zusatzbehandlungen sowie eine Diskreditierung dieser ökologisch und ökonomisch sinnvollen Methode sind die Folge.

Obschon die Pheromonanwendung in der Paarungsstörung insgesamt also einen großen Erfolg darstellt, verbleibt immer noch die Notwendigkeit zur weiteren Verbesserung der Pheromonprodukte und Anwendungsverfahren. Um die Wirksamkeit solcher Verbesserungen zu überprüfen sind bisher einige wenige Verfahren in Gebrauch, die aber entscheidende Nachteile haben.

Ziel dieser Arbeit ist es, eine Methode zu entwickeln die die hauptsächlichen Nachteile der bisher verwendeten Methoden vermeidet und es so ermöglicht, durch präzise Aussagen die Methode der Paarungsstörung effizient zu verbessern.



## **2 Stand des Wissens**

### **2.1 Schädlinge im Weinbau und ihre klassischen Bekämpfungsmöglichkeiten**

#### **2.1.1 Weinbau in Deutschland**

Der Weinbau in Deutschland hat eine lange Tradition. Es gilt als sicher, dass die Römer im Zuge ihrer Expansion nach Mitteleuropa die Rebe (*Vitis vinifera* L.) als Kulturpflanze um die Zeitenwende nach Deutschland einführten (VOGT & SCHRUF 2000). Nach der Völkerwanderung führten Alemannen, Franken und Burgunder im Frühmittelalter den Weinbau weiter. Auch Karl der Große war ein Förderer des Weins und führte das Recht auf Selbstvermarktung der Winzer ein (sogenannte „Straußwirtschaften“). Im 16. Jahrhundert erreichte der Weinbau in Deutschland seine größte Ausdehnung, die mit dem Dreißigjährigen Krieg ein jähes Ende fand. Nach einer Erholung im 18. Jahrhundert führten im 19. Jahrhundert neue Krankheiten und Schädlinge zu einem erneuten Rückschlag. Die aktuell mit Keltertrauben bestockte Fläche in Deutschland beläuft sich auf gut 100 000 ha, davon entfallen ca. 70 000 ha auf weiße Sorten.

Der Anbau von Reben war sicherlich von Beginn an auch eine Auseinandersetzung mit Schadorganismen. Bereits im Alten Testament (5. Mose 28, 39) steht geschrieben: *„Weinberge wirst Du pflanzen und bauen, aber weder Wein trinken noch Trauben lesen; denn die Würmer werden's verzehren“*. BASSERMANN-JORDAN (1923) zitiert Theophrast 300 v. Chr.: *„Gemeinschaftlich ist den Stöcken, dass sie von Würmern leiden“*. Erste Kalamitäten in Deutschland sind aus dem 9. Jahrhundert bekannt (STELLWAAG 1928). Hierbei handelte es sich um Wanderheuschreckenschwärme, die bis zur Mitte des 18. Jahrhunderts immer wieder bis nach Mitteleuropa einwanderten und verwüstete Landstriche hinterließen. Die erste gesicherte Erwähnung des Auftretens einer Traubenwicklerart in Deutschland stammt aus dem Jahre 1420. Katastrophale Auswirkungen auf den europäischen Weinbau hatte dann allerdings der intensive Gütertausch mit dem nordamerikanischen Kontinent. Mit heute kaum mehr vorstellbarer Naivität wurden im 19. Jahrhundert Topfreben zwischen Europa und Nordamerika ausgetauscht, teils zu Forschungszwecken, teils als Geschenke. In chronologischer Reihenfolge wurden hierdurch nach Europa eingeführt (SCHRUF 2001):

- 1850: Echter Mehltau, *Uncinula necator* SCHWEIN, nach einer älteren wissenschaftlichen Bezeichnung im Weinbau heute noch Oidium genannt, ein Ascomycet
- 1863: Reblaus, *Daktulosphaera vitifoliae* FITCH, in der Fachliteratur auch unter *Phylloxera vastatrix*, *Viteus vitifolii* und *Dactylosphaera vitifolii* zu finden (VOGT & SCHRUF 2000)
- 1878: Falscher Mehltau, *Plasmopara viticola* (BERK. et CURTIS ex. DE BARY) BERL. et DE TONI, nach einer älteren wissenschaftlichen Bezeichnung im Weinbau heute noch Peronospora genannt, wird meist den Pilzkrankheiten zugeordnet, ist aber ein Oomycet

Das Auftauchen dieser Schadorganismen führte zu einem Zusammenbruch der Weinwirtschaft in ganz Europa. Bis zum Jahr 1900 waren ca. 75% der gesamten Rebflächen des Kontinents vernichtet. Der Echte Mehltau (*U. necator*) und der Falsche Mehltau (*P. viticola*) gelten bis heute als die wirtschaftlich bedeutsamsten Schadorganismen in Europa.

Tierische Schädlinge spielten vor dem Auftauchen der beiden Mehltaukrankheiten die wichtigste Rolle im Weinbau Europas. Naturgemäß ist eine wissenschaftlich exakte Bestimmung auf Basis alter Schriften sehr schwierig. So ist z. B. das oben erwähnte Bibelzitat von LUTHER nicht korrekt übersetzt worden. Nach BERTHOLET (1899) hat dieser nämlich das hebräische Wort „Tolaat“ mit „Würmer“ übersetzt, korrekt wäre aber „Blattaustrockner“ und dies weist mit ziemlicher Sicherheit auf eine Schildlausart hin. Die heutzutage bedeutendsten tierischen Rebschädlinge Bekreuzter Traubenwickler (*Lobesia botrana*), Einbindiger Traubenwickler (*Eupoecilia ambiguella*) und Springwurmwickler (*Sparghanotis pilleriana*) waren in europäischen Weinbergen zwar schon lange bekannt, bis zum Beginn des 20. Jahrhunderts aber nicht von der wirtschaftlichen Bedeutung, die sie heute haben. Nach STELLWAAG (1928) stellten bis zu diesem Zeitpunkt Heuschrecken, Ameisen, Maikäfer und Raupen aller Art die Hauptprobleme dar. Milben treten als ernsthafte Rebschädlinge erst nach dem Zweiten Weltkrieg in Deutschland in Erscheinung. Generell scheint die Bewirtschaftungsweise von Weinbergen bis zum 19. Jahrhundert, also eine schwach mechanisierte Wirtschaftsform mit Mischkulturcharakter, eine relativ stabile Fauna von Nützlingen und Schädlingen begünstigt zu haben.

## 2.1.2 Geschichte des Pflanzenschutzes im Weinberg

Die ersten detaillierten Beschreibungen über Pflanzenschutz im Weinberg liefern die Römer. PLINIUS beispielsweise beschreibt ein Mittel mit insektizider Wirkung folgendermaßen: „Ölgeäscht bis zur Zähigkeit des Honigs einkochen und dann noch einmal mit dem dritten Teil Erdpech und dem vierten Teil Schwefel kochen...damit soll man die Reben an den Köpfen und unter den Ästen salben und es werden keine Wickler erscheinen“ (zitiert aus BASSERMANN-JORDAN 1923). Mit Biberfell, Bärenblut, Rindskot, Eselsschmalz, gebranntem Hirschhorn oder zerstoßenem Knoblauch wurden lt. STELLWAAG (1923) bis zum 18. Jahrhundert die Reben zur Schädlingsabwehr traktiert. Erwartungsgemäß waren die Erfolgsaussichten solcher Maßnahmen recht gering, zusätzliche Bittprozessionen und Kreuzgänge somit die Regel. In Italien sind diese noch bis in das 20. Jahrhundert hinein abgehalten worden.

Die in Kapitel 2.1.1 beschriebenen eingeschleppten Schädlinge stellten den europäischen und somit auch den deutschen Weinbau des 19. Jahrhunderts vor eine erhebliche Herausforderung. Der 1850 erstmals in Europas Weinbergen festgestellte Falsche Mehltau *Uncinula necator* konnte bereits 1855 mit der rechtzeitigen Behandlung mittels Schwefelpräparaten erfolgreich bekämpft werden. Allerdings wurden durch Versuche mit *U. necator* - widerstandsfähigen, aus Nordamerika importierten Reben die Reblaus nach Europa gebracht. Die 1863 von der Provence ausgehende Vernichtung ganzer Weinanbaugebiete durch die Reblaus *D. vitifoliae* stellte für den Pflanzenschutz dann ein weitaus größeres Problem dar. Eine von der französischen Regierung 1870 ins Leben gerufene Kommission prüfte über 700 Vorschläge zur Bekämpfung der Reblaus, ein Erfolg blieb aber aus. Dem französischen Winzer Laliman gelang es, 1859 eine Methode zu entwickeln, die Reblaus in Europa unter Kontrolle zu bringen (BASSERMANN-JORDAN 1923). Er beobachtete, dass Europäerreben eine starke Wurzelanfälligkeit und relative Blatttoleranz, Amerikanerreben hingegen eine starke Blattanfälligkeit gepaart mit einer hohen Wurzeltoleranz gegenüber *D. vitifoliae* aufwiesen. Er verwendete die Amerikanerreben als Wurzelstöcke, auf welche er europäische Rebsorten als Edelreiser pflanzte. Es dauerte allerdings 20 Jahre von ihrer Beschreibung an, bis sich diese Methode durchsetzen konnte. Diese Methode gilt als erste biologische Schädlingsbekämpfung im Weinbau überhaupt.

Das erstmalige Auftreten des Falschen Mehltau *P. viticola* in Europa 1878 zog ebenfalls starke wirtschaftliche Einbußen nach sich. Eher kurios mutet die Entdeckung einer geeigneten Behandlungsmethode an. In der Gironde war es üblich, Rebstöcke an Weg- und Straßenrändern mit der sogenannten Bordeauxbrühe zu behandeln, um Traubendiebe abzuschrecken. Hierbei handelt es sich um ein Gemisch aus Kalkmilch und Kupfersulfat, dessen milchig-blaue Färbung als optische Abschreckung dienen sollte. Nach dem Erscheinen des Falschen Mehltaus fiel den Winzern auf, dass die behandelten Rebstöcke mit der Krankheit besser zurecht kamen als unbehandelte (BRUNET 1900). Die Bordeauxbrühe findet auch heute noch im Weinbau Anwendung, dies ist aber durch die mit der Behandlung einhergehende Kupferanreicherung im Boden kritisch zu sehen.

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts wurde in der Bekämpfung der tierischen Weinbauschädlinge in Deutschland ein neues Kapitel aufgeschlagen. Neben dem bis 1975 zugelassenen Nikotin, ein zur Gruppe der natürlichen Insektizide gehörendes Alkaloid, wurde Arsen als Insektizid in Deutschlands Weinbergen angewandt. Schon im Vorfeld der Zulassung wurden Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit dieses anorganischen Wirkstoffes befürchtet. Mit dem mittlerweile in der Medizin eingeführten Fachterminus „Kaiserstuhlkrankheit“ für durch Arsenausbringung hervorgerufene Krebserkrankungen fand die Anwendung dieses Wirkstoffes ihren traurigen Höhepunkt (SCHRUF 2001). Die Anwendung von Arsen ist seit 1942 in Deutschland verboten.

Ähnlich ist die Verwendung des 1948 in Deutschland zugelassenen DDT zu sehen. DDT, ein zur Gruppe der organischen Insektizide gehörender Chlorkohlenwasserstoff, wird nur langsam abgebaut und reichert sich so in der Nahrungskette an. Nebenwirkungen sind auf eine Vielzahl von Organismen wie Fischen und Vögeln bekannt. Daneben hat DDT auch eine humantoxische Wirkung. Die Anwendung von DDT wurde wegen seiner schädlichen Auswirkungen auf Mensch und Umwelt 1972 zumindest in Deutschland verboten.

1951 kam mit E 605 das erste Phosphorsäureester-Insektizid, wie DDT ein organisches Insektizid, auf den Markt. Phosphorsäureester finden nicht nur als Kontaktinsektizide, sondern auch als chemische Kampfstoffe Verwendung (DIEFENBACH 2003). Es sind mehrere hundert Vergiftungsfälle durch berufliche Exposition oder versehentliche Einnahme dieses Wirkstoffes bekannt. Mit ME 605 wurde im November 2003 die Anwendung des letzten der zahlreichen

Nachfolgeprodukte in Deutschland - als letztem Land der EU - generell und somit auch für den Weinbau verboten.

Neben den direkten Auswirkungen auf Mensch und Umwelt durch den Einsatz solcher hochtoxischen Insektizide traten seit dem Ende des Zweiten Weltkrieges vermehrt Milben als wirtschaftlich relevante Schadorganismen im Weinbau auf. Durch die Anwendung von Breitbandinsektiziden wurden viele Nützlinge ungewollt vernichtet. Die Milbenproblematik und die dadurch entstandene Notwendigkeit der Ausbringung von Akariziden im Weinbau sind als direkte Folge des Einsatzes unspezifischer Insektizide zu werten.

### **2.1.3 Neuere Methoden**

Neuere, als Fraßgift wirkende Mittel wie beispielsweise Bt-Produkte zeichnen sich durch eine höhere Spezifität bezüglich der Zielorganismen aus. Bei Bt-Produkten handelt es sich um toxische Substanzen des *Bacillus thuringensis*, die über die Darmwand der Schadorganismen wirken und relativ spezifisch sind. Eine Applikation muss vor dem Schlupf der Zielorganismen erfolgen, da diese unmittelbar nach dem Schlüpfen in die Beeren eindringen und somit dem Einfluss von Fraßgiften oder Kontaktmitteln entzogen sind. Das „Zeitfenster“ der Wirksamkeit solcher Mittel ist also sehr kurz, die Bestimmung des optimalen Behandlungstermins demnach problematisch. Eigenschaften wie Abwaschbarkeit durch Regen und UV-Instabilität verkürzen die Wirkungsdauer zusätzlich.

Ähnlich verhält es sich mit Mitteln, die hormonell wirken, wie z.B. Wachstumsbremser und Wachstumsbeschleuniger. Diese Substanzen müssen vor Beginn der Eiablage ausgebracht werden um ausreichende Wirkungsgrade zu erzielen. Auch hierbei sind Nebenwirkungen auf andere Arthropoden (z.B. Bienen) zu befürchten. Prinzipiell muss bei modernen Insektiziden eine Anwendung zu einem Zeitpunkt erfolgen, an dem der eigentliche Schaden noch gar nicht abzusehen ist. Gemeinsam ist alten und modernen Insektiziden das Problem der Resistenzbildung bei den Zielorganismen.

Der gesteigerte Bedarf nach umweltverträglichen, nachhaltigen und wirtschaftlichen Bekämpfungsmöglichkeiten tierischer Schaderreger hat unter anderem die Forschung im Bereich der Pheromone stimuliert.

## 2.2 Pheromone

### 2.2.1 Begriffsklärung Pheromon

Pheromone gehören zu den Semiochemikalien (= Signalstoffe, Botenstoffe). Dieser Begriff beschreibt chemische Botenstoffe, mit denen tierische aber auch pflanzliche Individuen intra- oder interspezifisch kommunizieren. Semiochemikalien, welche der interspezifischen Kommunikation dienen, werden als Allelochemikalien bezeichnet. Pheromone dienen im Gegensatz dazu der intraspezifischen Kommunikation. Der Begriff Pheromon wurde 1959 in die Wissenschaft eingeführt (KARLSON & LUSCHER 1959). Zusammengesetzt ist der Terminus aus den griechischen Wörtern „pherein“ = tragen und „hormon“ = antreiben und wird wie folgt definiert:

Pheromone = Substanzen, die von einem Individuum nach außen abgegeben werden und bei einem anderen Individuum der gleichen Art spezifische Reaktionen auslösen.

Pheromone werden weiter in „Primer“ und „Releaser“ unterteilt (WILSON & BOSSERT 1963). „Primer“ sind meist entwicklungssteuernde, länger wirkende Pheromone wie sie beispielsweise bei staatenbildenden Hymenopteren bekannt sind. „Releaser“ haben eine kurze, verhaltensteuernde Wirkung. Eine Übersicht über die funktionale Unterteilung von Pheromonen bietet Tabelle 1.

**Tabelle 1** : Funktionale Unterteilung von Pheromonen

<b>Releaser:</b>	<b>Primer:</b>
Sexuallockstoffe	Königinnensubstanzen
Aggregationspheromone	Kastendeterminatoren
Dispersionspheromone	
Alarmpheromone	
Spurpheromone	
Markierungspheromone	
Aphrodisiakapheromone	
Kastenerkennungsstoffe	

Pheromone sind vielfach biogenetische Abkömmlinge von Fettsäuren (z.B. die langkettigen Ester-, Alkohol- oder Aldehydpheromone bei Lepidopteren), können

aber auch als Vorstufen mit der Nahrung aufgenommen werden (z.B. bei Borkenkäfern).

### 2.2.2 Pheromone bei Lepidopteren

Weibliche Schmetterlinge und Motten [Lepidoptera] verwenden zur Anlockung art eigener Männchen Sexuallockstoffe. Die erste Beschreibung einer Pheromonkomponente gelang BUTENANDT et al. (1959) beim Seidenspinner *Bombyx mori* mit dessen Hauptkomponente Bombykol, einem 2-fach ungesättigten Alkohol mit der Strukturformel (E,Z)-10,12-Hexadecadien-1-ol. 20 Jahre intensive Forschung mit einem Verbrauch von über 500 000 Weibchen waren hierfür benötigt worden. Bombykol stellt für *B. mori* die Hauptkomponente seines Pheromonbuketts dar. Mittlerweile konnten bei *B. mori* auch noch Bombykal und ein Stereoisomer vom Bombykol im Bukett dieser Art nachgewiesen werden (KASANG & SCHNEIDER 1978). Über 100 verschiedene Sexuallockstoffe, meist aliphatische geradkettige Alkohole, deren Azetate, Aldehyde, einige Ketone, Kohlenwasserstoffe und Epoxyverbindungen wurden inzwischen bei den verschiedensten Lepidopterenarten entdeckt (siehe z.B. WITZGALL et al. 2004). Da die Anzahl der „verwendbaren“ Pheromonmoleküle und der dazu passenden Rezeptormoleküle begrenzt ist, scheint es plausibel, dass Lepidopterenweibchen Substanzgemische mit definierter Zusammensetzung als Pheromone verwenden, um deren Artspezifität zu gewährleisten. Kreuzattraktionen mit anderen Arten desselben Lebensraumes können somit vermieden werden. Vorstellbar ist aber auch, dass Mutationen mit Auswirkungen auf die Zusammensetzung artspezifischer Pheromonbuketts einen Motor der Artbildung in der Ordnung Lepidoptera darstellt. So entdeckten FOSTER et al. (1987) bei Pheromonfallenversuchen eine neue Art in der Gattung *Planotortrix*, die sich von der bekannten Art *Planotortrix excessana* nur aufgrund der Pheromonbuketts unterscheiden lässt. Die beiden so definierten „Arten“ paaren sich in natura nicht miteinander.

### 2.2.3 Funktionsweise der Pheromone bei Lepidopteren

Die Pheromonbuketts bei weiblichen Lepidopteren bestehen meist aus einer Mischung aus Sexuallockstoffen und Balzdüften. Männchen verfügen zum Teil ebenfalls über Pheromone, diese dienen oft einer Erhöhung der Kopulationsbereitschaft des Weibchens. Allen Buketts weiblicher Lepidopteren scheint gemeinsam zu sein, dass eine Komponente mengenmäßig dominiert und der Fernanlockung art eigener Männchen dient (WITZGALL et al. 2004). Minderkomponenten wirken im Nahbereich und dienen zur Einleitung der eigentlichen Paarung. Vielfach herrscht aber über die Bedeutung einzelner Minderkomponenten noch Unklarheit.

Die Weibchen beginnen in den Abend- und Nachtstunden mit der Emission ihres Pheromonbuketts aus speziellen Drüsen am Abdomen. Die Männchen verfügen auf ihren Antennen über hochspezifische Rezeptoren. Diese versetzen sie in die Lage, schon geringste Pheromonkonzentrationen wahrzunehmen. So genügt beispielsweise bereits ein Molekül Bombykol, um bei Männchen der oben erwähnten Art *B. mori* eine spezifische Reaktion auszulösen. Die Männchen folgen der registrierten „Pheromonspur“. Sie fliegen gegen den Wind, solange ein Pheromon signal registriert wird. Fällt das Signal aus, so verharren sie in „Wartstellung“. Hieraus ergibt sich auch eine strikt gegen den Wind gerichtete Flugrichtung (Anemotaxis). In unmittelbarer Nähe zum Weibchen werden vielfach Minderkomponenten wirksam, dienen der Nahorientierung und leiten die eigentliche Paarung ein.



## **2.2.4 Pheromone im Pflanzenschutz**

Pheromone werden mittlerweile auf verschiedene Weise im Pflanzenschutz eingesetzt. Im Folgenden wird auf die einzelnen Möglichkeiten der Verwendung von Pheromonen zur Schädlingsbekämpfung eingegangen.

### **2.2.4.1 Prognoseverfahren (Monitoring)**

Wie in Kapitel 2.1.3 geschildert, spielt der Zeitpunkt einer Insektizidapplikation eine wesentliche Rolle für die Effizienz eines solchen Einsatzes. Mit Hilfe von Fallen, welche mit synthetisch hergestellten Pheromonködern der entsprechenden Art quasi „beladen“ sind, kann man den Flugverlauf zumindest der Männchen überwachen. Hierbei werden die in Weinbergen aufgehängten Fallen regelmäßig auf gefangene Männchen hin kontrolliert und deren Anzahl aufgezeichnet. Dies erlaubt Rückschlüsse auf den Verlauf der Populationsentwicklung (s. Abb. 1). Kombiniert mit klimatischen Faktoren kann man weiterhin den Zeitpunkt der Haupteiablage der Weibchen abschätzen und daraus Bekämpfungsmaßnahmen - unter Umständen auch die Notwendigkeit einer solchen - ableiten. Voraussetzung für ein solches Vorgehen ist eine relativ genaue Kenntnis über die Biologie und die Zusammensetzung des Pheromonbuketts der entsprechenden Art. Gerade die Beladung der Köder mit geeigneten Pheromonkomponenten und eine mangelnde Vergleichbarkeit von Chargen selbst innerhalb eines Herstellers haben sich in der Vergangenheit für spezielle Fragestellungen als Problem erwiesen (ARN et al. 1997). Hinzu kommt noch eine „unnatürliche“ Abgaberate der künstlichen Köder, die in ihrer Menge der eines Weibchens ebenfalls nicht entspricht. Ein weiteres Problem ergibt sich daraus, dass die Abgaberate von Lockdispensern nicht angegeben wird und zwischen verschiedenen Herstellern und Chargen um mehrere 100% schwanken kann (KOCH, pers. Mit.). Somit ist nicht immer klar, ob die Abgaberate der Lockdispenser in der Größenordnung der Pheromonabgabe eines Weibchens liegt. Trotz dieser ungelösten Probleme hat sich das Prognoseverfahren im Weinbau Deutschlands als fester Bestandteil konventioneller, integrierter und ökologischer Bewirtschaftungsweisen etabliert.

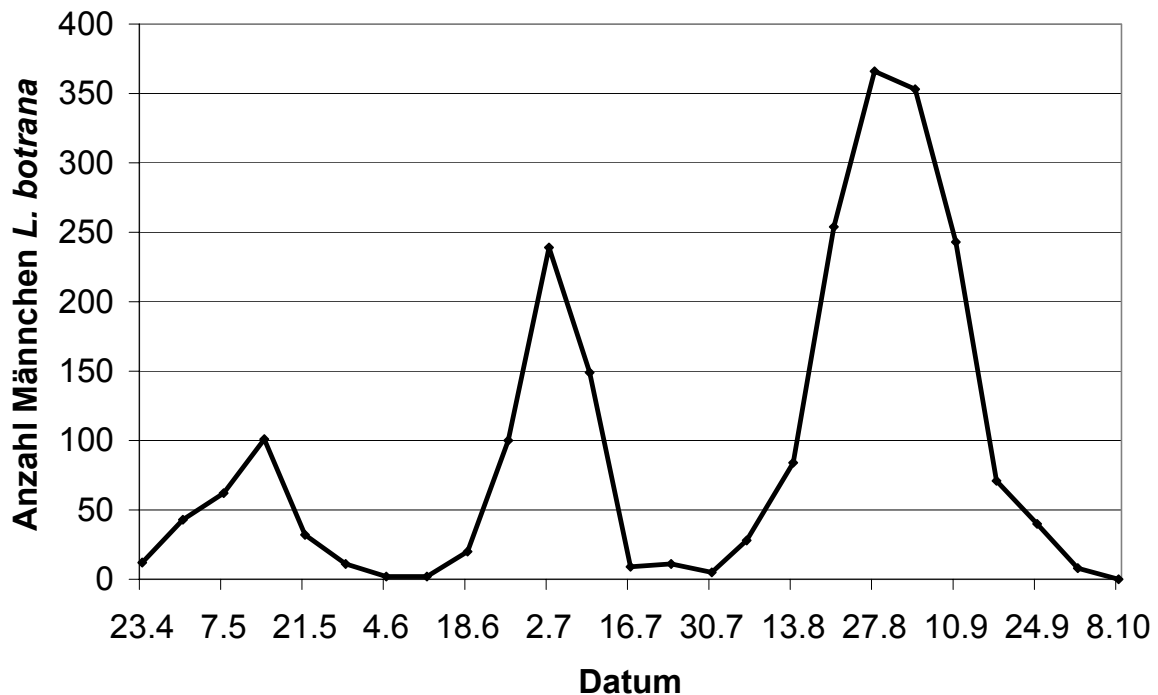


Abb. 1 : Flugverlaufkurve der Wildpopulation von *L. botrana* in Eichstetten am Kaiserstuhl in der Saison 2004. Die Monitoringfallen wurden wöchentlich kontrolliert und die Anzahl der auf dem Klebeboden der Fallen gezählten Männchen registriert.

#### 2.2.4.2 Massenfang (mass-trapping)

Die Erkenntnis, dass es mit Pheromonen möglich ist, gezielt Männchen einer Art anzulocken, führte zum Konzept des Massenfangs (engl.: mass-trapping). Fallen, mit Ködern der entsprechenden Pheromonkomponenten beladen, sollen in den jeweiligen Kulturen Männchen wegfangen und den Befall der jeweiligen Kultur unter der Schadschwelle halten. Dies kann durch einfaches Abtöten auf Klebeböden, mit Insektiziden oder Fangsystemen, bei denen die Männchen die Falle nicht mehr verlassen können, erfolgen. Neuere Methoden mit demselben Wirkprinzip werden auch als „attract and kill“-Methode bezeichnet. Der Wirkungsgrad dieser Methoden ist allerdings vielfach unbefriedigend. Eine mögliche Erklärung liegt darin, dass Männchen zu Mehrfachbegattungen in der Lage sind. So kann auch ein nur geringer Prozentsatz von Männchen, die durch dieses System nicht erfasst werden, so viele Weibchen begatten, dass es zu einer Überschreitung der jeweiligen Schadschwelle kommt.

### 2.2.4.3 Paarungsstörung (mating disruption)

Eine vielversprechendere und mittlerweile weltweit in verschiedenen Kulturen etablierte Methode ist die Paarungsstörung (engl.: mating disruption). Hierbei wird eine große Menge künstlich produziertes Pheromon in entsprechende Kulturflächen ausgebracht. Dies kann durch Sprühverfahren oder Ausbringen spezieller Pheromonquellen (Dispenser) erfolgen. Die so entstehende Pheromonwolke reduziert bzw. verhindert die Paarung der Schadinsekten, der Befall bleibt somit im Idealfall unter der Schadschwelle. Im deutschsprachigen Raum wird diese Methode als Verwirrungstechnik, Verwirrungsmethode oder auch als Konfusionsmethode bezeichnet. Wörtlich übersetzt bedeutet „mating disruption“ jedoch Paarungsstörung. Dieser Begriff enthält noch kein Konzept über den Wirkungsmechanismus der Pheromone in dieser Anwendung. Die deutschen Begriffe implizieren hier einen von vielen möglichen Wirkungsmechanismen, die derzeit in der Wissenschaft diskutiert werden. Im Folgenden wird somit der Begriff „Paarungsstörung“ verwendet. Um aber Ursachen für Fehlschläge bei der Anwendung dieser Methode zu untersuchen, sind neben Kenntnissen über den Zielorganismus, sein Verhalten und seiner Populationsdynamik auch das Verständnis über die Mechanismen dieser Technik nötig.

Über die Wirkungsweise der Paarungsstörung geben beispielsweise BARTELL (1982) und CARDÉ (1990) folgende Aufstellung:

- Sensitivitätsverluste der Rezeptoren auf den Antennen (sensory adaption) oder im zentralen Nervensystem der jeweiligen Männchen (sensory habituation).
- Konkurrenz von Weibchen und künstlichen Pheromonquellen (competition).
- Tarnung bzw. Überdeckung der weiblichen Duftfahne (camouflage, masking).
- Eine unnatürliche Zusammensetzung des Buketts der künstlichen Pheromonquellen hindert Männchen daran, Weibchen zu finden (sensory imbalance).
- Aufgrund einer permanent vorhandenen Pheromonatmosphäre verschiebt sich der Aktivitätsrhythmus der Männchen. Dies führt zu einem Ungleichgewicht der weiblichen Lock- und der männlichen Suchflugphase.

Der Wirkungsmechanismus kann von Art zu Art verschieden sein. Für die im Folgenden behandelte Art *Lobesia botrana* stellten SCHMITZ et al. (1995a) die

Konkurrenz von Weibchen und künstlichen Pheromonquellen als Hauptmechanismus fest. Weiter konnte eine Überdeckung der weiblichen Duftfahne ausgemacht werden. Der „active space“, der Raum also, in dem die weibliche Duftfahne von Männchen noch wahrgenommen werden konnte, nahm mit zunehmender Pheromonmenge der Dispenser ab. SCHMITZ et al. (1995a) vermuten hierbei einen logarithmischen Zusammenhang.

Denkbare Resistenzmechanismen bei Einsatz von Pheromonen sind bis dato nur rein theoretisch vorstellbar (LINN et al. 2003) und in natura bis jetzt noch nicht bekannt.

Für die Anwendung der Paarungsstörung hat sich das Prinzip, Pheromone mittels Dispensern in entsprechende Bestände auszubringen, mittlerweile durchgesetzt. Die für einen Dispenser wichtigsten Eigenschaften sind:

1. Abgaberate möglichst in ausreichender Höhe gleichmäßig über die Nutzungsdauer
2. Dauer der Abgabe gleich oder größer als die notwendige Dauer für die Schutzwirkung der entsprechenden Kultur (d.h. im Allgemeinen vom Aufhängezeitpunkt vor der ersten Flugperiode bis zum Ende der letzten Flugperiode)

Es existieren zwei Grundprinzipien der Dispenserkonstruktion: das Matrixprinzip und das Hohlkammerprinzip. Beim Matrixprinzip besteht der Dispenser aus einem homogenen saugfähigen Grundmaterial wie z. B. Zellstoff, Filz, Gummi oder Plastik, welches mit dem zu verdampfenden Pheromon durchtränkt wird. Aufgrund der Verdampfungs- und Diffusionsdynamik ist bei diesem Dispensertyp die Abgaberate über die Nutzungsdauer nicht konstant, sondern folgt einer fallenden Exponentialfunktion nach der Form:

$$A = A_0 e^{-\frac{t}{\lambda}} \quad (A = \text{Abgaberate}, A_0 = \text{Abgaberate am Anfang und } \lambda = \text{„Halbwertszeit“})$$

Bei Hohlkammerdispensern befindet sich der Pheromonvorrat in einer Kammer, die meist aus einem speziell geeigneten Kunststoff gebildet ist. Das Pheromon diffundiert hier in quasi konstanter Rate durch die Kunststoffwand. In erster Näherung haben Hohlkammerdispenser eine über die Nutzungsdauer konstante Abgaberate.

Bei genauerer Betrachtung zeigt sich, dass die Abgaberate von Klimaparametern wie Wind, Temperatur und Sonnenbestrahlung abhängt. Diese Abhängigkeiten lassen

sich bei den gängigen Typen nicht vermeiden und sind zum Teil sogar sinnvoll: so liefert z. B. die Steigerung der Abgaberate durch höhere Windgeschwindigkeiten einen Beitrag zum Ausgleich der durch den Wind ausgedünnten Pheromonkonzentration in den behandelten Flächen.

Eine Kompensation der Temperaturabhängigkeit wäre sehr wünschenswert, denn die Abgaberate ist bei niedrigen Nachttemperaturen besonders niedrig, was zu einer „Deckungslücke“ in kühlen Nachtstunden führen kann. Einzelne Arten (z. B. *Eupoecilia ambiguella* HÜBNER, s. Kap. 2.3.2.3) können dann noch aktiv sein.

Andererseits wäre eine Reduktion der hohen Abgaberate bei hohen Mittagstemperaturen wünschenswert, da man damit die gesamt eingesetzte Pheromonmenge erheblich reduzieren könnte.

Weitere Abweichungen von der gewünschten konstanten Abgaberate ergeben sich durch den Füllstand innerhalb eines Dispensers in Abhängigkeit von der Nutzungsdauer. Die anfängliche Füllmenge verringert sich im Verlauf der Benutzung des Dispensers. Dadurch wird die vom flüssigen Pheromon benetzte Fläche kleiner und somit auch die Abgaberate. Ein gewisser Ausgleich entsteht dadurch, dass auch die unbenetzte Kammeroberfläche Pheromon abgibt, welches allerdings erst von der Flüssigkeitsoberfläche verdampfen muss, um dann in die Wand einzudringen und von dort durch die Wand zu diffundieren.

Eine vorteilhafte Neuerung wurde hier von der Firma ShinEtsu Ltd. eingeführt. Die Innenseite der Dispenser ist stark aufgeraut. Durch die Kapillarkräfte wird das Pheromon auf der Innenwand überall verteilt, sodass eine über die Nutzungsdauer konstante Benetzung der Innenfläche des Dispensers erreicht wird. Somit wird die Abgaberate des Dispensers unabhängig vom Füllstand und damit über die gesamte Nutzungsdauer konstant gehalten.

