

*Projektleiter:* Philipp Holzherr und Eric Wyss  
*Fachgruppe:* Pflanzenschutz Entomologie  
*Auftraggeber:* FiBL

---

## **Diagnose, Bekämpfung und Vermeidung von Trauermücken (*Fam. Sciaridae*) in Substraten**

---

### **Zusammenfassung**

Trauermücken (*Fam. Sciaridae*) schädigen als Larven Pflanzen und Wurzeln in Gewächshauskulturen und sind als Adulte Lästlinge in Substraten und Topfpflanzen. Die biologische Regulierung von Trauermücken geschieht mittels mehreren direkten und präventiven Massnahmen. Die Wirkung ist aber oft ungenügend. Für die Regulierung der Trauermücken bei der Herstellung biologischer Substrate wurden bisher noch keine Strategien entwickelt. In der Schweiz treten seit einiger Zeit, unter anderem bei Verkaufsstellen von Coop, Probleme mit Trauermücken in biologischen Substraten und Topfpflanzen auf. Deswegen wurden in Zusammenarbeit mit dem Substratproduzenten RICOTER Vorversuche zur Diagnose, Herkunft, Bekämpfung und Vermeidung von Trauermücken in biologischen Substraten gemacht.

### *Ergebnisse:*

Zur Diagnose des Trauermückenbefalls in Substraten wird ein Testsystem mit 0.5l des zu testenden Substrates in 1-Liter-PE-Dosen mit darin aufgehängten gelben Leimfallen und mindestens sechs Wiederholungen vorgeschlagen. Es ist eine regelmässige Kontrolle der Leimfallen durchzuführen, da sich 18 Tage nach dem Schlupf der ersten Trauermücken in den Dosen eine zweite Generation bilden kann.

Bei den Substratkomponenten der Firma RICOTER waren ‚Kaffeersatz‘ und ‚Häcksel mit Kaffeersatz‘ mit Trauermücken befallen und werden für diese als attraktiv eingestuft. Die Komponente ‚Toresa Spezial‘ enthielt ebenso Trauermücken, wird aber als weniger attraktiv für diese eingeschätzt. Ein Trauermückenbefall der Substrate ‚Universallerde‘ sowie ‚Balkon- und Kräuternerde‘ ist während der Produktion dieser Substrate nicht auszuschliessen, denn auch diese Proben waren befallen.

Zur direkten, biologischen Bekämpfung von Trauermücken werden gegen die Larvenstadien bisher *Bacillus thuringiensis var. israelensis* (B.t.i.), Nematoden (*Steinernema feltiae*) und Raubmilben (*Hyposaspis sp.*) eingesetzt. In diesem Vorversuch wurden ausser B.t.i. und Nematoden auch Neem, Senfpulver sowie die Pilze *Beauveria bassiana* und *Paecilomyces fumosoroseus* getestet. In stark kontaminiertem Substrat vermochte keines der Produkte die Trauermücken signifikant zu reduzieren.

Zur Vermeidung von Trauermücken wurden die repellenten Mittel ‚Testmittel1‘ (Thymol) und ‚Testmittel2‘ (Mischung diverser ätherischer Öle) als flüchtige ätherische Substanzen über einem attraktiven Mischsubstrat und ‚Opalit‘, ‚Kalksteinmehl‘, ‚Klino‘, ‚Kompost‘ und ‚*Trichoderma harzianum* T-22‘ als darin eingemischte Mittel getestet. ‚Testmittel1‘ hatte eine signifikant repellente Wirkung gegenüber Trauermücken. ‚Opalit‘ und ‚Klino‘ zeigten eine nur leicht repellente Wirkung gegenüber der Kontrolle.

In einem weiteren Versuch wurde die Attraktivität von verschiedenen Kompostreifstadien

für Trauermücken getestet. Die erhöhte Attraktivität setzt etwa eine Woche nach Kompostierungsbeginn ein und dürfte dann kontinuierlich abnehmen. Ausgereifte Komposte sind für die Trauermücken signifikant weniger attraktiv als jüngere Stadien.

*Ausblick:*

Um die Attraktivität der Substratkomponenten der Firma RICOTER für Trauermücken besser abzuschätzen, könnten Tests in der Praxis sowie Attraktivitätsversuche am FiBL gemacht werden. Ebenso müsste der genaue, zeitliche Verlauf der Attraktivität eines Kompostes während der gesamten Reifungsdauer in der Praxis mittels Monitoring mit dem vorgeschlagenen Testsystem überprüft werden.

Bei weiteren Versuchen mit biologischen Bekämpfungsmitteln gegen Trauermückenlarven könnten Behandlungen bei niederem Befallsdruck und zu Beginn des Befalls geprüft werden. Auch die längerfristigen Wirkungen und der Einsatz von *Hyposaspis sp.* könnten für die Substratproduktion und insbesondere -lagerung von Bedeutung sein und sollten getestet werden.

Für die Vermeidung von Trauermücken während der Substratlagerung könnten ‚Testmittel1‘ oder ‚Testmittel2‘ an den Säcken und Paletten angebracht werden. Dazu muss die längerfristige Wirkung dieser Mittel in verschiedenen Dosen überprüft werden. Die Substratattraktivität während der Produktion könnte mit Gesteinsmehlen durch Einmischung und die Bildung einer noch zu prüfenden, oberflächlichen Schicht auf den Substratkomponenten reduziert werden.

## Einleitung und Fragestellung

Trauermücken (*Fam. Sciaridae*, Abk. TM) treten vor allem in Gewächshäusern als Schädlinge auf. Die Larven ernähren sich von Pilzen und verrottendem organischen Material. Bei grossen Populationen werden auch lebende Pflanzenteile gefressen und es können beträchtliche Schäden an Wurzeln und Trieben von Kulturpflanzen entstehen. Durch die Verwundungen an den Wurzeln werden Wurzelkrankheiten übertragen und die Pflanzen geschwächt. Besonders bei der Bewurzelung von Stecklingen und in Aussaaten sind Trauermückenlarven problematisch. Adulte Trauermücken schädigen die Pflanzen nicht direkt, treten aber als Lästlinge z.B. in Substraten, bei Setzlingen oder Topfkräutern auf. Der ökonomische Schaden entsteht durch direkten Ertragsausfall bei Kulturpflanzen sowie durch Abschreckung von Kunden.

Die Trauermücken bereiten insbesondere im biologischen Landbau Probleme, weil hier einerseits vermehrt mit organischem Material gearbeitet wird als auf konventionellen Betrieben und andererseits auf den Einsatz von synthetischen Insektiziden verzichtet wird. Betroffen sind vor allem Produzenten von organischen Substraterden sowie Landwirte mit Gewächshauskulturen bzw. Landwirte, welche solche Substrate verwenden.

Bisher werden im Biolandbau und bei der Produktion von Biosubstraten vorbeugende Massnahmen in Kombination mit direkten Massnahmen empfohlen:

- Aus Kompost gewonnene Substrate müssen in der Heissphase genügend erhitzt worden sein.
- Substrate sollten nicht offen und über längere Zeit gelagert werden.
- Gewächshaushygiene, Bewässerungsstrategien und Ablenkfutter können weitere präventive Massnahmen sein.
- Zur Bekämpfung von Trauermückenlarven werden Nematoden, Mikroorganismen und deren Produkte sowie Raubmilben eingesetzt.
- Bei stark verseuchten Substraten wird Sterilisation mittels Dämpfung empfohlen.
- Die Adulten werden mit Klebfallen reduziert.
- Bei massenhaftem Auftreten zusammen mit anderen Schädlingen können auch biologische Insektizide effizient sein.

Bisher kann trotz all dieser Massnahmen der Befall nie gänzlich vermieden werden. Für Substratproduzenten wurden ausserdem noch keine Bekämpfungsstrategien getestet. Kann ein von Trauermücken sauberes Substrat produziert werden, muss dieses bei allen nachfolgenden Schritten vor dem Befall mit Trauermücken geschützt sein.

Hygienemassnahmen müssen also nicht nur bei Substratproduzent und -anwender getroffen, sondern auch während Transport und Lagerung beachtet werden.

Ausgehend von den in der Schweiz bei Verkaufsstellen von Coop aufgetretenen Problemen im Zusammenhang mit Trauermücken in biologischen Substraten und Topfkräutern, wurden in Zusammenarbeit mit dem Substratproduzenten RICOTER Vorversuche zur Diagnose, Herkunft, Bekämpfung und Vermeidung von Trauermücken in biologischen Substraten gemacht.

Folgende Fragen wurden gestellt:

1. Kann für die Praxis ein einfacher Test zur Bestimmung des Befalls von Substraten mit Trauermücken (*Sciaridae*) entwickelt werden?
2. Welche Substrate sind bei der Produktion in der Firma RICOTER, Aarberg von Trauermücken befallen?
3. Welche biologischen Insektizide, Mikroorganismen und Nützlinge sind wirksam gegen

Trauermücken in Substraten?

4. Welche repellenten Substanzen halten Trauermücken von Substraten fern?
5. Welche Stadien der Kompostierung sind für Trauermücken attraktiv?

Versuchsort: FiBL

## Material und Methoden

### ***Versuch I (Testentwicklung)***

- Basis-Testsystem (Kontrolle)
- Substrat: Einheitserde Typ 0
  - 0.5l Substrat in 1-Liter-PE-Dose, bewässert und 2 Tage offen in Gewächshaus belassen (Befall mit TM), 1/2 Tag vor Dosenverschluss erneute Bewässerung
  - Klebfalle an Dosenrand aufgehängt, Folie auf einer Seite entfernt (55cm<sup>2</sup> Klebfläche, ‚Catch-it‘ von SILVANDERSON, gelb, Ausgangsgrösse 70x320mm, doppelt beschichtet)
  - Dose mit doppelter Lage Fliessnetz und Gummiband verschlossen
  - Lagerung am FiBL, ohne direkte Sonneneinstrahlung, mit möglichst konstanter Temperatur
  - Bonitur der Klebfallen in 3d-Intervallen
  - Fallenwechsel bei Bedarf (beim ersten Mal Seitenwechsel, beim zweiten Mal neue Falle, etc.)
  - Versuchsdauer: mindestens 28 Tage
- Verfahren:
- (1) Kontrolle (siehe oben)
  - (2) Kontrolle Rombach: Bonitur in 2d-Intervallen, Lagerung in Rombach, sonst analog Kontrolle
  - (3) System ohne Fallenwechsel, sonst analog Kontrolle
  - (4) System mit grösserer Fallenfläche (82cm<sup>2</sup>), Beimischung von garantiert mit TM befallenem Substrat, sonst analog Kontrolle
  - (5) System mit Fallenwechsel bei jeder Bonitur, sonst analog Kontrolle
  - (6) System ohne Bewässerung, sonst analog Kontrolle
  - (7) Torfsubstrat direkt aus Sack, 1 Lage Bionet, Dosenverschluss 2 Tage früher, sonst analog Kontrolle
  - (8) Torfsubstrat direkt aus Sack aber ohne Bewässerung, 1 Lage Bionet, Dosenverschluss 2 Tage früher, sonst analog Kontrolle
- Versuchsdesign:
- 6 Wiederholungen, jeweils zwei Wiederholungen pro G1-Kiste, die drei G1-Kisten wurden gestapelt
- Boniturmethodik:
- Fallen auszählen ohne Hilfsmittel (Lupe oder Binokular bei Bedarf zur Unterscheidung der TM von anderen Insekten)

**Versuch II (Substrate RICOTER)**

- Verfahren:
- (1) Gartenkompost
  - (2) Kaffeesatz
  - (3) Häcksel mit Kaffeesatz
  - (4) Rindenkompost
  - (5) Toresa Organic
  - (6) Toresa Spezial
  - (7) Universalerde (Sack 1)
  - (8) Universalerde (Sack 2)
  - (9) Balkon-/Kräutererde (Sack 1)
  - (10) Balkon-/Kräutererde (Sack 2)
- Versuchsaufbau:
- Mischproben von verschiedenen Substratkomponenten und Substraten der Firma RICOTER vom 16.06.2005
  - Befeuchtung mit Wasserzerstäuber auf für TM optimalen Feuchtigkeitsgehalt (handfeucht, 1-4dl Wasser pro 3-4l Substrat)
  - Pro WH 0.5l Substrat in 1-Liter-PE-Dose
  - Klebfalle an Dosenrand aufgehängt, Folie auf einer Seite entfernt (55cm<sup>2</sup> Klebfläche, ‚Catch-it‘ von SILVANDERSON, gelb)
  - Dose mit doppelter Lage Fliessnetz und Gummiband verschlossen
  - Lagerung bei konstanter Temperatur (16-24°C) und ohne direkte Sonneneinstrahlung
- Versuchsdesign:
- 6 Wiederholungen, jeweils zwei Wiederholungen pro G1-Kiste, die drei G1-Kisten wurden gestapelt
- Boniturmethodik:
- Fallen auszählen ohne Hilfsmittel (Lupe oder Binokular bei Bedarf zur Unterscheidung der TM von anderen Insekten)
- Boniturdaten:
- 20.06.2005
  - 24.06.2005
  - 27.06.2005
  - 01.07.2005
  - 04.07.2005
  - 04.07.2005
  - 08.07.2005
  - 11.07.2005
  - 15.07.2005
  - 18.07.2005
  - 22.07.2005
  - 25.07.2005
- Statistische Auswertung:
- JMP, Version 5.0.1.2
  - Wilcoxon/Kruskal Wallis Rangsummentest und Chi-Square-Test