Seit dem Beginn der kommerziellen Anwendung des Prinzips der Paarungsstörung vor gut 20 Jahren ist die aktuell weltweit mit dieser Technik behandelte Fläche auf ca. 600 000ha angewachsen (OGAWA et al. 2004). Schwerpunkte bilden hier die Kulturen Baumwolle, Obst- und Weinbau. In Europa wird die Paarungsstörung im Weinbau auf einer Fläche von ca. 90 000 ha angewandt, knapp die Hälfte davon befindet sich in Deutschland.

## 2.3 Traubenwickler

### 2.3.1 Allgemeines

Die beiden europäischen Traubenwicklerarten *Eupoecilia ambiguella* HÜBNER, Einbindiger Traubenwickler und *Lobesia botrana* DENIS & SCHIFFERMÜLLER, Bekreuzter Traubenwickler gelten als die wichtigsten tierischen Schadorganismen in Europas Weinbergen (ARN & LOUIS 1997). Die durch die Traubenwickler verursachten Schäden betreffen zum einen Ertragsverluste durch direktes Fressen der Larven an den Blüten (=Gescheinen) und Früchten (=Trauben) der Rebe, zum anderen aber auch, und dies ist der wirtschaftlich bedeutendere Schaden, durch Schaffung von Eintrittspforten für den Schimmelpilz *Botrytis cinerea*.

Beiden Arten ist gemein, dass ihr Verbreitungsgebiet weitaus größer ist als die Verbreitung des Weinbaus. RAZOWSKI (2001) bezeichnet die Verbreitung von *E. ambiguella* als transpaläarktisch, diejenige von *L. botrana* als paläarktisch mit Ausnahme des Südens und Japans. STELLWAAG (1928) nennt für *E. ambiguella* 32 Wirtsarten außer *Vitis spec.*, an denen in natura Larven gefunden werden konnten. Für *L. botrana* werden 24 Wirtspflanzen genannt. Hierbei wird *Daphne gnidium* (Seidelbast) vielfach als ursprüngliche Wirtspflanze diskutiert (z.B. STELLWAAG 1928, GABEL et al. 1992).

Die Diskrepanz zwischen dem Verbreitungsgebiet der beiden Arten und den Weinanbaugebieten lässt die Vermutung zu, dass es im Laufe der Jahre zu einem Sprung relativ polyphager Arten auf eine Kulturpflanze gekommen ist. So ist beispielsweise *L. botrana* als Schädling im Weinbau erstmals 1891 bei Bordeaux beschrieben worden und breitete sich von dort innerhalb von 10 Jahren in die gesamte Gironde aus (STELLWAAG 1928). In Deutschland ist *L. botrana* zwar schon lange bekannt, gewinnt aber als Weinbauschädling erst in den letzten Jahren zunehmend an Bedeutung. Internen Studien des Staatlichen Weinbauinstituts Freiburg (WBI) zufolge war *L. botrana* bis Mitte/Ende der Achtziger-Jahre des letzten Jahrhunderts nur im äußersten Norden und Süden Badens als Weinbauschädling aufgetreten (WEGNER-KIß pers. Mitt.). Fänge mit Pheromonköderfallen und Befallskontrollen seit dieser Zeit belegen eine kontinuierliche Zunahme der von *L. botrana* befallenen Gemarkungen. Heute (2004) stellt diese Art bis auf wenige Ausnahmen den wichtigsten tierischen Schädling im Weinbau Badens dar. Ob es sich bei dieser Verbreitung um ein Einwandern eines Ökotyps von *L. botrana* handelt

oder ob klimatische Faktoren hierfür verantwortlich sind, ist noch nicht geklärt. Bekannt ist allerdings, dass in Gemarkungen, in denen *L. botrana* als Schädling massiv auftritt, *E. ambiguella* verdrängt wird (LOUIS 1994). Auch hierbei ist noch unklar, ob dies auf direkte Konkurrenz oder aber auf unterschiedliche klimatische Ansprüche der beiden Arten zurückzuführen ist.

## **2.3.2 Biologie der Traubenwickler**

### **2.3.2.1 Allgemeines**

Die beiden Traubenwicklerarten durchlaufen in Deutschland in der Regel zwei Generationen. Die erste Larvengeneration wird im Weinbau als „Heuwurm“, die zweite und wirtschaftlich bedeutendste als „Sauerwurm“ bezeichnet. „Heuwurm“, weil die erste Larvengeneration oft mit dem Zeitpunkt der Heuernte zusammenfällt, „Sauerwurm“, weil als Folge der Schädigung der Trauben durch Raupenfraß *Botrytis cinerea* auftreten kann (s. Kap. 2.3.1). Dieser pilzliche Schaderreger wurde früher auch als „Sauerfäule“ bezeichnet. Die Generation des „Heuwurms“ tritt im Allgemeinen in der Zeit von Mitte April bis Ende Mai, die des „Sauerwurms“ von Juni bis Juli auf. In klimatisch günstigen Jahren tritt auch noch eine 3. Generation auf. Dies geschieht bei *L. botrana* häufiger als bei *E. ambiguella*. Diese 3. Generation wird als „Süßwurm“ bezeichnet, da zu diesem Zeitpunkt die Trauben schon fast reif und somit süß sind. Die wirtschaftliche Bedeutung des Süßwurms ist für Deutschland relativ gering. Die bekannte Klimaerwärmung der letzten Jahrzehnte hat allerdings zu einem vermehrten Auftreten einer dritten Generation geführt. Unklar ist, ob hieraus zukünftig ein wirtschaftliches Problem entstehen kann. Zumindest in wärmeren Weinanbaugebieten Europas ist eine Behandlung der Süßwurmgeneration nötig.

### **2.3.2.2 Biologie von *Lobesia botrana***

Nach INRA (2004) ist *L. botrana* dämmerungs- und nachtaktiv. Ein Flug findet im Temperaturbereich von 14°C bis 31°C statt und endet meist nach Mitternacht. 2-3 Tage nach der Paarung, welche in den Abend- und frühen Nachtstunden stattfindet, legen die Weibchen zwischen 40-60 Eier an Blüten (1. Generation) oder Fruchtstände (2. und 3. Generation) der Rebe. Es finden sporadisch auch Eiablagen auf Blättern und Trieben statt. Nach der Eiablage schlüpfen die Raupen der ersten Generation nach einer Zeit von ca. 6-12 Tagen, die der 2. und 3. Generation nach nur 6-8 Tagen. Die Entwicklungsgeschwindigkeit ist stark temperaturabhängig. Im

Raupenstadium finden 4 Häutungen statt. Die Tiere überwintern als Puppen am Rebstamm, seltener im Boden. Häufig werden Weibchen nur einmal begattet. TORRES-VILA et al. (1997) stellten aber Mehrfachbegattungen von Weibchen fest. Diese Beobachtung war abhängig von der Größe der empfangenen Spermatothecen und vom Alter der Weibchen. Mittlerweile wurden auch Hinweise auf eine genetische Prädisposition bezüglich Mehrfachbegattungen bei *L. botrana* festgestellt (TORRES-VILA et al. 2002). *L. botrana* gilt als die wärmeliebendere Art der beiden Traubenwicklerarten. Eigene Beobachtungen weisen auf eine eher an kontinentales Klima - trocken/kalt bis trocken/heiß - angepasste Art hin. Ebenfalls aus eigenen Beobachtungen ergeben sich Hinweise auf einen Saisonpolyphänismus. So scheinen Wildfänge der 2. Generation kleiner als die der 1. Generation zu sein. Dies kann mit der kürzeren Entwicklungszeit der späteren Generation zusammenhängen.



Foto 2 : Bild eines adulten Männchens von *L. botrana* (Bild Wegner-Kiß, WBI Freiburg)



### 2.3.2.3 Biologie von *Eupoecilia ambiguella*

Anders als bei *L. botrana* verläuft der Flug von *E. ambiguella* die ganze Nacht über (SCHRUFT & SCHMIEDER 1986). Mit Männchenfangversuchen konnte ein Maximum der Flugaktivität ein bis zwei Stunden nach Mitternacht (MESZ) festgestellt werden. Gegenüber *L. botrana* schreibt man *E. ambiguella* eine höhere Toleranz gegenüber kühlen Temperaturen und höherer Luftfeuchtigkeit zu. Raupen von *E. ambiguella* schlüpfen nach ca. 6-15 Tagen und durchlaufen 4 Häutungsstadien. *E. ambiguella* überwintert wie *L. botrana* meist als Puppe an Rebstämmen.



Foto 3 : Bild eines adulten Männchens von *E. ambiguella* (Bild Wegner-Kiß, WBI Freiburg)

## 2.3.3 Pheromonbukett der Traubenwickler

### 2.3.3.1 Allgemeines

Ausgelöst durch die in Kapitel 2.1.2 geschilderte Problematik der Arsenverwendung und der Suche nach Alternativen begann GÖTZ (1939a) im Auftrag des damaligen Reichsernährungsministeriums mit der Erforschung der vermuteten Sexuallockstoffe bei *E. ambiguella* und *L. botrana*. Schon damals wurde angenommen, dass bei der Partnerfindung von Insekten „besondere Duftstoffe“ eine große Rolle spielen. In einer Reihe von Versuchen konnte nachgewiesen werden, dass es sich zum einen um eine chemische Kommunikation mittels Duftstoffen handeln muss, zum anderen aber auch, dass diese hoch artspezifisch zu sein scheinen. Freilandversuche brachten zudem die Erkenntnis, dass die Lockwirkung der Duftstoffe über eine Entfernung von 25 m hinaus wirksam sein musste.

GÖTZ (1939b) versuchte aus den gewonnenen Erkenntnissen bereits Bekämpfungsstrategien abzuleiten. Fallen mit unbegatteten Weibchen der jeweiligen Art als Köder sollten, in Weinbergen aufgehängt, Männchen abfangen und somit eine Paarung mit frei lebenden Weibchen verhindern. Diese Methode kann man als Vorläufer des bereits in Kapitel 2.2.4 beschriebenen „mass-trapping“ bezeichnen. Der Wirkungsgrad war aber schon damals sehr gering. Fortschritte bei der Entwicklung neuer chemischer Insektizide scheinen die Ursache für die Einstellung weiterer Untersuchungen auf diesem Sektor gewesen zu sein. Erst die in den späteren Sechziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts auftretenden Probleme bezüglich Umweltverträglichkeit und Resistenzbildung beim Einsatz von Insektiziden führten zu weiteren Studien in dieser Richtung. Hinzu kommt, dass durch die Weiterentwicklung moderner Messmethoden die Strukturanalyse von Pheromonen erleichtert wurde.

### 2.3.3.2 Pheromone von *Eupoecilia ambiguella*

ARN et al. (1976) gelang erstmals der Nachweis von (Z)-9-Dodecenyyl Azetat (Z9-12AC) als Hauptkomponente von *E. ambiguella*. Europaweite Versuche mit diversen Komponenten belegten die Attraktivität weiterer Substanzen für Männchen von *E. ambiguella* (ARN et al. 1979a, b). Heute sind 8 Substanzen im Pheromonbukett dieser Art nachgewiesen worden (s. Tabelle 2).

**Tabelle 2** : Nachgewiesene Substanzen in Sexualdrüsen von Weibchen von *E. ambiguella* in ng pro Weibchen (nach ARN et al. 1986)

Substanz (Abkürzung)	Nachgewiesen in Sexualdrüsen von Weibchen, ng/Weibchen
(Z)-9-Dodecenyyl Azetat, (Z9-12AC)	100
(E)-9-Dodecenyyl Azetat, (E9-12AC)	0,1
(Z)-9-Undecenyyl Azetat, (Z9-11AC)	0,5
9,11-Dodecadienyyl Azetat, ( $\Delta$ 9,11-12Ac)	0,1
Dodecyl Azetat, (12AC)	0,8
Hexadecyl Azetat, (16AC)	0,2
Octadecyl Azetat, (18AC)	30
Eicosyl Azetat, (20AC)	>5

Elektro-Antennogramme (EAG) an Männchen von *E. ambiguella* zeigten für die Substanzen Z9-11AC, Z9-12AC, 12AC und 18AC eine Reaktion. Ob und wie die übrigen Substanzen für das Paarungsverhalten bzw. sonstige biologische Aktivitäten dieser Art eine Rolle spielen, ist derzeit noch ungeklärt.

### 2.3.3.3 Pheromone von *Lobesia botrana*

ROELOFS et al. (1973) wiesen erstmals (E,Z)-7,9-Dodecadienyl Azetat (E7Z9-12AC) als Hauptkomponente des Bekreuzten Traubenwicklers nach. Aufgrund der großen wirtschaftlichen Bedeutung dieses Schadorganismus für den gesamten europäischen Raum fanden und finden hier intensive Untersuchungen statt. ARN et al. (1988) konnten 15 Substanzen im Bukett von *L. botrana* nachweisen.

**Tabelle 3** : Nachgewiesene Substanzen in Sexualdrüsen von Weibchen von *L. botrana* in ng pro Weibchen (nach ARN et al. 1988)

Substanz (Abkürzung)	Nachgewiesen in Sexualdrüsen von Weibchen, ng/Weibchen
(E,Z)-7,9-Dodecadienyl Azetat (E7Z9-12AC)	1
(E,E)-7,9-Dodecadienyl Azetat (E7E9-12AC)	0,01
(Z,E)-7,9-Dodecadienyl Azetat (Z7E9-12AC)	0,01
(Z,Z)-7,9-Dodecadienyl Azetat (Z7Z9-12AC)	0,02
(E,Z)-7,9-Dodecadien-1-ol (E7Z9-12OH)	0,25
(Z)-9-Dodecenyl Azetat, (Z9-12AC)	0,08
(E)-9-Dodecenyl Azetat, (E9-12AC)	0,005
11-Dodecenyl Azetat (11-12AC)	0,1
Decyl Azetat (10AC)	0,03
Dodecyl Azetat (12AC)	0,03
Tetradecyl Azetat (14AC)	0,005
Octadecyl Azetat 18AC)	0,01
Octadecan-1-ol (18OH)	0,2
Eicosyl Azetat (20AC)	0,1
Eicosan-1-ol (20OH)	0,15

In EAG-Ableitungen zeigten die Substanzen E7Z9-12AC, E7Z9-12OH und Z9-12AC eine Reaktion bei Männchen von *L. botrana*. Auch hier ist die Rolle der übrigen Substanzen noch ungeklärt.

Erwähnenswert scheint die Tatsache, dass die Substanzen Z9-12AC, E9-12AC, 12AC, 18AC und 20AC im Bukett beider Arten nachzuweisen sind. Dies bedeutet, dass bei *E. ambiguella* von 8 bekannten Substanzen 5 auch im Bukett von *L. botrana*

vorkommen. 3 von diesen lösen bei Männchen von *E. ambiguella* eine biologische Aktivität aus. Dies mag reiner Zufall sein, kann aber vielleicht eine mögliche Ursache dafür sein, dass in Gebieten, in denen *L. botrana* massiv auftritt, *E. ambiguella* nicht mehr oder nur noch sporadisch als Schädling in Erscheinung tritt (s. Kap. 2.3.1).

## **2.4 Fragestellung/Ziele**

### **2.4.1 Offene Fragen**

Bei der Anwendung der Paarungsstörung bestehen nach wie vor ungelöste Probleme (OGAWA 1997). So kommt es immer wieder zu Überschreitungen der jeweiligen Schadschwelle, ohne dass die Gründe hierfür eindeutig zuzuordnen wären. Da es keine geeigneten Methoden gibt, mit denen die Ursachen für das gelegentliche Scheitern des Verfahrens ermittelt werden können, muss man sich somit mit theoretischen Erklärungsmodellen behelfen. Als mögliche Gründe kommen die Populationsdichte, Witterungseffekte, Pheromonbukett und die Dispenserleistung in Betracht.

#### **2.4.1.1 Populationsdichte**

Es ist vorstellbar, dass in manchen Jahren so hohe Populationsdichten der Schadorganismen vorherrschen, dass es trotz Anwendung der Paarungsstörung zu häufigen Zufallsbegegnungen von Männchen und Weibchen der jeweiligen Arten kommt. Ist die Anzahl dieser „Zufallstreffer“ hoch genug, kann die Schadschwelle überschritten werden.

Die Tatsache, dass die künstliche Pheromonwolke, die von den Dispensern abgegeben wird, für die jeweiligen Männchen bei *L. botrana* hochattraktiv ist, kann zu einem Zuflug weiterer Männchen von außerhalb führen. Dies kann die Männchendichte zumindest in den Randbereichen der behandelten Flächen erheblich erhöhen.

#### **2.4.1.2 Witterungseffekte**

Dispenser und die von ihnen abgegebene Pheromonwolke sind Witterungseffekten ausgesetzt.

Die Temperaturabhängigkeit der Abgaberate von Dispensern führt dazu, dass in den kühleren Nachtstunden weniger Pheromon abgegeben wird als tagsüber. Die Zielorganismen bei der Paarungsstörung sind nacht- und/oder dämmerungsaktiv.

Somit könnte eine Situation entstehen, in der die von den Dispensern emittierte Pheromonmenge nicht mehr ausreicht, entsprechende Männchen an der Wahrnehmung einer weibchenbürtigen Duftfahne zu hindern.

An sehr windigen Tagen kann die künstliche Pheromonwolke ausgedünnt werden. Obwohl stark windige Bedingungen die Abgaberate von Dispensern erhöhen (s. Kap. 2.2.4.3), können womöglich durch die Ausdünnung der Pheromonwolke im Bestand Teilbereiche mit herabgesetzter Pheromonkonzentration entstehen. Dies könnte dazu führen, dass in diesen Bereichen Männchen ebenfalls in der Lage sind, lockende Weibchen wahrzunehmen.

### **2.4.1.3 Pheromonbukett**

Das Pheromonbukett von Arten, bei denen die Paarungsstörung angewandt wird, umfasst in allen Fällen eine weitaus größere Zahl an Substanzen, als von den jeweiligen Dispensern emittiert wird. Bei der Herstellung von Dispensern für die Paarungsstörung der beiden europäischen Traubenwicklerarten *E. ambiguella* und *L. botrana* kommen lediglich die jeweiligen Hauptkomponenten dieser Arten zum Einsatz. Produktionstechnisch bedingt sind diese zudem mit einem solchen Verhältnis der jeweiligen Isomere quasi „verunreinigt“, welches dem natürlichen Pheromonbukett der jeweiligen Art nicht entspricht. Eine Produktion von Dispensern, die in ihrer Abgabe dem bekannten natürlichen Pheromonbukett der Arten entsprechen, wäre nach heutigem Stand der Technik vollkommen unwirtschaftlich. Durch die Abgabe der Hauptkomponenten durch die Dispenser können Männchen im Fernbereich erfolgreich an der Wahrnehmung der weibchenbürtigen Pheromonfahne gehindert werden. Bei einer entsprechenden, zufälligen Annäherung an ein Weibchen könnten Männchen durch die Wahrnehmung von Minderkomponenten, die von der künstlichen Pheromonwolke nicht abgedeckt werden, in der Lage sein, die Weibchen wahrzunehmen. Ein weiterer Punkt ist, dass auch die Hauptkomponente der weibchenbürtigen Pheromonfahne in unmittelbarer Nähe eines Weibchens in einer so hohen Konzentration vorliegt, wie sie durch eine künstliche Pheromonwolke nie erreicht werden könnte. Beide Effekte können bei einer entsprechender Dichte lockender Weibchen ebenfalls zu einer hohen Anzahl von Begattungen führen.

#### **2.4.1.4 Dispenserleistung**

Eine weitere, für eine effiziente Paarungsstörung besonders wichtige offene Frage ist die der benötigten Dispenserleistung. Wie hoch die Mindestabgaberate eines Einzeldispensers denn genau sein muss, um Überschreitungen von Schadschwellen nur auf extrem hohe Populationsdichten und somit auf eine entsprechend hohe Anzahl von Zufallsbegegnungen der Zielorganismen zurückführen zu können, ist noch völlig ungeklärt. Die Ermittlung einer Mindestabgaberate von Dispensern zur Aufrechterhaltung einer bestmöglichen Paarungsstörung wäre für eine weitere Optimierung des Verfahrens äußerst hilfreich. Mit den bisherigen Methoden (s.u.) kann man sich dieser Frage, wenn überhaupt, nur sehr vage nähern.

### **2.4.2 Bisherige Methoden zur Prüfung der Wirksamkeit von Pheromonanwendungen**

#### **2.4.2.1 Befallsvergleiche**

Hierbei werden Bereiche eines Weinbergs mit Pheromon behandelt, andere verbleiben als Kontrolle unbehandelt. Nach Flugende der jeweiligen Generation des jeweiligen Schadorganismus erfolgt eine Erhebung des eingetretenen Schadens (Befallsbonitur) (z.B. WINKELMANN-VOGT 1986, FELDHEGE et al. 1995, TRIMBLE et al. 2003).

Ein Problem bei dieser Vorgehensweise erwächst aus der fehlenden Vergleichbarkeit der Ausgangssituation. Standortfaktoren wie Ausgangspopulation der jeweiligen Schädlinge und deren Antagonisten, Mikroklima, Rand- und Begleitvegetation können unterschiedlich sein. Bei Befallskontrollen können die Ergebnisse durch die Tatsache, dass diese bei Traubenwicklern in Rebflächen oft geklumpt auftreten, zu Fehlinterpretationen führen. Ein weiterer Nachteil ergibt sich aus dem Umstand, dass bei der oben geschilderten Vorgehensweise pro Jahr im Prinzip nur zwei Versuche, also einer pro Generation Traubenwickler, durchgeführt werden können. In Jahren mit einem sehr schwachen Befallsdruck der Zielorganismen sind mit dieser Methode überhaupt keine Ergebnisse zu erzielen. Trotz dieser Nachteile ist aufgrund bisher fehlender alternativer Methoden das Prinzip des Befallsvergleiches in Europa als Zulassungsverfahren für Pheromonprodukte vorgeschrieben.

### **2.4.2.2 Fallenfänge**

Parallel zu oben geschilderten Befallsvergleichen aber auch unabhängig davon, werden zur Ermittlung der Effizienz der Paarungsstörung Fallenfänge im Freiland durchgeführt. Dies geschieht mit Fallen, die künstliche Pheromonquellen oder Weibchen als Köder verwenden. Werden beispielsweise in einer pheromonbehandelten Variante weniger Männchen mit der jeweiligen Falle gefangen als in einer unbehandelten Variante, wird hieraus ein Behandlungserfolg abgeleitet.

Generell ist die Aussagekraft von Versuchen kritisch zu sehen, bei denen Fänge mittels künstlicher Pheromonköderfallen zum Vergleich des Befalls zwischen pheromonbehandelten, pheromonfreien und insektizidbehandelten Varianten verwendet werden (z.B. SCHMIEDER-WENZEL 1990, LOUIS & SCHIRRA 2001, TRIMBLE et al. 2003). In einer Fläche ohne Pheromonbehandlung müssten bei einem idealerweise gleichen Ausgangsbefall zwangsläufig höhere Fangzahlen als in einer pheromonbehandelten Fläche auftreten. Der Einzugsbereich einer Pheromonfalle sollte in einer pheromonfreien Fläche deren komplette Leeseite abdecken. Dieser Bereich kann sich über mehrere 100 Meter erstrecken. In einer pheromonbehandelten Fläche hingegen treten auf der Leeseite der Falle nach wenigen Metern - abhängig von der Dispenserdichte - mehrere künstliche Pheromonquellen (Dispenser) zu dieser in Konkurrenz. Hieraus folgen zwangsläufig geringere Fangzahlen bei gleicher Befallsausgangssituation und Falterdichte. So wurden bei SCHMIEDER-WENZEL (1990) und TRIMBLE et al. (2003) in der Tat hochsignifikante Unterschiede in den Rückfängen zwischen pheromonbehandelten und pheromonfreien Flächen festgestellt. Parallel durchgeführte Traubenbefallskontrollen in diesen Flächen zeigten hingegen keine Unterschiede.

### **2.4.2.3 Freilassungsexperimente**

Bei dieser Art Versuchsprinzip werden gezüchtete - meist markierte - männliche Falter in unterschiedlich behandelten Flächen freigelassen. Variiert werden die Distanz zu Fallen - mit Weibchen oder künstlichen Pheromonködern bestückt - und die Art der Pheromonbehandlung. Aus Unterschieden in der Rückfangrate wird der Wirkungsgrad der Behandlung abgeleitet (z.B. SCHMITZ et al. 1995b).

Ein Nachteil dieser Art des Vorgehens kann aus der unbeabsichtigten Verdriftung der freigelassenen Männchen entstehen. Dies kann durch Wind geschehen, möglich ist



aber auch, dass sich Männchen vom Ort der Freilassung und somit vom Einzugsbereich der Fallen entfernen bevor die Weibchen in den Fallen aktiv sind, wodurch die Rückfangergebnisse verzerrt würden. Zudem sind durch diesen systembedingten „Schwund“ sehr große Männchenzahlen nötig. Meist erfolgt auch ein Markieren der männlichen Falter, um Messfehler durch den Fang von Männchen aus Wildpopulationen zu vermeiden. Dies setzt eine kurze Betäubung der Falter voraus. Hierdurch können die Falter verletzt oder anderweitig manipuliert werden wodurch die Ergebnisse verfälscht werden können.

#### **2.4.2.4 Windkanalversuche**

Windkanalversuche in Labors ergaben und ergeben für die Grundlagenforschung einen erheblichen Erkenntnisgewinn (SANDERS 2002). Ein Nachteil bei dieser Art der Untersuchung resultiert aus der vielfach fehlenden Übertragbarkeit der gewonnenen Erkenntnisse auf tatsächliche Gegebenheiten im Freiland. Einflussgrößen wie Witterung, Pheromonverteilung im Freiland und natürliches Umfeld der Versuchstiere lassen sich hierbei nur sehr schwer oder überhaupt nicht simulieren. So konnten beispielsweise Gewöhnungs- bzw. Überreizungseffekte (sensory adaption, sensory habituation) in Windkanalversuchen für *L. botrana*, aber auch für andere Arten nachgewiesen werden (CARLES et al. 1979, DALY & FIGUEREDO 2000). Die Begattungswahrscheinlichkeit sank hierbei signifikant, nachdem Männchen zuvor sehr hohen Dosen Pheromon ausgesetzt wurden. SCHMITZ et al. (1997b) hingegen schließen aus Freilandversuchen, dass dieser Mechanismus im natürlichen Umfeld der Tiere eine nur untergeordnete Rolle spielt. Im Sinne einer relativ hohen Übertragbarkeit auf die tatsächliche Situation im natürlichen Habitat der zu untersuchenden Arten scheinen Windkanalversuche nicht ausreichend geeignet zu sein.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die dargestellten vorhandenen Methoden zur Prüfung der Wirksamkeit von Pheromonanwendungen nur wenig geeignet sind, um die noch offenen Fragen effizient und präzise beantworten zu können. Ziel dieser Arbeit ist somit die Entwicklung einer Methode, welche die beschriebenen Nachteile umgeht. Sie sollte mit relativ geringem Aufwand unabhängig vom Flug der Wildpopulationen Versuchsergebnisse liefern, die zuverlässige Antworten auf Fragestellungen bezüglich der Pheromonwirkungen auf die Zielorganismen - im vorliegenden Falle *E. ambiguella* und *L. botrana* - im Freiland liefern.

## **3 Material und Methoden**

### **3.1 Versuchsprinzip**

Das hier dargestellte neu entwickelte Verfahren nutzt große Käfige im Freiland, in denen kontrollierte Anzahlen von Männchen freigelassen werden können. Im Zentrum des Käfigs befindet sich eine Falle, die mit Weibchen als Köder bestückt wird. In einem Weinberg ohne Pheromonbehandlung erwartet man dabei eine hohe Anzahl von Männchen, die in diesen Fallen zurückgefangen werden. In einem Weinberg mit ausreichender Pheromonbehandlung erwartet man dagegen keine Rückfänge. So kann die Reduktion der Rückfänge in den Fallen den Grad der Wirksamkeit einer Pheromonbehandlung wiedergeben.

### **3.2 Versuchstiere**

Die bei den Versuchen verwendeten Falter des Einbindigen Traubenwicklers *E. ambiguella* sowie des Bekreuzten Traubenwicklers *L. botrana* wurden der Zucht des Staatlichen Weinbauinstituts Freiburg (WBI) entnommen. Die Zucht des WBI basiert auf der von MANI et al. (1978) ursprünglich für den Apfelwickler (*Cydia pomonella*) entwickelten Methode und verwendet auch deren speziell entwickelte Diät. Die Stämme der jeweiligen Art werden regelmäßig mit gefangenen Imagines und abgesammelten Puppen aus dem Freiland der weiteren Umgebung Freiburgs genetisch „aufgefrischt“. Die Tiere werden in einem Licht/Dunkel - Verhältnis von 16h:8h bei einer entsprechenden Temperatur von 24°C:20°C in Klimaschränken gehalten.

Für die Freilandversuche wurden frisch in Wellpappstreifen verpuppte Tiere den Klimaschränken entnommen, nach Geschlechtern sortiert und bis zum Schlupf im Labor gehalten. Die jeweiligen Weibchen wurden hierzu in Schnappdeckelgläsern vereinzelt (Höhe 4cm, Durchmesser 1,8cm), die mit einem Wattepfropfen verschlossen waren, um eine Begattung mit Sicherheit ausschließen zu können. Die Männchen wurden in Glaspetrischalen, die mit Papiervlies ausgelegt waren, sortiert. Die für ein Einzelexperiment benötigte Anzahl von Männchen wurde jeweils in einer Glaspetrischale zusammengefasst. Die Schlupfquote der Puppen lag bei annähernd 100%. Die Zeitdauer vom Sortieren bis zum Schlupf betrug 6-7 Tage.

Die Betreuung der Zucht sowie das Sortieren der Versuchstiere nach Geschlechtern erfolgten für die Dauer der Versuche durch den Verfasser der vorliegenden Arbeit.

### **3.3 Dispenser**

#### **3.3.1 Dispenser für Schwellenwertversuche**

Für die Versuche zur Messung von Schwellenwerten (s. Kap. 4.2.4.5) wurden spezielle Dispenser benötigt, die gegenüber den kommerziellen Typen definiert verringerte Abgaberraten aufwiesen. Zu diesem Zweck wurden Dispenser aus Polyäthylen, Typ 2420 H ohne Pheromonfüllung, verwendet, die freundlicherweise von der BASF AG zur Verfügung gestellt wurden.

Die leeren Dispenser wurden an der Universität Kaiserslautern mit speziellen Substanzmischungen befüllt und durch Zuschmelzen der Einfüllöffnung verschlossen.

Zur kontrollierten Reduktion der Abgaberrate wurde nach umfangreichen Vorversuchen (KOCH, pers. Mitt.) ein inertes Material (Vitamin-E-Acetat) verwendet, welches nicht durch die Dispenserwand diffundieren kann. Aufgrund der Verdünnung des Pheromons im Dispenser wird dabei die Eindringwahrscheinlichkeit für die Pheromonmoleküle in die Kunststoffwand verringert und somit die Diffusion und letztlich die Abgaberrate kontrolliert herabgesetzt. Je mehr das Pheromon verdünnt wird, umso mehr verringert sich die Abgaberrate.

Die so hergestellten Dispenserchargen wurden unter konstanten Versuchsbedingungen in der Windkanal-Anlage der AG Pheromone der Universität Kaiserslautern auf ihre Abgaberrate überprüft (KOCH et al. 2002). Jeweils 106 Dispenser eines Typs wurden für die Käfigversuche hergestellt. Nach der Anwendung im Freiland erfolgte eine weitere Messung der Abgaberrate im Windkanal in Kaiserslautern.

#### **3.3.2 Dispenser Isomerenversuch**

Für die Versuche mit dem Isomer der Pheromonhauptkomponente von *E. ambiguella* (s. Kap. 4.2.3) wurden die Dispenser mit Mischungen aus unterschiedlichen Anteilen der Isomere Z9-12AC und E9-12AC gefüllt. Neben der Messung der Gesamt-Abgaberrate durch Wägungen im Windkanal wurde bei diesen Dispensern auch die Abgaberrate für jedes Isomer einzeln bestimmt. Dazu wurde jeweils ein Dispenser in eine spezielle Kammer gesetzt. Der Boden der Kammer wurde durch eine Kartusche gebildet, die mit einer Adsorber-Substanz befüllt war. Am unteren Ende war eine Saugpumpe angeschlossen. Auf diese Weise wurde die den Dispenser umhüllende Luft ständig abgesaugt und durch die Kartuschen gezogen. Nach einer Exposition

von ca. 2 Stunden wurde die Kartusche mit einem Lösungsmittel eluiert und die vom Dispenser abgegebenen Substanzen quantitativ bestimmt (KOCH et al. 2002).

### 3.3.3 Konventionelle Dispenser

Die in den Versuchen verwendeten Dispenser aus kommerziellen Chargen (RAK 1+2 und RAK 2 der BASF AG, Isonet L+E von ShinEtsu Ltd. s. Foto 4 und 5) wurden in den meisten Fällen jeweils vor und nach einem Versuch ebenfalls im Windkanal der Universität Kaiserslautern auf ihre Abgaberate hin überprüft. Dies geschah sowohl mit neuwertigen Dispensern wie auch mit Dispensern aus laufenden Anwendungen. Die Dispensertypen RAK 1+2 der BASF AG und Isonet L+E von ShinEtsu Ltd. sind Kombinationsprodukte. Dies bedeutet, dass beide Dispensertypen mit künstlich produzierten Pheromonen der beiden Traubenwicklerarten *E. ambiguella* und *L. botrana* befüllt sind und diese emittieren. Der Dispensertyp RAK 2 der BASF AG ist nur mit künstlich produziertem Pheromon von *L. botrana* befüllt.



Foto 4 : Kombinationsdispenser des Typs Isonet L+E von ShinEtsu Ltd (Bild Wegner-Kiß, WBI Freiburg).



Foto 5 : Kombinationsdispenser des Typs RAK 1+2 der BASF AG (Bild Wegner-Kiß, WBI Freiburg).

### **3.4 Versuchskäfig**

#### **3.4.1 Konstruktion und Ausstattung**

Beim Entwurf des Käfigs sollte eine relativ große Naturnähe und relativ kontrollierte Bedingungen erreicht werden. Die Käfige sollten insbesondere den Versuchstieren ausreichend Platz für den Suchflug und ihrem natürlichen Umfeld entsprechende Requisiten bieten. Hierzu wurden Käfige mit den Maßen 2,3x2,3x1,6 m (Höhe x Länge x Breite) konstruiert. Dies entspricht einem Volumen von knapp 8,5 m<sup>3</sup>.

Pro Käfig wurden 4 Holzrahmen der Maße 2,3x0,8 m bei einer Holzstärke von 48x24 mm gebaut. Diese wurden an den Ecken mit Flachwinkeln verstärkt. Pro Käfig wurde jeweils ein Rahmen mit einer Klapptür, Maße 1,2x0,8 m versehen, diese wurde ebenfalls mit Flachwinkeln an den Ecken verstärkt und auf der Frontseite eines der größeren Rahmen mit Klappscharnieren angebracht. Fliegengitterdraht aus Aluminium der Maschengröße 1,2 mm wurde in passende Bahnen geschnitten und auf den Rahmen befestigt. Die so vorgefertigten Rahmen wurden dann im Weinberg an den Ecken mit 2,30 m langen Aluminiumwinkelprofilen der Stärke 35x35x3 mm miteinander verschraubt. Hiermit wurden quasi 2 halbe Käfige vorgefertigt; diese wurden an ihren jeweiligen Standort im Weinberg getragen. Die Halbkäfige wurden von der Seite über 2 Rebpflanzen geschoben, sodass sich die Käfighälften am Draht der Rebzeile miteinander verschrauben ließen. Über die Querseite des Käfigs wurden sodann Bahnen aus Aluminium-Fliegengitter gezogen, mit einem Tacker an den Holzrahmen befestigt und in der Mitte mit einem Draht (Stärke 1 mm) vernäht. In ca. 3 m Entfernung zu den jeweiligen Ecken des Käfigs wurden Schraubanker im Boden versenkt; an den 4 oben liegenden Ecken des Käfigs Ösen aus Metall eingeschraubt. Anker und Ösen wurden mit Draht (Stärke 1,3 mm) abgespannt.

Das verwendete Fliegengitter aus Aluminium der Maschenstärke 1,2 mm ist für Traubenwickler unpassierbar. Auf die Verwendung von der im Vergleich billigeren Plastikgaze wurde verzichtet, da diese in der Lage ist, Pheromon bis zu 10% ihres Gesamtvolumens zu adsorbieren (KOCH, pers. Mitt.). Dies hätte zu einer Beeinflussung der Pheromondichte führen können, wodurch die Wirkung der Pheromonbehandlung auf die Versuchstiere verändert würde. Die Winddurchlässigkeit des Fliegengitterdrahtes wurde mit einer brennenden Zigarette überprüft. Der Rauch der Zigarette passierte den Draht ohne erkennbare Verwirbelungen. Die durch den Fliegengitterdraht möglichen Auswirkungen auf das

Klima und die Lichtverhältnisse innerhalb der Käfige wurden für vernachlässigbar erachtet.

Die Konstruktion sowie der Bau der Käfige erfolgten durch den Verfasser der vorliegenden Arbeit. Bei der Errichtung der Käfige im Weinberg waren Mitarbeiter des Staatlichen Weinbauinstituts Freiburg behilflich.

Zeit- und Materialaufwand für die Errichtung der Käfige stehen mit den Möglichkeiten des Erkenntnisgewinns in einem sehr günstigen Verhältnis. 3 der 4 im Frühjahr 2002 errichteten Käfige befinden sich aktuell noch immer im Einsatz und werden für diverse Fragestellungen vom Staatlichen Weinbauinstitut Freiburg weiter genutzt. Die Rebfläche, auf dem der 4. Käfig stand, wurde mittlerweile gerodet, sodass dieser entfernt werden musste.

Die jeweils 2 Rebstöcke und die Böden, die von den Käfigen umgeben waren, wurden hinsichtlich einer Laub- und Bodenbearbeitung den übrigen Rebstöcken der jeweiligen Anlage angepasst. Bei der Bewirtschaftung der Rebflächen in der unmittelbaren Umgebung der Käfige wurde während der Versuche auf Insektizidapplikationen verzichtet. Der Einsatz von Fungiziden wurde zwischen dem Verfasser der vorliegenden Arbeit und dem Bewirtschafter abgesprochen. Mögliche Auswirkungen auf die Versuchstiere durch den Einsatz von Pestiziden sollten somit soweit wie möglich ausgeschlossen werden.





Foto 6 : Käfig am Standort MT (23.4.2003). Man erkennt die Falle (Mitte), die Klapptüre (vorne links) und die Abspanndrähte (Bild Wegner-Kiß, WBI Freiburg).

### 3.4.2 Fallen

WINKELMANN-VOGT (1986) und auch SCHMIEDER-WENZEL (1986) verwendeten bei ihren Versuchen zur Wirkung von Pheromon das Prinzip des Spermatophorennachweises. Hierbei wurden Männchen und Weibchen einer entsprechenden Art in Käfigen Pheromon ausgesetzt und im Anschluss eingesammelt. Die Ovarien der Weibchen wurden dann im Labor herauspräpariert und auf übertragene Spermatophoren und somit auf eine erfolgte Begattung hin überprüft. Diese Methode ist relativ aufwendig, das Suchen von Weibchen kann sich bei entsprechender Größe der Käfige sehr schwierig gestalten, die Präparation selbst ist sehr zeitintensiv.

Zum Nachweis der Wirkung diverser Pheromonvarianten auf den Erfolg der Paarungsstörung gegenüber den beiden Traubenwicklerarten wurde deshalb ein Fallenprinzip verwendet. Die verwendeten Fallen entsprachen in ihrer Form konventionellen Pheromonköderfallen (Deltatrap). Die Höhe der Fallen war 9 cm, die



Länge der Oberkante 22,5 cm, die der Unterkante 16 cm. Der Fallenboden hatte eine Länge von 16 cm und eine Breite von 9 cm und somit eine Fläche von 144 cm<sup>2</sup>. Die Weibchen befanden sich in der Falle über der Mitte des Fallenbodens in einem runden Sieb aus rostfreiem Stahl mit einem Durchmesser von 3,5 cm (konventionelles Teesieb mit Klappmechanismus). Die Fallen wurden immer mit 2 Weibchen der entsprechenden Art bestückt. Die Wahrscheinlichkeit eines komplett ausfallenden Köders und hieraus resultierende Artefakte bei den Versuchsergebnissen wurden dadurch minimiert.

Für einen Versuch wurden zwei frisch geschlüpfte, unbegattete Weibchen im Labor in ein Sieb gesetzt und in die Fallenmitte gehängt. Auf den Boden kam eine mit Insektenleim beschmierte, in ihrer Größe dem Fallenboden entsprechende dünne Kartonage. Die Falle wurde dann in die Mitte eines Käfigs auf einer Höhe von ca. 1,5 m aufgehängt. Waren nun die im Käfig freigelassenen Männchen in der Lage, die Dufffahne der lockenden Weibchen wahrzunehmen, flogen sie in die Falle hinein und blieben auf dessen mit Leim beschmierten Boden kleben. Die Anzahl der am Boden klebenden Männchen und die sich darin ausdrückende Auswirkung verschiedener Pheromonvarianten auf die Paarungsstörung konnte somit sehr leicht kontrolliert und ausgewertet werden. Je weniger Männchen pro Falle und Variante zurückgefangen werden, umso besser funktioniert die Paarungsstörung.



Foto 7 : Blick in das Innere einer Falle. In der Mitte erkennt man den Drahtkäfig (Teesieb) mit eingeschlossenen Weibchen (Bild Wegner-Kiß, WBI Freiburg)

### 3.4.3 Klimastation

Die für einzelne Versuche herangezogenen Klimadaten wurden von der Klimastation des Staatlichen Weinbauinstituts Freiburg erhoben. Es handelt sich um ein Modell der Firma Lufft, Lufft Opus 200. Die Station befindet sich in einem Weinberg in unmittelbarer Nähe des Instituts. Die Versuchsflächen sind von der Klimastation nur ca. 300 m bis 1000 m entfernt, sodass die dort erhobenen Daten für die untersuchten Fragestellungen von ausreichender Aussagekraft sind. Es handelt sich einerseits um Einflüsse der Großwetterlage (z.B. Minimum- und Maximumtemperaturen), andererseits um mikroklimatische Einflüsse (z.B. Windrichtung), die aufgrund der gleichen Exposition am selben Hang vergleichbar sind.

### 3.4.4 Versuchsdurchführung

#### 3.4.4.1 Versuchsflächen

Die Käfige befanden sich alle auf Rebflächen des Staatlichen Weinbauinstituts Freiburg. Die Wildpopulation von Traubenwicklern an diesen Standorten war in den Versuchsjahren niedrig. Die Versuche zur Verdriftung des Pheromons (s. Kap. 4.2.4.1) wurden auf institutseigenen Flächen des Staatsweinguts in Ihringen/Blankenhornsberg durchgeführt, alle weiteren Versuche wurden auf Flächen des Staatsweinguts Freiburg in unmittelbarer Nähe des Instituts durchgeführt. Es wurden dort 5 verschiedene Standorte benutzt, die nach den die jeweiligen Käfige umgebenden Rebsorten benannt und in folgender Weise abgekürzt werden:

Standort **SB** (Spätburgunder)

Standort **WB** (Weißburgunder)

Standort **SY** (Syrah)

Standort **GT** (Gutedel)

Standort **MT** (Müller-Thurgau)

Bei diesen Standorten handelt es sich um mehr oder weniger nach Südwesten geneigte Hanglagen, wie sie für den Weinbau in Südbaden typisch sind. Die Abstände zwischen den Käfigstandorten wurden so gewählt, dass eine gegenseitige Beeinflussung durch Pheromonverdriftung und eine daraus folgende Versuchsverzerrung ausgeschlossen werden konnte.

Für Versuche zur Pheromonwirkung wurde der jeweilige Käfig mit 100 Dispensern im Raster 10 auf 10 umgeben. Die Dichte der aufgehängten Dispenser ergab

hochgerechnet die für die konventionelle Anwendung der Paarungsstörung im Weinbau postulierten 500 Dispenser pro Hektar. Somit ergibt sich um einen pheromonbehandelten Käfig ein mit Dispensern abgehangtes Quadrat von 45x45 m mit einem Abstand von 22,5 m von einer Weibchenköderfalle bis zum Rand. Dieser Idealzustand konnte aufgrund unterschiedlicher Rebzeilenabstände nicht überall erreicht werden. Die größte Abweichung vom idealen Quadrat bei den oben beschriebenen Standorten ergab ein Rechteck von 48X42 m. KOCH (pers. Mitt.) konnte bei Messungen von Pheromonkonzentrationen in Weinbergen nachweisen, dass bereits nach 10 m vom Rand einer mit Dispensern abgehangten Fläche stabile Pheromondichten vorliegen. Somit sind auch bei diesen Abweichungen mögliche Effekte durch einen zu geringen Abstand des Käfigs zum Rand der pheromonbehandelten Fläche auszuschließen (s. Abb. 2 und 3).

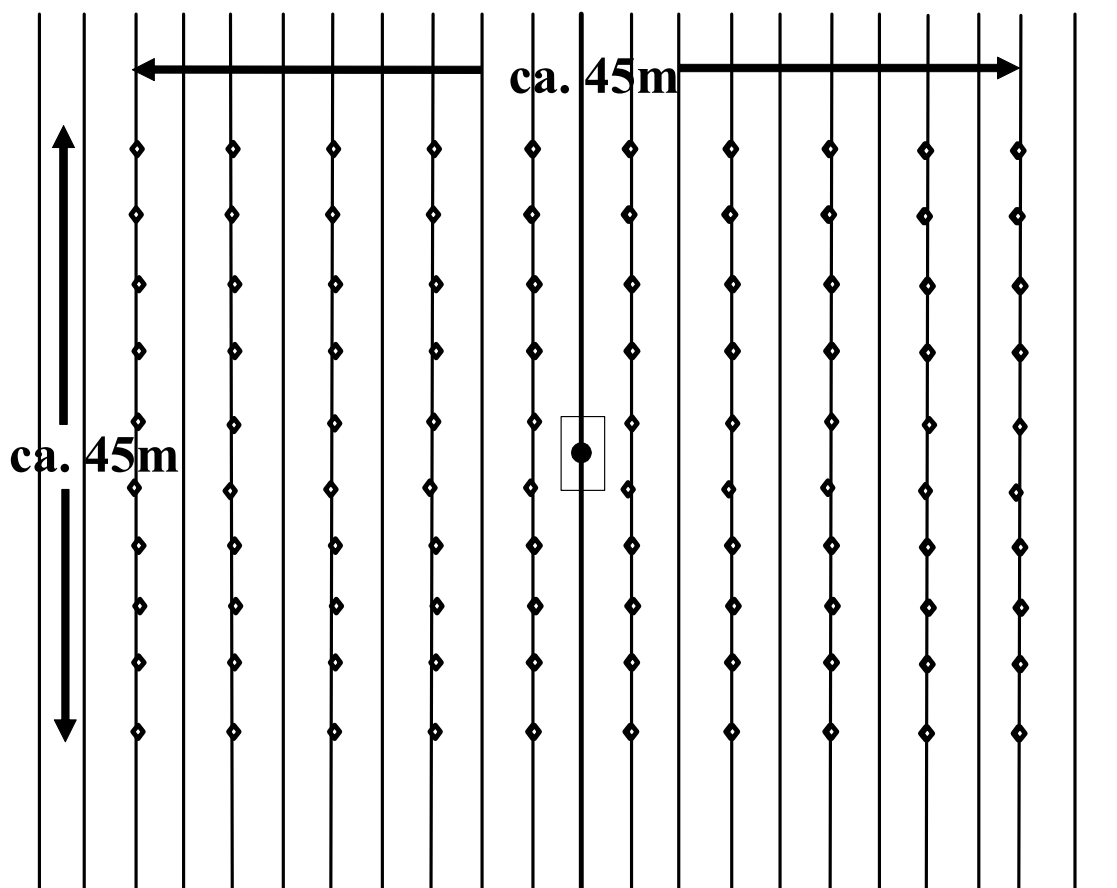


Abb. 2 : Schematische Darstellung einer Versuchsfäche mit 100 aufgehängten Dispensern (Karas) und einem Käfig im Zentrum (Rechteck).

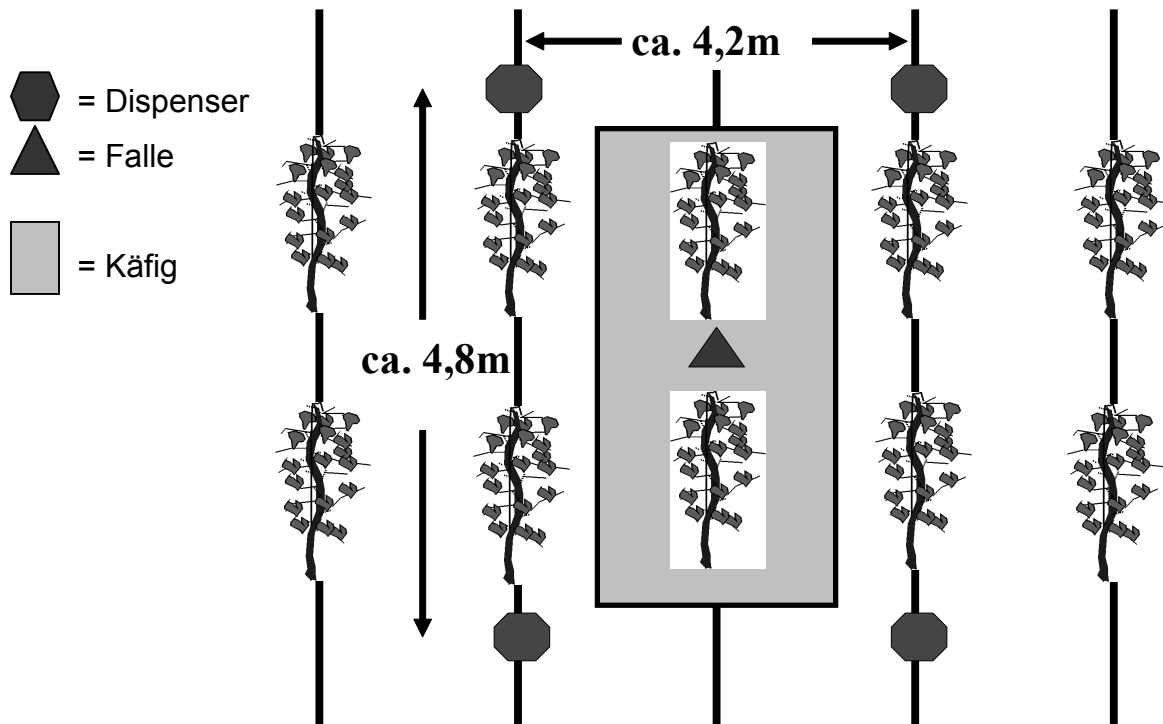


Abb. 3 : Schematische Darstellung der unmittelbaren Umgebung eines Käfigs.

### 3.4.4.2 Versuchsablauf

Im Folgenden wird der Ablauf eines „Standardversuchs“ beschrieben. Abweichungen hiervon werden in den Einzelversuchsdarstellungen erläutert.

Für Versuche, die sich mit der Wirkung von Pheromondispensern beschäftigten, wurde ein Standort mit Dispensern versehen (**Pheromonvariante**). Die Dispenser wurden am Draht der Rebzeilen in einer Höhe von ca. 1,3 m im in Kapitel 3.4.4.1 beschriebenen Raster aufgehängt. Dies geschah immer in den Morgenstunden, meist zwischen 10 Uhr und 11 Uhr MESZ. Die Weibchen der untersuchten Arten locken in den frühen Abendstunden, somit verblieb den Dispensern ausreichend Zeit, bis zum Abend eine stabile Pheromonwolke zu etablieren. Ein zweiter, zur Kontrolle dienender Standort verblieb pheromonunbehandelt (**Kontrolle**). Für einen Versuch wurde in einen Käfig eine Weibchenköderfalle in die Mitte des Käfigs auf einer Höhe von ca. 1,5 m aufgehängt. Unmittelbar im Anschluss wurde in diesen Käfig eine definierte Anzahl Männchen freigelassen. Dies geschah durch Abheben des Deckels der Glaspetrischale, in der sich die frisch geschlüpften Männchen befanden. Ort der Freilassung war der Boden an der hangabgeneigten und der der Klapptür gegenüberliegenden Seite des Käfigs. Nach demselben Muster wurde unmittelbar im Anschluss im anderen Käfig verfahren. An den darauf folgenden Tagen wurden in den jeweiligen Käfigen die auf dem Leimboden der Weibchenköderfallen gefangenen Männchen gezählt und deren Anzahl notiert. Nach 3 oder 4 Tagen wurde erneut eine definierte Anzahl Männchen freigelassen und die Weibchenköderfallen mit frischen Weibchen versehen. Im Anschluss erfolgte wiederum eine meist tägliche Kontrolle der Fallen. Die Anzahl der gefangenen Männchen für jeden Käfig wurde getrennt gezählt und notiert. Dies geschah wiederum 3 oder 4 Tage lang.

Nach diesen 2 Freilassungsterminen (**1. Serie**), wurden die Dispenser des pheromonbehandelten Standorts wieder eingesammelt und im Labor bei ca. 6°C gelagert. In jedem Käfig wurden die Weibchenköderfallen mit frischen Weibchen bestückt. Männchen, die durch die Wirkung des Pheromons bis zu diesem Zeitpunkt nicht zurückgefangen worden waren, befanden sich ja noch im Käfig. Nach 3 oder 4 Tagen waren die Käfige männchenfrei. Das Aufhängen der Weibchenköderfalle im bis dahin als pheromonfreie Kontrolle dienenden Käfig diente dem Rückfang eventueller Nachzügler. Dieser Fall trat aber unter „normalen“ Klimabedingungen nie ein. Die Abwesenheit der Dispenser über 3 bis 4 Tage bot die Gewähr dafür, dass

der ehemals pheromonbehandelte Standort wieder „pheromonfrei“ wurde. Die Ausgangssituation für die beiden Käfige/Standorte war also wieder identisch.

Nun wurden die Dispenser in der oben geschilderten Weise an dem in der 1. Serie als Kontrolle dienendem Standort ausgehängt. Der in der 1. Serie mit Dispensern versehene Standort diente nun als Kontrolle. Wiederum folgten 2 Freilassungstermine mit Kontrolle der Rückfänge in beiden Käfigen (**2. Serie**). Nach ca. 20 Tagen war der komplette Versuch abgeschlossen.

Das so gewählte Vorgehen hat folgende Vorteile:

- gleiche Ausgangssituation der beiden Käfige/Standorte bezüglich Männchenanzahl und Weibchenköderfallen
- durch 2 Freilassungstermine pro Serie können Artefakte wie z.B. „defekte“ Weibchen leicht bemerkt werden
- durch die Methode des Wechsels des pheromonbehandelten Standorts werden unterschiedliche Standortfaktoren wie Rebsorten, leichte Abweichungen der Topographie und Exposition sowie Mikroklima sichtbar und können durch Mitteln eliminiert werden
- durch die parallel laufenden Freilassungen entsprechen sich die Standorte bezüglich der aktuellen Wetterlage und der Konstitution der Versuchstiere.

### 3.4.5 Auswertung

Die Anzahl der auf dem Leimboden der Weibchenköderfallen zurückgefangenen Männchen gelten als **Rückfänge R** der entsprechenden Versuchsvarianten.

Die **Rückfangwahrscheinlichkeit  $R_w$**  ergibt sich aus einer Verrechnung der Rückfänge **R** und der Anzahl freigelassener Männchen **n**:

$$R_w = R/n * 100 [\%].$$

Zur Vergleich kompletter Versuchsserien, welche nicht zeitgleich erfolgen konnten, wurden die Rückfänge **R** einer Pheromonvariante mit den Rückfängen der zeitgleich verlaufenden Kontrolle **R<sub>k</sub>** zur **Rückfangquote**

$$Q = R/R_k * 100 [\%] \text{ umgerechnet.}$$

Damit lassen sich individuelle Einflüsse, die auf die Rückfangwahrscheinlichkeit in allen betrachteten Käfigen wirken, rechnerisch eliminieren.

Abweichungen von den beschriebenen Vorgehensweisen werden in den jeweiligen Einzelversuchsdarstellungen begründet und erläutert.

Ein Versuch zur Ermittlung der Zufallswahrscheinlichkeit eines Rückfanges von Männchen in eine köderfreie Falle ergab einen Wert von einem Männchen bei 100 freigelassenen Männchen pro Käfig. Hierbei waren bei zwei Freilassungen im Abstand von drei Tagen je 50 Männchen von *L. botrana* in einen Käfig mit einer Falle ohne Köder gesetzt worden.

Die ermittelten Versuchsergebnisse wurden mit Hilfe von Microsoft Excel und Microsoft Word bearbeitet und graphisch dargestellt.

### 3.4.6 Statistik

Bei Versuchen, die wie in Kapitel 3.4.4.2 beschrieben durch den Tausch von Pheromonbehandlung und Kontrolle variable Größen eliminieren, wurde zur Ermittlung der Standard-Abweichung von Rückfängen die Poisson-Verteilung angewandt (VOGEL, 1997). Diese gilt allgemein für unabhängige, d.h. zeitlich, räumlich oder sonstwie statistisch verteilte Ereignisse und folgt aus allgemeinen Wahrscheinlichkeitsbetrachtungen. Bei der Bildung von Rückfangquoten (s. Kap. 3.4.5) wurden die jeweiligen relativen Fehler addiert.

Zur Ermittlung des Signifikanzniveaus wurde bei hierfür geeigneten Versuchsabläufen jeweils ein Vierfelder- $\chi^2$ -Test durchgeführt (LORENZ, 1992, s. Tabelle 4).

**Tabelle 4** : Vierfeldertafel mit allgemeinen Symbolen für den Vergleich der Erfolgsanteile in zwei Stichproben (aus LORENZ, 1992)

	Erfolg	Kein Erfolg	Summe	Erfolgsanteil
Behandlung I	a	b	$n_1 = a + b$	$a/n_1 = p_1$
Behandlung II	c	d	$n_2 = c + d$	$c/n_2 = p_2$
Summe	a + c	b + d	$n = a + b + c + d$	

Aus den neun Zahlen im Innern und am Rand der Vierfeldertafel wird die Prüfgröße  $\chi^2$  nach folgender Formel berechnet:

$$\chi^2 = n * (a * d - b * c)^2 / n_1 * n_2 * (a + c) * (b + d)$$

Eine Irrtumswahrscheinlichkeit von  $\alpha = 0,05$  gilt für  $\chi^2 \geq 3,84$ .

Eine Irrtumswahrscheinlichkeit von  $\alpha = 0,01$  gilt ab  $\chi^2 \geq 6,63$ , für eine Irrtumswahrscheinlichkeit von  $\alpha = 0,10$  hingegen  $\chi^2 \geq 2,71$ .

Die Bezugsgrößen für diesen Test zum Vergleich zweier relativer Häufigkeiten werden in den jeweiligen Versuchsergebniskapiteln konkret beschrieben.



Foto 8 : Blick auf den Standort SB bei voll ausgebildeter Laubwand (30.8.2004, Bild Breuer, WBI Freiburg).



## 4 Versuche

### 4.1 Versuche zur Überprüfung der Messmethode

#### 4.1.1 Versuch Fangvergleiche kleiner Käfig vs. Standardkäfig

Versuche mit Käfigen zur Überprüfung einer Auswirkung von Pheromonen auf eine Begattungswahrscheinlichkeit von Traubenwicklern mit Käfigen unterschiedlicher Größe finden sich bereits in der Literatur (z.B. WINKELMANN-VOGT, 1986, SCHMIEDER-WENZEL, 1986). SCHMIEDER-WENZEL (1986) verwendete 6 verschiedene Größen von 1,8 l bis 60,3 l Volumen. Die unterschiedlichen Größen sollten unterschiedliche Dichten von Traubenwicklerpopulationen simulieren. Hier konnte nur beim größten Käfig ein Effekt von Pheromon auf eine Begattungswahrscheinlichkeit ausgemacht werden, bei den kleineren Käfigen unterschied sich die Begattungsquote zwischen pheromonbehandelten und unbehandelten Käfigen nicht. Ein wesentlicher Unterschied zum hier vorgestellten Versuchsprinzip ist der Verzicht auf Fallen (s. Kap. 3.4). Sowohl WINKELMANN-VOGT (1986) als auch SCHMIEDER-WENZEL (1986) setzten jeweils Männchen und Weibchen der jeweiligen Traubenwicklerart frei in die Käfige. Zur Überprüfung erfolgter Begattungen mussten die Ovarien der Weibchen im Labor auf Spermatotheken überprüft werden.

Die Größe der im Rahmen dieser Arbeit verwendeten Standardkäfige wurde wie in Kapitel 3.4 beschrieben, aus Gründen einer angestrebten relativen Naturnähe gewählt. Ein kleinerer Käfig hätte demgegenüber den Vorteil eines weitaus geringeren Aufwandes. Ein erheblich reduzierter Materialverbrauch und die Möglichkeit, den Käfig bei Bedarf leichter versetzen zu können sind unbestreitbar zwei wichtige Punkte, die für die Verwendung kleinerer Käfige sprechen. Auf der anderen Seite könnte ein drastisch verringertes Raumangebot den für die Partnerfindung nötigen Suchflug der Männchen beeinträchtigen. Fehlende Requisiten wie Laubwand und Rebstämme könnten zudem Ergebnisse liefern, die mit einer eigentlichen Freilandwirkung nicht vergleichbar sind.

Zur Feststellung eventueller Unterschiede der Eignung verschiedener Käfiggrößen für die Aussagekraft von Experimenten unter Pheromoneinfluss wurde folgender Versuch mit *L. botrana* durchgeführt.

#### **4.1.1.1 Versuchsdurchführung Fangvergleiche kleiner Käfig vs. Standardkäfig**

An den Standorten SY und GT wurden zwei kubische Käfige mit einer Kantenlänge von 0,6 m in Höhe der Traubenzone installiert. Die Kanten dieser Käfige bestanden aus Aluminiumwinkeln der Maße 5x5x1 mm, umspannt mit Aluminiumfliegengitter der Maschengröße 1,2 mm wie die Standardkäfige mit dem Maßen 2,3x2,3x1,6 m. Eine Seite der Käfige wurde mit einem quadratischen, verschließbaren Türchen (17x17 cm) aus den gleichen Materialien versehen.

Am Standort GT wurden 100 Dispenser mit einer Abgaberate von jeweils 0,7 mg/d bei einem Dispenser pro 20 m<sup>2</sup> (entsprechend einer Dichte von 500 Dispensern pro Hektar) in Höhe der Traubenzone mit dem Käfig im Zentrum ausgebracht. Der Standort SY diente als Kontrolle. In die Käfige wurden Fallen mit Weibchenködern mit Hilfe eines Drahtes in das Zentrum der Käfige gehängt. Unmittelbar im Anschluss wurden 40 Männchen pro Käfig freigelassen. Nach 4 Tagen wurden die Fallen mit frischen Weibchen bestückt und in die Käfige wiederum 40 Männchen freigelassen. Nach erneut 4 Tagen wurden die Dispenser am Standort GT abgehängt und jeweils eine frisch bestückte Falle pro Käfig zum Leerfangen installiert. Nach 3 Tagen wurden keine Rückfänge mehr festgestellt.

Zu Beginn der 2. Versuchsserie wurden diesmal die Dispenser am Standort SY ausgebracht, der Standort GT diente als Kontrolle. 2 Freilassungstermine im Abstand von 4 Tagen mit je 40 Männchen pro Käfig und einem Erneuern der Weibchenköderfallen folgten.

In gleicher Weise wurde zeitgleich an den Standorten SB und WB mit den Standardkäfigen verfahren. Hier diente in der ersten Freilassungsserie der Käfig am Standort WB als Kontrolle, am Standort SB wurden Dispenser desselben Typs wie oben, also mit einer Abgaberate von 0,7 mg/d bei einem Dispenser pro 20 m<sup>2</sup> ausgehängt.

#### 4.1.1.2 Versuchsergebnisse Fangvergleiche kleiner Käfig vs. Standardkäfig

Die Versuchsergebnisse des Versuchs „kleiner Käfig“ sind Tabelle 5 zu entnehmen.

**Tabelle 5** : Rückfänge kleiner Käfig

	Anzahl freigelassener Männchen pro Käfig	Rückfänge Kontrolle	Rückfänge Pheromonvariante
1. Serie	80	55	3
2. Serie	80	33	2
Gesamt	160	88	5

Die Versuchsergebnisse des Versuchs „Standardkäfig“ sind Tabelle 6 zu entnehmen.

**Tabelle 6** : Rückfänge Standardkäfig

	Anzahl freigelassener Männchen pro Käfig	Rückfänge Kontrolle	Rückfänge Pheromonvariante
1. Serie	80	64	8
2. Serie	80	35	6
Gesamt	160	99	14

Eine Gegenüberstellung der beiden Versuchsergebnisse ergibt für die kleinen Käfige eine Rückfangquote von ca. 6%, für die Standardkäfige ca. 14% (s. Abb. 4).

Ein Vierfelder- $\chi^2$ -Test mit a und c = Rückfänge unter Pheromoneinfluss und b und d = Rückfänge ohne Pheromoneinfluss ergibt  $\chi^2 = 2,98$ , das bedeutet  $\alpha = 0,10$ .

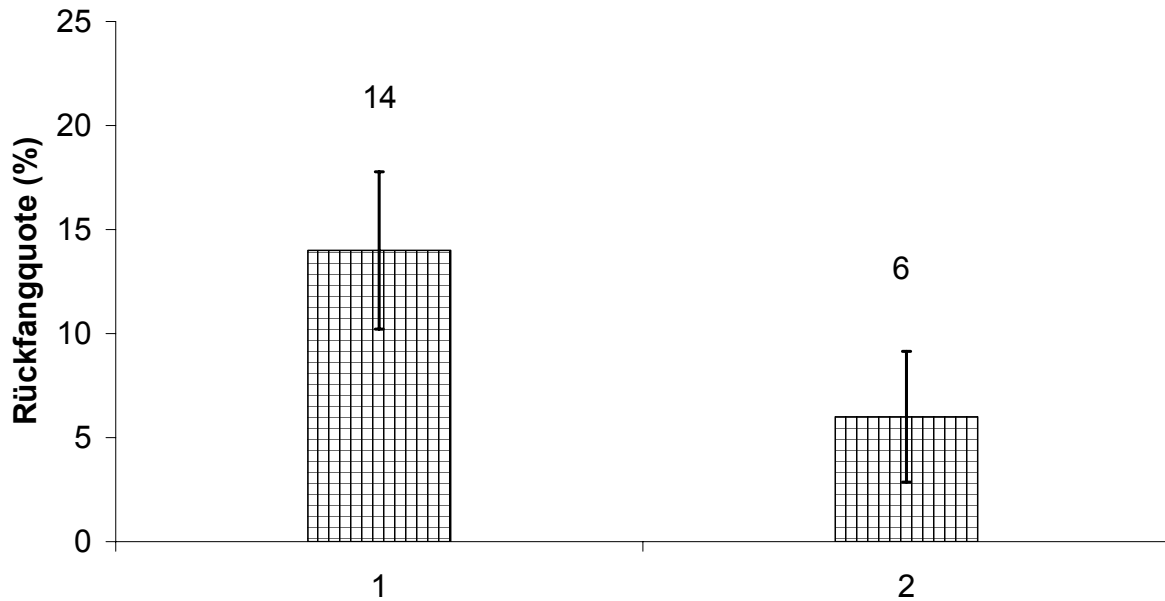


Abb. 4 : Gegenüberstellung der Rückfangquoten des Versuchs Standardkäfig (1), Volumen ca.  $8,5 \text{ m}^3$  und kleiner Käfig (2), Volumen ca.  $0,22 \text{ m}^3$ .