**Versuch III (Bekämpfung)**

- Verfahren:
- (1) Kontrolle
  - (2) *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* („Solbac“, gemäss Empfehlung pro Fläche:  $5\text{ml/m}^2 = 0.13\%$ )
  - (3) NeemAzal-T/S (gemäss Empfehlung pro Fläche:  $0.3\text{ml/m}^2 = 0.0077\%$ )
  - (4) NeemAzal-T/S (gemäss empfohlener Konzentration:  $0.3\% = 11.7\text{ml/m}^2$ )
  - (5) Senfpulver ( $1\% = 39\text{g/m}^2$ )
  - (6) *Beauveria bassiana* („Naturalis“, gemäss Empfehlung pro Fläche:  $0.3\text{ml/m}^2 = 0.0077\%$ )
  - (7) *Beauveria bassiana* („Naturalis“, gemäss empfohlener Konzentration:  $0.3\% = 11.7\text{ml/m}^2$ )
  - (8) *Paecilomyces fumosoroseus* („PreFeral“, gemäss empfohlener Konzentration:  $0.1\% = 3.9\text{g/m}^2$ )
  - (9) *Steinernema feltiae* („Traunem“,  $1\text{ Mio/m}^2$ )
  - (10) *Steinernema feltiae* (Versuchsstamm,  $1\text{ Mio/m}^2$ )  
Pro Dose 25 ml Spritzbrühe auf  $64\text{cm}^2$
- Versuchsaufbau:
- Am 16.06.2005 für TM attraktives Substratgemisch erstellt (24l „Universalerde“ von Ricoter, 12l „Balkon- und Kräuternerde“ von Ricoter, 6l „BFS 502 Erdbeermisch“ von Tref „Substrate für den professionellen Gartenbau“, 6l „Einheitserde Typ 0“)
  - Substratgemisch in Kiste im Gewächshaus offen während 2 Wochen gelagert, alle 1-3 Tage durchmischt, regelmässig befeuchtet
  - Nach 1 Woche Beigabe von stark mit TM durchsetztem Substrat (1l lehmige Erde von Topfversuch, 3l Substrat von Zimmerpflanze)
  - Bei Mittelapplikation (in Gewächshaus) für TM optimale Befeuchtung des Substrates bestimmt (handfeucht, pro 0.5l Substrat 25ml Spritzbrühe bzw. Wasser hinzu gegeben, so dass  $\text{TS} = 40\%$ , gute Durchmischung)
  - Nach Mittelapplikation pro WH 0.5l Substrat in 1l-Dose
  - Klebfalle an Dosenrand aufgehängt, Folie auf einer Seite entfernt ( $55\text{cm}^2$  Klebfläche, „Catch-it“ von SILVANDERSON, gelb)
  - Dose mit doppelter Lage Fliessnetz und Gummiband verschlossen
  - Erneute Mittelanwendung nach sieben Tagen (06.07.2005) mit oberflächlicher Applikation (gleiche Konzentration und Menge, keine Durchmischung)
  - Lagerung bei konstanter Temperatur ( $16\text{-}24^\circ\text{C}$ ) und ohne direkte Sonneneinstrahlung
- Versuchsdesign:
- 6 Wiederholungen, jeweils zwei Wiederholungen pro G1-Kiste, die drei G1-Kisten wurden gestapelt
- Boniturmethodik:
- Fallen auszählen ohne Hilfsmittel (Lupe oder Binokular bei

Bedarf zur Unterscheidung der TM von anderen Insekten)

- Boniturdaten:
- 04.07.2005
  - 08.07.2005
  - 11.07.2005
  - 15.07.2005
  - 18.07.2005
  - 22.07.2005
  - 25.07.2005
  - 29.07.2005
  - 02.08.2005
  - 05.08.2005

- Statistische Auswertung:
- JMP, Version 5.0.1.2
  - Two-way ANOVA und Tukey-HSD-Test

#### **Versuch IV (Repellente Stoffe zur Vermeidung von Trauermückenbefall)**

- Verfahren:
- (1) Kontrolle
  - (2) Testmittel1 (Thymol, Plättchen à 3x5cm/Dose)
  - (3) Testmittel2 (ätherische Öle in Wachsformulierung 0.3-0.4g/Dose)
  - (4) Klino (30kg/m<sup>3</sup>)
  - (5) Kalksteinmehl (30kg/m<sup>3</sup>)
  - (6) Opalit (30kg/m<sup>3</sup>)
  - (7) Kompost (0.33m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>)
  - (8) *Trichoderma harzianum* T-22 (3g/m<sup>2</sup>)

- Versuchsaufbau:
- Am 29.07.2005 wurde ein für TM attraktives Substratgemisch erstellt (5l ‚Universalerde‘ von Ricoter, 20l Einheitserde Typ 0’, 25l in Versuch II verwendete Substrate von Ricoter)
  - Substratgemisch mittels Dampfsterilisation von TM befallsfrei gemacht (dreimal ca. 90Min bei 100°C)
  - Sterilisiertes Substrat 1 Woche dicht abgeschlossen ruhen gelassen
  - Mittelapplikation am 05.08.2005: Einmischung der Gesteinsmehle bei Verfahren 4-6 in 6l Substrat
  - Auf für TM optimalen Feuchtigkeitsgehalt bewässert (pro 6l Substrat 2dl Wasser hinzu gegeben, so dass handfeucht bei 33% TS)
  - Bei Verfahren 8: *T. harzianum* mit Bewässerung appliziert
  - Bei Verfahren 7: 2l Kompost mit 4l Substrat gemischt und mit 3dl Wasser befeuchtet (so dass 45% TS)
  - Nach Mittelapplikation pro WH 0.5l Substrat in 1-Liter-PE-Dose
  - Wägen der Dosen (=Anfangsgewicht)
  - Offene Dosen in Gewächshaus unter den Tischen aufgestellt; je zwei Dosen in einer auf der Seite stehenden G1-Kiste, Kisten mit Folie vor Wassereintrag von oben geschützt

- Bei Verfahren 2 und 3 (Testmittel1 und Testmittel2) in Papiertütchen innen an der Dosenwand aufgehängt
- Mit TM befallenes Substrat in 5l-Kübeln unter den Tischen als TM-Quellen aufgestellt
- Nachwässerung der Dosen auf Anfangsgewicht nach 5 bzw. 11 Tagen mit Wasserzerstäuber (Wasserverlust jeweils 10 – 15% gegenüber Anfangsgewicht)
- Nach 7 Tagen Mittelerneuerung bei Verfahren 2 und 3 sowie bei TM-Quellen Zugabe von sehr stark befallenem Substrat aus Versuch III (1 Dose pro Kübel und einige Dosen ausserhalb Gewächshaus geleert, vgl. Plan)
- Am 18.08.2005 Zudecken der Dosen: Entfernung der Mittel bei Verfahren 2 und 3, Klebfalle an Dosenrand aufgehängt, Folie auf einer Seite entfernt (55cm<sup>2</sup> Klebfläche, ‚Catch-it‘ von SILVANDERSON, gelb), Dose mit doppelter Lage Fliessnetz und Gummiband verschlossen
- Lagerung bei konstanter Temperatur (16-24°C) und ohne direkte Sonneneinstrahlung

*Kontrollverfahren:*

- Unbehandelte Kontrolle, Prüfung auf anfänglichen TM-Befall
  - 2 Dosen nach Sterilisierung (29.07.2005) mit Fallen bestückt und geschlossen
  - Je 3 Dosen der Verfahren 1 (Kontrolle) und 7 (mit Kompost) bei Versuchsansatz (05.08.2005) mit Fallen bestückt und geschlossen
- Versuchsdesign:
- 6 Wiederholungen in Teilversuch A in 1. Gewächshausabteil, vollständig randomisiert (vgl. Abb.1 und Abb.10)
  - 4 Wiederholungen in Teilversuch B in 2. Gewächshausabteil, jedes Verfahren in separater Gruppe mit WH 1-4 aufgestellt (vgl. Abb.1 und Abb.14)
  - Anordnung während Lagerung: vollständig randomisiert in 5 aufeinander gestapelten G1-Kisten
- Boniturmethodik:
- Fallen auszählen ohne Hilfsmittel (Lupe oder Binokular bei Bedarf zur Unterscheidung der TM von anderen Insekten)
- Boniturdaten:
- 22.08.2005
  - 26.08.2005
  - 29.08.2005
  - 02.09.2005
  - 05.09.2005
  - 09.09.2005
  - 12.09.2005
- Statistische Auswertung:
- JMP, Version 5.0.1.2
  - Two-way ANOVA und Tukey-HSD-Test

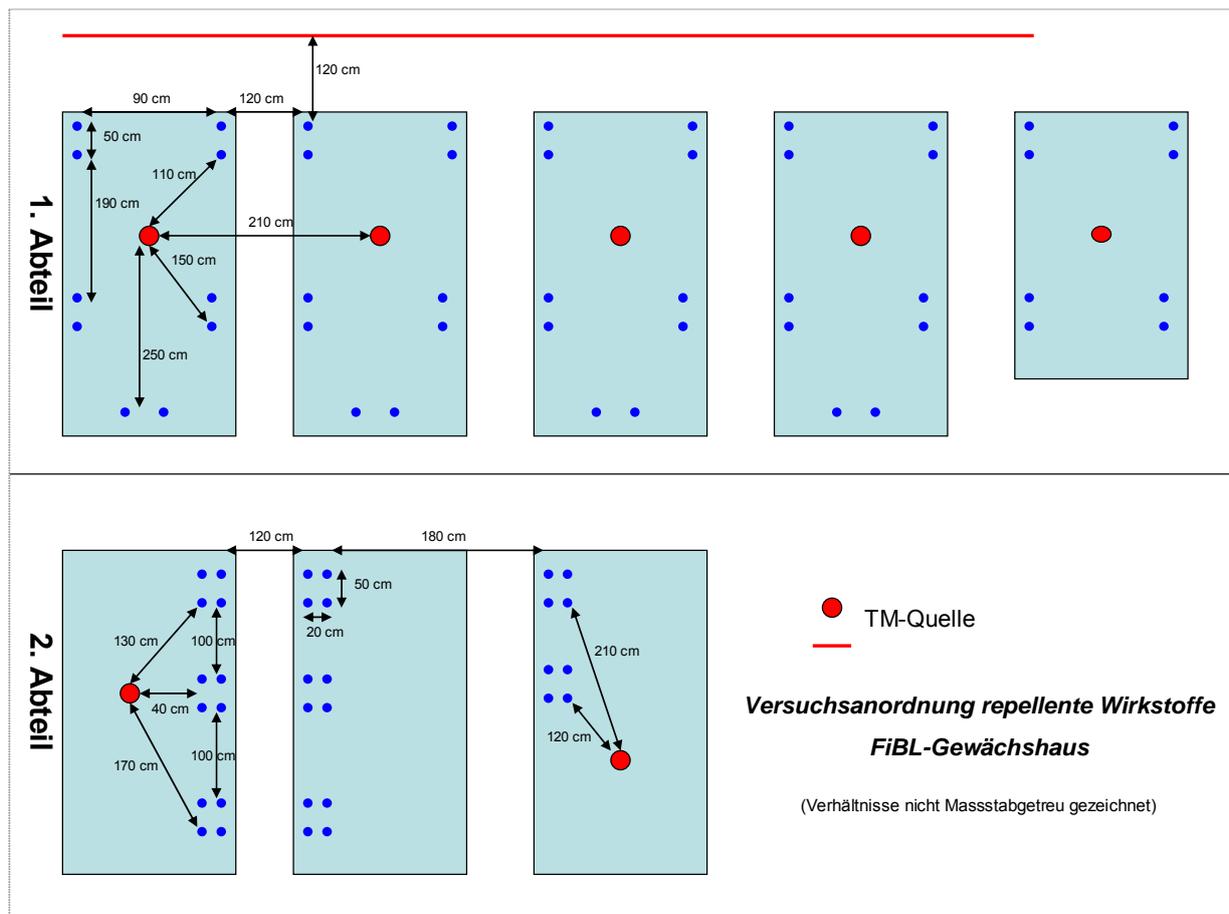


Abb. 1: Versuchsanordnung repellente Stoffe im Gewächshaus (nicht massstabgetreu)

### Versuch V (Kompostattraktivität)

Verfahren:

- (1) Kontrolle
- (2) Gärgut 3 Tage alt (Herkunft Rümmlang)
- (3) Kompost 4 Wochen alt (Herkunft Spreitenbach)
- (4) Kompost 8 Wochen alt (Herkunft Spreitenbach)
- (5) Kompost ausgereift (Herkunft Leibstadt)

Versuchsaufbau:

- Versuchsansatz: 18.08.2005
- Sterilisiertes Substratgemisch aus Versuch IV als Kontrolle verwendet (5l ‚Universalerde‘ von Ricoter, 20l Einheitserde Typ 0’, 25l in Versuch II verwendete Substrate von Ricoter), Zeit zwischen Sterilisation und Versuchsansatz: 3 Wochen
- Jedes Verfahren auf für TM optimalen Feuchtigkeitsgehalt befeuchtet; handfeucht
  - Kontrolle: 36% TS (4 dl Wasser/8l Substrat)
  - Verfahren 2: 47% TS (4dl Wasser/8l Substrat)
  - Verfahren 3: 59% TS (4dl Wasser/8l Substrat)
  - Verfahren 4: 57% TS (0.5dl Wasser/8l Substrat)
  - Verfahren 5: 59% TS (6.5dl Wasser/8l Substrat)
- Nach Befeuchtung pro WH 0.5l Substrat in 1-Liter-PE-Dose
- Wägen der Dosen (=Anfangsgewicht)

*Wiederholungen A bis F:*

- Offene Dosen in Gewächshaus unter den Tischen aufgestellt; je zwei Dosen in einer auf der Seite stehenden G1-Kiste, Kisten mit Folie vor Wassereintrag von oben geschützt
- Mit TM befallenes Substrat in 5l-Kübeln unter den Tischen als TM-Quellen
- Nachwässerung der Dosen auf Anfangsgewicht nach 4, 8 und 13 Tagen mit Wasserzerstäuber (Wasserverlust jeweils 7-15% gegenüber Anfangsgewicht)
- Am 02.09.2005 Zudecken der Dosen: Klebfalle an Dosenrand aufgehängt, Folie auf einer Seite entfernt (55cm<sup>2</sup> Klebfläche, ‚Catch-it‘ von SILVANDERSON, gelb), Dose mit doppelter Lage Fließnetz und Gummiband verschlossen
- Lagerung bei konstanter Temperatur (16-24°C) und ohne direkte Sonneneinstrahlung

*Wiederholungen 1 bis 6:*

- unbehandelte Kontrolle, Prüfung auf anfänglichen TM-Befall
- Bei Versuchsansatz (02.09.2005) Zudecken der Dosen: Klebfalle an Dosenrand aufgehängt, Folie auf einer Seite entfernt (55cm<sup>2</sup> Klebfläche, ‚Catch-it‘ von SILVANDERSON, gelb), Dose mit doppelter Lage Fließnetz und Gummiband verschlossen

## Versuchsdesign:

- 6 Wiederholungen (A-F) in Teilversuch A, vollständig randomisiert in Gewächshaus (5 WH in 1. Gewächshausabteil, 1 WH in 2. Gewächshausabteil, vgl. Abb. 1 und Abb.13); Lagerung vollständig randomisiert in 2 aufeinander gestapelten G1-Kisten
- 6 Wiederholungen (1-6) in Teilversuch B; Lagerung vollständig randomisiert in 2 aufeinander gestapelten G1-Kisten

## Boniturmethodik:

- Fallen auszählen ohne Hilfsmittel (Lupe oder Binokular bei Bedarf zur Unterscheidung der TM von anderen Insekten)

## Boniturdaten:

*Wiederholungen 1-6:*

- 22.08.2005
- 26.08.2005
- 29.08.2005
- 02.09.2005
- 05.09.2005
- 09.09.2005
- 12.09.2005
- 16.09.2005

*Wiederholungen A-F:*

- 05.09.2005
- 09.09.2005

- 12.09.2005
- 16.09.2005
- 19.09.2005

Statistische  
Auswertung:

- JMP, Version 5.0.1.2
- Anfangsbefall: Wilcoxon/Kruskal Wallis Rangsummentest und Chi-Square-Test
- Schlussbefall: Two-way ANOVA nach Transformation der Daten ( $x' = \sqrt{x+0.5}$ ), Tukey-HSD-Test

## Resultate

### ***Versuch I (Testentwicklung)***

Für eine möglichst einfache Handhabung des Testsystems wurden das Handling sowie die Häufigkeit für das Fallenwechseln und Kontrollen beurteilt. Dabei stellte sich folgende Methodik als effizient heraus:

½l zu testendes, genügend befeuchtetes Substrat, in 1-Liter-PE-Dosen geben. Die Klebefallen ‚Catch-it‘ von SILVANDERSON in drei Teile schneiden, wobei die zwei Randstücke à 55 cm<sup>2</sup> Klebfläche bzw. drei vorgedruckte Quadrate verwendet werden. (Das Mittelstück ist mangels klebstofflosem Rand mühsam zu handhaben.) Die Abdeckfolie wird auf einer Seite entfernt. Die Falle wird am umgeknickten, klebstofflosen Rand über den Dosenrand gehängt. Die Dose wird mit einer doppelten Lage Fließnetz verschlossen und mit einem Gummiband fixiert (vgl. Abb.2).

Die aus dem Substrat schlüpfenden Trauermücken bleiben auf der Falle kleben und können ohne Hilfsmittel ausgezählt werden. Falls es viele Beifänge hat oder wenn nur wenige Trauermücken im Substrat vorhanden sind, müssen diese mit Lupe oder Binokular von den Beifängen unterschieden werden. Einmal identifizierte Beifänge bzw. Trauermücken können bei späteren Kontrollen leicht von Auge unterschieden werden. Die zweite Seite der Falle kann später auch verwendet werden, indem die gebrauchte Seite mit der Folie abgedeckt wird. Zur Sicherheit wird die Folie mit Klebstreifen fixiert.



**Abb.2: Material und Aufbau des Testsystems**

In Versuch I schlüpfen nur wenige Trauermücken, weshalb hieraus keine Erkenntnisse über Notwendigkeit von Fallenwechsel und Kontrollhäufigkeit gewonnen werden konnten. Der Versuch wurde darum vorzeitig abgebrochen, mit Ausnahme der Verfahren 2 und 4, und auf eine statistische Auswertung wurde verzichtet. Tabelle 1 zeigt die Schlupfperiode

der Verfahren 2 und 4. (Die anderen Verfahren wiesen bis zum Versuchsabbruch keine Trauermücken auf.)

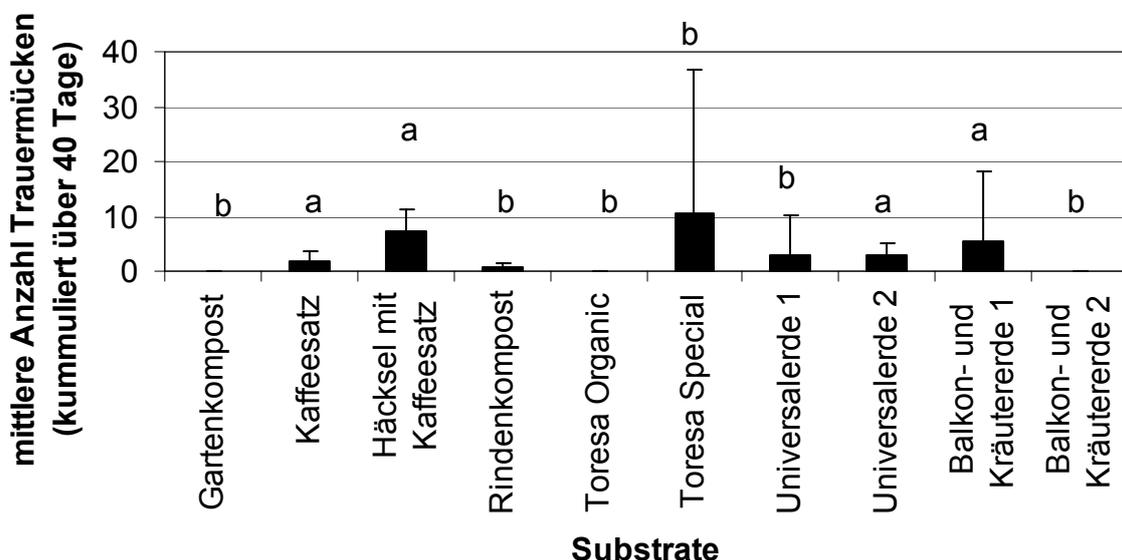
**Tab. 1: Schlupfperiode in Tagen nach Dosenverschluss und Totale Anzahl TM pro WH der Verfahren 2 und 4**

Verfahren	TM-Schlupf in Tagen nach Dosenverschluss	Total geschlüpfte Anzahl TM pro WH (Mittelwerte)	Besonderes der Verfahren
Verfahren 2	26 - 41	3.8	Lagerung im Kellergeschoss, TM-Befall durch im Gewächshaus offen stehen gelassene Dosen während zwei Tagen
Verfahren 4	3 - 33	13.7	Lagerung am FiBL, bei wenig Licht im Gang des Kellergeschosses, TM-Befall durch im Gewächshaus offen stehen gelassene Dosen während zwei Tagen und durch Beimischung von mit TM befallenem Substrat

Der Schlupf der Trauermücken erstreckte sich über einen längeren Zeitraum und setzte beim Verfahren 2 spät ein. Die Entwicklungszeit von Ei- bis Adultstadium dauerte in Verfahren 2 mindestens 26 Tage, in einer Wiederholung sogar 41 Tage.

### **Versuch II (Substrate RICOTER)**

In Abbildung 3 ist der mittlere Trauermückenbefall pro 0.5l Substrat der getesteten Substrate und Substratkomponenten der Firma Ricoter dargestellt. Tabelle 2 zeigt die dazugehörigen Mittelwerte, Standardabweichungen sowie Anzahl Wiederholungen mit Befall.



**Abb. 3: Trauermücken-Befall (Mittelwerte der während 40 Tagen Lagerung kumulierten Anzahl Trauermücken pro 0.5l Substrat) verschiedener Substrate und Substratkomponenten der Firma Ricoter (Statistik: Wilcoxon/Kruskal Wallis Rangsummentest und Chi-Square-Test  $\alpha = 0.001$ , Verfahren mit unterschiedlichen Buchstaben unterschieden sich signifikant voneinander).**

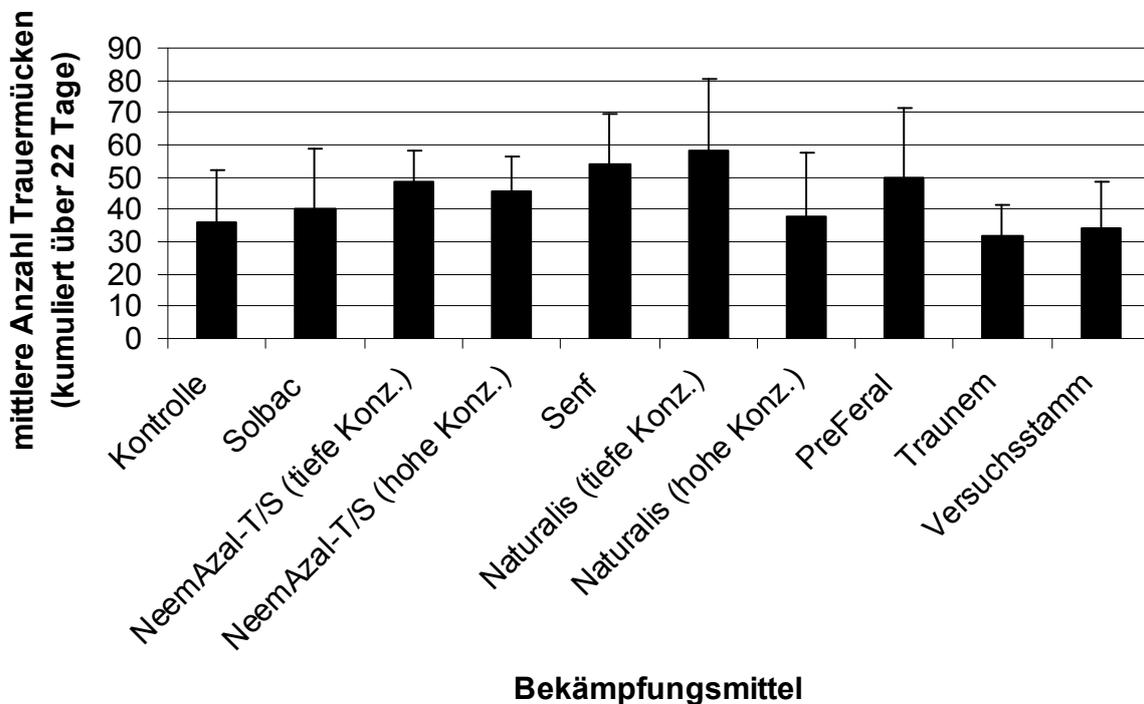
**Tab. 2: Mittelwerte (während 40 Tagen Lagerung kumulierte Anzahl Trauermücken pro 0.5l Substrat), Standardabweichung und Anzahl Wiederholungen mit Befall der getesteten Substratkomponenten und Substrate der Firma Ricoter.**

Verfahren (Substrat)	Mittelwert (TM/ 0.5l)	Standardabweichung	Anzahl WH mit TM (von 6)
Gartenkompost	0	0	0
Kaffeesatz	1.7	2.0	4
Häcksel mit Kaffeesatz	7.2	4.1	6
Rindenkompst	0.7	0.8	3
Toresa Organic	0	0	0
Toresa Special	10.7	26.1	1
Universalerde 1	3	7.3	1
Universalerde 2	3	2.1	5
Balkon- und Kräutererde 1	5.5	12.5	3
Balkon- und Kräutererde 2	0	0	0

Die Substratkomponenten ‚Kaffeesatz‘, ‚Häcksel mit Kaffeesatz‘, ‚Universalerde 2‘ und ‚Balkon- und Kräutererde 1‘ wiesen signifikant mehr Trauermücken auf als die anderen Komponenten. Das Verfahren ‚Häcksel mit Kaffeesatz‘ war ausserdem mit einer nicht näher bestimmten Mückenart befallen (Daten nicht gezeigt). Die Komponenten ‚Rindenkompst‘, ‚Gartenkompost‘ und ‚Toresa Organic‘ enthielten wenige bzw. keine Trauermücken. Das Verfahren ‚Toresa Special‘ enthielt nur in einer Wiederholung Trauermücken, dort aber mit 64 am meisten unter allen Wiederholungen des Versuchs. Die Entwicklungszeit der Trauermücken dauerte in Versuch II bis 36 Tage.

**Versuch III (Bekämpfung)**

In Abbildung 4 sind die Mittelwerte der kumulierten Anzahl Trauermücken pro 0.5l Substratmischung 22 Tage nach der ersten Behandlung mit den verschiedenen Bekämpfungsmitteln gezeigt. Tabelle 3 zeigt die dazu gehörende 2-Way-ANOVA-Tabelle.



**Abb. 4:** Trauermückenbesatz nach Behandlung einer mit Trauermücken befallenen Substratmischung (Mittelwerte der während 22 Tagen Lagerung kumulierten Anzahl Trauermücken pro 0.5l Substrat, Behandlungen zu Beginn und nach 7 Tagen) (Statistik: Werte unterscheiden sich nach Tukey-Test mit  $\alpha = 0.05$  nicht signifikant voneinander).

**Tab. 3:** Effect Tests (2-Way-ANOVA-Tabelle)

Variablen	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob > F
Verfahren	9	4379	1.79	0.097
Wiederholungen	5	1037	0.76	0.58

Die verschiedenen Verfahren zeigten keine signifikanten Unterschiede im Trauermückenbefall nach 22 Tagen Beobachtung. Auch bei früheren und späteren Beobachtungen konnten zwischen den Verfahren keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Bei den Mittelwerten fällt auf, dass das Kontrollverfahren ohne Behandlung tendenziell weniger Trauermückenbefall aufweist als andere Verfahren.

### Versuch IV (Repellente Stoffe zur Vermeidung von Trauermückenbefall)

Die Abbildungen 5 und 6 zeigen die Mittelwerte der kumulierten Anzahl Trauermücken pro 0.5l Substratmischung 25 Tage nach Dosenverschluss, vor welchem die Dosen während 13 Tagen offen im Gewächshaus aufgestellt waren. Abbildung 5 enthält die Resultate des Teilversuchs A mit 6 Wiederholungen und vollständig randomisierter Anordnung. Abbildung 6 zeigt die Resultate des Teilversuchs B mit Anordnung der 4 Wiederholungen eines Verfahrens in je einer Gruppe. Die Tabellen 4 und 5 geben die entsprechenden 2-Way-ANOVA-Tabellen wieder.

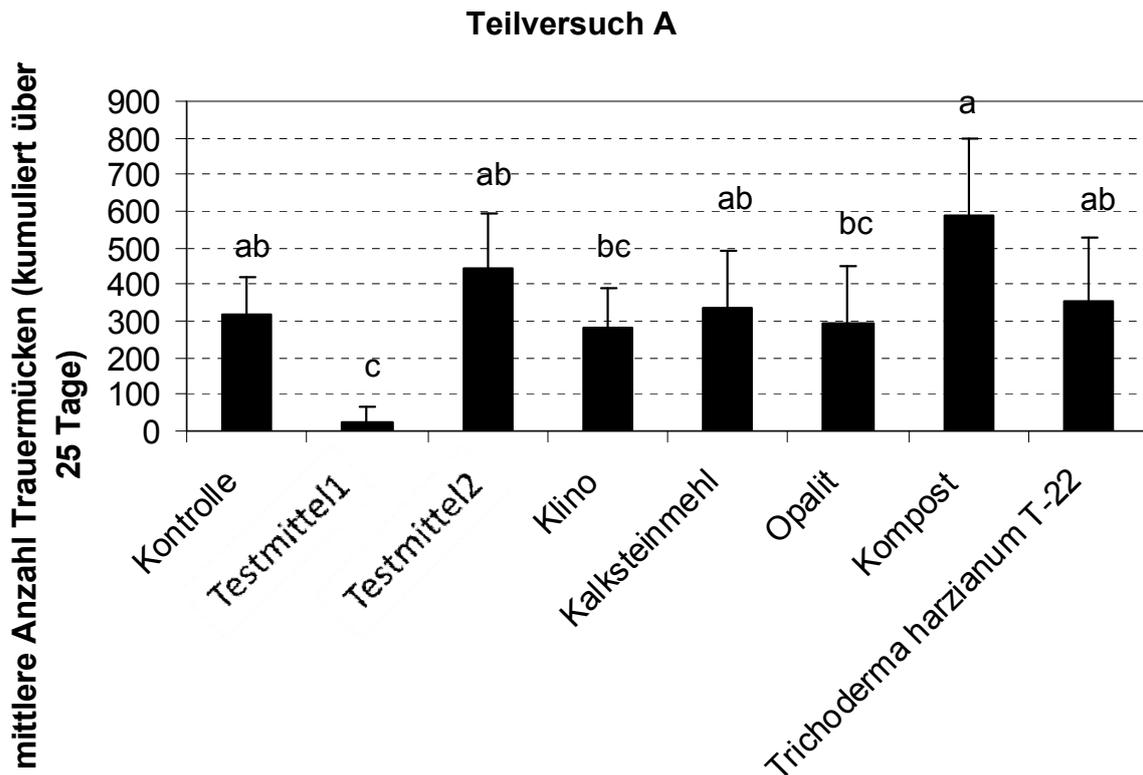


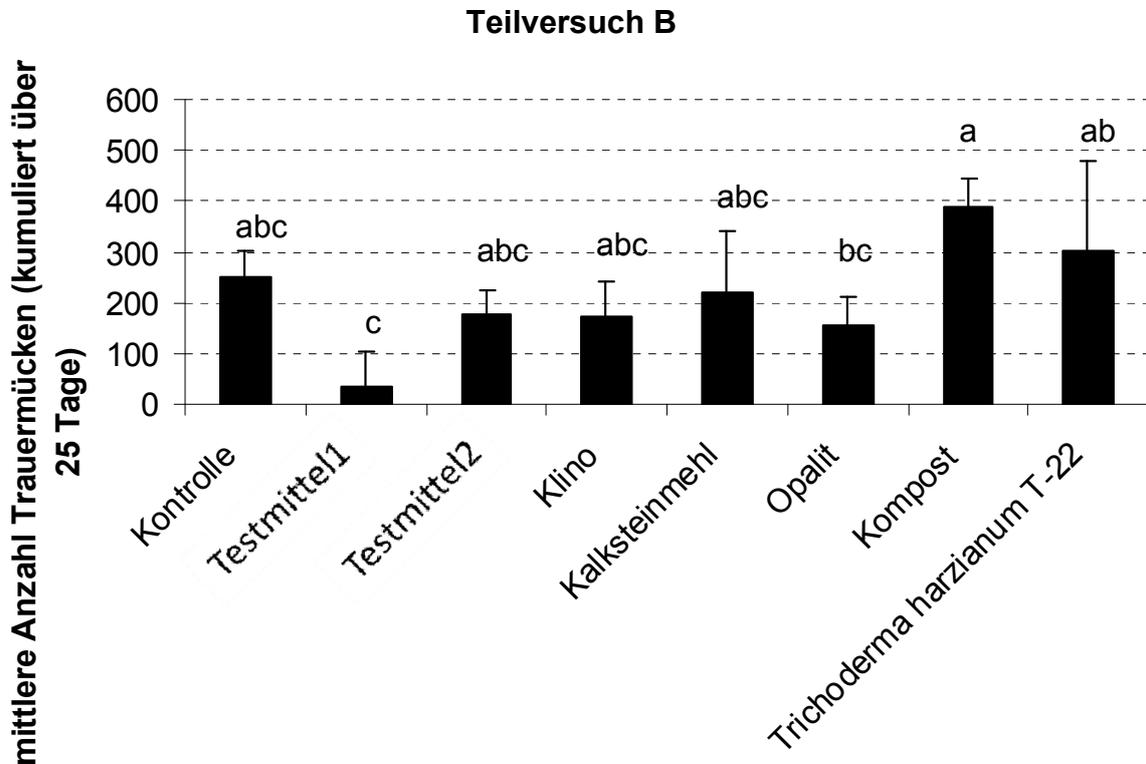
Abb. 5: Trauermückenbesatz einer Substratmischung nach Behandlung mit verschiedenen, repellent wirkenden Mitteln, Teilversuch A (Mittelwerte der während 25 Tagen Lagerung kumulierten Anzahl Trauermücken pro 0.5l Substrat, Substrat zuvor während 13 Tagen für Trauermücken zugänglich) (Statistik: Tukey-Test mit  $\alpha = 0.05$ , Verfahren mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant voneinander)

Tab. 4: Effect Tests (2-Way-ANOVA-Tabelle), Teilversuch A

Variablen	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob > F
Verfahren	7	1067717	6.85	< 0.0001
Wiederholungen	5	76177	0.68	0.64

Beide Teilversuche ergaben die gleichen Tendenzen der Mittelwerte, wobei diese in Teilversuch B mit etwas weniger signifikanten Unterschieden belegt sind. In Teilversuch A sind beim Verfahren ‚Testmittel1‘ signifikant weniger Trauermücken zugeflogen als in fünf weiteren Verfahren inklusive Kontrolle (vgl. Tab. 4). In einzelnen Wiederholungen dieses Verfahrens sind überhaupt keine Trauermücken zugeflogen. Alle anderen Verfahren, wie auch im Teilversuch B generell, unterscheiden sich nicht signifikant von der Kontrolle. Bemerkenswert ist das Verfahren ‚Kompost‘, bei welchem signifikant mehr Trauermücken

zugeflogen sind als in den Verfahren ‚Testmittel1‘ und ‚Opalit‘, in Teilversuch A auch mehr als im Verfahren ‚Klino‘.