#### 4.1.1.3 Diskussion Fangvergleiche kleiner Käfig vs. Standardkäfig

Es ist bemerkenswert, dass ein signifikanter Unterschied in der Rückfangwahrscheinlichkeit zwischen dem großen und kleinen Kontrollkäfig nicht gegeben ist. Das Volumen eines kleinen Käfigs ist mit ca.  $0,22 \text{ m}^3$  um etwa das 38-fache kleiner als das eines Standardkäfigs mit ca.  $8,5 \text{ m}^3$ . Die Männchendichte im kleinen Käfig ist ebenfalls um den Faktor 38 höher. Demnach wäre eine höhere Rückfangwahrscheinlichkeit im kleinen Käfig zu erwarten gewesen.

Die Rückfänge unter Pheromoneinfluss liegen beim großen Käfig höher. Dieses Ergebnis wäre eigentlich ebenfalls beim kleinen Käfig zu erwarten gewesen. Die statistische Bewertung der Unterschiede in der Rückfangquote zeigt allerdings nur eine schwache Signifikanz. Da sich die Ergebnisse des kleinen und des Standardkäfigs wesentlich weniger dramatisch unterscheiden als dies der Unterschied im Volumen erwarten lässt, kann man hieraus folgern, dass auch der kleine Käfig quasi schon relevante Versuchsergebnisse liefern könnte. Umso mehr kann somit die Größe des Standardkäfigs als vollkommen ausreichend bewertet werden.

### 4.1.2 Versuche Ködertyp

Folgende Überlegungen ergeben sich bei der Frage nach einem für das System geeigneten Köder:

Ein künstlicher Pheromonköder hätte gegenüber einem aus aktiven Weibchen bestehenden Köder einen erheblichen Vorteil durch einen geringeren Aufwand in der Handhabung. Im Gegensatz zu Ködern mit Weibchen ist ein künstlicher Köder über einen weitaus längeren Zeitraum aktiv und könnte den Großteil einer Saison als Köder fungieren. Zudem besteht beim Platzieren der Weibchen in das Sieb die Gefahr einer Verletzung derselben.

Nachteile einer Verwendung eines künstlichen Köders liegen in dem im Vergleich zu einem Weibchen unterschiedlichen Pheromonsignal. Bei künstlichen Pheromonködern entsprechen die emittierten Substanzen quantitativ aber auch qualitativ nie der Duftfahne eines Weibchens der entsprechenden Art. Es gibt deutliche Unterschiede zwischen kommerziellen Ködern der verschiedenen Hersteller, ja sogar zwischen einzelnen Chargen desselben Ködertyps vom selben Hersteller findet man signifikante Unterschiede in der Attraktivität (ARN et al. 1997). Je nach Charge können sich die Köder sowohl in der absoluten Abgaberate quantitativ, als auch in ihrem Zusammensetzungsverhältnis bezüglich diverser Komponenten qualitativ unterscheiden. Desweiteren sendet eine künstliche Pheromonquelle permanent ein Signal. Männchen sind folglich ständig und somit unnatürlicherweise dem Pheromonreiz der Quelle ausgesetzt. Weibchen hingegen locken nur in einem bestimmten Zeitbereich, ihr Signal ist zudem gepulst. Ein weiterer Punkt ist die im Verlauf einer Saison nachlassende Lockwirkung von künstlichen Pheromonködern. Auch die Zusammensetzung der einzelnen Komponenten kann sich im Verlauf der Zeit ändern. Dies könnte die Vergleichbarkeit von Versuchen in Frage stellen.

Um mögliche Unterschiede im Rückfangvermögen zwischen Fallen mit künstlichen Pheromonködern und Fallen mit Weibchen als Köder festzustellen, wurden folgende Versuche mit *L. botrana* sowie *E. ambiguella* durchgeführt.

#### 4.1.2.1 Versuchsdurchführung Ködertyp *L. botrana*

Am Standort MT wurden im Käfig auf ca. 1,5 m Höhe mittig 2 Fallen im Abstand von ca. 0,3 m aufgehängt. Eine Falle war mit einem Pheromonköder der Firma Biotrap© für *L. botrana* bestückt. Dieser Köder entstammte einer frisch gekauften Charge und wurde ca. 1 Stunde vor Aufhängung der Originalpackung entnommen. Die andere Falle wurde mit 2 Weibchen als Köder bestückt. Im Anschluss wurden 80 Männchen von *L. botrana* im Käfig freigelassen. Nach 4 Tagen wurden die Weibchen erneuert. Um eventuelle Einflüsse der Fallenposition auf die Rückfänge auszuschließen, wurde die Position der Fallen getauscht. Das heißt, die Weibchenköderfalle hing jetzt an der bisherigen Position der Biotrap©-Falle, diese wiederum an der ehemaligen Position der Weibchenköderfalle. Im Anschluss daran wurden wiederum 80 Männchen freigelassen. Die Rückfänge wurden bis zum 4. Tag nach der zweiten Freilassung registriert.

#### 4.1.2.2 Versuchsdurchführung Ködertyp *E. ambiguella*

Nach demselben Schema wie bei *L. botrana* wurde mit *E. ambiguella* verfahren, ebenfalls am Standort MT. Als künstlicher Pheromonköder wurde wiederum ein Köder der Firma Biotrap©, diesmal für *E. ambiguella*, verwendet. Die Gesamtzahl der freigelassenen Männchen belief sich auf 100 Stück (50 pro Freilassung).

#### 4.1.2.3 Versuchsergebnisse Ködertyp *L. botrana*

Die Versuchsergebnisse sind Tabelle 7 zu entnehmen.

**Tabelle 7:** Rückfänge nach Fallentyp bei *L. botrana*. Die Position der Fallen wurde unmittelbar vor Beginn der 2. Freilassung getauscht

	Anzahl freigelassener Männchen	Rückfänge Weibchenköderfalle	Rückfänge Biotrap©-Falle
1. Freilassung	80	18	23
2. Freilassung	80	19	22
Gesamt	160	37	45

Die Darstellung des Gesamtergebnisses ist Abb. 5 zu entnehmen.

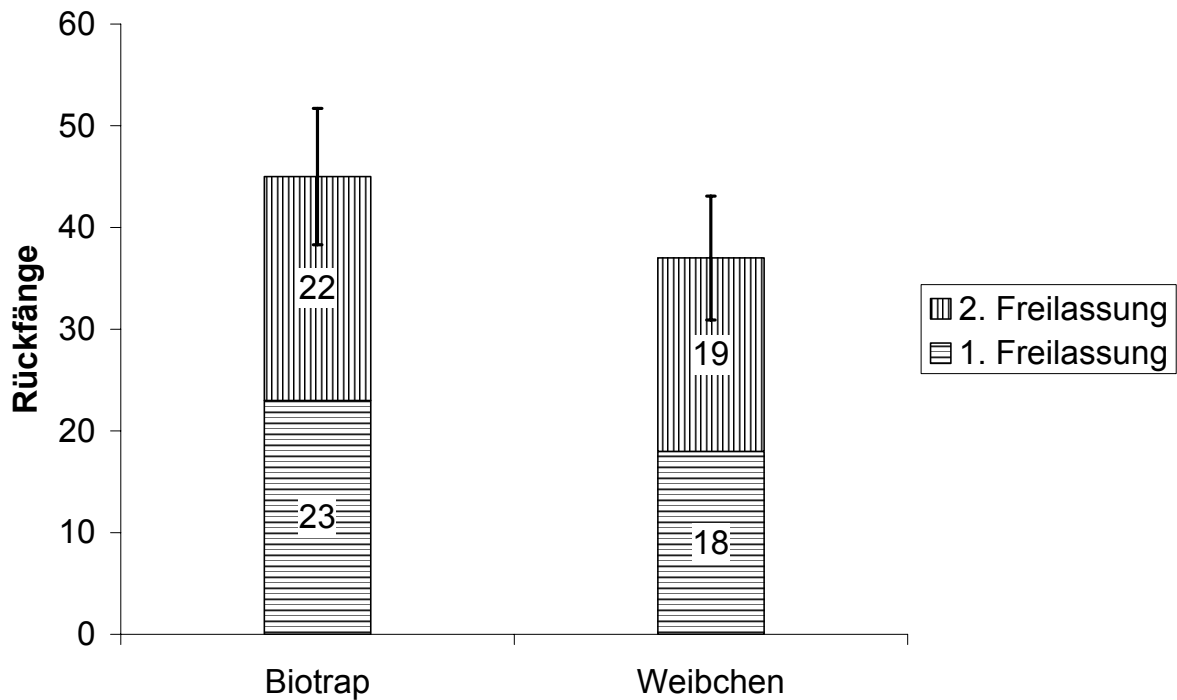


Abb. 5 : Vergleich der Rückfänge eines künstlichen Köders (Biotrap©) und einer Weibchenköderfalle bei *L. botrana*.

#### 4.1.2.4 Versuchsergebnisse Ködertyp *E. ambiguella*

Die Versuchsergebnisse sind Tabelle 8 zu entnehmen.

**Tabelle 8:** Rückfänge nach Fallentyp bei *E. ambiguella*. Die Position der Fallen wurde unmittelbar vor Beginn der 2. Freilassung getauscht.

	Anzahl freigelassener Männchen	Rückfänge Weibchenköderfalle	Rückfänge Biotrap©-Falle
1. Freilassung	50	0	24
2. Freilassung	50	0	36
Gesamt	100	0	60

Die Darstellung des Gesamtergebnisses ist Abb. 6 zu entnehmen.

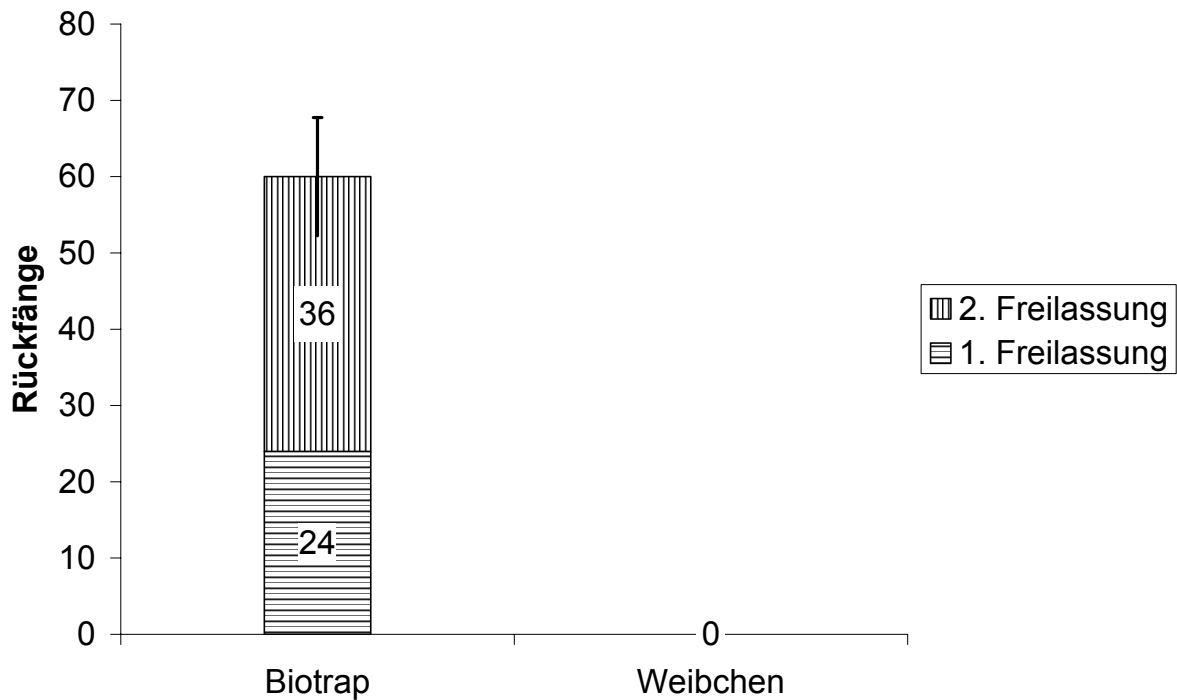


Abb. 6 : Vergleich der Rückfänge eines künstlichen Köders (Biotrap©) und einer Weibchenköderfalle bei *E. ambiguella*.

#### 4.1.2.5 Diskussion Ködertyp *L. botrana*

Die Versuchsergebnisse suggerieren auf den ersten Blick eine möglicherweise ähnliche bzw. höhere Attraktivität des künstlichen Köders. Vor dem Hintergrund, dass dieser im Gegensatz zur Weibchenköderfalle permanent lockt, könnte sich aber auch folgende Situation ergeben:

Weibchen locken in einem engeren Zeitraum als Männchen fliegen. Zu einer Zeit, in der Männchen ihren Suchflug gestartet haben und Weibchen noch nicht locken, ist die künstliche Falle ohne Konkurrenz und müsste demnach alle dann fliegenden Männchen fangen. Die Tatsache, dass die Weibchenköderfalle ähnlich bzw. geringfügig weniger Männchen zurückgefangen hat als die Biotrap©-Falle könnte dafür sprechen, dass der Weibchenköder in direkter Konkurrenz attraktiver ist.



#### **4.1.2.6 Diskussion Ködertyp *E. ambiguella***

Die Versuchsergebnisse deuten auf eine im Gegensatz zu Weibchen weitaus höhere Attraktivität der künstlichen Köder hin. Mit der Rückfangwahrscheinlichkeit  $R_w = 60\%$  wurde ein Wert ermittelt, der mit Weibchenköderfallen von *E. ambiguella* bei keinem einzigen Versuch in Rahmen der vorliegenden Studien in dieser Höhe festgestellt werden konnte.

Aus diesen Gründen erscheint es zwingend nötig zu sein, bei Fragestellungen bezüglich der Paarungsstörung von *L. botrana* und *E. ambiguella* unter relativ natürlichen Bedingungen von der Verwendung künstlicher Pheromonköder abzusehen.

#### **4.1.3 Versuch Fallenhöhe**

Zum Zeitpunkt des Fluges der ersten Generation der beiden Traubenwicklerarten ist die Laubwand der Reben noch nicht oder nur sehr schwach ausgebildet (s.a. Kap. 4.2). SCHNEIKART (1989) und FELDHEGE (1995) konnten beobachten, dass sich die Falter der 1. Generation tagsüber in der Bodenvegetation aufhalten. Fehlt diese, halten sich die Falter in licht- und windgeschützten Bodenmulden auf. Die Rebstöcke bieten zu dieser Zeit mangels Laub keine geeigneten Versteckmöglichkeiten. Zum Zeitpunkt der 2. Generation hingegen halten sich die Falter nahezu ausnahmslos im dichten Blattwerk der Reben auf. Ebenfalls aus Freilandbeobachtungen (SCHNEIKART 1989) ist bekannt, dass sich männliche Falter der 2. Generation von *L. botrana* während ihres Suchfluges an der komplett ausgebildeten Belaubung der Reben orientieren. Es ist somit vorstellbar, dass sich Männchen der 1. Generation beim Suchflug bevorzugt auf Höhe der Bodenvegetation aufhalten. Dies könnte dazu führen, dass unterschiedliche Fallenhöhen unterschiedliche Fangergebnisse zur Folge haben.

Um die Auswirkung unterschiedlicher Fallenhöhen zum Zeitpunkt des Auftretens der ersten Generation bei *L. botrana* auf die Rückfänge zu ermitteln, wurde folgender Versuch durchgeführt.

#### 4.1.3.1 Versuchsdurchführung Fallenhöhe

Am pheromonunbehandelten Standort WB wurden am 23.4.2003 zwei Weibchenköderfallen (Falle A, Falle B) installiert. Zu dieser Zeit war die Laubwand der Reben noch nicht ausgebildet. Falle A wurde in der Mitte des Käfigs in 0,3 m Höhe über dem Boden, Falle B direkt darüber in einer Höhe von 1,5 m über dem Boden aufgehängt. Unmittelbar danach wurden 80 Männchen in den Käfig freigelassen. Die Rückfänge der jeweiligen Fallen wurden bis zum 29.4. registriert.

#### 4.1.3.2 Versuchsergebnisse Fallenhöhe

Bis zum 29.4. wurden in Falle A 18, in Falle B 21 Männchen zurückgefangen (s. Abb.7).

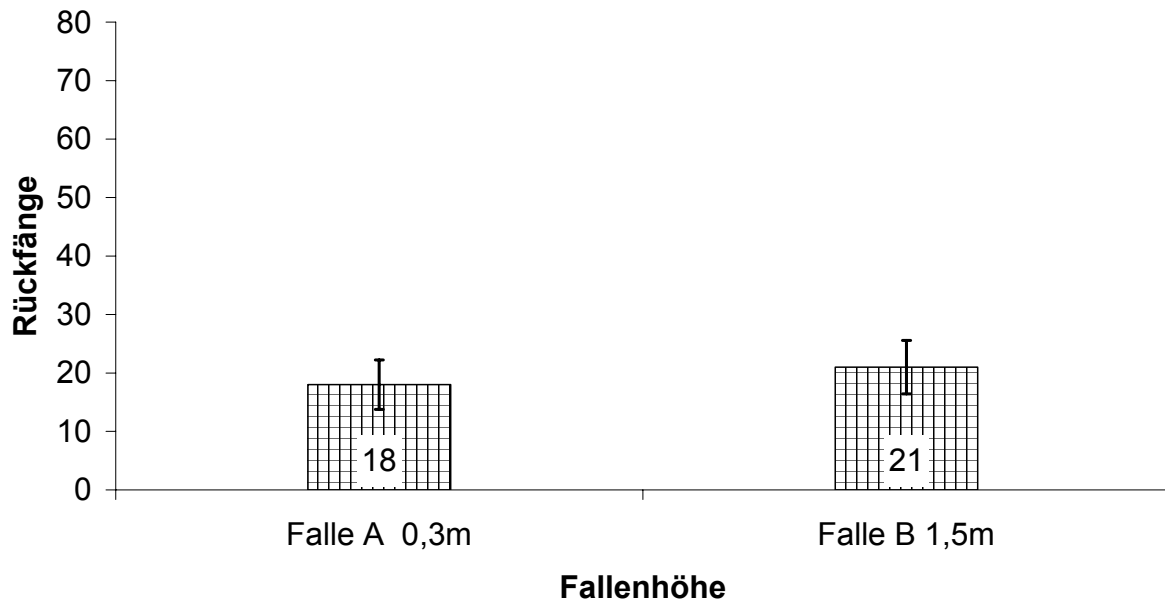


Abb. 6 : Vergleich der Rückfänge eines künstlichen Köders (Biotrap©) und einer Weibchenköderfalle bei *E. ambiguella*.

#### 4.1.3.3 Diskussion Fallenhöhe

Die Versuchsergebnisse lassen den Schluss zu, dass sich unterschiedliche Fallenhöhen zum Zeitpunkt der 1. Generation nicht auf die Rückfangwahrscheinlichkeit von *L. botrana* auswirken. Vielmehr scheinen Männchen von *L. botrana* in der Lage zu sein, unabhängig von der Vegetationshöhe Weibchenköderfallen unterschiedlicher Höhe gleichermaßen wahrzunehmen.

#### 4.1.4 Versuch Laubwandspeicher

Es ist bekannt, dass Reblaub in der Lage ist, Pheromon zu adsorbieren und wieder zu emittieren (z.B. NEUMANN 1996, SCHMITZ et al.1997a). SCHNEIKART (1989) konnte im Freiland beobachten, dass Blätter, auf denen Weibchen kurz zuvor in Lockstellung saßen, bis max. 27 min. nach deren Entfernung noch von Männchen angefliegen wurden. SCHMITZ et al. (1997a) konnten die Attraktivität von Blättern aus Beständen, welche mit Pheromon behandelt wurden, für Männchen von *L. botrana* nachweisen. ALTINDISLI et al. (2002) stellten Unterschiede im Adsorptionsvermögen diverser Rebsorten fest.

Die Bedeutung dieser Tatsachen für die Paarungsstörung ist noch nicht endgültig geklärt. Bekannt ist, dass das Adsorptions- und Emissionsvermögen der Laubwand zu Puffereffekten führen kann. Zum Flugzeitpunkt der ersten Generation der Traubenwickler ist die Laubwand der Weinberge noch nicht oder nur gering ausgebildet. Zur zweiten Generation hingegen ist diese komplett ausgebildet. KOCH (pers. Mitt.) konnte anhand von Freiland EAG-Versuchen in Pheromongebieten nachweisen, dass bei fehlender bzw. sehr geringer Belaubung starke Schwankungen im EAG-Signal auftreten. Das Pheromon bewegt sich in kompakten Paketen durch die Luft. Bei komplett ausgebildeter Laubwand hingegen stabilisierten sich die empfangenen Signale. Die EAG-Signale zeigten nur noch geringe Schwankungen bei einer im Mittel deutlich höheren Pheromonkonzentration (s.a. KARG 1992, SAUER & KARG, 1998). Man nimmt an, dass das Adsorptions- bzw. Emissionsvermögen der Laubwand dazu führt, dass je nach Sättigungszustand der Luft, Pheromon von der Laubwand aufgenommen bzw. abgegeben wird. Es stellt sich die Frage, ob diese Effekte dazu in der Lage sind, nach Entfernung bzw. Ende der Pheromonabgabe der Dispenser die Paarungsstörung aufrechtzuerhalten. Insbesondere die Dauer derartiger Effekte wäre von großem Interesse. Eine Wirkung über die Lebensdauer der Dispenser hinaus würde die Wirkungssicherheit der Paarungsstörung erhöhen.

Auf das in Kapitel 3.4.4.2 beschriebene Vorgehen bei der Versuchsdurchführung würden sich derartige Effekte ebenfalls auswirken. Eine über die Wartezeit von 3-4 Tagen hinaus verhaltensändernde Wirkung des Laubwandspeichers nach Abhängung der Dispenser würde den angestrebten Ausgangsbedingungen für eine dort zu etablierende Kontrolle nicht entsprechen.

Um die Bedeutung des Laubwandspeichers nach einem Abhängen der Dispenser für die Paarungsstörung zu testen, wurde folgender Versuch durchgeführt.

#### 4.1.4.1 Versuchsdurchführung Laubwandspeicher

An den Standorten SB und MT wurden am 5.8.2002 je 100 Dispenser des Typs SinEtsu ISONET L+E (MT) und BASF RAK 1+2 (SB) ausgehängt und auf ihre Wirkungssicherheit gegenüber *L. botrana* getestet. Ein dritter Käfig am Standort SY diente zur Kontrolle. Bis zum 12.8. wurden an 2 Terminen (6.8. bzw. 9.8.) je 40 bzw. 45 Männchen pro Käfig freigelassen. Die Weibchenköderfallen wurden zu den jeweiligen Terminen mit frischen Weibchen bestückt. Am 13.8. wurden zwischen 11h und 12h MESZ die Dispenser an den Standorten MT und SB abgehängt. Unmittelbar im Anschluss wurden je Käfig 45 Männchen freigelassen und die Weibchenköderfallen mit frischen Weibchen bestückt. Bis zum 17.8. wurden die Rückfänge täglich erfasst.

#### 4.1.4.2 Versuchsergebnisse Laubwandspeicher

Bis zum 13.8. wurden in der Kontrolle SY 31, am Standort MT, Variante SinEtsu ISONET L+E null und am Standort SB, Variante BASF RAK 1+2 ein Männchen zurückgefangen. Der Verlauf der Rückfänge nach Abhängung der Dispenser ist Tabelle 9 zu entnehmen.

**Tabelle 9** : Verlauf Rückfänge nach Abhängung Dispenser

Stunden nach Abhängung	Rückfänge ( $R_t$ ) Ex-RAK 1+2	Rückfänge ( $R_t$ ) Ex-Isonet L+E	Rückfänge ( $R_t$ ) Kontrolle
24	17	12	19
48	17	11	9
72	3	3	0

Im Anschluss konnten keine weiteren Rückfänge festgestellt werden.

Die beschriebene Vorgehensweise hat zur Folge, dass die Ausgangssituationen bezüglich der absoluten Männchenanzahl zwischen den Pheromonvarianten und Kontrolle nicht vergleichbar sind. In den Pheromonvarianten wurden bis zum Tag der Abhängung der Dispenser in der Variante RAK 1+2 ein, in der Variante ISONET L+E keines von 85 Männchen zurückgefangen, in der Kontrolle waren dies 31. Das bedeutet, dass zum Zeitpunkt des letzten Freilassungstermins die Anzahl an Männchen im Kontrollkäfig kleiner gewesen sein muss als in denen der Pheromonvarianten. Aus den Rückfängen über jeweils 24 Stunden ( $R_t$ ) und der bis

zum dritten Tag nach Abhängung registrierten Gesamtzahl der Rückfänge ( $R_{ges}$ ) lässt sich die Größe  $Z_t = R_t/R_{ges} * 100$  [%] berechnen.

Eine Darstellung des zeitlichen Verlaufs von  $Z_t$  bietet Abb. 8.

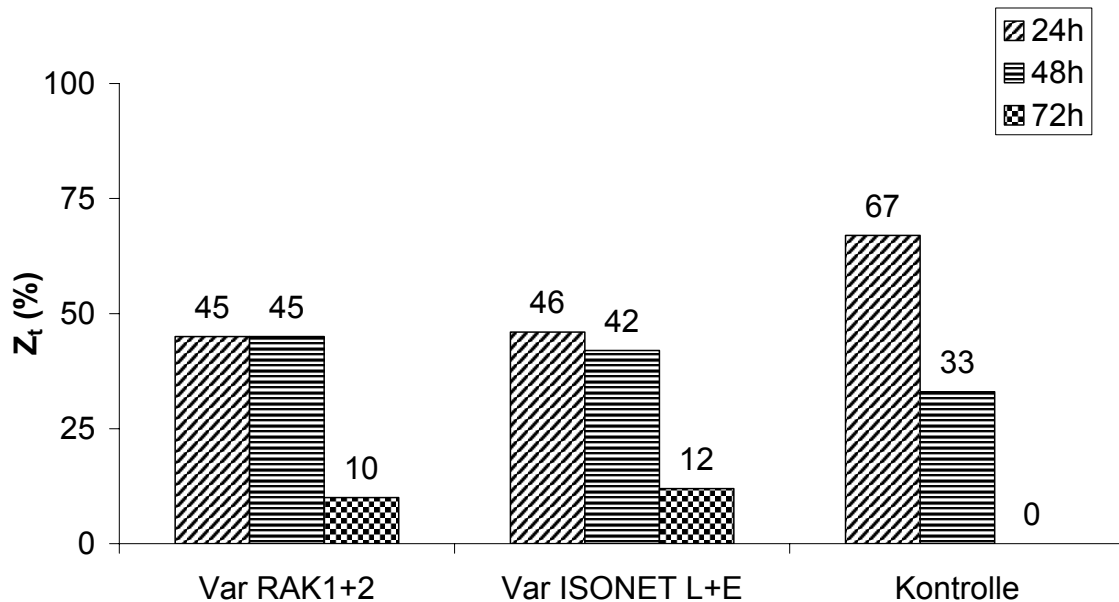


Abb. 8 : Zeitlicher Verlauf von  $Z_t$  (s. Text) nach Abhängung der Dispenser in Variante RAK 1+2, Variante ISONET L+E und Kontrolle.

#### 4.1.4.3 Diskussion Laubwandspeicher

Die Versuchsergebnisse lassen vermuten, dass sich das von der Laubwand emittierte Pheromon auch nach einer Entfernung der künstlichen Pheromonquellen auf Männchen von *L. botrana* verhaltensändernd auswirken kann. Auffällig ist die annähernd identische Entwicklung der Rückfänge bei beiden Pheromonvarianten. Während in der Kontrolle 48 Stunden nach Freilassung der Männchen keine Rückfänge mehr registriert werden konnten, könnte der Verlauf der Rückfänge der Ex-Pheromonvarianten auf eine Beeinflussung der Männchen durch den Laubwandspeicher hindeuten.

Eine praxisrelevante Auswirkung des Absorptions- bzw. Emissionsvermögens der Laubwand in Rebbeständen nach Ende der Lebensdauer von Dispensern scheint aber nicht gegeben, da die Wirkung des Laubwandspeichers spätestens nach 72 Stunden aufgebraucht zu sein scheint. Dies bedeutet auch, dass das Prinzip des Standortwechsels nach einem Abhängen der Dispenser und mindestens 3-tägigem Leerfangen der vormals pheromonbehandelten Standorte vergleichbare Ausgangsbedingungen schafft.

#### 4.1.5 Klimatische Faktoren

Die Versuchszeiträume erstreckten sich von Beginn des Fluges der Wildpopulationen ca. Beginn/Mitte April bis Mitte Oktober, dem Ende des Auftretens der letzten Imagines der Wildpopulationen. Anhand folgender Beispiele werden kritische Witterungsbedingungen ausgewiesen, in denen eine sinnvolle Versuchsdurchführung mit *L. botrana* nicht möglich war.

##### 4.1.5.1 Grenzbereich Hitze

Das Versuchsjahr 2003 war durch extreme Hitzeperioden gekennzeichnet. Dies führte zu Versuchen, bei denen aufgrund nicht feststellbarer Rückfänge in den Kontrollen keine Auswertung der Ergebnisse möglich war.

Am 7.8.2003 wurde eine Versuchsserie mit zwei Kontrollen durchgeführt. Pro Käfig wurden 40 Männchen freigelassen. Eine tägliche Überprüfung der Rückfänge ergab bis zum 9.8. in den Kontrollen keine Rückfänge. In Abb. 9 ist der Verlauf der Temperatur und der relativen Luftfeuchte dieses Zeitraumes dargestellt. Extremwerte in diesem Zeitraum waren für die Temperatur im Maximum knapp 39°C, im Minimum knapp 20°C. Für die relative Luftfeuchte in diesem Zeitraum waren dies im Maximum ca. 70%, im Minimum ca. 24%.

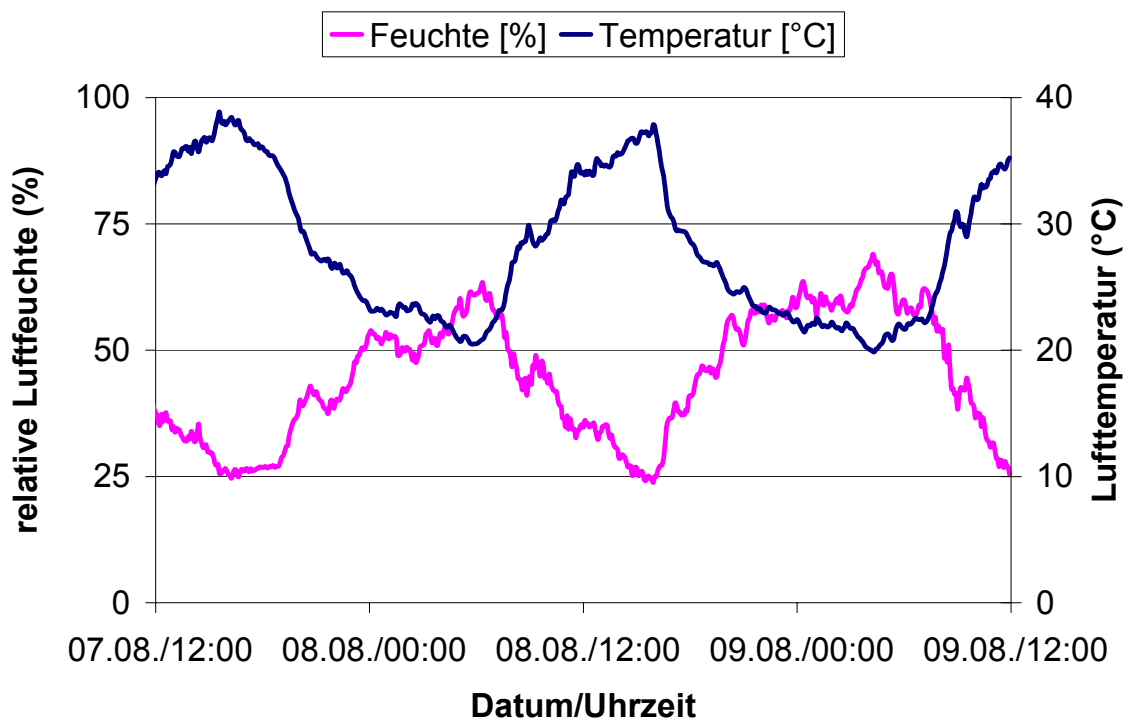


Abb. 9 : Verlauf der Temperatur und der relativen Luftfeuchte vom 7.8.-9.8.2003, Klimastation WBI Freiburg

Am 13.8. erfolgte eine Freilassung von je 40 Männchen in 2 Käfige. Am 14.8. konnten in der Kontrolle keine Rückfänge festgestellt werden. Erst am 15.8. wurden hier wieder Rückfänge registriert. In Abb. 10 ist der Verlauf der Temperatur und der relativen Luftfeuchte dieses Zeitraumes dargestellt. Extremwerte für den Zeitraum 13.8. 10:00h bis 14.8. 10.00h waren für die Temperatur im Maximum 39,7°C, im Minimum 20°C. Für die relative Luftfeuchte in diesem Zeitraum waren dies im Maximum 81%, im Minimum 17%. Für den Zeitraum 14.8. 10.00h bis 15.8. 10.00h ergab sich für die Temperatur ein Maximum von 32,5°C und ein Minimum von 17,3°C, für relative Luftfeuchte ein Maximum von 98% und ein Minimum von 29%.