**Abb. 6:** Trauermückenbesatz einer Substratmischung nach Behandlung mit verschiedenen, repellent wirkenden Mitteln, Teilversuch B (Mittelwerte der während 25 Tagen Lagerung kumulierten Anzahl Trauermücken pro 0.5l Substrat, Substrat zuvor während 13 Tagen für Trauermücken zugänglich) (Statistik: Tukey-Test mit  $\alpha = 0.05$ , Verfahren mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant voneinander)

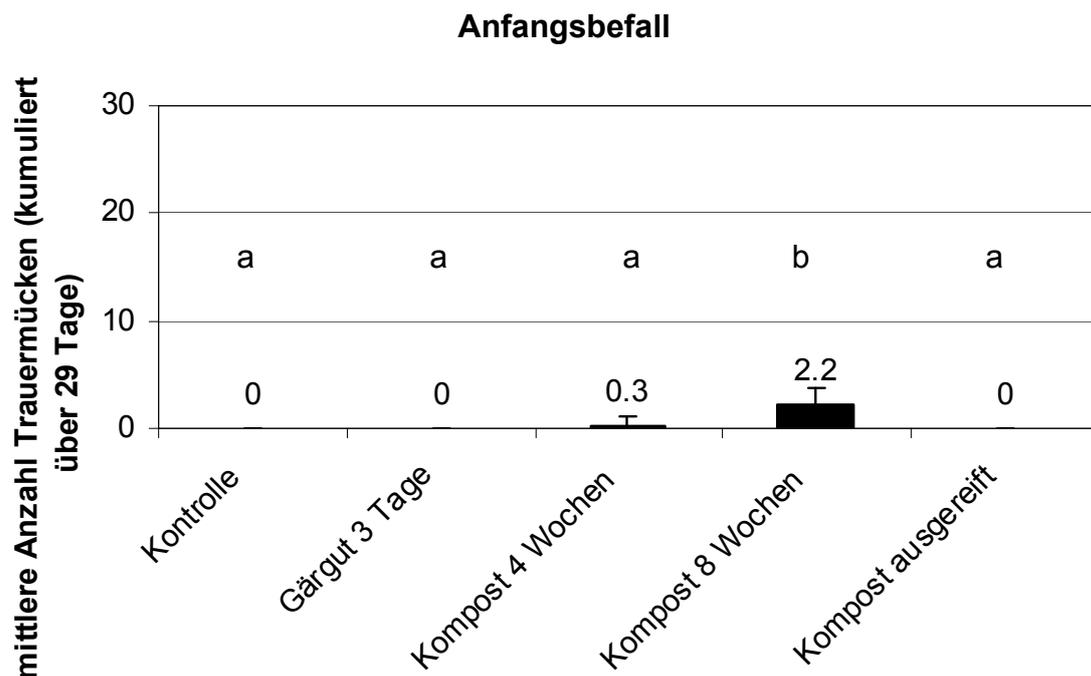
**Tab. 5: Effect Tests (2-Way-ANOVA-Tabelle), Teilversuch B**

Variablen	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob > F
Verfahren	7	310464	4.96	0.002
Wiederholungen	3	14834	0.55	0.65

### **Versuch V (Kompostattraktivität)**

Der Befall mit Trauermücken zu Beginn der Versuche ist in Abbildung 7 dargestellt. Die Kontrolle (sterilisierte Substratmischung), drei Tage altes Gärgut, vierwöchiger und ausgereifter Kompost enthielten keine Trauermücken. Der achtwöchige Kompost wies in allen Wiederholungen Trauermücken auf, im Vergleich zu einigen Verfahren des Versuches II (Ricoter-Substrate; vgl. ‚Häcksel mit Kaffeesatz‘, ‚Universalerde 1‘, ‚Balkon- und Kräuternerde 1‘) ist der Befall aber klein.

Es ist zudem der relativ hohe Besatz der Verfahren ‚vier- und achtwöchiger Kompost‘ mit einer nicht näher bestimmten Mückenart zu erwähnen (durchschnittlich 2.8 resp. 16 Mücken pro 0.5l Kompost, Daten nicht gezeigt).



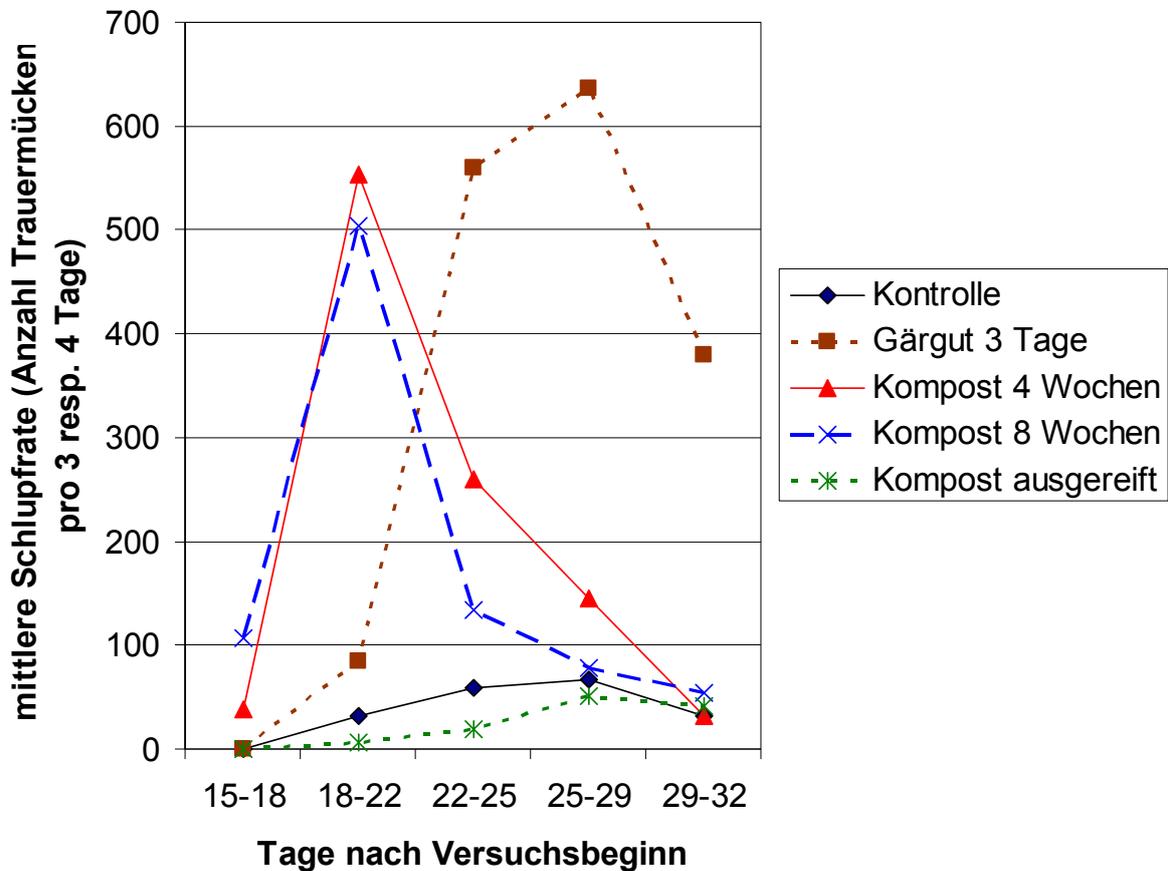
**Abb. 7: Trauermückenbesatz verschiedener Kompoststadien bei Versuchsbeginn (Mittelwerte der während 29 Tagen Lagerung kumulierten Anzahl Trauermücken pro 0.5l Substrat) (Statistik: Wilcoxon/Kruskal Wallis Rangsummentest und Chi-Square-Test  $\alpha = 0.001$ , Verfahren mit unterschiedlichen Buchstaben unterschieden sich signifikant voneinander)**

Nachdem die Komposte im Gewächshaus während 15 Tagen für Trauermücken zugänglich waren, schlüpfen in den Verfahren ‚vier- und achtwöchiger Kompost‘ die ersten Adulten spätestens nach drei weiteren Tagen. Die Trauermücken dieses ersten Schlupfes benötigten also maximal 18 Tage von Ei- bis Adultstadium. In Abbildung 8 wird der Verlauf der Schlupfraten pro Drei- resp. Viertagesintervall während 17 Tagen Lagerung gezeigt. Es wird angenommen, dass die Schlupfraten in etwa den Zuflug der Trauermücken während den 15 Tagen zuvor und somit die Attraktivität der verschiedenen Komposte widerspiegeln.

Auffallend sind die im gleichen Masse stark ansteigenden Trauermücken-Schlupfraten bei vier- und achtwöchigem Kompost 18-22 Tage nach Versuchsbeginn und der darauf folgende, fast ebenso starke Rückgang. Nach 29-32 Tagen schlüpfen in diesen Verfahren ähnlich wenige Trauermücken wie in der Kontrolle und im ausgereiften Kompost. Währenddessen steigt die Schlupfrate beim dreitägigen Gärgut genauso stark, aber erst ein paar Tage später an, um bei 25-29 Tagen nach Versuchsbeginn das Maximum zu erreichen. Der anschliessende Rückgang kann nur vage als ähnlich stark vermutet werden, da der Versuch wegen Bildung einer Zweitgeneration in den Dosen abgebrochen werden musste.

Demnach hatte das Gärgut im Alter von 7 bis 14 Tagen die grösste Attraktivität für Trauermücken. Die noch nicht ausgereiften Komposte waren zu Versuchsbeginn bzw. im Alter von 4 bis 6 Wochen resp. 8 bis 10 Wochen am attraktivsten. Der ausgereifte Kompost und die Kontrolle (sterilisierte Substratmischung) weisen kein eindeutiges Befallsmaximum auf.

### Kompostattraktivität während 15 Tagen Trauermückenflug



**Abb. 8: Attraktivität verschiedener Kompoststadien: Verlauf der Schlupfrate von Eiern, die während 15 Tagen von zugeflogenen Trauermücken gelegt wurden. (Mittelwerte der Anzahl geschlüpfter Trauermücken pro 0.5l Substrat während 3- bzw. 4-Tages-Intervallen, nach Dosenverschluss am 15. Tag, Kontrolle: 3 Wochen vorher sterilisierte Substratmischung)**

Die totale Anzahl der während 17 Tagen Lagerung geschlüpften Trauermücken in den verschiedenen Komposten ist in Abbildung 9 dargestellt. Sie dürfte den während 15 Tagen Exposition zugeflogenen und Eier legenden Trauermücken entsprechen. Beim jungen Gärgut flogen insgesamt signifikant mehr Trauermücken zu als bei den anderen Verfahren. Die beiden noch nicht ausgereiften, vier- resp. achtwöchigen Komposte hatten ebenfalls signifikant mehr Zuflug von Trauermücken als der ausgereifte Kompost und die Kontroll-Substratmischung (vgl. Abb. 9 und Tab. 6).

Bemerkenswert sind die hohen Zahlen total geschlüpfter Trauermücken im Versuch V gegenüber dem Versuch IV. Im dreitägigen Gärgut schlüpften innert vergleichbaren Zeiträumen viermal mehr Trauermücken aus als im höchsten Verfahren des Versuchs IV (Substrat mit Kompost), während in den Kontrollen je ähnlich viele Trauermücken schlüpften (keine statistisch gesicherte Aussage).

### Befall verschiedener Komposte während 15 Tagen Trauermückenflug

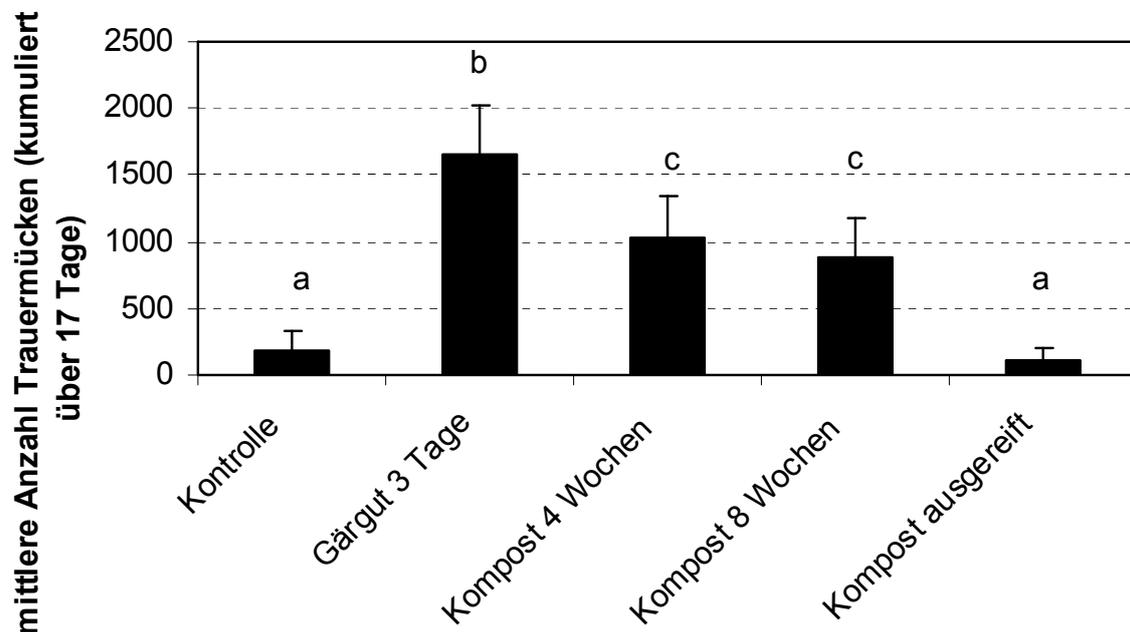


Abb. 9: Trauermückenbesatz verschiedener Kompoststadien nach Trauermückenbefall (Mittelwerte der während 17 Tagen Lagerung kumulierten Anzahl Trauermücken pro 0.5l Substrat, Substrat zuvor während 15 Tagen für Trauermücken zugänglich) (Statistik: Tukey-Test [ $\alpha = 0.05$ ], Verfahren mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant voneinander)

Tab. 6: Effect Tests (2-Way-ANOVA-Tabelle), Befall nach 15 Tagen Trauermückenflug.

Variablen	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob > F
Verfahren	4	3978	67.36	< 0.0001
Wiederholungen	5	241	3.27	0.026

## Diskussion

### Versuch I (Testentwicklung)

Das vorgeschlagene Testsystem ist im Resultateteil von Versuch I im Detail beschrieben. In diesem Abschnitt werden dazu einige wichtige Punkte erläutert.

Versuch I und der Vergleich zu den Versuchen II-V zeigen, dass die Substratlagerung einen Einfluss auf die Entwicklungsdauer der Trauermücken hat. In den Versuchen II-V war die minimale Entwicklungsdauer kürzer als in Versuch I. Dabei könnten Licht, Temperatur und Substratfeuchtigkeit eine Rolle spielen. In einem Testverfahren sollte darauf geachtet werden, dass bei der Lagerung der Proben keine direkte Sonneneinstrahlung besteht und dass möglichst konstante Temperaturen um 20°C vorherrschen. Sollte der Feuchtigkeitsverlust zu gross sein, kann eine Nachbefeuchtung sinnvoll sein.

Die Kontrolle sollte so lange wie möglich fortgesetzt werden, damit möglichst alle vorhandenen Trauermücken erfasst werden. In den durchgeführten Versuchen dauerte

die Entwicklung von Ei- bis Adultstadium von 18 bis zu 41 Tagen (Versuch V bzw. Versuch I).

Da die Trauermücken nie alle sofort auf die Fallen gehen, besteht die Möglichkeit, dass sich in den Dosen eine zweite Generation ausbildet. Dies wurde z.B. in Versuch III beobachtet. Frühestens 18 Tage nach dem Schlupf der ersten Trauermücken und spätestens beim Wiederansteigen der Schlupfrate ist der Test abzubrechen, auch wenn vermutlich noch nicht alle Trauermücken der 1. Generation geschlüpft sind. Zur optimalen Erfassung dieses Zeitpunktes könnte es sinnvoll sein, die Boniturntervalle auf 2 Tage zu verkürzen. Zudem kann dabei der Fallenwechsel häufiger vorgenommen werden. Nach Einschätzung des Autors sollten die Fallen spätestens ab 400 TM pro Falle (mit 55cm<sup>2</sup> Klebfläche) vorgenommen werden, da bei diesem Besatz die Klebfähigkeit der Falle eingeschränkt sein könnte.

Es gilt auch abzuwägen, wie gross der Zeitaufwand für das Auszählen einer Falle ist. Der Autor empfiehlt für eine genaue und rasche Auszählung, den Fallenwechsel bereits ab 100-200 Trauermücken vorzunehmen, abhängig von Mückengrösse und Verteilung auf der Falle.

Im Rahmen des Testsystems ist auch auf die mögliche, grosse Streuung des Trauermückenbefalls in einem Substrat hinzuweisen. Als Beispiel sei das Verfahren ‚Teresa Spezial‘ aus Versuch II erwähnt. Das Verfahren enthielt zwar signifikant weniger Trauermücken als andere, mit fünf gar nicht und einer einzelnen, stark befallenen Wiederholung wies es aber zugleich total am meisten Trauermücken auf. Es könnte sich dabei um eines oder wenige Weibchen gehandelt haben, welche ihre Eier lokal abgelegt hatten. Pro Weibchen sind bis 300 Eier möglich (MALAIS et al. 1992, zitiert in FISCHER, 2005). Die Eier werden an bevorzugten Stellen im Substrat, mit günstigem Mikroklima und mit zersetzender organischer Substanz abgelegt (MENZEL & MOHRIG, 1999, LOPEZ, 1995, beide zitiert in FISCHER, 2005). Aus diesem Grund kann der Befall in einem Substrat räumlich eng begrenzt sein und trotzdem massiv auftreten, was die grosse Streuung des Befalls erklärt. Dieser Tatsache ist im Testsystem mit genügend vielen Wiederholungen zu begegnen. In jedem Fall muss die Streuung berücksichtigt und Stichproben sollten von möglichst unterschiedlichen Stellen des zu testenden Substrates genommen werden.

*Fazit/Empfehlungen für das vorgeschlagene Testsystem:*

- Genügende Substratfeuchtigkeit zu Beginn der Lagerung.
- Lagerung bei Zimmertemperatur und ohne direkte Sonneneinstrahlung.
- Fallenwechsel ab 100-200 TM pro Falle.
- Fallenkontrolle alle 3-4 Tage, bei hohem TM-Besatz alle 2 Tage.
- Versuchsabbruch 18 Tage nach dem Schlupf der ersten TM oder spätestens bei Wiederansteigen der Schlupfrate.
- Grosse Streuung im Befall: Mindestens 6 Wiederholungen pro Testverfahren.

### **Versuch II (Substrate RICOTER)**

Zur statistischen Auswertung der Substratkomponenten muss gesagt werden, dass es sich bei den 6 Wiederholungen um Unterproben von je einer Mischprobe handelte. Die grosse Streuung in diesem Versuch könnte daher von einer unterschiedlich guten

Durchmischung der Proben herrühren und muss nicht zwingend die tatsächliche Streuung der Stichprobenentnahme von den Substrathaufen widerspiegeln.

Bei den getesteten Substratkomponenten der Firma RICOTER ist vor allem auf ‚Häcksel mit Kaffeesatz‘ hinzuweisen. Im Versuch wiesen alle Wiederholungen Trauermücken und eine nicht bestimmte Mückenart auf. Dies deutet darauf hin, dass der mikrobielle (pilzliche) Abbau dieser Komponente in einem für Trauermücken besonders attraktiven Stadium befand. Da auch der reine Kaffeesatz Trauermücken enthielt, sollte bei der Prävention und Bekämpfung von Trauermücken auf Kaffeesatzkomponenten spezielles Augenmerk gerichtet werden. Garten- und Rindenkomposte wiesen keine, bzw. vereinzelt Trauermücken auf. Sind sie gut geführt, können darum Komposte als primäre Trauermückenquelle ausgeschlossen werden. Die Komponenten ‚Toresa‘ enthielten zwar weniger, respektive keine Trauermücken, mit der stark befallenen Wiederholung in ‚Toresa Spezial‘ wies dieses Verfahren aber zugleich total am meisten Trauermücken auf. Aus den anfangs des Kapitels erwähnten Gründen ist dieses Substrat darum als potentielle Quelle von Trauermücken zu betrachten. Mehr Aussagen über die einzelnen Substratkomponenten könnten mit zusätzlichen Attraktivitätsversuchen (vgl. Versuch V) gemacht werden.

Bei den Verfahren ‚Universallerde‘ hatten beide getesteten Säcke, bei ‚Balkon- und Kräutererde‘ nur einer Trauermückenbefall. Einzelne Wiederholungen hatten keine Trauermücken, andere relativ viele, was auch hier zu einer grossen Streuung führte. Diese Ergebnisse bestätigen die Aussagen der Firma RICOTER (WÜRSCH, 2005), wonach je nach Lagerungsort auf einem Stapel einzelne Säcke mit Substrat befallen werden, andere hingegen nicht. Ausserdem sind die Trauermücken im Innern der Säcke an ganz bestimmten Stellen konzentriert.

Es muss gefolgert werden, dass bei der Produktion abgepackter Substrate der Firma Ricoter der Trauermückenbefall nicht auszuschliessen ist.

#### *Fazit des Versuches II:*

- Die Komponenten ‚Kaffeesatz‘ und ‚Häcksel mit Kaffeesatz‘ enthalten Trauermücken bzw. dürften für diese attraktiv sein.
- Die Komponente ‚Toresa Spezial‘ enthält Trauermücken, dürfte aber im Vergleich zu anderen Substratkomponenten allgemein weniger attraktiv für Trauermücken sein.
- Die Komponenten ‚Garten‘- und ‚Rindenkompost‘ sowie ‚Toresa Organic‘ enthalten kaum Trauermücken und dürften für diese wenig attraktiv sein.
- Weitere Aussagen über Substratkomponenten könnten mit zusätzlichen Attraktivitätsversuchen gemacht werden.
- Der Trauermückenbefall der Substrate ‚Universallerde‘ sowie ‚Balkon- und Kräutererde‘ ist während der Produktion nicht auszuschliessen.

#### **Versuch III (Bekämpfung)**

In Tabelle 7 sind die getesteten Mittel aufgelistet. *Bacillus thuringiensis var. israelensis* und *Steinernema feltiae* werden von Herstellern und in der Literatur für die Bekämpfung von Trauermücken im Larvenstadium empfohlen. Die anderen Mittel werden, mit Ausnahme des Senfs, zur Bekämpfung anderer Insekten eingesetzt.

**Tab. 7: Getestete Mittel zur biologischen Bekämpfung der Trauermücke im Larvenstadium in Substraten (\* bereits gegen Trauermücken getestet und empfohlen)**

Mittel	Handelsname	Funktion/Besonderes	Empfehlung Hersteller/ Literatur
<i>Bacillus thuringiensis var. israelensis</i>	Solbac	Bakterium, entwickelt Emdotoxin; muss durch Frass aufgenommen werden	*
<i>Steinernema feltiae</i>	Traunem	Parasitoidische Nematoden	*
<i>Steinernema feltiae</i>		Nematoden-Versuchsstamm	*
NeemAzal	NeemAzal-T/S	Kernextrakt des Neem-Baumes	
Senfpulver			
<i>Beauveria bassiana</i>	Naturalis	Pilzliches Insektizid	
<i>Paecylomyces fumosoroseus</i>	PreFeral	Pilzliches Insektizid	

Keine der Behandlungen führte zu einer signifikanten Reduktion des Trauermückenbesatzes im verseuchten Mischsubstrat. Auffallend ist der tendenziell tiefe Mittelwert der Kontrolle gegenüber den anderen Verfahren, der auf versuchstechnische Mängel hinweist.

FISCHER (2005) testete *Bacillus thuringiensis var. israelensis* mit dem Produkt ‚BioMuekk‘ und folgerte, dass eine Bekämpfung bei hohem Befallsdruck und zu später Anwendung ab potentiellm Trauermückenflug schlecht wirkt. Die gleiche Aussage macht KOLLER (2004) und fügt an, dass B.t.i. auch bei hohem Nahrungsangebot für die Trauermücken schlecht wirkt. Alle diese Voraussetzungen waren vermutlich im hier durchgeführten Versuch gegeben, was die fehlende Wirkung des Verfahrens ‚Solbac‘ erklären könnte. Für einen möglichen Einsatz in der Substratproduktion sind diese Punkte zu berücksichtigen. Ausserdem macht die relativ kurze Wirkungsdauer wegen rascher Zersetzung des Produktes einen Einsatz wenig attraktiv.

Im Versuch wurden zwei Stämme von *Steinernema feltiae* getestet. Es handelte sich um das Produkt ‚Traunem‘ sowie um einen Versuchsstamm, die von ‚Andermatt Biocontrol AG‘ zur Verfügung gestellt wurden. Tendenzuell liegen die Mittelwerte der geschlüpften Trauermücken in den beiden Verfahren tiefer als bei anderen Verfahren. Ein signifikanter Erfolg blieb aber aus. Allenfalls hätte eine zusätzliche Behandlung, bzw. eine erneute Befeuchtung des Substrates auf eine sich etablierende Zweitgeneration eine längerfristige Wirkung gezeigt.

Nematoden werden in der Literatur häufig zur Bekämpfung von Trauermücken vorgeschlagen. Diverse Erfolge konnten mit Nematoden schon nachgewiesen werden (z.B. KREBS, 2001, LOPEZ, 1995, beide zitiert in FISCHER, 2005 und GREWAL & RICHARDSON, 1993). Nach KOLLER (2004) können sie auch bei hohem Befallsdruck wirkungsvoll eingesetzt werden. Für einen potentiellen Einsatz bei der Substratproduktion ist zu beachten, dass Nematoden genügend Feuchtigkeit brauchen, UV-lichtempfindlich und nur bei bestimmten Temperaturen aktiv sind (ab 12 °C gemäss ‚Andermatt Biocontrol AG‘ und bis 27 °C nach ALBERT et al., 2003 zitiert in FISCHER, 2005).

Weitere Empfehlungen werden für den Einsatz der Raubmilben *Hypoaspis sp.* gegeben (mündl. Mitteilung STÜSSI, 2005 und Zusammenfassungen in FISCHER, 2005 und KOLLER, 2004). Die Raubmilben wirken im Vergleich zu Nematoden langsamer, dafür über

mehrere Monate hinweg. Ein kurzfristiger Einsatz macht daher wenig Sinn. Da sie auch bei relativ trockenem Milieu überdauern, könnte ein Einsatz unmittelbar bei der Substratendproduktion, d.h. vor dem Abfüllen und Vertrieb, erfolgreich sein. Eine präventive Wirkung könnte damit auch während der Substratlagerung im Handel über längere Zeit gegeben sein.

*Hypoaspis sp.* wurde in diesem Versuch nicht getestet, da ein Einsatz in der Praxis aus Kostengründen vorerst als unrealistisch betrachtet wurde. Gemäss Auskunft von STÜSSI, 2005 würden sich die Kosten durchaus im Rahmen anderer Bekämpfungsstrategien belaufen. Der Einsatz von *Hypoaspis sp* in Substraten sollte also geprüft werden.