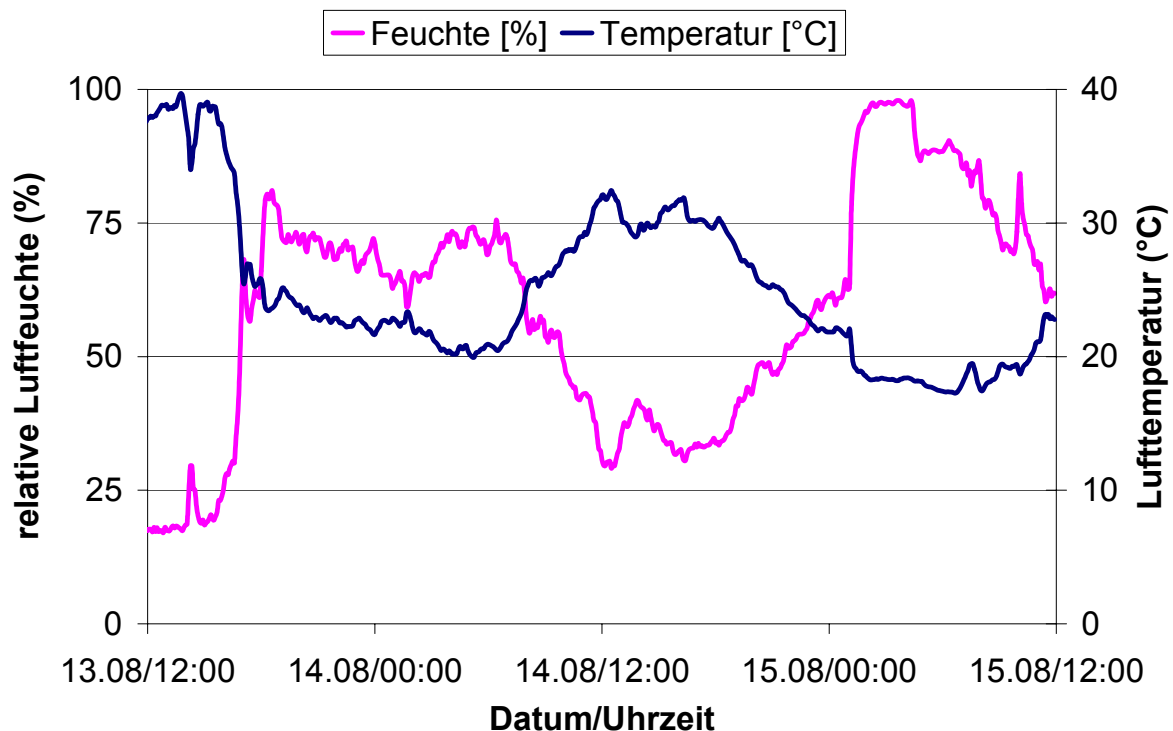


Abb. 10 : Verlauf der Temperatur und der relativen Luftfeuchte vom 13.8.-15.8.2003, Klimastation WBI Freiburg

#### 4.1.5.2 Grenzbereich Kälte

Eine Freilassung von 40 Männchen am 14.10.2003 am pheromonunbehandelten Standort SB ergab bis zum 15.10. keine Rückfänge. Am 16.10. wurden 8, am 17.10. noch einmal zusätzlich 6 Männchen zurückgefangen. Eine Darstellung des Verlaufs von Temperatur und relativer Luftfeuchte dieses Zeitraums bietet Abb. 11. Als relevanter Parameter scheint in diesem Falle die relative Luftfeuchte in Frage zu kommen. Im Zeitraum, in dem keine Rückfänge festgestellt werden konnten, liegt die relative Luftfeuchte auf niedrigerem Niveau im Vergleich zu den beiden Terminen mit

festgestellten Rückfängen. Der Temperaturverlauf ist annähernd gleich, in der Nacht vom 16.10. auf den 17.10. fielen die Temperaturen auf Werte knapp unter 0°C.

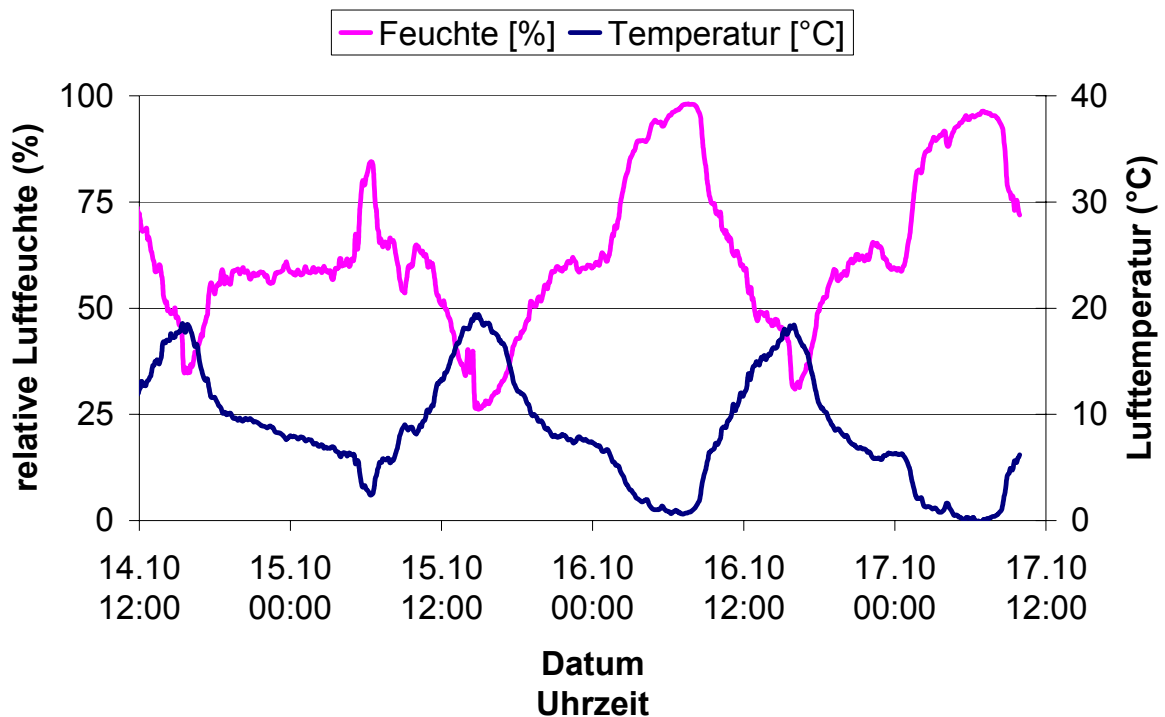


Abb. 11 : Verlauf der Temperatur und der relativen Luftfeuchte vom 14.10.-17.10.2003, Klimastation WBI Freiburg.

Das System funktioniert also in einem breiten klimatischen Rahmen. In den Grenzbereichen der Temperatur scheint die relative Luftfeuchte von entscheidender Bedeutung für eine ausreichende Zahl von Kontrollfängen bei *L. botrana* zu sein.



## **4.2 Versuche zur Anwendung des Systems**

### **4.2.1 Versuch Gewöhnungs- bzw. Überreizungseffekte**

Als Wirkungsmechanismus der Paarungsstörung bei Lepidopteren werden Gewöhnungs- und/oder Überreizungseffekte diskutiert (z.B. CARLES et al. 1979, DALY & FIGUEREDO 2000, s. a. Kap. 2.2.4.3). Diese konnten in Windkanalversuchen nachweisen, dass die Begattungswahrscheinlichkeit sank, wenn Männchen verschiedener Lepidopterenarten (u. a. auch *L. botrana*) zuvor hohen Dosen an arteigenen Pheromonkomponenten ausgesetzt worden waren. Dies könnte bedeuten, dass diese Funktionsmechanismen für die Erfolge bei der Anwendung der Paarungsstörung bei *L. botrana* mitverantwortlich sind.

Zur Klärung der Frage nach der Bedeutung von Gewöhnungs- bzw. Überreizungseffekten für die praktische Anwendung der Paarungsstörung bei *L. botrana* wurde folgender Versuch durchgeführt.

#### **4.2.1.1 Versuchsdurchführung Gewöhnungs- bzw. Überreizungseffekte**

Am 20.8. wurden am Standort SY 100 Dispensern des Typs Isonet L+E, am Standort GT 100 Dispenser des Typs RAK 1+2 ausgehängt. Im Anschluss wurden pro Käfig 45 Männchen freigelassen. Am 23.8. folgte die Freilassung von 50 Männchen pro Käfig, die Weibchenköderfallen der Käfige wurden mit frischen Weibchen bestückt. Am 27.8. wurden am Standort GT, SY und am pheromonunbehandelten Standort SB in jeden Käfig je 45 Männchen freigelassen und die Weibchenköderfallen der Käfige mit frischen Weibchen bestückt. Zweck der Freilassungen am pheromonunbehandelten Standort SB war, durch die Höhe der Rückfänge Rückschlüsse auf die Flugbedingungen der Nacht von 27.8. auf den 28.8. ziehen zu können. Am 28.8. wurden die Dispenser an den Standorten GT und SY gegen 11 Uhr MESZ abgehängt.

#### **4.2.1.2 Versuchsergebnisse Gewöhnungs- bzw. Überreizungseffekte**

Bis zum 27.8. wurden in der Variante Isonet L+E am Standort SY und in der Variante RAK 1+2 am Standort GT je ein Männchen zurückgefangen. Bis zum 28.8. wurden am Standort GT ein, am Standort SY null und am Standort SB 27 Männchen zurückgefangen. Durch die Rückfänge von 27 der 45 freigelassenen Männchen am Standort SB muss davon ausgegangen werden, dass die Männchen an den

Standorten GT und SY in dieser Nacht ebenfalls im Suchflug und somit den Reizen der künstlichen Pheromonwolke ausgesetzt gewesen waren. Eine eventuelle „Überreizung“ oder „Gewöhnung“ wäre also erfolgt.

Der Verlauf der Rückfänge der Varianten RAK 1+2 und Isonet L+E nach Abhängung der Dispenser ist Tabelle 10 zu entnehmen.

**Tabelle 10** : Verlauf Rückfänge nach Abhängung der Dispenser

Stunden nach Abhängung	Rückfänge (R <sub>t</sub> ) Ex-RAK 1+2	Rückfänge (R <sub>t</sub> ) Ex-Isonet L+E
24	45	24
48	0	6
72	2	0

Im Anschluss konnten keine weiteren Rückfänge mehr registriert werden.

Eine Darstellung des zeitlichen Verlaufs von  $Z_t$  (s. Kap. 4.1.4.2) bietet Abb. 12.

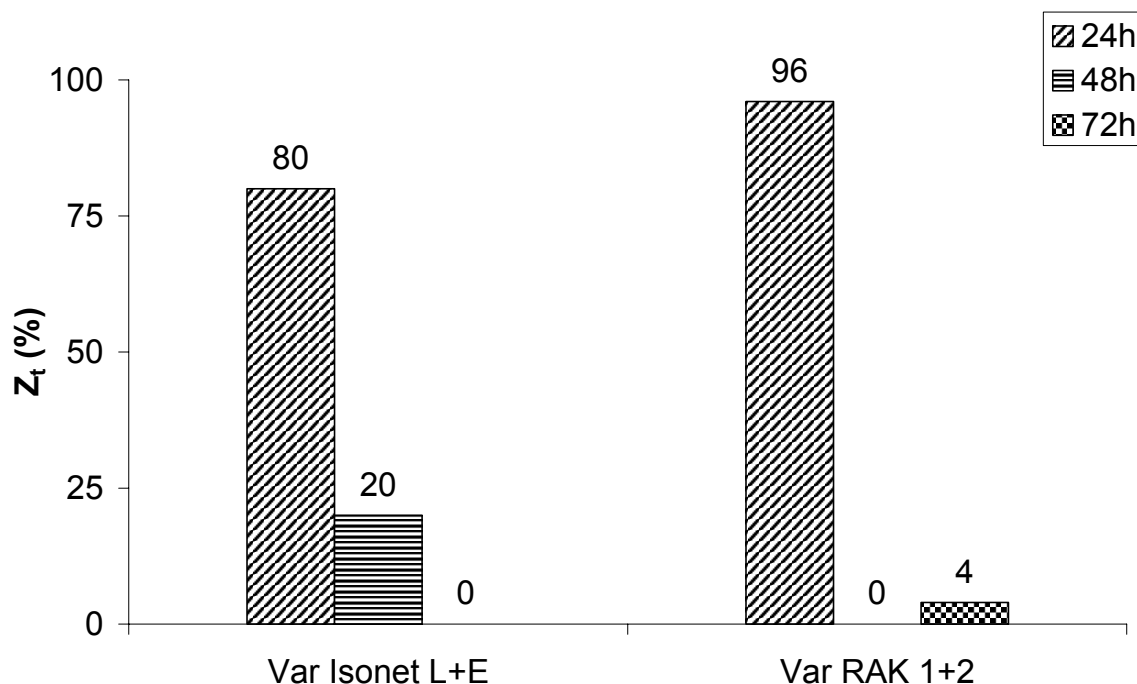


Abb. 12 : Zeitlicher Verlauf von  $Z_t$  (s. Text) nach Abhängung der Dispenser in Variante RAK 1+2 und Variante ISONET L+E.

### **4.2.1.3 Diskussion Gewöhnungs- bzw. Überreizungseffekte**

Die Versuchsergebnisse zeigen, dass Gewöhnungs- bzw. Überreizungseffekte als Hauptursache für eine funktionierende Paarungsstörung gegenüber *L. botrana* ausscheiden. SCHMITZ et al. (1997b) vermuteten nach Freilassungsexperimenten in pheromonbehandelten Weinbergen ebenfalls, dass derartige Phänomene, wenn überhaupt, nur eine untergeordnete Rolle bei *L. botrana* spielen.

Im Gegensatz zum Versuch Laubwandspeicher in Kapitel 4.1.4 zeigt die Variante RAK 1+2 im Versuch Gewöhnungs- bzw. Überreizungseffekte keine Effekte, die auf eine Beeinflussung durch einen Laubwandspeicher hinweisen. Auch die Ergebnisse der Variante ISONET L+E stellen diesen Effekt, wenn überhaupt, nur in abgeschwächter Form dar. Da die Versuche ca. 3 Wochen später stattfanden als die in Kapitel 4.1.4 beschriebenen, ist ein möglicher Grund die nachlassende Abgabeleistung der Dispenser. Klimatische Unterschiede zwischen den beiden Terminen scheinen als Ursache nicht in Frage zu kommen; diese waren bezüglich Temperatur und Windgeschwindigkeit, den Haupteinflussgrößen für eine mögliche Reduktion des Laubwandspeichers, durchaus vergleichbar.

### **4.2.2 Richtungsfänge**

Weinbau wird vielfach in Hanglagen betrieben. In Baden beispielsweise ist der Westabfall des Schwarzwaldes und seine Vorbergzone die bevorzugte Lage für Weinbau. Andere Beispiele sind das Rheingau und die Mosel, wo Reben in extrem steilen Lagen stehen, die oft nur durch Terrassierung überhaupt bewirtschaftbar gemacht wurden. Diese Form der Topographie hat für die Technik der Paarungsstörung enorme Konsequenzen. Die von Dispensern emittierte Pheromonwolke wird durch großräumige, aber auch kleinklimatische Faktoren beeinflusst. Im südbadischen Raum mit seiner Hauptwindrichtung Südwest werden bei der großflächigen Ausbringung von Dispensern die westlichen Randbereiche vermehrt mit Dispensern versehen. Somit hofft man bei windigen Wetterlagen einer Verdünnung der Pheromonwolke im Westteil des behandelten Gebietes entgegenzuwirken. Dieses Vorgehen berücksichtigt allerdings oft nicht die tatsächlichen Windverhältnisse zu der Zeit, in der die Weibchen aktiv locken.

#### 4.2.2.1 Berg-Tal-Windsysteme

Berg-Tal-Windsysteme entstehen an strahlungsreichen, relativ windstillen Tagen, die beispielsweise häufig während der Sommermonate bei stabilen Hochdrucklagen im Oberrheingraben auftreten.

In den frühen Morgenstunden werden zuerst die Talhänge und Gipfel erwärmt. In den Tälern sammeln sich schwere und dadurch absinkende Kaltluftmassen. Da über den Gipfeln Wärme abgestrahlt wird, bilden sich hier lokale Tiefdruckgebiete. Die schweren Kaltluftmassen in den Tälern erzeugen hingegen einen hohen Luftdruck. Es weht also ein Wind vom Tal zum Berg – ein Talwind. Im Laufe des Tages werden auch die Täler erwärmt. Nach Sonnenuntergang kühlen die Gipfel schneller ab als die Täler. Somit bilden sich auf den Bergen Hochdruckgebiete und in den Tälern Tiefdruckgebiete, es weht ein Wind vom Berg zum Tal – ein Bergwind.

Im Freiburger Raum ist dieses Phänomen unter den Namen „Höllentäler“ bekannt. Der tagsüber erst diffus und dann bergauf wehende Wind wechselt relativ abrupt nach Sonnenuntergang die Richtung (s. Abb. 13). Das östlich von Freiburg gelegene Dreisamtal verstärkt diesen Effekt zusätzlich, was in diesem speziellen Fall zu einer sehr starken Erhöhung der Windgeschwindigkeit führt (s. Abb. 14).

Dieses Phänomen findet, bezüglich der Windgeschwindigkeit aber meist in abgeschwächter Form, an entsprechenden Tagen an sämtlichen Hängen statt. Die Luft strömt abends die Hänge abwärts und kann sich bei lokalen topographischen Besonderheiten wie Dobel – in etwa vergleichbar wie ein Bach – sammeln. Hier verstärkt sich auch die Windgeschwindigkeit. Aufgrund des bekannten anemotaktischen Flugverhaltens von *E. ambiguella* und *L. botrana* (s. Kap. 2.2.3) ist vorstellbar, dass durch das Auftreten der Bergwinde in der Dämmerung eine Anhäufung von Männchen an bestimmten Stellen im Weinberg verursacht wird. Computerbasierte Simulationsmodelle werden aktuell entwickelt, um die Auswirkungen verschiedener Wetterbedingungen auf Pheromonwolken nachzuvollziehen (GAEDCKE, pers. Mitt.).

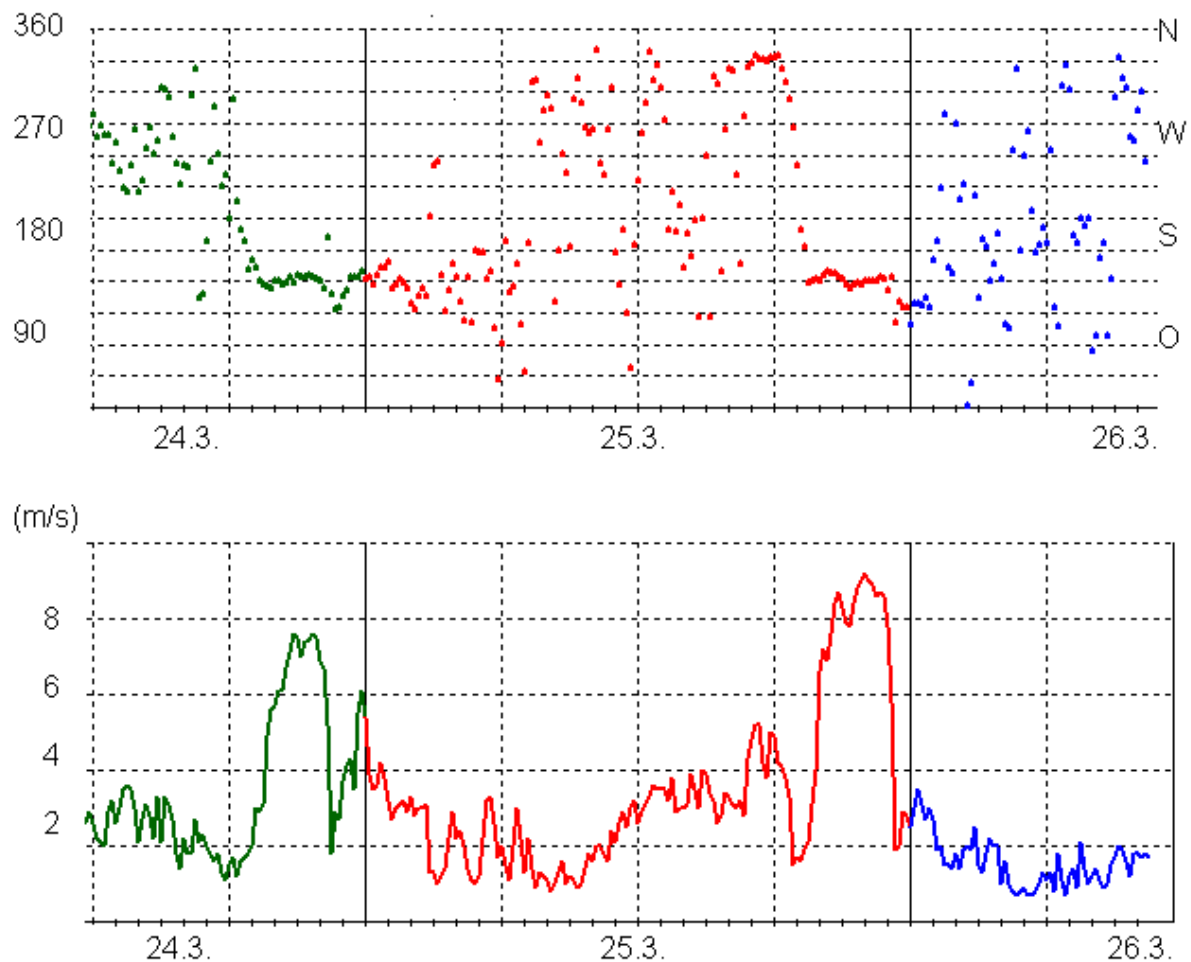


Abb. 13 und 14: Verlauf von Windrichtung und Windgeschwindigkeit vom 24.3.2003, 11 Uhr MESZ bis 26.3.2003, 11 Uhr MESZ. Nach Sonnenuntergang erkennt man eine abrupte Änderung der Windrichtung bei gleichzeitig starkem Anstieg der Windgeschwindigkeit. Daten und Abbildung: Klimastation des Meteorologischen Instituts, Universität Freiburg.

#### **4.2.2.2 Versuchsdurchführung Richtungsfänge**

Um die Auswirkungen der erwähnten Phänomene auf das Verhalten von Männchen von *L. botrana* zu untersuchen, wurde folgender Versuch durchgeführt.

Am pheromonunbehandelten Standort SB wurden am 9.9.2003 um 10 Uhr MESZ drei Weibchenköderfallen in den Käfig aufgehängt. Die Ausrichtung des Käfigs entspricht der Richtung Hangoberseite Nord-Nordost und neigt sich nach Süd-Südwest. Eine Falle wurde an der Hangoberseite in 30 cm Entfernung vom oberen Käfigende aufgehängt (Falle **A**), eine weitere in die Mitte (Falle **B**) und die dritte (Falle **C**) in 30 cm Entfernung zum unteren Ende des Käfigs auf einer Höhe von 1,5 m. Unmittelbar im Anschluss wurden 40 Männchen in den Käfig freigelassen. Am folgenden Tag wurden die Rückfänge der jeweiligen Fallen gezählt.

Am Standort WB mit derselben Exposition wie SB wurde vom 22.9. auf den 23.9. ein in Anzahl der freigelassenen Männchen und sonstiger Vorgehensweise exakt gleicher Versuch durchgeführt.

#### **4.2.2.3 Versuchsergebnisse Richtungsfänge**

Der Versuch vom 9.9. am Standort SB ergab in Falle A = 20, in Falle B = 1 und in Falle C = 2 zurückgefangene Männchen (s. Abb. 15). Die Auswertung der aufgezeichneten Windrichtungen vom Zeitpunkt der Freilassung bis zum Auszählen der Rückfänge ist Abb. 16 zu entnehmen.

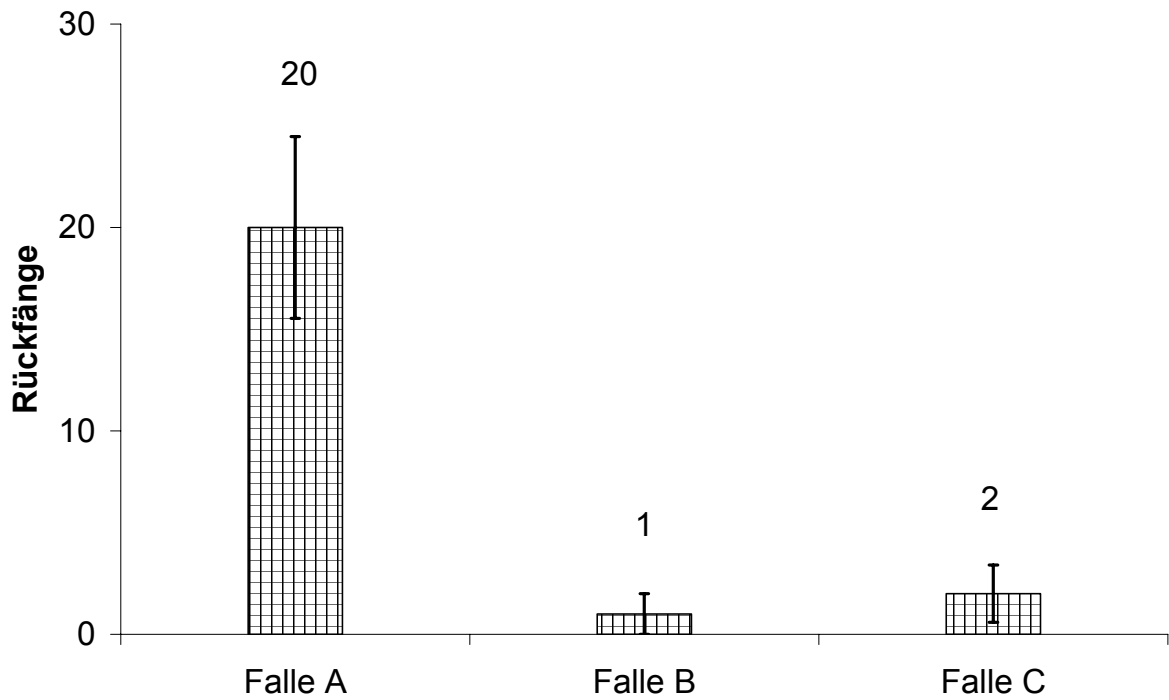


Abb. 15 : Rückfänge dreier Fallen unterschiedlicher Position (Falle A Hangoberseite, NNO, Falle B Mitte, Falle C Hangunterseite SSW) vom 9.9. auf den 10.9.2003.

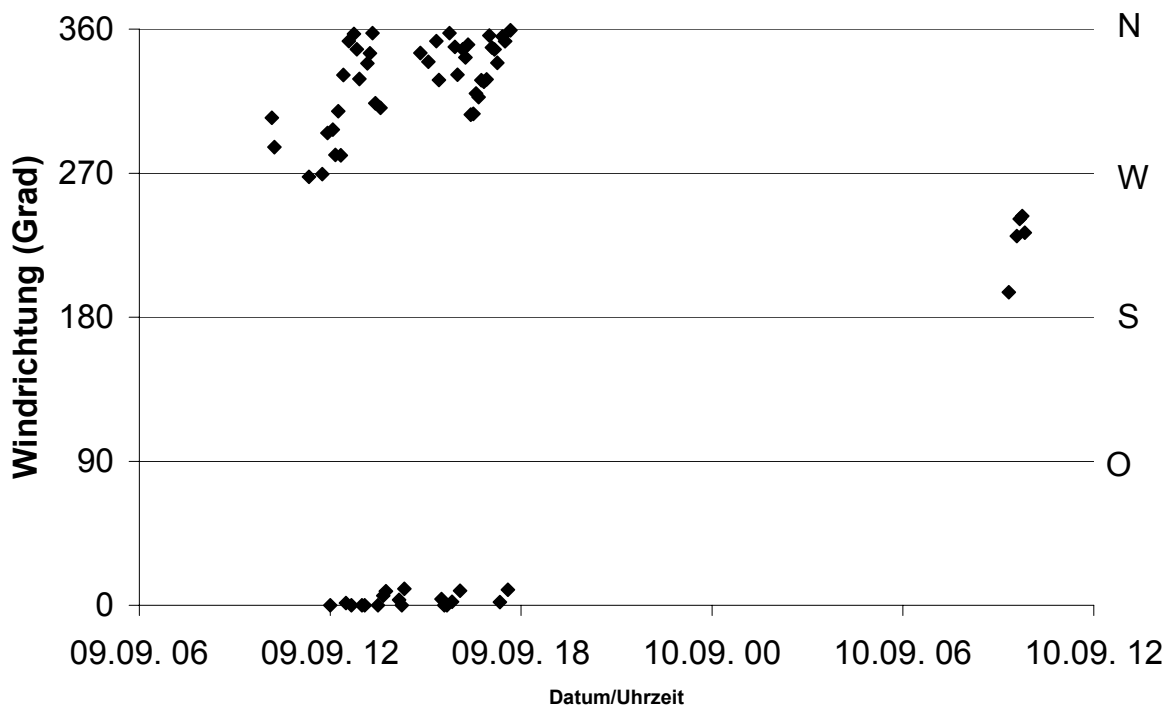


Abb. 16 : Verlauf der Windrichtung vom 9.9. auf den 10.9.2003, Klimastation WBI Freiburg. Unterbrechung der Aufzeichnung durch zu unempfindliche Einstellung des Messsystems.

Der Versuch vom 22.9. am Standort WB ergab für Falle A = 7, für Falle B = 12 und für Falle C = 15 zurückgefangene Männchen (s. Abb. 17). Die Auswertung der Windrichtung in diesem Zeitraum ist Abb. 18 zu entnehmen.

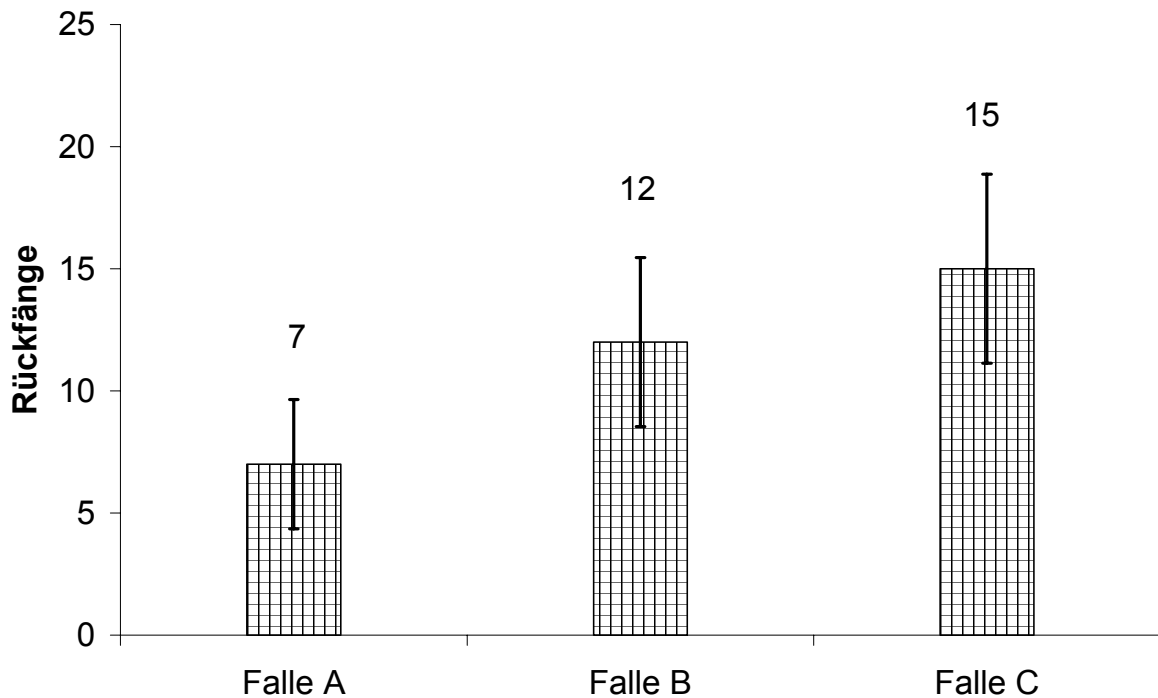


Abb. 17 : Rückfänge dreier Fallen unterschiedlicher Position (Falle A Hangoberseite, NNO, Falle B Mitte, Falle C Hangunterseite SSW) vom 22.9. auf den 23.9.2003.

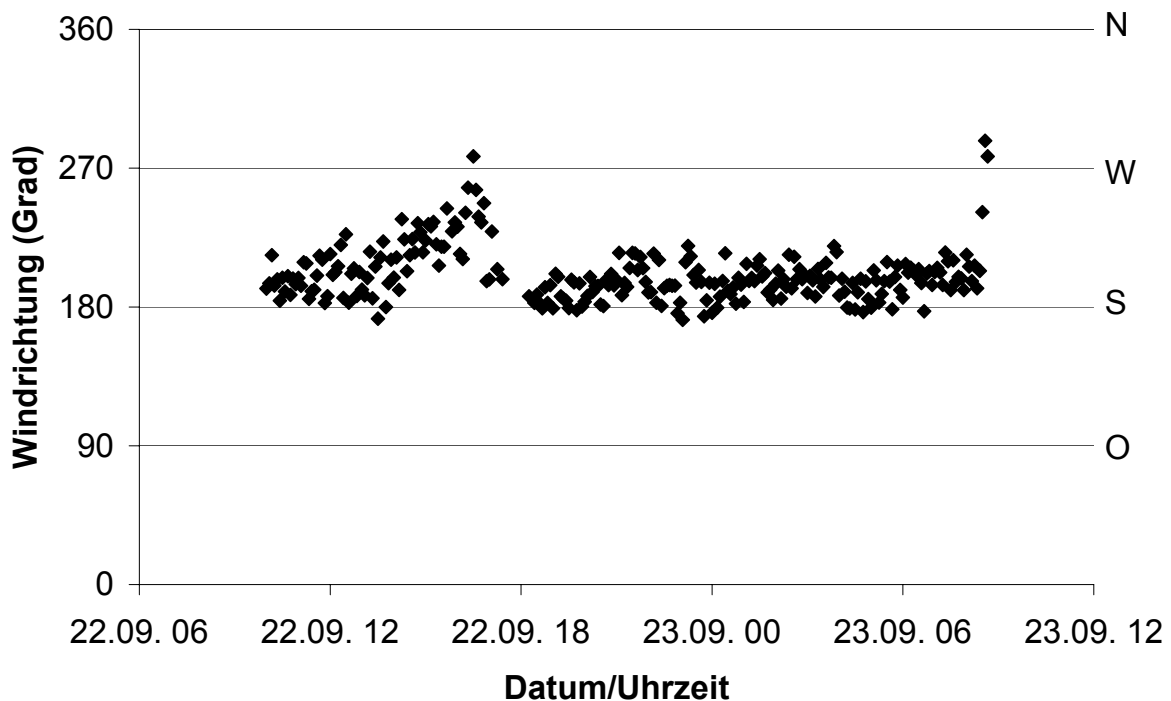


Abb. 18 : Verlauf der Windrichtung vom 22.9. auf den 13.9.2003, Klimastation WBI Freiburg. Eine Großwetterlage zeigt sich hier durch einen dominierenden Wind aus SSW.