#### *Fazit des Versuches III:*

- Keines der geprüften Produkte hatte eine genügende Wirkung.
- Bekämpfungsmittel gegen Trauermückenlarven auch bei niederem Befallsdruck und mit Behandlungen ab Befallsbeginn testen.
- Längerfristige Wirkung prüfen (Kontrolle der zweiten Generation mittels Fallen ab 18 Tagen nach erstem Schlupf oder Befallsüberprüfung von behandeltem Substrat an mehreren Zeitpunkten über längeren Zeitraum).
- Zusätzlich Wirkung von *Hypoaspis sp* testen (v.a. langfristig).

**Versuch IV (Repellente Stoffe zur Vermeidung von Trauermückenbefall)**

Die Abbildungen 10-12 zeigen den Versuchsaufbau im Gewächshaus des FiBL. Der Versuch wurde in zwei Teilversuche aufgeteilt, damit allfällige Nachbarwirkungen ausgeschlossen werden konnten.

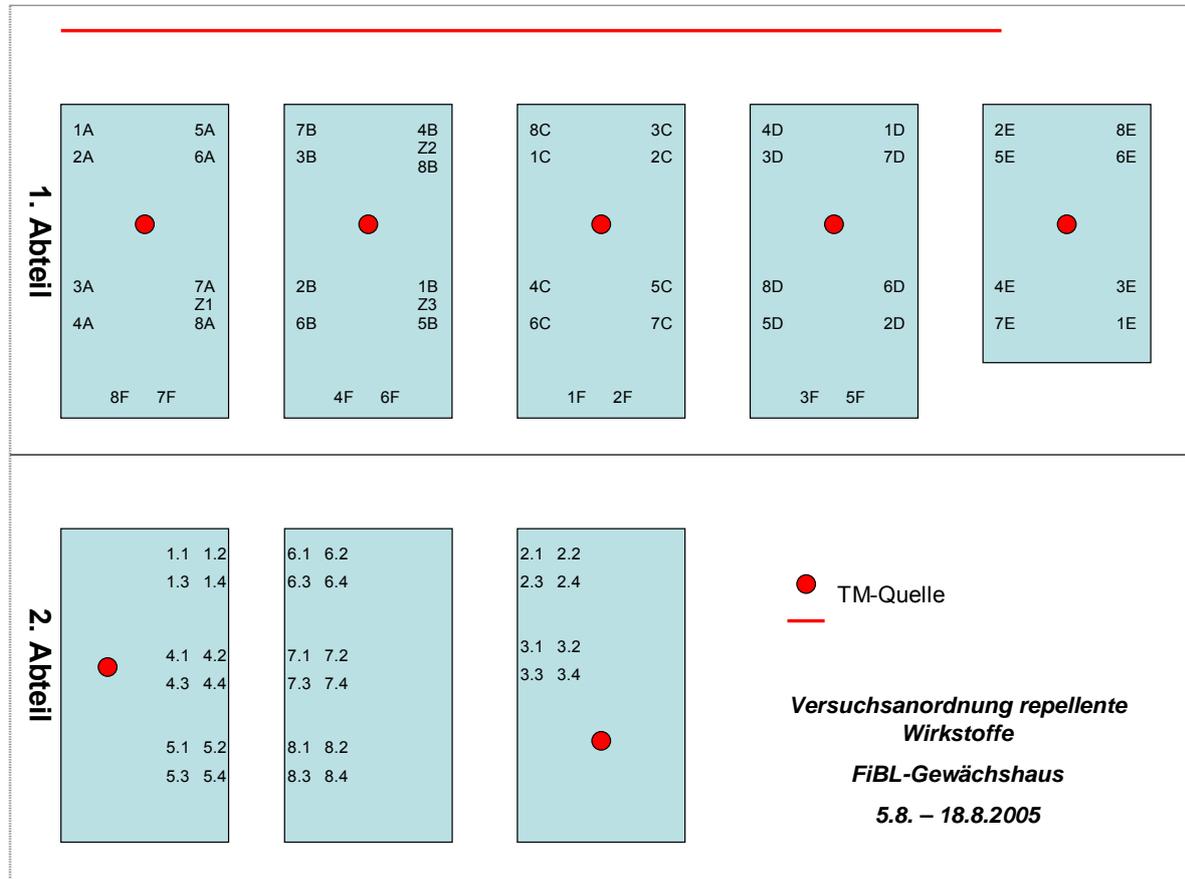


Abb. 10: Schematische Anordnung der Wiederholungen A-F (Teilversuch A) bzw. 1-4 (Teilversuch B) unter den Gewächshaustischen



Abb. 11: Trauermücken-Quelle (weisser Kübel)



Abb. 12: Dosenaufstellung unter Gewächshaustischen

Das ‚Testmittel1‘ reduzierte den Trauermückenflug signifikant. Die präparierten Plättchen setzen Thymol frei. Mit dem hier durchgeführten Versuch wird gezeigt, dass das Thymol für die Trauermücken eine abschreckende Wirkung hat und der Zuflug von Eier legenden Trauermücken reduziert werden kann. In sieben der zehn Wiederholungen waren überhaupt keine Trauermücken aufgetreten. Eine toxische Wirkung auf Trauermückenlarven als Grund für den Erfolg dürfte ausgeschlossen sein, da die ‚Testmittel1‘-Plättchen vor der Lagerung entfernt wurden.

Das ‚Testmittel2‘ sollte analog zu ‚Testmittel1‘ wirken. Es handelt sich um ätherische Öle, die aus Wachspellets über längere Zeit abgegeben werden (genauer Inhalt nur dem Hersteller bekannt). Thymol dürfte einer dieser Stoffe sein (gut riechbar). Im Versuch konnte aber gegenüber der Kontrolle keine signifikante Reduktion der Trauermücken erreicht werden. Tendenziell wurden in Teilversuch A sogar mehr Trauermücken angezogen als in der Kontrolle. Gründe für diese widersprüchlichen Resultate im Vergleich zum ähnlichen ‚Testmittel1‘ könnten eine geringere Dosis und die schnelle Verflüchtigung der Duftstoffe im ‚Testmittel2‘ sein. Es ist zu prüfen, ob ‚Testmittel2‘ in höherer Dosis oder durch häufigeres Ersetzen (z.B. alle drei Tage) besser wirken würde. Diese Produkte könnten beim Substratproduzenten nach dem Abpacken der Substrate auf die Säcke oder die Paletten aufgebracht werden. Ob dies als Komponente des Leims, der für die Stabilität der aufgestapelten Säcke auf den Paletten, möglich ist, müsste abgeklärt werden. Auch das Anbringen von ‚Testmittel1‘-Plättchen müsste geprüft werden, denn noch ist nicht klar wie lange die Emission der ätherischen Öle für eine repellente Wirkung genügt.

**Tab. 8: Getestete repellente Produkte zur Vermeidung der Eiablage von Trauermücken in Substraten (\*\*\*) signifikante/ \* tendenzielle Reduktion von Trauermücken gegenüber der Kontrolle)**

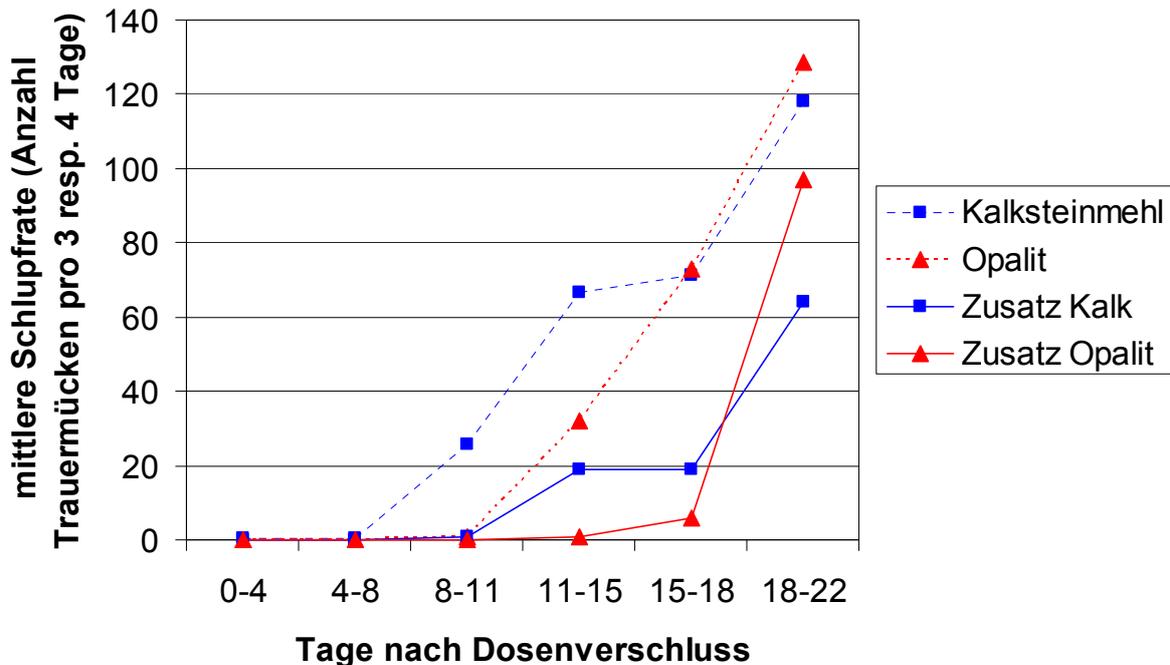
Produkt	Handelsname	Besonderheiten	Signifikante/tendenzielle Reduktion gegenüber der Kontrolle
Thymol	Testmittel1	Thymol getränkte Plättchen als Duftdispenser	***
Ätherische Duftstoffe	Testmittel2	Duftstoff emittierende Wachsbällchen	
Vulkanische Mineralienmischung	Klino	Gesteinsmehl	*
Kalksteinmehl		Gesteinsmehl	
Opalit		Gesteinsmehl	*
Kompost		gut ausgereift und frei von Trauermücken	
<i>Trichoderma harzianum</i> T-22		pathogenhemmender Pilz	

Die weiteren getesteten Verfahren zeigten keine signifikanten Unterschiede zur Kontrolle. Tendenziell liegen die Mittelwerte der Gesteinsmehlverfahren ‚Klino‘ und ‚Opalit‘ tiefer als bei der Kontrolle. Dagegen liegen die Mittelwerte des ‚Kompostverfahrens‘ tendenziell höher als in der Kontrolle. Bei den Verfahren ‚Kalksteinmehl‘ und ‚*Trichoderma harzianum* T-22‘ ist keine Wirkung erkennbar.

Das Wirkungsprinzip dieser Produkte sollte darauf beruhen, dass für Trauermücken anziehende Duftstoffe im Substrat reduziert werden und damit die Attraktivität des Substrates tief gehalten wird. KÜHNE et al. (1994) bewiesen die unterschiedliche Attraktivität von diversen Pilzen und Bodenbakterien auf die Trauermückenart *Bradisia*

*paupera*. Bestimmte Pilze werden von den Trauermücken bevorzugt zur Eiablage gewählt und die Larven fressen diese auch bevorzugt (z.B. *Botrytis cinerea*, *Phoma betae*, *Alternaria alternata*, diverse Fusarien). GERLACH et al. (2003) weisen denn auch darauf hin, dass Kompostbeigabe in Substraten nicht zwingend die Entwicklung von Trauermücken fördert. Substratzusammensetzung und Kompostherkunft sind dabei entscheidende Faktoren.

Im vorliegenden Versuch wurden die Produkte vollständig unter das Substrat gemischt. Als präventive Massnahme werden auch trockene Substratabdeckungen mit Quarzsand, Vermikulit, Perliten und bestimmten Torfherkünften vorgeschlagen (FISCHER, 2005, GERLACH et al., 2003 und KOLLER, 2004). Als kleiner Versuch wurde darum bei je einer zusätzlichen Wiederholung der Gesteinsmehlverfahren eine oberflächliche Schicht mit minimaler Einmischung gebildet (ca. 1cm tief). Abbildung 13 zeigt die zeitliche Verzögerung des Befalls bei den beiden Zusatzdosen mit ‚Kalksteinmehl‘ und ‚Opalit‘. Beim Verfahren ‚Klino‘ konnte der Effekt in der Zusatzwiederholung nicht beobachtet werden. Der längere präventive Effekt einer oberflächlichen Schicht gegenüber vollständiger Einarbeitung von Gesteinsmehlen müsste in weiteren Versuchen statistisch bestätigt werden und könnte sich als effizientere Strategie erweisen.