#### **4.2.2.4 Diskussion Richtungsfänge**

Wie in Kapitel 2.2.3 beschrieben, erfolgt der Suchflug der Männchen von Lepidopterenarten, deren Weibchen mit Pheromonen locken, gegen die Windrichtung. Die in Luv liegende Falle ergibt eine längere „Pheromonspur“ im Käfig, und kann so eine größere Zahl von Männchen in ihren Fangbereich locken, die entgegen der Windrichtung die Falle anfliegen. Dies ist in Übereinstimmung mit den Messergebnissen:

Die Ergebnisse des ersten Versuchs vom 9.9. auf den 10.9. deuten auf eine Windrichtung aus Nordost, also einem Bergwind hin. Aufgrund einer zu unempfindlichen Einstellung der Klimastation wurde im Zeitraum vom 9.9., 18 Uhr bis 10.9., 10 Uhr keine Windrichtung aufgezeichnet.

Beim zweiten Versuch vom 22.9. auf den 23.9. war die Windrichtung strikt Südwest. Die Auswertung zeigt entsprechend bevorzugte Rückfänge in Richtung Südwest.

Als Konsequenz daraus muss gerade in Gegenden, in denen Weinbau an Hängen betrieben wird, eine Randabhängung von Dispensern über das eigentliche Gebiet hinaus in allen Richtungen erfolgen. Eine Randabhängung, die sich auf den zur Hauptwindrichtung gewandten Teil des behandelten Gebietes beschränkt, könnte bei entsprechenden Windrichtungen, die nicht der Hauptwindrichtung entsprechen, zu einer Ausdünnung der Pheromonwolke im Randbereich führen. Dies kann eine optimale Paarungsstörung gefährden und eine Überschreitung der Schadschwelle zur Folge haben.

Für das gewählte Versuchssystem ergibt sich aus diesen Ergebnissen, dass es sinnvoll ist, die mit Weibchen bestückte Falle in der Mitte des Käfigs aufzuhängen um Einflüsse unterschiedlicher Windsituationen möglichst gering zu halten.

### 4.2.3 Versuch Isomere

Das Pheromonbukett einer Art besteht wie in Kapitel 2.3.3 beschrieben aus verschiedensten Komponenten. In fast allen Fällen bestehen die Hauptkomponenten aus Alkenen bzw. Alkadienen mit funktioneller Gruppe. Deren jeweilige Isomere können - in allen bekannten Fällen zu einem erheblich geringeren Prozentsatz - in den jeweiligen Pheromonbuketts nachgewiesen werden (WITZGALL et al. 2004). Ob die „falschen“ Isomere eine Art „Verschmutzung“ ohne verhaltensändernde Wirkung oder verhaltensrelevante Bestandteile darstellen, ist in vielen Fällen nicht bekannt und ist sicherlich von Art zu Art unterschiedlich. In der Literatur liegen einige Hinweise vor, dass Stereoisomere bzw. unterschiedliche Mischungsverhältnisse derartiger Komponenten verhaltensändernde Wirkung haben können (EVENDEN et al. 1999, McDONOUGH et al. 1996, VICKERS et al. 1991). WITZGALL et al. (1996) konnten im Falle des Erbsenwicklers *Cydia nigricana* FABRICIUS feststellen, dass eine Erhöhung des Anteils des der Hauptkomponente zugehörigen Stereoisomers in Dispensern auf Männchen dieser Art abschreckend wirkte. Eher zufällig wurde in dieser Untersuchung beobachtet, dass eine mit Pheromondispensern behandelte Fläche von Männchen gemieden wurde. Eine Analyse der Dispenser ergab dann, dass sich das Verhältnis der Isomere durch unterschiedliches Abdampfverhalten zu Ungunsten der Hauptkomponente verschoben hatte.

Ein Nachteil der Paarungsstörung besteht generell in der Tatsache, dass die verwendeten Substanzen auf Männchen zwangsläufig attraktiv wirken. Da ein erhöhter Männchenanteil in Beständen die Wahrscheinlichkeit von Zufallsbegegnungen erhöht, liegt hierin eine systemimmanente Schwächung des Verfahrens. Eine ideale Substanz für die Paarungsstörung würde keine Lockwirkung auf Männchen ausüben, aber trotzdem einen sicheren „Paarungsstör-Effekt“ haben. Ziel des folgenden Versuches war festzustellen, ob für *E. ambiguella* durch eine Erhöhung des Anteils des „falschen“ Isomers - nämlich E-9:12AC - ähnliche Effekte wie oben beschrieben möglich sind. Aus der Literatur ist bekannt, dass in Windkanalversuchen eine Erhöhung des E-9:12AC-Anteils zu einer Verringerung der Attraktivität bei Männchen führt (ARN et al. 1979a, 1979b). Lockköderversuche im Freiland stellten hier ebenfalls eine stark verringerte Attraktivität für Männchen fest, sobald der E-9:12AC-Anteil der Köder auf wenige Prozent erhöht wurde. Theoretisch ist vorstellbar, dass ein erhöhter E-9:12AC-Anteil im verwendeten Pheromongemisch bei Männchen von *E. ambiguella* nicht nur hemmend, sondern sogar abschreckend

wirkt. Der zeitgleich im selben Habitat vorkommende Gelegenheitsschädling Springwurmwickler *Sparghanotis pilleriana* verwendet eben dieses Isomer als Hauptkomponente bei der Partnerfindung. Im Sinne einer ökologischen Einnischung könnte somit eine abschreckende Wirkung des falschen Isomers auf Männchen von *E. ambiguella* durchaus „sinnvoll“ sein.

#### 4.2.3.1 Versuchsdurchführung Isomere

3 Chargen von jeweils 106 Dispensern wurden mit Pheromon unterschiedlicher Isomerenverhältnisse befüllt. Angestrebt waren die Mischungsverhältnisse 95:5, 75:25 und 50:50 Z-9:12AC zu E-9:12AC in der Dampfphase. Dampfanalysen ergaben leichte Abweichungen der Mischungsverhältnisse (s. Tabelle 11)

**Tabelle 11** : Tatsächliche Mischungsverhältnisse Z-9:12AC zu E-9:12AC nach Dampfanalysen

Angestrebtes Mischungsverhältnis (Z:E)	Gemessene Durchschnittswerte
95:5	Keine Messung, Standard
75:25	76:24
50:50	56:44

Die nach Standardverfahren (s. Kap .3.3) gemessenen Gesamtabgaberaten sind Tabelle 12 zu entnehmen

**Tabelle 12** : Gesamtabgaberaten der jeweiligen Isomerenvariante in mg/d pro Dispenser

Isomerenverhältnis	Abgaberate in mg/d (Min- und Maxwert)
95:5	0,48-0,49
75:25	0,43-0,50
50:50	0,40-0,43

Im Weiteren werden die drei unterschiedlichen Dispensertypen mit **Typ 5** für das Isomerenverhältnis 95:5, **Typ 25** für das Isomerenverhältnis 75:25 und **Typ 50** für das Isomerenverhältnis 50:50 bezeichnet. Die Fragestellung ist, welches Isomerenverhältnis die besten Ergebnisse für eine Paarungsstörung aufweist. Auf ein konsequentes Mitlaufen einer Kontrolle wurde hier somit verzichtet.

Am 26.6.2002 wurden die Dispenser an drei verschiedenen Standorten aufgehängt, Dispenser des Typs 50 am Standort SB, Dispenser des Typs 25 am Standort SY und

Dispenser des Typs 5 am Standort GT. Zwischen dem 27.6. und 8.7. erfolgten 4 Freilassungstermine von insgesamt 145 Männchen je Standort. Die Weibchen in den Fallen wurden zu den jeweiligen Freilassungsterminen durch frische Weibchen ersetzt und die Anzahl zurückgefangener Männchen nach Dispensertypen getrennt bis zum 11.7. aufgezeichnet.

Nach einem Abhängen der Dispenser am 11.7. und anschließendem Leerfangen der Käfige wurden die Dispenser am 17.7. erneut aufgehängt. In dieser 2. Serie waren die Dispenser des Typs 50 am Standort SY, Typ 25 am Standort GT und die des Typs 5 am Standort SB aufgehängt. 4 Freilassungen von insgesamt 165 Männchen je Standort erfolgten vom 17.7. bis zum 29.7.. Die Weibchen in den Fallen wurden zu den jeweiligen Freilassungsterminen durch frische Weibchen ersetzt und die Anzahl zurückgefangener Männchen nach Varianten getrennt bis zum 31.7. aufgezeichnet.

Nach einem Abhängen der Dispenser am 1.8. und anschließendem Leerfangen der Käfige wurden die Dispenser am 4.9. erneut aufgehängt. In dieser 3. Serie waren die Dispenser des Typs 50 am Standort GT, die des Typs 25 am Standort SB und diejenigen des Typs 5 am Standort SY aufgehängt. 4 Freilassungen von insgesamt 170 Männchen je Standort erfolgten vom 5.9. bis zum 17.9.. Die Weibchen in den Fallen wurden zu den jeweiligen Freilassungsterminen durch frische Weibchen ersetzt und die Anzahl zurückgefangener Männchen nach Varianten getrennt bis zum 20.9. aufgezeichnet.

### 4.2.3.2 Versuchsergebnisse Isomere

Die Versuchsergebnisse aufgeteilt nach Varianten sind Tabelle 13 zu entnehmen.

**Tabelle 13** : Anzahl Rückfänge pro Variante/Standort

Termin	Anzahl freigelassene Männchen pro Standort	Rückfänge Typ 50	Rückfänge Typ 25	Rückfänge Typ 5
27.6.-8.7. 4 Freilassungen	145	19	10	5
17.7.-29.7. 4 Freilassungen	160	19	6	2
5.9.-17.9. 4 Freilassungen	170	38	17	6
Gesamt	480	76	33	13

Die Darstellungen der Einzelergebnisse und des Gesamtergebnisses sind Abb. 19 und Abb. 20 zu entnehmen. Ein Vergleich der jeweiligen Gesamtergebnisse der unterschiedlichen Dispensertypen mit dem Vierfelder- $\chi^2$ -Test mit jeweils a und c = Rückfänge des jeweiligen Dispensertyps und b und d = Anzahl freigelassener Männchen pro Standort abzüglich der Rückfänge des jeweiligen Dispensertyps ergibt für Typ 50 zu Typ 25 und für Typ 25 zu Typ 5 jeweils  $\alpha = 0,01$ , die gemessenen Unterschiede sind also hochsignifikant.

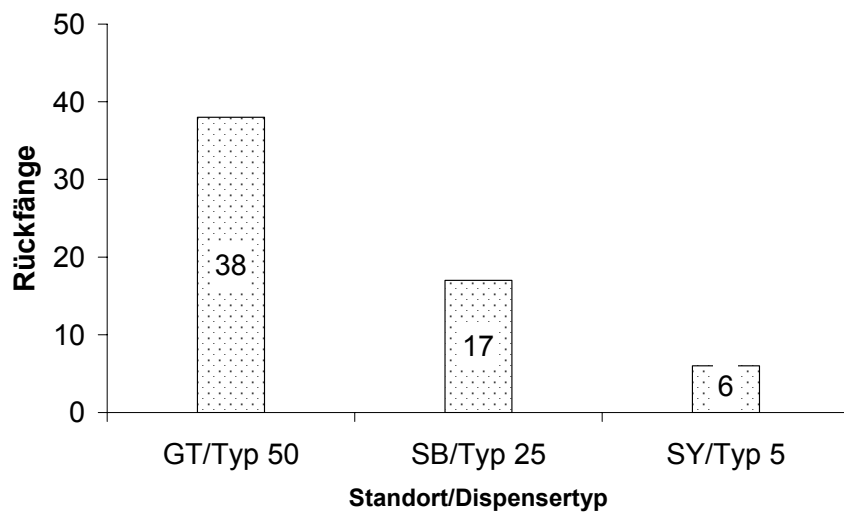
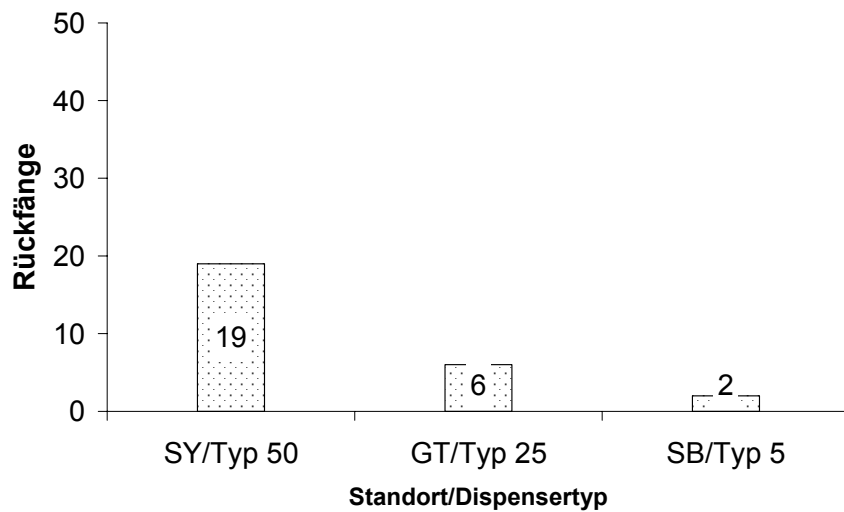
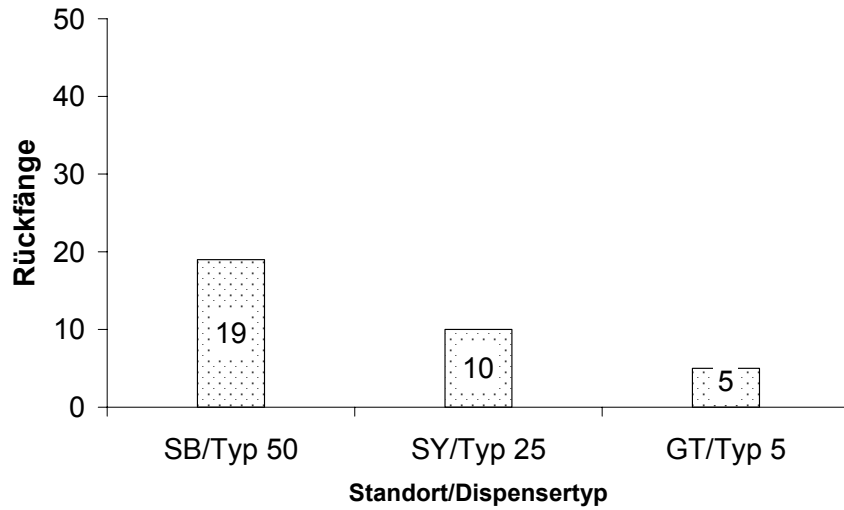


Abb. 19 : Darstellung der Einzelergebnisse der 3 Serien zur Feststellung der Auswirkung unterschiedlicher Dispensertypen (Isomeregemische) auf den Erfolg der Paarungsstörung bei *E. ambiguella*.

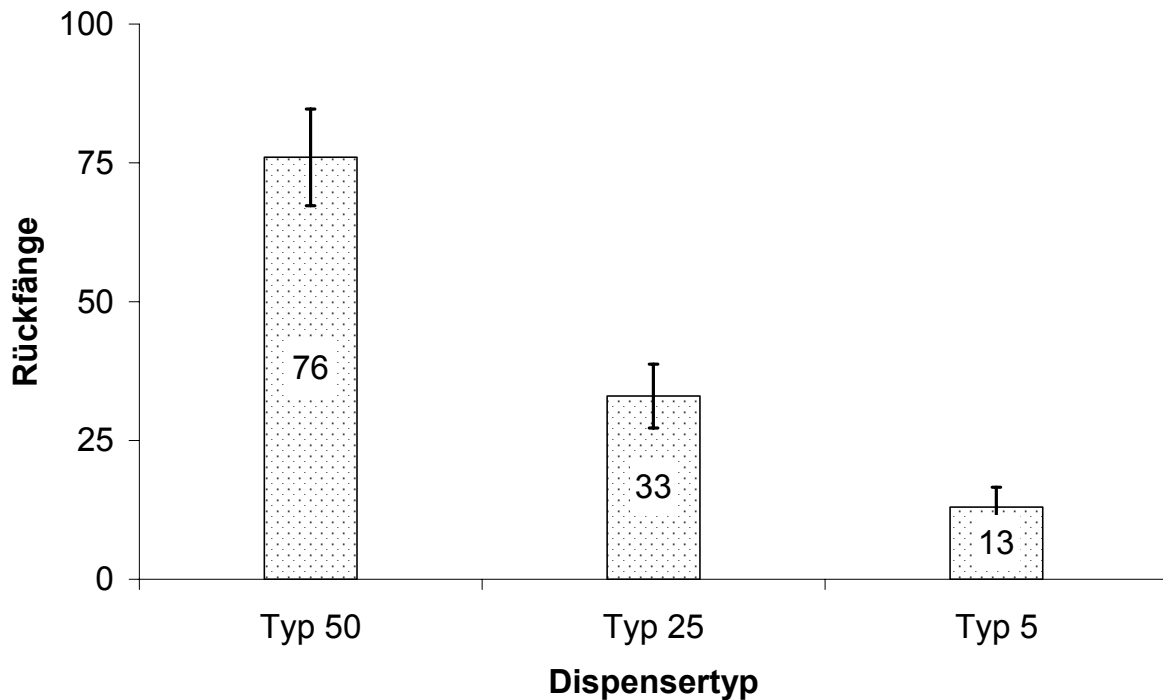


Abb. 20 : Gesamtergebnis des Versuchs zur Feststellung der Auswirkung unterschiedlicher Dispensertypen (Isomerengemische) auf den Erfolg der Paarungsstörung bei *E. ambiguella*.

#### 4.2.3.3 Diskussion Isomere

Festzustellen ist ein abnehmender Paarungsstörungserfolg bei zunehmendem Anteil des „falschen“ Isomers E-9:12AC in der Dispenserbefüllung. Das Verhältnis der Rückfänge zueinander blieb in jeder Freilassungsserie, über ein breites Spektrum klimatischer Faktoren hinweg und für jeden Standort durchgehend stabil. Somit ließ sich das Konzept nicht umsetzen, mittels einer „Verunreinigung“ der abgegebenen Pheromonwolke mit einem Anteil an E-9:12AC die Attraktivität für Männchen von *E. ambiguella* für solche Flächen bei gleichzeitiger Aufrechterhaltung einer Paarungsstörung herabzusetzen. Inwieweit dieses Konzept allerdings für andere Arten von Bedeutung sein kann (z.B. WITZGALL et al. 1996), bleibt offen.

#### **4.2.4 Versuche zu Einflüssen der Pheromonkonzentration**

Der Einfluss der im Bestand herrschenden Pheromonkonzentration auf die jeweiligen Zielorganismen und der Zusammenhang von Dispenserabgaberate und Erfolg der Paarungsstörung sind für eine effiziente Anwendung des Verfahrens von höchstem Interesse. Bisherige Messmethoden lassen hierfür nur äußerst vage Annäherungen zu. Im Folgenden werden Versuche beschrieben, die einen konkreten Zusammenhang von Einzeldispenserabgaberraten und Erfolg der Paarungsstörung gegenüber *E. ambiguella* und *L. botrana* herzustellen versuchen.

##### **4.2.4.1 Phänomen Verdriftung Pheromonwolke**

Bei Beginn der in Kapitel 4.2.3 beschriebenen Versuche bezüglich *E. ambiguella* wurden am Standort Hügllinsberg, Staatsweingut Blankenhornsberg/Ihringen (s. Foto 9), 4 Käfige errichtet. Im Anschluss daran wurden 3 Käfige mit jeweils einem Typ unterschiedlicher Isomeregemische (Typ 5, Typ 25, Typ 50) umgeben. Der 4. Käfig diente als Kontrolle. An insgesamt 5 Freilassungsterminen (13.5.-29.5.2002) wurden pro Käfig 140, insgesamt also 560 Männchen freigelassen. Von diesen konnten bis zum 3.6. insgesamt nur 10 zurückgefangen werden. Die jeweiligen Dispensertypen und die Kontrolle unterschieden sich in dieser Hinsicht nicht, ein zwischenzeitlicher Wechsel und auch ein komplettes Entfernen der Dispenser hatte keinerlei Einfluss auf die Rückfänge. Ebenfalls keinen Einfluss hatte das Ersetzen eines Weibchenköder durch einen künstlichen Pheromonköder (vgl. Kap. 4.1.2!). Der mittels zweier Pheromonköderfallen festgestellte Flug der ersten Generation von *E. ambiguella* - Wildpopulationen auf der Gemarkung Ihringen im Monat Mai 2002 schließt klimatische Gründe für die beobachteten Effekte aus (s. Abb. 21).

In einem weiteren Versuch wurden am 3.6. in drei der Käfige jeweils 45 Männchen von *E. ambiguella* freigelassen. In zwei dieser Käfige hingen Weibchenköderfallen, im dritten eine künstliche Pheromonköderfalle. Dispenser hingen an den jeweiligen Standorten zu diesem Zeitpunkt keine mehr. Am darauf folgenden Tag wurden in zwei dieser Käfige zusätzlich Männchen von *L. botrana* freigelassen, eine Aufhängung von Weibchenköderfallen mit Weibchen dieser Art in die entsprechenden Käfige erfolgte ebenfalls. In den einen Käfig wurden 60, in den anderen wurden 35 Männchen freigelassen.

Bis zum 10.6. wurden von den Weibchenköderfallen mit *E. ambiguella* in einem Falle 5, im anderen Falle 3 Männchen zurückgefangen. Die mit einer künstlichen



Pheromonköderfalle für *E. ambiguella* ausgestattete Falle fing bis dahin 3 Männchen zurück.

Die Rückfänge bei *L. botrana* stellten sich wie folgt dar. In der Weibchenköderfalle des Käfigs mit 35 freigelassenen Männchen von *L. botrana* wurden bis zum 10.6. insgesamt 31, in dem mit 60 freigelassenen Männchen 45 Männchen von *L. botrana* zurückgefangen.

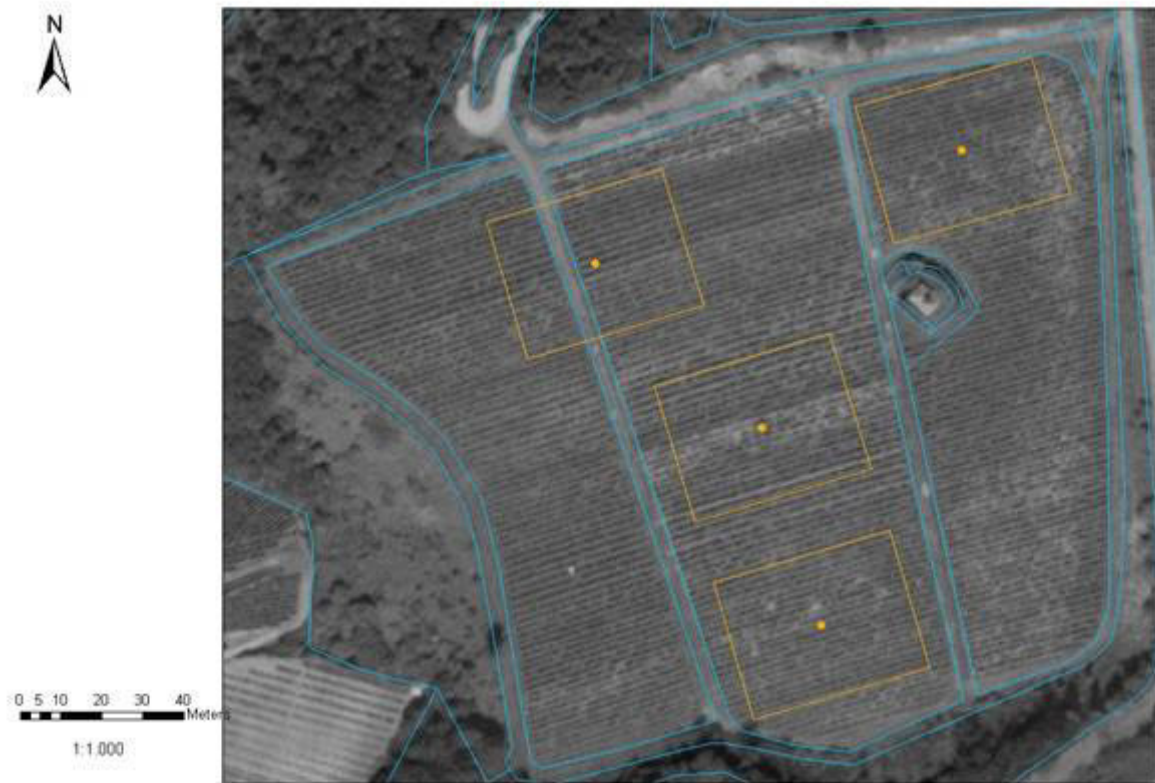


Foto 9 : Luftaufnahme des Standorts Hüglinenberg, Staatsweingut Blankenhornsberg/Ihringen. Gelb umrandet die 4 Versuchsflächen mit den Käfigen im Zentrum. Am äußersten rechten Bildrand ist der Gratweg zu erkennen. Rechts davon liegen großflächig mit Standardpheromonen behandelte Rebflächen (Bild Ullrich, WBI Freiburg).

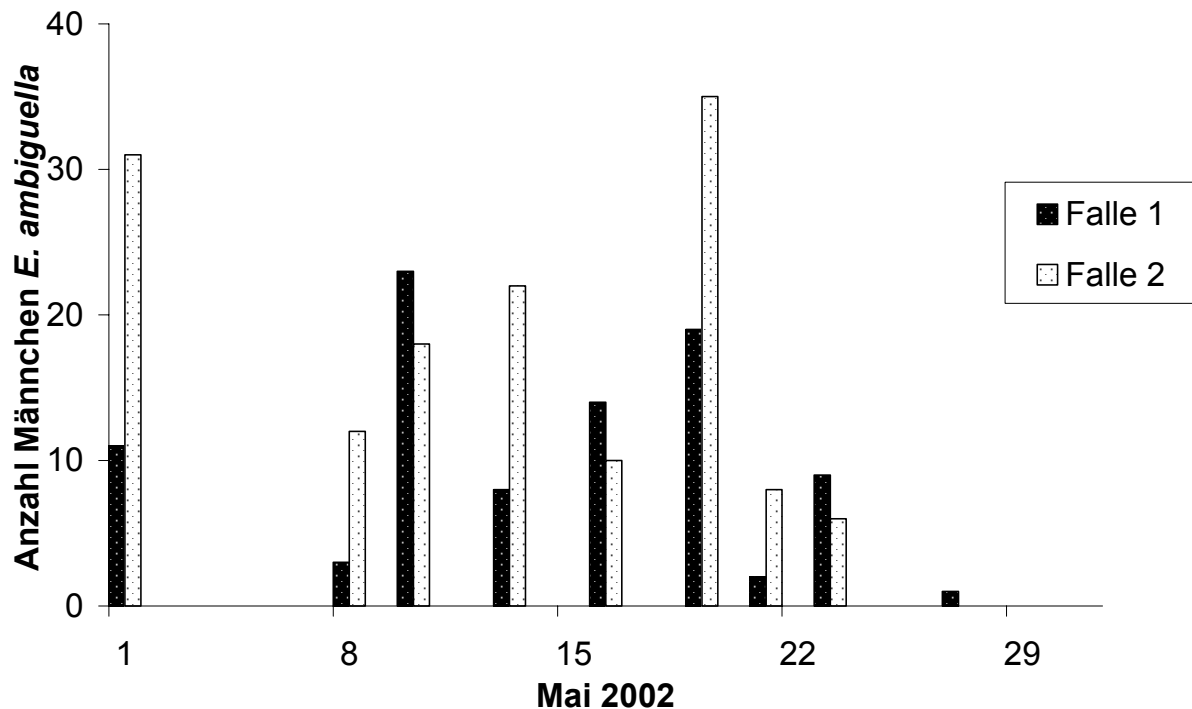


Abb. 21 : Registrierte Rückfänge von Männchen von *E. ambiguella*- Wildpopulationen in 2 Monitoring-Fallen auf der Gemarkung Ihringen im Mai 2002.

#### 4.2.4.2 Diskussion Phänomen Verdriftung Pheromonwolke

Zur Erklärung dieser Ergebnisse können folgende Überlegungen dienen. Die Versuchsfläche Hüglnsberg befindet sich an einem nach Westen geneigten Hang. Oberhalb dieser Fläche verläuft ein Gratweg. Der Abstand zwischen den Käfigen und dem Gratweg lag zwischen 40m und 120m. An dem sich anschließenden, nach Osten neigenden Gebiet befinden sich weitere Rebflächen des Staatsweinguts Ihringen/Blankenhornsberg. Diese waren zum Zeitpunkt des Versuchs mit Dispensern des Typs RAK 1+2 der BASF AG im Rahmen einer konventionellen Paarungsstörung großflächig abgehängt. Es ist somit möglich, dass die Pheromonwolke aus diesem Gebiet über den Grat hinweg auf die Versuchsfläche Hüglnsberg ausstrahlte, und diese Ausstrahlung die Versuchstiere beeinflusst hatte. In diesem Zusammenhang sind die unterschiedlichen Rückfänge der Männchen von *E. ambiguella* und *L. botrana* erwähnenswert. Trifft die Vermutung der ausstrahlenden Pheromonwolke zu, ergibt sich angesichts der beobachteten Rückfänge die Konsequenz, dass die Beeinflussung sich nur auf Männchen von *E. ambiguella* beschränkt. Die Anzahl der Rückfänge bei *L. botrana* weist selbst am Käfig, der mit 40 m Abstand zum Gratweg der pheromonbehandelten Fläche am

nächsten liegt, keinen Hinweis auf eine derartige Beeinflussung auf. Dies deutet darauf hin, dass sich die beiden Traubenwicklerarten in Bezug auf die Pheromonkonzentration unterscheiden, die für eine effiziente Paarungsstörung erforderlich ist. Für *L. botrana* wäre demnach eine weitaus höhere Pheromonkonzentration erforderlich als für *E. ambiguella*.

#### **4.2.4.3 Versuche zur Auswirkung der Dispenserdichte**

Die Dichte der für die Paarungsstörung in Weinberge gehängten Dispenser hat natürlich Konsequenzen für die Konzentration des in den Bestand abgegebenen Pheromons. Für die beiden im europäischen Weinbau verwendeten Dispensertypen wird eine Dichte von 500 Dispensern pro Hektar, also ein Dispenser auf 20 m<sup>2</sup>, bei der konventionellen Anwendung der Paarungsstörung propagiert. Dies wird in der praktischen Anwendung bisweilen nicht eingehalten.

Um die Auswirkungen unterschiedlicher Dispenserdichten auf den Erfolg der Paarungsstörung bei *L. botrana* zu untersuchen, wurde folgender Versuch durchgeführt.

##### **4.2.4.3.1 Versuchsdurchführung Auswirkung der Dispenserdichte**

Für diesen Versuch wurden Dispenser mit einer mittleren Abgaberate von ca. 1,0 mg/d E7Z9-12AC, der Hauptkomponente von *L. botrana* verwendet. 100 Dispenser dieses Typs wurden am Standort WB in einer Dichte von einem Dispenser auf 20 m<sup>2</sup> (entsprechend 500 Dispenser pro Hektar) ausgehängt, der Standort SB diente als Kontrolle. An vier Freilassungsterminen zwischen dem 9.5.2003 und dem 10.6. wurden je Käfig pro Termin 40, d.h. insgesamt 160 Männchen freigelassen. Die Rückfänge wurden bis um 12.6. notiert.

Am 12.6. wurden die Dispenser am Standort WB auf eine Dichte von einem Dispenser auf 25 m<sup>2</sup> (entsprechend 400 Dispenser pro Hektar) ausgedünnt. Im Anschluss wurden am 13.6., 16.6. und 19.6. je 40 Männchen pro Käfig freigelassen und die Rückfänge bis zum 23.6. aufgezeichnet.

Am 23.6. wurden die Dispenser am Standort WB entfernt und die Käfige bis zum 25.6. leergefangen. Am 25.6. wurden die Dispenser am Standort SB, wiederum in einer Dichte von einem Dispenser auf 25 m<sup>2</sup>, ausgehängt. Der Standort WB diente als Kontrolle. Am 26.6., 30.6. und 3.7. erfolgte wiederum eine Freilassung von je 40 Männchen pro Termin in die beiden Käfige. Am 7.7. wurden die Dispenser am Standort SB wieder auf eine Dichte von einem Dispenser auf 20 m<sup>2</sup> ausgehängt. Im

Anschluss darauf folgten 3 Freilassungen von je 40 Männchen pro Käfig am 7.7., 10.7. und 18.7., die Rückfänge wurden bis zum 21.7. aufgezeichnet.

#### **4.2.4.3.2 Versuchsergebnisse zur Auswirkung der Dispenserdichte**

Die Versuchsergebnisse sind Tabelle 14 zu entnehmen.

**Tabelle 14** : Vergleich der Rückfänge von Pheromonvariante und Kontrolle bei unterschiedlichen Dispenserdichten

Termin freigelassene pro Standort	Anzahl Männchen	Dispenserdichte	Rückfänge Pheromonbehandelt	Rückfänge Kontrolle
9.5.-12.6./160		500/ha	2	76
12.6.-7.7./240		400/ha	29	124
7.7.-21.7./120		500/ha	1	48

Die Rückfänge der 4 Freilassungstermine zwischen dem 9.5. und 12.6. bei einer Dispenserdichte von 500 Dispensern pro Hektar entsprechen einer Rückfangquote von ca. 3 %.

Die Rückfänge der 6 Freilassungstermine zwischen den 12.6. und 7.7. bei einer Dispenserdichte von 400 Dispenser pro Hektar entsprechen einer Rückfangquote von ca. 23 %.

Die Rückfänge der 3 Freilassungstermine zwischen 7.7. und 18.7. bei einer Dispenserdichte von 500 Dispenser pro Hektar entsprechen einer Rückfangquote von ca. 2 % (s. Abb. 22).