**Abb. 13:** Mittlere Schlupfraten der Verfahren ‚Kalksteinmehl‘ und ‚Opalit‘ im Vergleich zu je einer zusätzlichen Wiederholung mit oberflächlicher Gesteinsmehlschicht (Anzahl geschlüpfter Trauermücken pro 0.5l Substrat während 3- bzw. 4-Tages-Intervallen, Dosenverschluss nach 13 Tagen Trauermückenflug)

#### Fazit des Versuchs IV:

- ‚Testmittel1‘ hält Trauermücken von Substraten fern. Die langfristige Bewahrung mit geringeren Dosen ist zu überprüfen.
- ‚Testmittel2‘ mit ähnlichen Eigenschaften wie ‚Testmittel1‘; könnte ähnlich wirken. Höhere Dosen und häufigeres Ersetzen des Produkts sind zu überprüfen.

- Gesteinsmehle könnten die Attraktivität für Trauermücken reduzieren. Ein Einsatz als oberflächliche Schicht ist zu prüfen.
- Kompostbeigabe kann Substrate für Trauermücken attraktiver machen (je nach Substrat- und Komposteigenschaften, gemäss GERLACH et al., 2003).

### Versuch V (Kompostattraktivität)

Der Kompostattraktivitäts-Versuch wurde anschliessend und analog zu Versuch IV durchgeführt (vgl. Abb. 14).

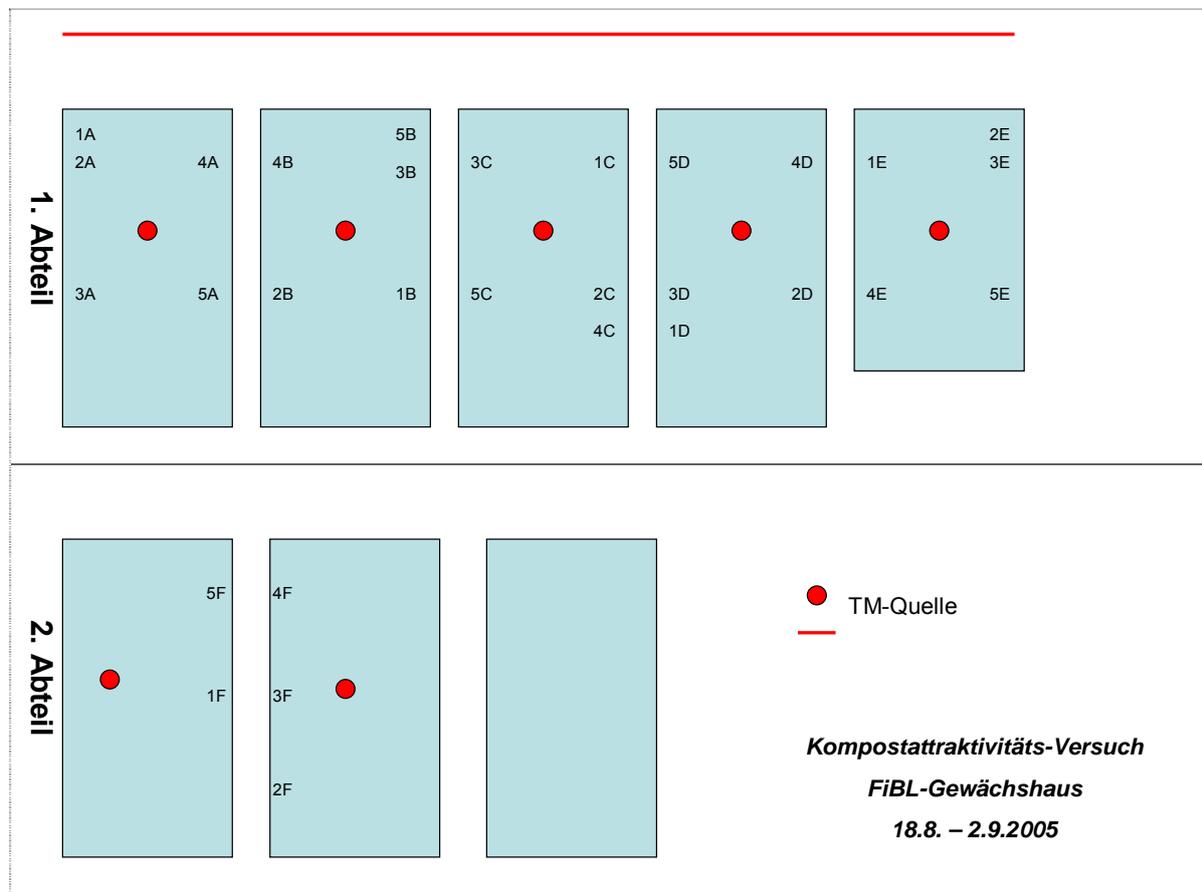


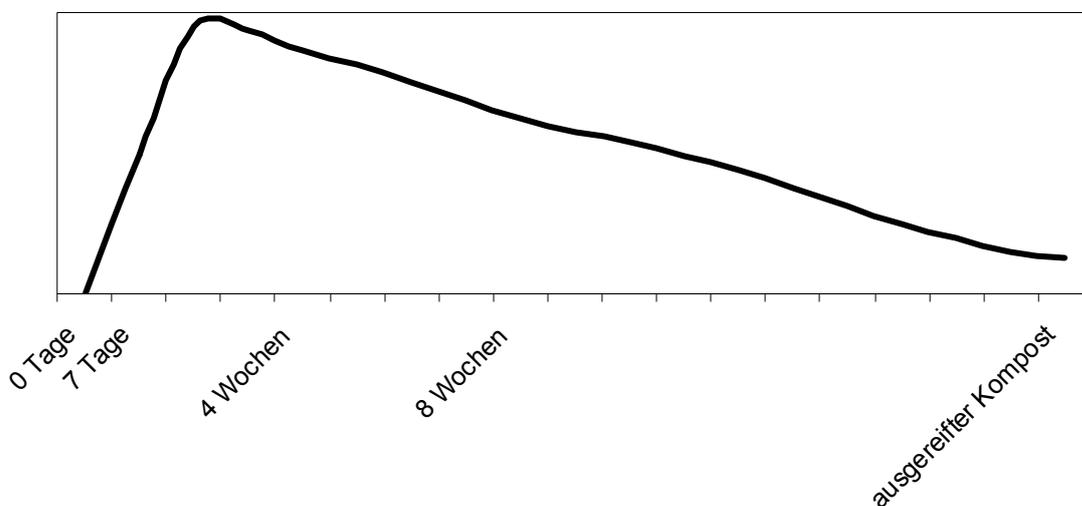
Abb. 14: Schematische Anordnung des Versuch zur Kompostattraktivität unter den Gewächshaustischen (mit A-F Wiederholungen)

Der kumulierte Befall der verschiedenen Verfahren zeigt eine signifikant höhere Attraktivität von sehr jungem Gärgut (Erfassung des Trauermückenzuflugs bis zu einem Gärgut-Alter von 15-17 Tagen) gegenüber älteren Komposten (vgl. Abb.9). Die Komposte mittleren Alters wiesen ausserdem mehr Trauermückenzuflug als die Kontrolle und der ausgereifte Kompost auf. Die Attraktivität von Komposten für Trauermücken dürfte also mit der Reife bzw. dem Alter abnehmen. Der etwas später eingesetzte Zuflug im ganz jungen Stadium (vgl. Abb. 8) deutet auf eine erst ab 7 Tage erhöhte Attraktivität hin. Demnach könnte die Kompostattraktivität in etwa wie in Abbildung 15 charakterisiert werden.

Allerdings ist auf die Methodik des Versuchs hinzuweisen, wobei die Komposte zu Beginn handfeucht bewässert wurden, um den Larven optimale Voraussetzungen für die Entwicklung zu schaffen. Es darf angenommen werden, dass diese zusätzliche

Befeuchtung einen Einfluss auf die Entwicklung der Mikroorganismenflora und somit auf die Attraktivität für Trauermücken ausgeübt hat. Im optimalen Fall wurde die bestehende Attraktivität der Komposte verstärkt, im schlechtesten Fall beschleunigte sich die Entwicklung der Mikroflora und die Attraktivität setzte früher ein als bei normaler Kompostreifung. Die zeitlichen Angaben in Abbildung 15 sind darum noch nicht bestätigt. Auf eine spezielle Situation im Versuch deutet auch die Abnahme der Schlupfraten hin (Abb. 8). Entgegen der postulierten, stetig leicht abnehmenden Attraktivität (vgl. Abb. 15) ging die Schlupfrate bei den drei hoch befallenen Verfahren nach einem schnell erreichten Maximum relativ stark zurück. Einerseits kann wiederum die Entwicklung der Mikroflora dafür verantwortlich sein, da der Kompostreifeprozess nach Versuchsbeginn gestoppt war. Andererseits könnte bei der hohen Anzahl Trauermücken pro Dose während der Larvenentwicklung Nahrungsknappheit bestanden haben oder die totale Eilegerate der Trauermückenpopulation im Gewächshaus sank aufgrund natürlicher Populationsschwankungen.

Aus Gründen der Verfügbarkeit wurden ausserdem Komposte von verschiedenen Standorten mit unterschiedlichem Ausgangsmaterial genommen. Der Vergleich in diesem Vorversuch ist damit nur bedingt aussagekräftig. Trotz der erwähnten, versuchstechnischen Vereinfachungen geben die Resultate einen Anhaltspunkt dafür, dass die bisherigen Vermutungen von praxiserfahrenen FiBL-Mitarbeitern über die abnehmende Kompostattraktivität für Trauermücken im Verlauf der Reife stimmen könnten. Weitere, aufwändigere Versuche sollten die Attraktivität eines Kompostes für Trauermücken während seiner ganzen Reifungsdauer in der Praxis verfolgen.



**Abb. 15: Postulierter Verlauf der Kompostattraktivität für Trauermücken während der Reifungsdauer**

*Fazit des Versuches V:*

- Die hohe Attraktivität von Komposten für Trauermücken setzt ein bis zwei Wochen nach Beginn des Verrottungsprozesses ein.
- Reife Komposte sind für Trauermücken weniger attraktiv als junge Komposte.
- Genauer, zeitlicher Verlauf der Attraktivität eines Kompostes ist während der gesamten Reifungsdauer in der Praxis mittels Monitoring zu beobachten.

## Dank

Unser Dank gilt Samuel Stüssi und der Firma Andermatt Biocontrol AG für die Bereitstellung von Versuchsprodukten. Ebenso danken wir Peter Ulrich (Ulrich & Partner GmbH) sowie der Unipoint AG für die zur Verfügung gestellten Gesteinsmehle. Für die gute Zusammenarbeit danken wir Herbert Würsch und der Firma RICOTER.

## Literaturverzeichnis

Albert, R., Hassan, S. A., Langenbruch, G.A., 2003: Biologische Schädlingsbekämpfung, aid-Infodienst, Bonn

Gerlach, W. W. P., Vogt, K., Thesing, M., 2003: Einfluss verschiedener Substratzuschläge zu Biosubstraten auf den Befall mit Trauermücken (*Bradysia paupera*), BDGL-Tagungsband, 21/2003

Grewal, P. S., Richardson, P. N., 1993: Effects of application rates of *Steinernema feltiae* (Nematoda: Steinernematidae) on biological control of the mushroom fly *Lycoriella auripila* (Diptera: Sciaridae), *Biocontrol Science and Technology* 3(1), 29-40

Koller, M., 2004: Empfehlungen zur Regulierung der Trauermücke, Merkblatt des FiBL (Forschungsinstitut für biologischen Landbau), Frick

Krebs, E.-K., 2001: Nematoden wirkten ähnlich, *Gärtnerbörse* 15/2001

Kühne, S., Schrameyer, K., Müller, R., Menzel, F., 1994: Räuberische Fliegen – ein bisher wenig bachteter Nützlingskomplex in Gewächshäusern, *Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Berlin-Dahlem*, Heft 302

Lopez, N., 1995: Trauermücken als unbeliebte Dauergäste, *Gärtnerbörse*, 18/1995 in Fischer, B., 2005: Biologische Bekämpfung der Trauermücke durch Substratzuschläge und Substratlagerung, Diplomarbeit an der Fachhochschule Weihenstephan, Weihenstephan

Malais, M. H., Ravensberg, W. J., 1992: Knowing and Recognizing, *Reed Business Information, Doetinchem, Niederlande* in Fischer, B., 2005: Biologische Bekämpfung der Trauermücke durch Substratzuschläge und Substratlagerung, Diplomarbeit an der Fachhochschule Weihenstephan, Weihenstephan

Menzel, F., Mohrig, W., 1999: Revision der paläarktischen Trauermücken (Diptera: Sciaridae), *Ampyx-Verlag, Halle, Saale* in Fischer, B., 2005: Biologische Bekämpfung der Trauermücke durch Substratzuschläge und Substratlagerung, Diplomarbeit an der Fachhochschule Weihenstephan, Weihenstephan

## Mündliche Mitteilungen:

Stüssi, S., 2005: Samuel Stüssi, Berater, Andermatt Biocontrol AG, Stahlermatten 6, 6146 Grossdietwil

Würsch, H., 2005: Herbert Würsch, Geschäftsführer RICOTER Erdaufbereitung AG, Radelfingerstrasse 24-26, 3270 Aarberg