Fasst man die die beiden Ergebnisse der Freilassungen bei einer Dispenserdichte von 500 Dispensern pro Hektar zusammen und wendet gegenüber den Ergebnissen der Freilassungen bei 400 Dispensern pro Hektar den Vierfelder- $\chi^2$ -Test mit:

a = Rückfänge pheromonbehandelt 400 Dispenser pro Hektar

b = Rückfänge der Kontrolle zeitgleich zu a

c = Rückfänge pheromonbehandelt 500 Dispenser pro Hektar

d = Rückfänge der Kontrolle zeitgleich zu c,

so ergibt sich  $\alpha = 0,01$ . Der Unterschied im Behandlungserfolg ist also hochsignifikant.

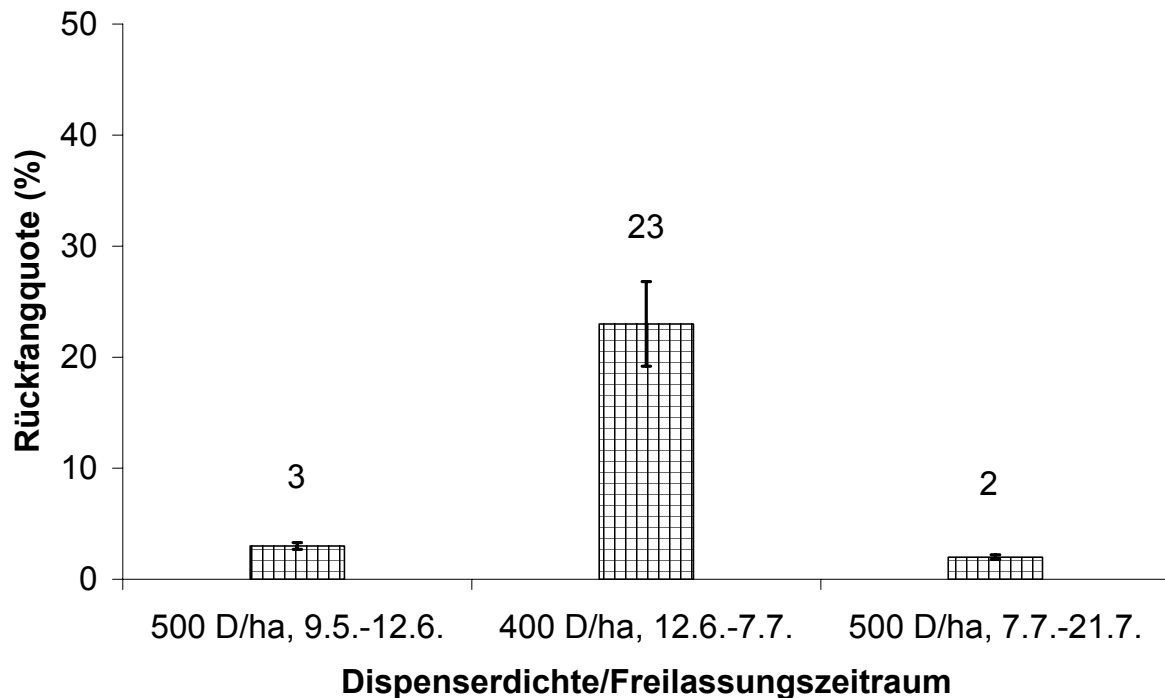


Abb. 22 : Vergleich der Auswirkung unterschiedlicher Dispenserdichten auf Rückfangquoten bei *L. botrana*.

#### 4.2.4.3.3 **Diskussion zur Auswirkung der Dispenserdichte**

Die Versuchsergebnisse lassen folgenden Schluss zu. Bei der in diesem Versuch von den eingesetzten Dispensern emittierten Abgaberate von 1,0 mg/d handelt es sich um ein Wert, der bei einer Dichte von 500 Dispensern pro ha in allen im Rahmen der vorliegenden Arbeit durchgeführten Versuche ausreichte, eine vollständige Paarungsstörung bei *L. botrana* zu erreichen. Durch die erfolgte Ausdünnung der Dispenserdichte sinkt die Konzentration von Pheromon im Bestand. Das System der Paarungsstörung scheint in diesem Grenzbereich der Dispenserabgaberate bei ungenügender Dispenserdichte instabil zu werden. Nach einer Erhöhung der Dispenserdichte in diesem Versuch war eine vollständige Paarungsstörung wieder gegeben. Da diese Versuche nacheinander erfolgten, erhebt sich die Frage, inwieweit die Einflüsse des Klimas, z. B. Lufttemperatur, einen Einfluss auf die Ergebnisse hatten. Der Verlauf der Lufttemperatur über den Gesamtzeitraum der Versuche (s. Abb. 23) zeigt, dass während des ersten Versuchs mit 500 Dispensern pro Hektar die Temperaturen im Vergleich am niedrigsten waren. Da gerade niedrige Nachttemperaturen für die Aufrechterhaltung einer ausreichenden Pheromonkonzentration äußerst kritisch sind, wäre hier am ehesten eine Verminderung des Paarungsstörungserfolges zu erwarten gewesen. Im Gegensatz

dazu waren die Lufttemperaturen beim Versuch mit 400 Dispensern pro Hektar und dem zweiten Versuch mit 500 Dispensern pro Hektar für die Paarungsstörung günstig. Somit kann man also einen relevanten Einfluss der Wetterbedingungen auf diese Versuchsergebnisse ausschließen.

Dies bedeutet als Konsequenz für die praktische Anwendung der Paarungsstörung, dass eine Dispenserdichte von 500 Dispensern pro Hektar bei einer Emissionsrate von 1,0 mg/d keinesfalls unterschritten werden sollte, um einen Behandlungserfolg nicht zu gefährden.

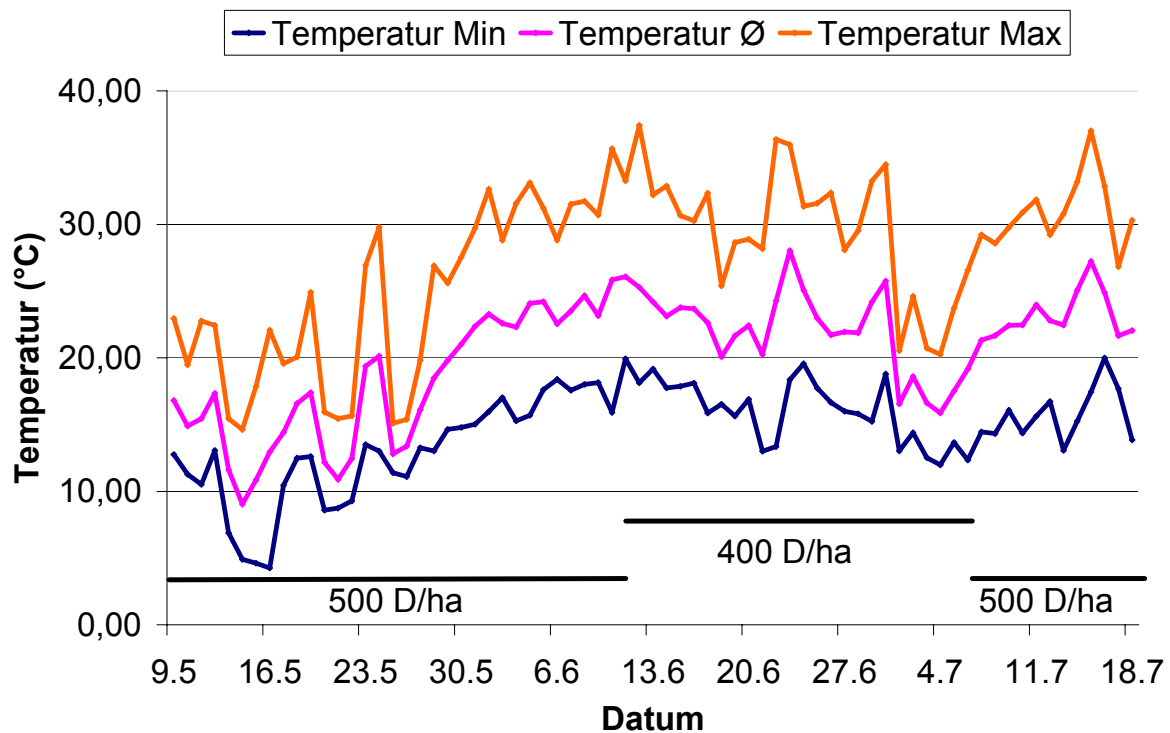


Abb. 23 : Verlauf der Temperatur mit Min.- und Max-Werten im Zeitraum des Versuchs „Auswirkungen unterschiedlicher Dispenserdichten“. Klimastation WBI Freiburg.

#### **4.2.4.4 Versuch „Gebrauchte“ Dispenser**

Wie in Kapitel 2.2.4.3 bereits erwähnt, sollte ein idealer Dispenser bei der Anwendung der Paarungsstörung über die Gesamtzeit des Auftretens der jeweiligen Zielorganismen relativ gleichmäßig Pheromon einer bestimmten Menge abgeben. Messungen zufolge können Dispenser, die eine längere Zeit im Einsatz waren, unterschiedlich stark in ihrer individuellen Abgaberate schwanken. Dies könnte dazu führen, dass womöglich die auf eine behandelte Fläche bezogene insgesamt von Dispensern abgegebene Menge an Pheromon zur Aufrechterhaltung der Paarungsstörung ausreichen könnte, durch individuelle Schwankungen in ihrer Abgaberate aber Lücken in der Pheromonwolke entstehen. In diesen Lücken könnten Männchen in die Lage versetzt werden, Weibchen wahrzunehmen. Um die Auswirkungen der Anwendung „gebrauchter“ Dispenser zu überprüfen, wurde folgender Versuch mit *L. botrana* durchgeführt

##### **4.2.4.4.1 Versuchsdurchführung „Gebrauchte“ Dispenser**

Am 24.7.2002 wurden aus mit Pheromon behandelten Weinbergen einer Gemarkung in der Nähe Freiburgs an 104 zufällig verteilten Stellen Dispenser entnommen und durch Neuware desselben Typs ersetzt. 100 der Dispenser wurden im Institut bei 6°C gelagert, um Pheromonverluste bis zum Beginn der Versuche auszuschließen bzw. extrem gering zu halten. Am 5.8. wurden die 100 Dispenser am Standort GT aufgehängt, der Standort SY diente für diesen Versuch als Kontrolle. Am 6.8. erfolgte eine Freilassung von 45 Männchen je Käfig bei gleichzeitiger Aufhängung einer Weibchenköderfalle. Am 9.8. erfolgte eine weitere Freilassung mit 40 Männchen je Käfig, die Weibchenköderfallen wurden mit frischen Weibchen bestückt. Am 13.8. wurden die Dispenser entfernt und die Weibchenköderfallen mit frischen Weibchen bestückt, wobei bis zum 16.8. keine Rückfänge registriert wurden.

Am 16.8. wurden die Dispenser am Standort SY aufgehängt, der Standort GT diente als Kontrolle. Unmittelbar im Anschluss wurden 45 Männchen pro Käfig freigelassen und die Weibchenköderfallen mit frischen Weibchen bestückt. Am 20.8. wurden wiederum 45 Männchen pro Käfig freigelassen und die Weibchenköderfallen mit frischen Weibchen bestückt. Die Rückfänge wurden bis zum 23.8. aufgezeichnet

#### 4.2.4.4.2 Versuchsergebnisse „Gebrauchte“ Dispenser

Die entnommenen Dispenser waren im Rahmen einer konventionellen Anwendung der Paarungsstörung am 12.4.2002 aufgehängt worden. 4 der Dispenser waren am 24.7. zur Messung der Abgaberate nach Kaiserslautern geschickt worden. Die Messungen ergaben eine Gesamtabgaberate von 1,4 mg/d, 2,0 mg/d, 2,1 mg/d und 3,4 mg/d, schwankten also in dieser Hinsicht sehr stark. Da es sich bei den Dispensern um einen Kombinationsdispensertyp handelt, der sowohl Z9-12AC als auch E7Z9-12AC emittiert, wurde an 2 Dispensern noch eine Dampfanalyse durchgeführt, die eine Abgabe von 0,45 mg/d und 0,55 mg/d an E7Z9-12AC ergab. Eine größere Zahl an Dampfanalysen wäre für eine klarere Aussage wünschenswert gewesen, musste aber aus Kostengründen unterbleiben.

Die Anzahl der Rückfänge der Versuche sind Tabelle 15 zu entnehmen.

**Tabelle 15** : Vergleich der Rückfänge von Dispensertyp „Gebraucht“ und Kontrolle

	Anzahl freigelassener Männchen pro Standort	Rückfänge Variante „Gebraucht“	Rückfänge Kontrolle
1. Serie	85	35	31
2. Serie	90	40	41
Gesamt	175	75	72

Die Darstellung des Gesamtergebnisses ist Abb. 24 zu entnehmen.

Eine Auswertung mit dem Vierfelder- $\chi^2$ -Test mit:

a = Rückfänge Dispensertyp „Gebraucht“

b = Anzahl gesamt freigelassener Männchen pro Standort abzüglich a

c = Rückfänge Kontrolle

d = Anzahl gesamt freigelassener Männchen pro Standort abzüglich c,

ergibt  $\chi^2 = 0,11$ ,

das bedeutet, die gemessenen Unterschiede sind erwartungsgemäß nicht signifikant.

Von den benutzten Dispensern wurden am 23.8., dem Ende des Versuchs, 6 Dispenser zur Ermittlung der Abgaberraten nach Kaiserslautern geschickt. Die dortigen Untersuchungen ergaben Abgaberraten von 0,8 mg/d, 0,8 mg/d, 0,9 mg/d, 1,2 mg/d, 1,4 mg/d und 1,7 mg/d. Dampfanalysen ergaben bei 2 gemessenen Dispensern eine Abgabe an E7Z9-12AC von 0,19 mg/d bzw. 0,37 mg/d. Die Abgaberraten waren also gegenüber der ersten Messung deutlich gesunken.



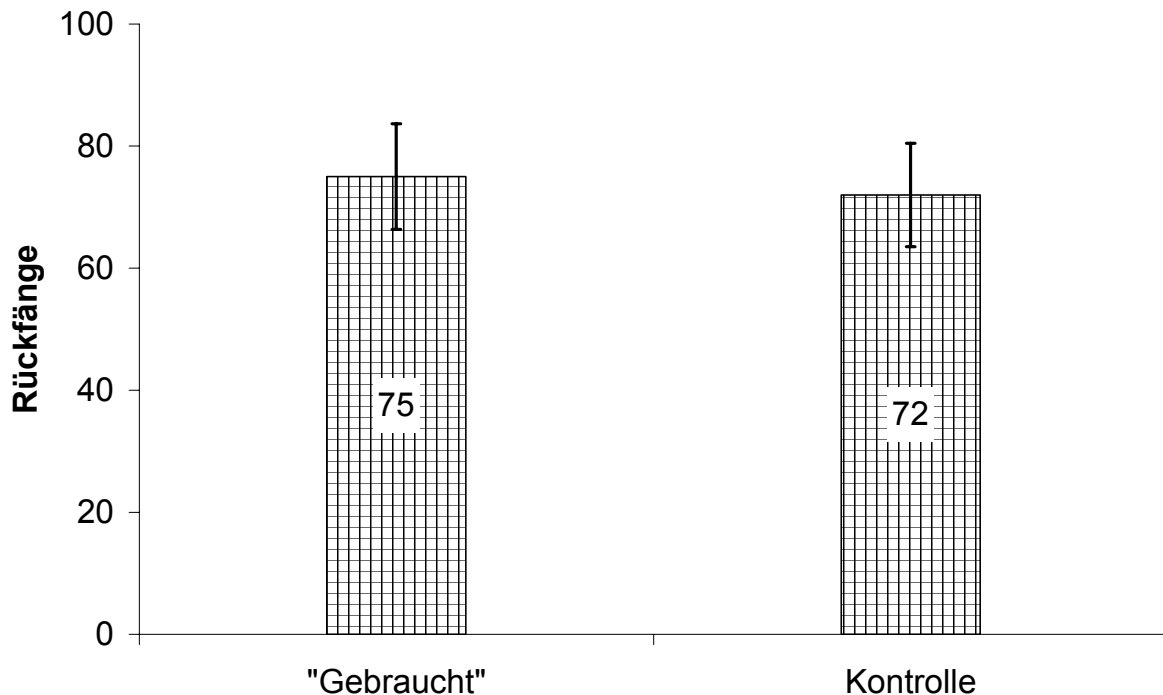


Abb. 24 : Gegenüberstellung von Rückfängen des Dispensertyps „Gebraucht“ und der zeitgleich durchgeführten Kontrolle.

#### 4.2.4.4.3 *Diskussion „Gebrauchte“ Dispenser*

Die Versuchsergebnisse lassen folgenden Schluss zu: Obwohl die „gebrauchten“ Dispenser in den gemessenen Abgaberraten zu Beginn noch in einem Bereich lagen, die in anderen Untersuchungen bei gleichmäßiger Abgaberrate aller Dispenser in dieser Höhe noch eine Wirkung im Biotest aufwiesen (s. Kap.4.2.4.5.1), wurden in diesem Versuch in der Pheromonvariante von Beginn an Rückfänge in Höhe der Kontrolle registriert. Durch den Ausfall bzw. die stark reduzierte Abgaberrate einzelner Dispenser scheint das System nicht mehr in der Lage zu sein, eine Paarungsstörung flächendeckend aufrecht zu erhalten. Als Konsequenz hieraus erwächst die Forderung, dass Dispenser bis zum Ende ihrer Einsatzzeit zu stabilen Abgaberraten in bestimmter Höhe in der Lage sein müssen, soll die Wirkungssicherheit des Verfahrens gewährleistet sein. Im vorliegenden Fall hielt der Flug der 2. Generation von *L. botrana* zum Zeitpunkt der Entnahme der Versuchsdispenser in den betreffenden Gebieten noch an.

#### **4.2.4.5 Versuche Schwellenwerte**

Wie einleitend schon erwähnt, besteht bis dato keine echte Korrelation zwischen Abgaberate eines Einzeldispensers und Erfolg der Paarungsstörung. So verfügt man beispielsweise über eine große Menge an Daten von Abgaberationen, ohne dass damit ein konkreter Bezug zu deren Behandlungserfolg bestünde. Die tatsächliche Konzentration des Pheromons in der Luft eines Weinbergs ist schwer zu messen und die Messungen sind mit großen Fehlern behaftet. Somit erscheint es sinnvoll, den Erfolg der Paarungsstörung im gewählten Versuchssystem für Dispensertypen unterschiedlicher Abgabeleistung zu messen und einen funktionellen Zusammenhang zwischen Abgabeleistung und Erfolg der Paarungsstörung zu etablieren. Der so ermittelte Wert einer Abgaberate, ab dem eine bestmögliche Paarungsstörung stattfindet, wird als Schwellenwert bezeichnet.

Definition Schwellenwert:

Abgaberate einer ausreichend großen Stichprobe von Dispensern (gemessen unter standardisierten Bedingungen im Labor), ab dem im hier gewählten Versuchsaufbau nur noch eine Rückfangquote im Zufallsbereich festgestellt werden kann.

##### **4.2.4.5.1 Versuch Schwellenwert *L. botrana***

Zur Ermittlung eines Zusammenhangs von Dispenserabgaberate und Erfolg der Paarungsstörung bei *L. botrana* wurden im Jahr 2003 folgende Versuche durchgeführt.

###### **4.2.4.5.1.1 Versuchsdurchführung Schwellenwert *L. botrana***

Für diesen Versuch wurden zum Teil eigens hierfür hergestellte Dispenser mit kontrolliert gedrosselter Abgaberate eingesetzt. Insgesamt kamen vier Dispensertypen mit folgenden Dispenserabgaberationen zum Einsatz:

- Typ **A**, Abgaberate gedrosselt auf ca. 0,2 mg/d
- Typ **B**, Abgaberate gedrosselt auf ca. 0,5 mg/d
- Typ **C**, Abgaberate gedrosselt auf ca. 0,7 mg/d
- Typ **D**, ein kommerzieller Dispensertyp der BASF AG, RAK 2 mit einer nach den Versuchen gemessenen mittleren Abgaberate von ca. 1,0 mg/d

Die verschiedenen Dispensertypen wurden nach dem Schema des in Kapitel 3.4.4.2 erläuterten Standardversuchs, also mit jeweils zeitgleich erfolgender Kontrolle, untersucht:

- Typ A am Standort SY, zeitgleiche Kontrolle GT, und umgekehrt
- Typ B am Standort WB, zeitgleiche Kontrolle SB, und umgekehrt
- Typ C am Standort WB, zeitgleiche Kontrolle SB, und umgekehrt
- Typ D am Standort SY, zeitgleiche Kontrolle GT, und umgekehrt

Die Anzahl freigelassener Männchen betrug durchweg 40 Männchen pro Standort bei je 4 Freilassungsterminen, das heißt pro Versuch insgesamt 320.

#### 4.2.4.5.1.2 Versuchsergebnisse Schwellenwert *L. botrana*

Die Versuchsergebnisse sind Tabelle 16 zu entnehmen.

**Tabelle 16** : Vergleich der Rückfänge von Pheromonvarianten und Kontrolle bei unterschiedlichen Dispensertypen

Dispensertyp/Abgaberate in mg/d	Anzahl freigelassener Männchen pro Standort	Rückfänge Pheromon- variante	Rückfänge Kontrolle	Rückfangquote (in %)
Typ <b>A</b> /0,2	160	88	88	100
Typ <b>B</b> /0,5	160	53	120	44
Typ <b>C</b> /0,7	160	14	98	14
Typ <b>D</b> /1,0	160	1	71	1

Eine Darstellung des Zusammenhangs zwischen Abgaberate und Rückfangquote bietet Abb. 25.

Ein Vergleich der Varianten mit dem Vierfelder- $\chi^2$ -Test ergab mit:

a = Rückfänge unter Pheromoneinfluss einer jeweiligen Variante (z. B. Typ A)

b = Rückfänge der zu a zeitgleich erfolgten Kontrolle

c = Rückfänge unter Pheromoneinfluss einer anderen Variante (z. B. Typ B)

d = Rückfänge der zu c zeitgleich erfolgten Kontrolle

für Typ A zu Typ B, Typ B zu Typ C und Typ C zu Typ D in allen Fällen  $\alpha = 0,01$ , die gemessenen Unterschiede sind also hochsignifikant.

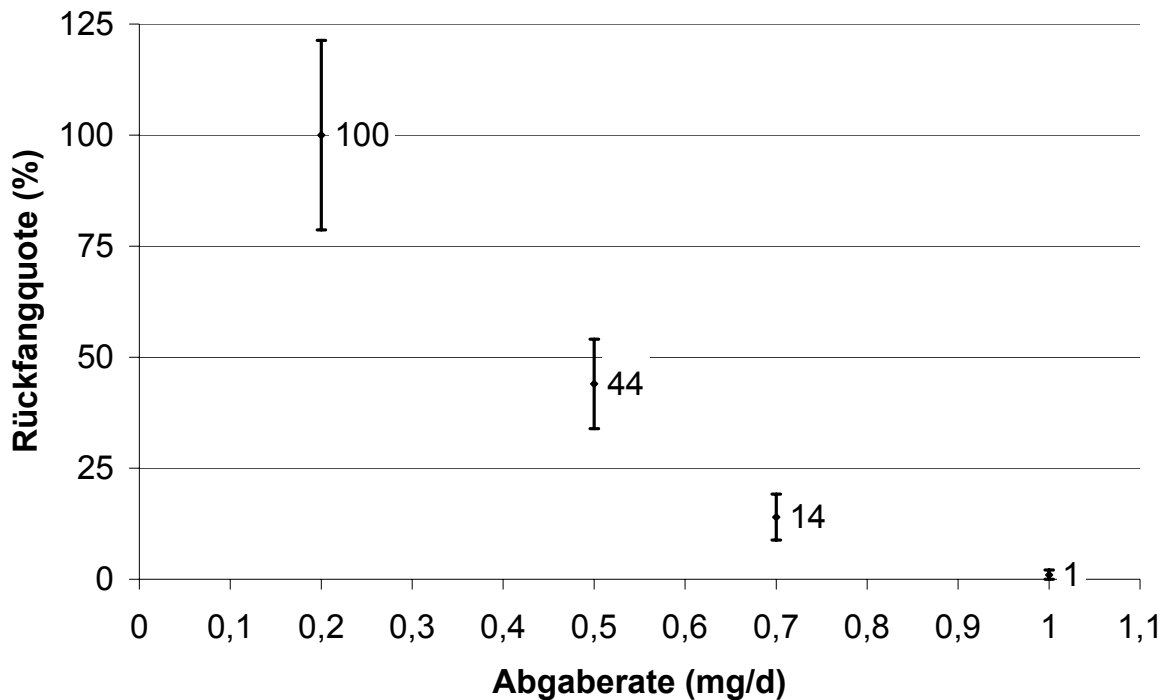


Abb. 25 : Zusammenhang der Abgaberate verschiedener Testdispenser und deren Rückfangquote bei *L. botrana*.

#### 4.2.4.5.1.3 Diskussion Schwellenwert *L. botrana*

Bei der Betrachtung des Zusammenhangs von Dispenserabgaberate und Rückfangquote bei *L. botrana* ist unterhalb des ermittelten Schwellenwertes von 1,0 mg/d eine deutliche Zunahme an Rückfängen in den jeweiligen Pheromonvarianten mit sinkender Abgaberate der Dispenser festzustellen. Die stark schwankende Zahl der Kontrollfänge macht deutlich, dass ein parallel erfolgreicher Kontrollversuch für diese Art des Vorgehens unabdingbar ist, sollen die Versuche untereinander vergleichbar sein.

Über dem hier mit dem Typ D dargestellten Einzelversuch hinaus, wurden im Rahmen des vorliegenden Projekts in den Jahren 2002 und 2003 weitere Versuche mit Dispensern durchgeführt, deren Abgaberraten zwischen 1,0 mg/d und 1,4 mg/d lagen (Dispensertypen RAK 1+2, RAK 2 der BASF AG, Dispensertyp Isonet L+E der ShinEtsu Ltd.). Hiermit wurde ein breiter Bereich unterschiedlicher Klimafaktoren abgedeckt. Bei einer Anzahl von insgesamt 510 freigelassenen Männchen pro Variante wurden in den jeweiligen Kontrollen insgesamt 219, in den Pheromonvarianten 4 Männchen von *L. botrana* zurückgefangen.

Zusätzlich kann man auch die Ergebnisse des Versuchs Dispenserdichte aus Kapitel. 4.2.4.3.2 ergänzend interpretieren:

In einem einfachen Modell der Erzeugung einer Pheromonatmosphäre durch Dispenser einer bestimmten Abgaberate geht linear die Dichte der Dispenser pro Hektar ein. Eine Pheromonatmosphäre die von 400 Dispensern pro Hektar mit einer Abgaberate von 1 mg/d erzeugt wird, entspricht damit einer solchen die von 500 Dispensern mit einer Abgaberate von 0,8 mg/d erzeugt wird. Hierbei wird nur die mittlere Pheromondichte betrachtet, selbstverständlich ist aber der Unterschied zwischen Minimal- und Maximalwert (in der Nähe und in der maximal größten Entfernung von den Dispensern) bei 400 Dispensern deutlich stärker als bei 500 Dispensern pro Hektar. Unter diesen Gesichtspunkten passt die bei 400 Dispensern pro Hektar mit einer Abgaberate von 1 mg/d gemessene Rückfangquote von 23 % sehr gut in den in Abb. 25 dargestellten Zusammenhang.

Soll demnach die Anwendung der Paarungsstörung gegenüber *L. botrana* optimal gewährleistet sein, so ist aus diesen beschriebenen Versuchen abzuleiten, dass eine Abgaberate von 1,0 mg/d des schwächsten Dispensers bei einer Dichte von 500 Dispensern pro Hektar bis zum Ende des Auftretens der letzten wirtschaftlich bedeutsamen Generation nicht unterschritten werden sollte.

#### **4.2.4.5.2 Schwellenwert *E. ambiguella***

Für die Ermittlung einer Korrelation unterschiedlicher Dispenserabgaberraten und deren Auswirkung auf den Erfolg der Paarungsstörung bei *E. ambiguella* wurde kein spezieller Versuch durchgeführt. Möglicherweise aber lassen die Ergebnisse der Isomerenversuche aus Kapitel 4.2.3 Rückschlüsse auf diese Fragestellung zu.

Ergebnis des Versuchs über eine mögliche Verhaltensbeeinflussung unterschiedlicher Isomerenverhältnisse auf die Paarungsstörung bei *E. ambiguella* war, dass ein erhöhter Anteil des „falschen“ Isomers E-9:12AC im Verhältnis zu Z-9:12AC sich nicht positiv auf den Erfolg der Paarungsstörung auswirkt. Man kann daraus aber auch schließen, dass sich das Isomer E-9:12AC überhaupt nicht verhaltensrelevant auf Männchen von *E. ambiguella* auswirkt. Träfe dies zu, so könnte man die dargestellten Ergebnisse aus Kapitel 4.2.3.2 auch als Verlaufskurve eines Zusammenhangs zwischen unterschiedlich hohen Abgaberraten von Z-9:12AC und relativem Erfolg der Paarungsstörung darstellen. Man muss lediglich von den gemessenen Gesamtabgaberraten der Versuchsdispenser den prozentualen Anteil an E-9:12AC abziehen, um die Abgaberrate von Z-9:12AC in diesen Versuchen zu erhalten. Es ergibt sich somit für die Dispenser des Typs 50 eine Abgaberrate von 0,15 mg/d, Typ 25 = 0,23 mg/d und für Variante Typ 5 = 0,3 mg/d an Z-9:12AC.

Ein weiterer Versuch zur Paarungsstörung von *E. ambiguella* wurde im August/September 2003 durchgeführt. Zum Einsatz kamen eigens hierfür hergestellte Dispenser mit einer mittleren Abgaberrate von ca. 0,5 mg/d an Z-9:12AC. Die Dispenser wurden am 22.8.2003 am Standort SY aufgehängt, der Standort GT diente als Kontrolle. In der 1. Versuchsserie wurden am 29.8. und 4.9. je 40 Männchen freigelassen. Zu diesen Terminen wurden ebenfalls Weibchenköderfallen in die Käfige gehängt. Bis zum 10.9. wurden in der Pheromonvariante null, in der Kontrolle 18 Männchen zurückgefangen. Nach einer Abhängung der Dispenser und einem Leerfangen der Käfige bis zum 14.9., wurden am 14.9. die Dispenser am Standort GT aufgehängt. Am 15.9. und 19.9. erfolgte wiederum eine Freilassung von je 40 Männchen in die Käfige bei gleichzeitiger Aufhängung von Weibchenköderfallen. In dieser 2. Versuchsserie wurden in der Pheromonvariante wiederum null, in der Kontrolle 14 Männchen zurückgefangen. Die Rückfangquote für diesen Dispensertyp mit einer Abgaberrate von ca. 0,5 mg/d liegt demnach bei 0%.

Trägt man die Abgaberraten an reinem Z-9:12AC gegen die Rückfangwahrscheinlichkeit auf, stellt sich der Zusammenhang wie in Abb. 26

gezeigt dar. Dieses Vorgehen erscheint in diesem Falle legitim, da die Versuche der Dispensertypen 5, 25 und 50 jeweils zeitgleich stattfanden.

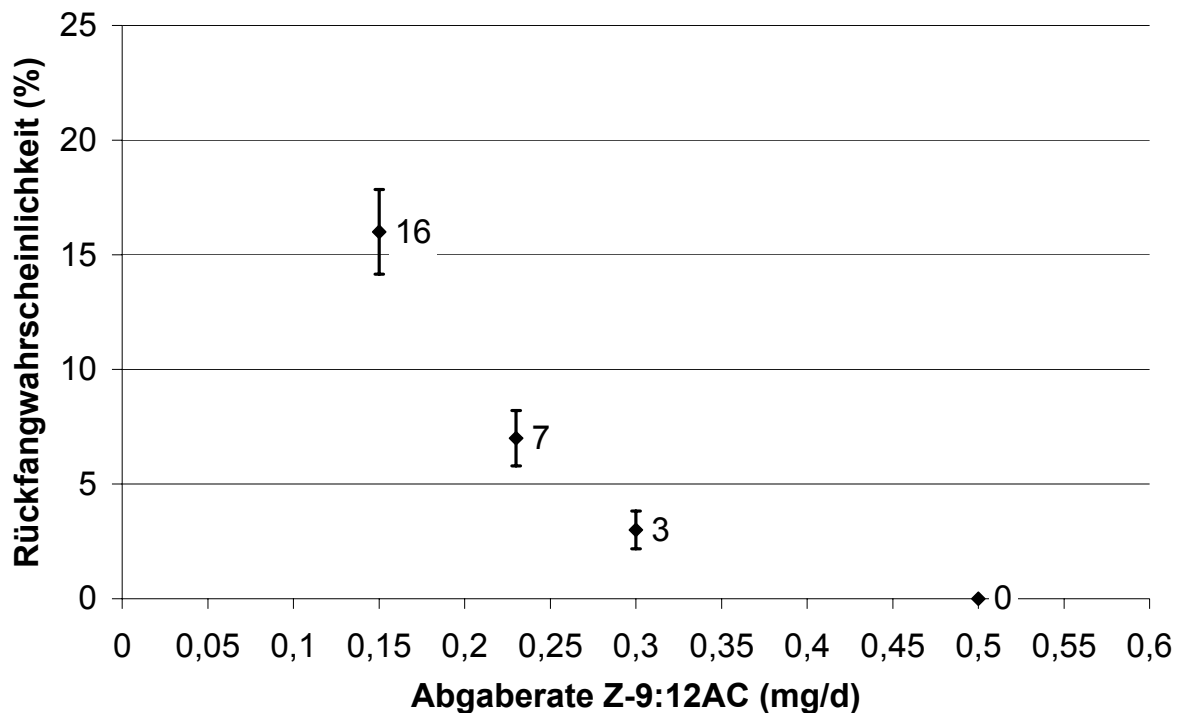


Abb. 26 : Rückfangwahrscheinlichkeit für unterschiedliche Abgaberationen von reinem Z-9:12AC bei *E. ambiguella*. Die gleichzeitige Abgabe von E-9:12AC wurde nicht berücksichtigt.

Die Darstellung in Abb. 26 zeigt einen deutlichen Zusammenhang zwischen Abgaberate und Rückfangwahrscheinlichkeit bei *E. ambiguella*. Sinkt die Abgaberate der Einzeldispenser bei einer Dichte von 500 Dispensern pro ha unter 0,5 mg/d, nimmt die Rückfangwahrscheinlichkeit mit nachlassender Abgaberate zu. Je nach Populationsdichte kann demnach die tolerierte Schadschwelle in Weinbergen schon bei einer geringen Unterschreitung dieses Schwellenwertes überschritten werden, Zusatzmaßnahmen würden notwendig. Im Sinne einer effizienten Anwendung der Paarungsstörung gegenüber *E. ambiguella* muss aus diesen Versuchen geschlossen werden, dass die Abgaberate von Einzeldispensern an Z-9:12AC in Höhe von 0,5 mg/d bis zum Ende der letzten, wirtschaftlich bedeutsamen Flugperiode dieses Schadorganismus nicht unterschritten werden darf.

## 5 Generaldiskussion

Im Unterschied zu bisherigen Arbeiten, die mittels einer Käfigmethode im Freiland Beziehungen zwischen Pheromonaufwand und Paarungsstörung untersuchten, ist die hier entwickelte Methode in der Lage, eine Vielzahl an Fragestellungen in relativ kurzer Zeit und mit geringem Aufwand zu untersuchen. Die gewählten Methoden von WINKELMANN-VOGT (1986) und auch SCHMIEDER-WENZEL (1986) mit Hilfe von Käfigsystemen Effekte der Paarungsstörung nachzuweisen, bleiben bezüglich ihrer Aussagekraft für diese spezielle Fragestellung recht vage. Zum einen war die Käfiggröße zu klein, um Effekte eindeutig nachzuweisen (SCHMIEDER-WENZEL, 1986), zum anderen war die gewählte Methode des Spermatophorennachweises bei den eingesetzten Weibchen zur Überprüfung sehr aufwendig und bei größeren Käfigen dadurch, dass die Weibchen sehr schwer wiederzufinden waren, nicht realisierbar (WINKELMANN-VOGT 1986). Der große Aufwand der Methode des Spermatophorennachweises führte auch bei HAPKE et al. (2001) zu schwer auswertbaren Ergebnissen. Die Methode des Standort-Tausches von Kontrolle und Pheromonvarianten zur Eliminierung von lokalen Einflussgrößen ist bis dato überhaupt noch nicht praktiziert worden.

SUCKLING et al. (2002) beschreiben in einer Publikation, die zu Beginn des vorliegenden Projektes noch nicht veröffentlicht war, eine der hier bezüglich der Käfiggröße recht ähnliche Methode. Hier wurden mit 3 großen Freilandkäfigen Effekte der Paarungsstörung mit Hilfe sprühbarer Formulierungen auf den Apfelschädling *Teia anartoides* untersucht. Im Gegensatz zum hier dargestellten Versuchsablauf wurden allerdings die Standorte nicht gewechselt und die gewählten Abstände zwischen den Käfigen waren mit 30 m recht gering. Die Effektivität der Paarungsstörung wurde durch Beobachten des Flugverhaltens der freigelassenen Männchen untersucht. Will man in diesem Versuchsaufbau das Flugverhalten zeitgleich bewerten, braucht man hierzu mindestens 3 Personen.

Die im Rahmen der vorliegenden Arbeit entwickelte Methode ist durch ihre relativ simple Durchführung bei einer hohen Aussagekraft den bisher publizierten Freilandkäfigsystemen überlegen.

Kritisch zu hinterfragen ist die Übertragbarkeit auf die tatsächlichen Begebenheiten im Freiland. Das gewählte System stellt einen Kompromiss zwischen größtmöglicher Naturnähe und dennoch stark kontrollierten Bedingungen dar. Die Versuchstiere



befinden sich in ihrem natürlichen Umfeld und die Männchen haben ausreichend Platz, ihren Suchflug auszuführen. Inwieweit der begrenzte Raum eines Käfigs sich „unnatürlicherweise“ auf die untersuchten Fragestellungen auswirken könnte, ist somit schwer vorstellbar. Die Methode eliminiert durch das Verfahren des Standortwechsels kleinklimatische und andere eventuelle lokale Einflussgrößen. Weiterhin ist durch die zeitlich parallel erfolgenden Freilassungen von Versuchstieren derselben Charge eine größtmögliche Vergleichbarkeit der Einzelergebnisse gegeben.

Ungeklärt bleibt die Frage, inwieweit Wettereinflüsse die unter kontrollierten Bedingungen gemessenen Abgaberaten der Dispenser soweit beeinflussen, dass die Vergleichbarkeit der Ergebnisse darunter leidet. Hier findet sich eine Lösung wohl nur durch eine Versuchsdurchführung einzelner Fragestellungen über eine komplette Vegetationsperiode hindurch. Somit wäre eine Vergleichbarkeit der gemessenen Abgaberaten im Labor mit Variablen wie Temperatur- und Windeinfluss gegeben. Nötig hierfür wären allerdings Dispenser mit einer gleichmäßigen Abgaberate über die gesamte Versuchszeit hinweg. Diese Idealeigenschaft eines Dispensers ist derzeit allerdings technisch noch nicht realisiert, vielmehr ist die Entwicklung solcher Dispenser eine Forderung, die sich aus den gezeigten Untersuchungen ergibt.

Ein weiteres Problem besteht in der Tatsache, dass mit der vorgestellten Methode der eigentliche Schaden, nämlich die Anzahl geschädigter Gescheine oder Trauben, nicht vorhergesagt werden kann. Dem kann allerdings entgegengesetzt werden, dass bei einem optimalen Erfolg der Paarungsstörung die Anzahl begatteter Weibchen und der daraus resultierende Schaden ebenfalls bestmöglich reduziert wird. Eine großflächige Überprüfung des Behandlungserfolgs von Dispensern, welche die ermittelten Mindestabgaberaten bei entsprechender Mindestdichte einhalten, könnte mit der klassischen Methode des Befallsvergleichs – unter Berücksichtigung der erwähnten Nachteile (s. Kap. 2.4.2.1) – erfolgen, um sich dieser Fragestellung anzunähern.

Die Gebiete, in denen die hier vorgestellten Versuche durchgeführt wurden, war die Wildpopulation der beiden Traubenwicklerarten im Versuchszeitraum sehr klein. HOFFMANN (2004, unpubl.) stellte bei Untersuchungen mit der vorgestellten Methode an der Biologischen Bundesanstalt in Bernkastell-Kues fest, dass die Anzahl der Kontrollfänge eines Käfigs in einem Weinberg, in dem aktuell eine extrem hohe Dichte an lockenden Weibchen der Wildpopulation von *L. botrana* aktiv war,

tendenziell zurückging. Es ist vorstellbar, dass die Männchen in den Käfigen von den sie umgebenden lockenden Weibchen beeinflusst worden sind. Als Konsequenz hieraus sollte die vorgestellte Methode ausschließlich in Gebieten mit einer relativ moderaten Wildpopulation oder aber zu einem Zeitpunkt, an dem diese nicht aktiv ist, erfolgen.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit konnte gezeigt werden, dass der bekannte Effekt der Laubwandspeicherung von Pheromon nicht ausreicht, eine Paarungsstörung bei *L. botrana* ohne eine „Nachlieferung“ von Pheromon durch funktionstüchtige Dispenser über mehr als 2 Tage aufrecht zu erhalten. Desweiteren konnte gezeigt werden, dass eine eventuelle Ermüdung oder Gewöhnung von Männchen *L. botranas* durch Suchflug in einer pheromongetränkten Atmosphäre ebenfalls nicht dazu führt, die Fähigkeit zur Partnerfindung nach einem Entfernen der Dispenser zu beeinträchtigen. Die Dichte der aufgehängten Dispenser hingegen hat einen großen Einfluss auf die Effektivität der Paarungsstörung bei *L. botrana*.

Das Konzept, mit einer Beimischung des Stereoisomers E-9:12AC in der künstlichen Pheromonwolke eine Verbesserung des Systems der Paarungsstörung bei *E. ambiguella* zu erreichen, ist gescheitert. Inwieweit andere Komponenten die gewünschten Effekte hätten oder inwieweit der gewählte Denkansatz für eine Verbesserung der Effektivität der Paarungsstörung überhaupt geeignet ist, bleibt offen.

Mit der Annäherung an eine Mindestabgaberate von Pheromon für die Gewährleistung einer optimalen Paarungsstörung im Rahmen der Möglichkeiten dieser Methode wurde erstmals ein für die Anwendung dieses Verfahrens höchst wichtiger Parameter ermittelt. Bleibt der ermittelte Verlauf von relativem Erfolg der Paarungsstörung bezogen auf unterschiedliche Abgaberraten bei *E. ambiguella* noch etwas spekulativ, so ist der ermittelte Wert für *L. botrana* durch eine Vielzahl von Versuchen unter verschiedensten Umweltbedingungen sehr aussagekräftig. Im Jahr 2004 durchgeführte Untersuchungen am Staatlichen Weinbauinstitut Freiburg mit der vorgestellten Methode scheinen die ermittelte Mindestabgaberate bei *L. botrana* ebenfalls zu bestätigen (BREUER 2004, unpubl.).

Für die praktische Anwendung der Paarungsstörung bei *E. ambiguella* und *L. botrana* ergeben sich somit folgende Forderungen:

- Eine Randabhängung in alle Richtungen über das behandelte Gebiet hinaus
- Eine Dispenserdichte von mindestens 500 Dispensern/ha darf nicht unterschritten werden, um eine bestmögliche Paarungsstörung nicht zu gefährden
- Eine kontinuierliche Messung von Abgaberraten unter standardisierten Bedingungen von Dispensern aus Anwendungsgebieten im Laufe der Vegetationszeit könnte bei der Feststellung, dass eine Mindestabgaberrate bei einzelnen Dispensern unterschritten wird, eine gezielte Überwachung der betroffenen Gebiete ermöglichen. Mit Hilfe dieses „Dispenserwatchings“ als Alarmsystem wäre eine zusätzliche Sicherheit bei der Anwendung der Paarungsstörung gegeben.
- Mit der hier vorgestellten Methode konnte gezeigt werden, dass das Verfahren der Paarungsstörung bei ausreichender Abgaberrate der Dispenser sehr effektiv ist. Meist wird in Fällen einer Überschreitung der Schadschwelle in Gebieten, in denen die Paarungsstörung angewandt wird, auf entsprechend hohe Zufallsbegegnungen von Männchen und Weibchen der jeweiligen Art verwiesen. Es besteht jedoch genügend Grund zu der Annahme, dass die Anzahl von Fällen, in denen solche Zufallsbegegnungen für ein Schadereignis hauptverantwortlich sind, bei der Verwendung von Dispensern mit entsprechender Mindestabgaberrate erheblich reduziert werden kann.

## 6 Ausblick

Die vorgestellte Methode zur Ermittlung von Zusammenhängen von unterschiedlichen Pheromoneinflüssen auf die Paarungsstörung bei *E. ambiguella* und *L. botrana* ist nicht auf diese Arten beschränkt. Bei einer Vielzahl unterschiedlicher Lepidopteren bei denen beispielsweise im Obstbau die Paarungsstörung angewandt wird, könnte mit der beschriebenen Methode eine Mindestabgaberate der verwendeten Dispenser ermittelt werden. Eine Anpassung der Größe der verwendeten Käfige entsprechend der jeweiligen Kultur wäre äußerst leicht zu verwirklichen. Der Obstbau in Plantagen mit kurzstämmigen Sorten, wie er im kommerziellen Obstbau mittlerweile die Regel ist, unterscheidet sich in den für die Methode relevanten Punkten nicht wesentlich vom Weinbau.

Bezüglich der für den europäischen Weinbau relevanten Arten *E. ambiguella* und *L. botrana* ist die Bearbeitung weiterer Fragestellungen mit der vorgestellten Methode ebenfalls geeignet. Für spezielle Fragestellungen sind beispielsweise Versuche über eine komplette Vegetationsperiode hinweg denkbar, um einen möglichst großen Spielraum an unterschiedlichen Klimafaktoren abzudecken. Weiterhin könnten die ermittelten Schwellenwerte mit speziellen Dispensern mit Abgaberraten knapp über und unter den hier ermittelten Werten weiter konkretisiert werden. Es zeigte sich, dass offensichtlich klimatische Faktoren bei einer Abgaberrate im Nahbereich der Schwellenwerte an Einfluss gewinnen. Dies könnte ebenfalls mit Versuchen, die eine Vielzahl an unterschiedlichen Klimafaktoren abdecken, validiert werden.

Das Konzept der Beimischung weiterer Komponenten in die Dispenser um die Attraktivität behandelter Gebiete für entsprechende Männchen zu senken, könnte für *L. botrana* mit Hilfe der vorgestellten Methode überprüft werden. Dies gilt für *E. ambiguella* mit anderen Substanzen als den hier verwendeten, entsprechend.

Generell ist die Methode sehr geeignet, Neuentwicklungen von Dispensern oder auch alternative Techniken für die Anwendung der Paarungsstörung schnell und einfach zu testen.

Verbesserungen der Methode können die Aussagekraft der Ergebnisse weiter erhöhen. So hat sich im Verlauf der Versuche gezeigt, dass die Verwendung von zwei Fallen pro Käfig, eine am oberen und die andere am unteren Ende des Käfigs aufgehängt, sowohl die Anzahl der zurückgefangenen Männchen in pheromonfreien Varianten erhöht als auch den Zeitraum, in dem Männchen noch zurückgefangen

werden können, verkürzt. Eine zusätzliche Erhöhung der Rückfänge in pheromonfreien Varianten erzielte HOFFMANN (2004 unpubl.) dadurch, dass er die Männchen nach dem Sortieren nicht wie in dieser Arbeit in flachen Glaspetrischalen bis zur Freilassung hielt, sondern runde Plastikbehälter mit einer Höhe von ca. 12 cm und einem Durchmesser von 6 cm verwendete. Es ist denkbar, dass die Funktion der Antennen der Männchen durch die Haltung in zu flachen Behältnissen beeinträchtigt wird.

## 7 Literaturverzeichnis

- ALTINDISLI, A., ERTAS, H., ALTINDISLI, F. Ö., 2002: A preliminary study on the simulation model determining the absorption of pheromone of *Lobesia botrana* (DEN. & SCHIFF.) by leaves. Proc. of IOBC Meeting on pheromones and Other Semiochemicals in Integrated Production. Erice, Italy, September 22-27
- ARN, H., LOUIS, F., 1997: Mating Disruption in European Vineyards, 377-382pp in: CARDÉ, R. and MINKS, A. (eds.): Insect Pheromone Research: New Directions. Chapman and Hall, New York
- ARN, H., RAUSCHER, S., BUSER, H.R., ROELOFS, W.L., 1976: Sex pheromone of *Eupoecilia ambiguella*: cis-9-dodecenyl acetate as a major component. Zeitschrift für Naturforschung 31, 499-503pp
- ARN, H., ROEHRICH, R., DESCOINS, C., RAUSCHER, S., 1979a: Performance of five sex attractant formulations for the grape moth, *Eupoecilia ambiguella* Hb., in European vineyards; Mitteilungen der schweizerischen entomologischen Gesellschaft, Vol. 52, 45-48pp.
- ARN, H., RAUSCHER, S., SCHMID, A., 1979b: Sex attractant formulations and traps for the grape moth *Eupoecilia ambiguella* Hb.; Mitteilungen der schweizerischen entomologischen Gesellschaft, Vol. 52, 49-55pp.
- ARN, H., RAUSCHER, S., BUSER, H., GUERIN, P., 1986: Sex pheromone of *Eupoecilia ambiguella* female: Analysis and male response to ternary blend. Journal of Chemical Ecology, 12 (6), 1417-1429pp.
- ARN, H., RAUSCHER, S., GUERIN, P., BUSER, H. R., 1988: Sex pheromone blends of three tortricid pests in European vineyards. Agriculture, Ecosystems & Environment 21, 111-117pp
- ARN, H., BRAUCHLI, J., KOCH, U., POP, L., RAUSCHER, S., 1997: The need for standards in pheromone technology. IOBCwprs Bulletin, 20 (1), 27-34pp
- BARTELL, R. J., 1982: Mechanisms of communication disruption by pheromone in the control of Lepidoptera: a review. Physiological Entomology 7, 353-364pp
- BASSERMANN-JORDAN, F. v., 1923: Geschichte des Weinbaus Bd. 1. Frankfurter Verlags-Anstalt, Frankfurt am Main
- BERTHOLET, A., 1899: Kurzer Kommentar zum Alten Testament, Abt. 5 Deuteronomium. Verlag Mohr, Freiburg im Breisgau
- BRUNET, R., 1900: Les Maladies et Insects de la Vigne. Libraire agricole des la maison rustique, Paris
- BUTENANDT, A., BECHMANN, R., STAMM, D., HECKER, E., 1959. Über den Sexuallockstoff des Seidenspinners *Bombyx mori*. Reindarstellung und Konstitution. Zeitschrift für Naturforschung 14, 283-284pp
- CARDÉ, R., T., 1990: Principles of mating disruption. 41-47pp. In RIDGWAY, R.L., SILVERSTEIN, R.M., INSCOE, M.N. (eds). Behavior Modifying Chemicals for Insect Management. Applications of Pheromones and Other Attractants. Marcel Dekker, New York
- CARLES, J.P., FLEURAT-LESSARD, F. & ROEHRICH, R., 1979: Un appareil pour les essais biologique de comportement des lépidoptères exposés à des doses élevées d'attractif sexuel. Biology of Behaviour, 4, 205-217pp
- DALY, K. C., FIGUEREDO, A., J., 2000: Habituation of sexual response in male *Heliothis* moths. Physiological Entomology, 25 (2), 180-190pp

- DIEFENBACH, A., 2003: Insektizide und Herbizide. [www.uni-marburg.de/~gvw/texte.mix/chemie\\_insektizide.html](http://www.uni-marburg.de/~gvw/texte.mix/chemie_insektizide.html). Aktualisierungsdatum 15.11.2003
- EVENDEN, M., JUDD, G., BORDEN, J., 1999: Simultaneous disruption of pheromone communication in *Choristoneura rosaceana* and *Pandemis limitata* with pheromone and antagonist blend. *Journal of Chemical Ecology*, 25 (3), 501-517pp.
- FELDHEGE, M., 1995: Untersuchungen zum zeitlichen und räumlichen Auftreten von Populationen des Bekreuzten Traubenwicklers *Lobesia botrana* SCHIFF. (Lepidoptera: Tortricidae) unter Einsatz von Sexualpheromon zur Paarungsstörung. Dissertation Uni Giessen, Fachbereich Agrarwissenschaften
- FELDHEGE, M., LOUIS, F., SCHMUTTERER, H., 1995: Untersuchungen über Falterabundanz des Bekreuzten Traubenwicklers *Lobesia botrana* SCHIFF. im Weinbau. *Anzeiger für Schädlingskunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz* 68, 85-91pp
- FOSTER, S.P., CLEARWATER, J.R., ROELOFS, W.L., 1987: Sex pheromone of *Planotortrix* spec. found on mangrove. *Journal of Chemical Ecology* 13, 631-638pp
- GABEL, B., THIÉRY, D., SUCHY, V., MARION-POLL, F., HRADSKY, P., FARKAS, P., 1992: Floral volatiles of *Tanacetum vulgare* L. attractive to *Lobesia botrana* DEN. ET. SCHIFF. females. *Journal of Chemical Ecology* 18 (5), 693-701pp
- GÖTZ, B., 1939a: Untersuchungen über die Wirkung des Sexualduftstoffes bei den Traubenwicklern *Clysia ambiguella* und *Polychrosis botrana*. *Zeitschrift für angewandte Entomologie*, 26, 143-164pp
- GÖTZ, B., 1939b: Über weitere Untersuchungen zur Bekämpfung der Traubenwickler mit Hilfe des Sexualduftstoffes. *Anzeiger für Schädlingskunde* 10 (15), 109-114pp
- HAPKE, C., KIRCHERT, J., DICKLER, E., ZEBITZ, C.P.W., 2001: Combination of pheromone and an additive for the control of codling moth, *Cydia pomonella*. *IOBC wprs Bulletin* 24 (2), 37-44pp
- HOFFMANN, C., 2002: Schildläuse im Weinbau und ihre Antagonisten. Dissertation Universität Karlsruhe.
- INRA, 2004: [www.inra.fr/Internet/Produits/HYPPZ/RAVAGEUR/6lobbot.htm#bio](http://www.inra.fr/Internet/Produits/HYPPZ/RAVAGEUR/6lobbot.htm#bio), 2/03/2004
- KARG, G., 1992: Untersuchungen zur Ausbreitung von Pheromonen in zur Paarungsstörung des Traubenwicklers behandelten Weinbergen. Dissertation Fachbereich Biologie, Universität Kaiserslautern
- KARLSON, P., LUSCHER, M., 1959: Pheromones: a new term for a class of biologically active substances. *Nature* 183, 55-56pp
- KASANG, G., SCHNEIDER, D., 1978: The silkworm moth *Bombyx mori*. Presence of the (E,E)-stereoisomer of bombykol in the female pheromone gland. *Naturwissenschaften* 65, 337-338pp
- KOCH, U., QUASTHOFF, M., KLEMM, M., BECKER, J., 2002: Methods for reliable measurement of pheromone dispenser performance. *IOBC wprs Bulletin* Vol. 25 (9)
- LINN, JR., C., O'CONNOR, M., ROELOFS, W., 2003: Silent genes and rare males: A fresh look at pheromone blend response specificity in the European corn borer moth, *Ostrinia nubilalis*. *Journal of Insect Science* 3 (15), 1-6pp
- LORENZ, R. J., 1992: *Grundbegriffe der Biometrie*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena, New York

- LOUIS, F., 1994: Ein Schädling hält alle auf Trab. Der Deutsche Weinbau 13, 18-20pp
- LOUIS, F., SCHIRRA, K., 2001: Mating disruption of *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae) in vineyards with very high densities. IOBC wprs Bulletin Vol. 24 (2), 75-79pp
- MANI, E.; RIGGENBACH, W., MENDIK, M., 1978: Zucht des Apfelwicklers (*Laspeyresia pomonella* L.) auf künstlichem Nährboden 1976-1978. Mitteilungen Schweizerische Entomologische Gesellschaft 51, 315-326pp
- MCDONOUGH, L., CHAPMAN, P., WEISSLING, T., SMITHHISLER, C., 1996: Efficacy of nonpheromone communication disruptants of Codling Moth *Cydia pomonella*: Effect of pheromone isomers and of distance between calling females and dispensers. Journal of Chemical Ecology, 22 (3), 415-423pp
- NEUMANN, U., 1996: Factors affecting the effectiveness of the mating disruption technique: principles and necessities. IOBC wprs Bulletin 19 (4), 241-246pp
- OGAWA, K., 1997: The key to success in mating disruption. IOBC wprs Bulletin, 20 (1)
- OGAWA, K., KOBAYASHI, T., HOJO, T., 2004: The Systematic and Efficient Use of Mating Disruption, 6<sup>th</sup> International Conference on Integrated Fruit Production, 26-30 September, Baselga di Piné, Italy
- RAZOWSKI, J., 2001 : Die Tortriciden (*Lepidoptera, Tortricidae*) Mitteleuropas. Bratislava, Slowakei
- ROELOFS, W., KOCHANSKY, J., CARDÉ, R., ARN, H., RAUSCHER, S., 1973. Sex attractant of the grape vine moth, *Lobesia botrana*. Mitteilungen Schweizerische Entomologische Gesellschaft 46, 71-73pp
- SANDERS, C.J., 2002: Can wind tunnels help improve the efficacy of mating disruption? IOBC wprs Bulletin 25 (9)
- SAUER, A., KARG, G., 1998: Variables Affecting Pheromone Concentration in Vineyards Treated for Mating Disruption of Grape Vine Moth *Lobesia botrana*. Journal of Chemical Ecology 24 (2), 289-302pp
- SCHMIEDER, C., 1986: Untersuchungen zur Begattungsbiologie des Einbindigen Traubenwicklers (*Eupoecilia ambiguella*) im Rahmen eines Pheromonverwirrungsversuches. Diplomarbeit Biologische Fakultät, Zoologie, Universität Freiburg
- SCHMIEDER-WENZEL, C., 1990: Untersuchungen zur Begattungsbiologie und Populationsdynamik des Einbindigen Traubenwicklers *Eupoecilia ambiguella* HÜBNER, Dissertation Biologische Fakultät Universität Freiburg
- SCHMITZ, V., ROEHRICH, R., STOCKEL, J., 1995a: , Etude du mécanisme de la confusion sexuelle chez l'Eudémis de la vigne, *Lobesia botrana* DEN. ET SCHIFF. (Lep., Tortricidae). I. Rôles respectifs de la compétition, du camouflage de la piste odorante et de la modification du signal pheromone. Journal of Applied Entomology 119, 131-138pp
- SCHMITZ, V., ROEHRICH, R., STOCKEL, J., 1995b: Disruption mechanisms of pheromone communication in the european grape moth *Lobesia botrana* DEN. & SCHIFF. II. Influence of the population density and the distance between insects for males to detect the females in atmosphere impregnated by pheromone. Journal of Applied Entomology 119, 303-308pp



- SCHMITZ, V., CHARLIER, L., ROEHRICH, R., STOCKEL, J., 1997a, Etude du mécanisme de la confusion sexuelle chez l'Eudémis de la vigne, *Lobesia botrana* DEN. ET SCHIFF. (Lep., Tortricidae) IV. Quel est le rôle de la fixation de la phéromone par le feuillage?. Journal of Applied Entomology 121, 41-46pp
- SCHMITZ, V., RENOU, M., ROEHRICH, R., STOCKEL, J., LECHARPENTIER, P., 1997b: Disruption mechanisms of pheromone communication in the european grape moth *Lobesia botrana* DEN. & SCHIFF III. Sensory adaption and habituation. Journal of Chemical Ecology 23 (1), 83-95pp
- SCHNEIKART, H., 1989: Freilandbeobachtungen zum Sexualverhalten des Bekreuzten Traubenwicklers (*Lobesia botrana* DEN. & SCHIFF.) im Zusammenhang mit der Verwirrungstechnik. Dissertation Universität Wien, Fakultät für Formal- und Naturwissenschaften
- SCHRUFT, G., 2001: 50 Jahre Pflanzenschutz im Weinbau, 1950-1999. 127-139pp. In Deutsches Weinbaujahrbuch 2001, MADEL, W., SCHRUFT, G. (eds), Waldkircher Verlag, Waldkirch
- SCHRUFT G., SCHMIEDER C., 1986: Der Zuflug von Männchen des Einbindigen Traubenwicklers (*Eupoecilia ambiguella* Hbn.) zu Pheromon- und Weibchen-Fallen. Die Wein-Wissenschaft 41, 413-417pp
- STELLWAAG, F., 1928: Die Weinbauinsekten der Kulturländer. Berlin, Verlagsbuchhandlung Paul Parey
- SUCKLING, D.M., CHARLES, J.G., ALLEN, D., STEVENS, P.S., 2002: Possibility of control of painted Apple Moth (*Teia anartoides*) using single component mating disruption. New Zealand Plant Protection 55, 1-6pp. [www.hortnet.co.nz/publications/nzpps](http://www.hortnet.co.nz/publications/nzpps)
- TORRES-VILA, L.M., STOCKEL, J., RODRIGUEZ-MOLINA, M.C., 1997: Physiological factors regulating polyandry in *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae). Physiological Entomology, (22) 4, 387-393pp
- TORRES-VILA, L.M., GRAGERA, J., RODRIGUEZ-MOLINA, M.C, STOCKEL, J., 2002: Heritable variation for female remating in *Lobesia botrana*, a usually monandrous moth. Animal Behaviour 64 (4), 899-907pp
- TRIMBLE, R. M., VICKERS P.M., NIELSEN, K.E., BARINSHTEYN, G., 2003: Sprayable pheromone for controlling the North American grape berry moth by mating disruption. Agricultural and Forest Entomology 5, 263-268pp
- VICKERS, N.J., T.A., MUSTAPARTA, H., BAKER, T.C., 1991: Chemical communication in Heliothine moths. III. Flight behavior of male *Helicoverpa zea* and *Heliothis virescens* in response to varying ratios of intra- and interspecific sex pheromone components. Journal of Comparative Physiology A 169: 275-280pp
- VOGEL, H., 1997: Gerthsen Physik. 19. Auflage, Kap. 13.2.3, Springer- Verlag Berlin Heidelberg
- VOGT, E., SCHRUFT, G., 2000: Weinbau. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart
- WILSON, E. O., BOSSERT, W. H., 1963: Chemical communication among animals. Recent Progress in Hormone Research 19, 673-716pp
- WINKELMANN-VOGT, H., 1986: Untersuchungen zum Pheromoneinsatz bei der Bekämpfung des Einbindigen Traubenwicklers (*Eupoecilia ambiguella* Hbn) im Weinbau. Dissertation Uni Kaiserslautern, Fachbereich Biologie

WITZGALL, P., BENGTSSON, M., KARG, G., BÄCKMANN, A., STREINZ, L., KIRSCH, P., BLUM, Z., LÖFQVIST, J., 1996: Behavioral observations and measurements of aerial pheromone in a mating disruption trial against Pea Moth *Cydia nigricana* F. (Lepidoptera, Tortricidae). *Journal of Chemical Ecology*, 22 (2), 191-206pp

WITZGALL, P., LINDBLOM, T., BENGTSSON, M., TÓTH, M., 2004: The Pherolist. [www-pherolist.slu.se](http://www-pherolist.slu.se). -

## 8 Danksagung

Ich danke Herrn Prof. Koch für die Überlassung des Promotionsthemas und die Betreuung der Arbeit. Die unzähligen fruchtbaren Diskussionen und seine engagierte Begleitung während der Arbeit werden mir stets als vorbildliche Betreuung in Erinnerung bleiben. Herrn Dr. Konrad Rühl muss ich für das in mich gesetzte Vertrauen und seine unvergleichliche Fähigkeit, in wirtschaftlich schweren Zeiten eine Finanzierung auf die Beine gestellt zu haben, außerordentlich dankbar sein. Den Mitarbeitern des Staatlichen Weinbauinstituts Freiburg danke ich für unvergessliche Jahre. Dr. Michael Breuer, Gertrud Wegner-Kiss, Bernhard Huber, Gottfried Bleyer, Jochen Gaedcke, Dr. Christoph Hoffmann, Dr. Rainer Amann, Dr. Hans-Heinz Kassemeyer, Dr. Jürgen Sigler, Dr. Volker Steinmetz, Gerti Michl, Prof. Michael Fischer, Lars Stukenbrok, Andrea Uhrig, Tobias Burtsche, Walther Schmidt sowie alle „Drittmittler“, Verwaltungsangestellte, Rebarbeiter und Lehrlinge schufen durch ihre Anteilnahme und Diskussionsbereitschaft eine Atmosphäre, die mir die Arbeit sehr erleichtert hat.

Dr. Martin Gabriel und Jörg Zastrau von der AG Pheromone der Uni Kaiserslautern danke ich für ihre Hilfe und Ratschläge, Frau Haser für ihr Engagement und die Gastfreundschaft. Meinen Eltern danke ich für die materielle und moralische Unterstützung die mir ein Studium erst ermöglichten. Eva, meiner Frau, kann ich für den Rückhalt und die Motivierung in den zurückliegenden Jahren nicht genug danken. Unseren beiden Töchtern Paulina und Karlotta sei dafür gedankt, dass sie durch ihre Existenz viel, wenn nicht alles, relativieren!

## 9 Zusammenfassung

Bei der Insektenbekämpfung durch die Paarungsstörung wird das synthetisch hergestellte Pheromon des Schädling durch Dispenser in größeren Mengen im Freiland ausgebracht, wodurch die Paarung der Falter gestört wird. Zur Optimierung dieser Methode ist es entscheidend, die für einen wirksamen Effekt notwendigen Pheromonkonzentrationen im Freiland zu kennen. In-situ Messungen der Pheromonkonzentrationen mit gleichzeitiger Erhebung des Schadens scheiden als Methode aus, da die Messmethoden für die Pheromonkonzentration im Freiland sehr aufwendig und nicht ausreichend genau sind. Somit ergibt sich die Notwendigkeit alternative Methoden zu entwickeln, mit denen die Wirksamkeit einer bestimmten Dispenserbehandlung abschätzbar wird. Generell sind die bisher üblichen Nachweismethoden für die Wirksamkeit einer Pheromonanwendung mit großen Unsicherheiten und Kosten behaftet. In dieser Arbeit wird ein neu entwickeltes System beschrieben, mit dem es möglich ist in sehr kurzer Zeit und mit vertretbarem Aufwand die Wirksamkeit einer Pheromonanwendung abzuschätzen. Hierbei wird ein Käfig mit 8,5 m<sup>3</sup> Volumen in einem pheromonbehandelten Weinberg aufgestellt und im Zentrum mit einer mit Weibchen der entsprechenden Art bestückten Lockfalle versehen. In diesen Käfig werden genau definierte Anzahlen von Männchen freigelassen und die in der Weibchenfalle gefangenen Männchen über mehrere Tage registriert. Ein identischer Käfig mit gleichem Männchenbesatz und Weibchenfalle in einem unbehandelten Weinberg dient als Kontrolle. Aus den Unterschieden in den Rückfangergebnissen lässt sich die Wirksamkeit einer Pheromonbehandlung bestimmen.

Das Mess-System wurde mit unterschiedlichen Methoden auf seine Tauglichkeit für die angestrebten Fragestellungen überprüft. Hierbei ergab sich, dass über die Fragen der Paarungsstörung hinaus eine Vielzahl anderer Verhaltensuntersuchungen möglich wird.

Erste Ergebnisse liefern unter anderem eine Dosis-Wirkungskurve für *Lobesia botrana* und *Eupoecilia ambiguella* mit der abgeschätzt werden kann, welche Abgaberate die Dispenser haben müssen um eine wirksame Paarungsstörung zu gewährleisten.