

Dissertation
zur Erlangung des akademischen Grades
Doctor rerum naturalium

**Untersuchungen zur biologischen Bekämpfung
der Kleidermotte *Tineola bisselliella* (Hummel 1823) und
anderer tineider Textilschädlinge (Lepidoptera: Tineidae)
mit parasitoiden Hymenopteren.**

ZIMMERMANN, OLAF

**eingereicht am Institut für Zoologie, Abt. V Ökologie
der Johannes-Gutenberg-Universität zu Mainz**

Olaf Zimmermann, geb am 18.11.1970 in Bad Kreuznach

Mainz, 2005

Gliederung

1 Literaturübersicht

1.1 Material- und Vorratsschutz

- 1.1.1 Die wirtschaftliche Bedeutung von Vorrats- und Textilschädlingen 9
- 1.1.2 Integrierter Material- und Vorratsschutz und dessen Nachhaltigkeit 11
- 1.1.3 Natürliches Auftreten von Nützlingen in Vorratslagern 11
- 1.1.4 Anwendung von Nützlingen im biologischen Vorrats- und Materialschutz 12

1.2 Die Kleidermotte *Tineola bisselliella* (Hummel 1823)

und weitere Textilschädlinge der `Echten Motten` (Tineidae)

- 1.2.1 Systematik, Verbreitung und Morphologie 15
 - 1.2.1.1 Die Kleidermotte *Tineola bisselliella* 16
 - 1.2.1.2 Die Pelzmotte *Tinea pellionella* 19
- 1.2.3 Schadbild, Nahrung und Auftreten der Tineidae als Textilschädlinge 21

1.3 Bekämpfung der Kleidermotte 25

- 1.3.1 Chemische Bekämpfung 26
- 1.3.2 Biologische Bekämpfung 28
 - 1.3.2.1 Bekämpfung der Kleidermotte mit nützlichen Organismen 31
 - 1.3.2.2 Integrierte Bekämpfungsmaßnahmen mit Nützlingen 32

1.4 Parasitoide Hymenopteren als natürliche Gegenspieler

von textilschädigenden tineiden Lepidopteren

- 1.4.1 Bedeutung parasitoider Hymenopteren als Gegenspieler von Tineiden 37
- 1.4.2 *Trichogramma* spp. 38
 - 1.4.2.1 Systematik, Verbreitung und Morphologie 38
 - 1.4.2.2 Biologie und Ökologie 40
 - 1.4.2.3 *Trichogramma* spp. in der biologischen Schädlingsbekämpfung 42
- 1.4.3 *Apanteles carpatus* SAY, 1836 45
 - 1.4.3.1 Systematik, Verbreitung und Morphologie 45
 - 1.4.3.2 Biologie und Ökologie 46
 - 1.4.3.3 Die Gattung *Apanteles* im biologischen Pflanzen- und Vorratsschutz 48

1.4.4 Weitere parasitoide Hymenopteren von Tineiden 49

1.4.5 Bedeutung der Köderung von Parasitoiden 53

1.4.6 Entwicklung von Zucht- und Freilassungsmethoden für Nützlinge 54

2 Material und Methode

2.1 Köderung von Parasitoiden 56

2.1.1 Laborprüfung der Ködereinheiten 56

2.1.2 Köderung von Parasitoiden an natürlichen Standorten 59

2.2 Zucht der Versuchstiere und begleitende Versuche

2.2.1 Zucht von *Tineola bisselliella* 61

2.2.2 Zucht von *Tinea pellionella* 65

2.2.3 Sterilisation von tineiden Wirtseiern durch UV-Bestrahlung 66

2.2.4 Prüfung von *Plodia interpunctella* als potentiellm Textilschädling 67

2.2.5 Zucht von *Trichogramma* 68

2.2.6 Zucht von *Apanteles carpatus* 70

2.3 Untersuchungen mit *Apanteles carpatus*

2.3.1 Lebensstafel-Daten von *Apanteles carpatus* 73

2.3.2 Überlebensrate von *Apanteles carpatus* mit und ohne Futtergabe 74

2.3.3 Einfluß der Temperatur auf die Leistung von *Apanteles carpatus* 75

2.3.4 Untersuchungen zur Zucht von *Apanteles carpatus* auf Ersatzwirten 76

2.3.5 Entwicklung einer Freilassungseinheit für *Apanteles carpatus* 77

2.3.6 Halbfreilandtests zur Suchleistung von *Apanteles carpatus* 78

2.4 Laboruntersuchungen mit *Trichogramma*-Arten und -Stämmen

2.4.1 Identifikation der verwendeten *Trichogramma*-Arten 79

2.4.2 Selektion von *Trichogramma*-Stämmen gegen die Kleidermotte 80

2.4.2.1 Akzeptanztests mit Eiern der Kleidermotte 83

2.4.2.2 Einfluss des Wirtseialters auf die Akzeptanz 84

2.4.2.3 Präferenztests 85

2.4.2.4 Einfluss von Zuchtpassagen mit dem Zielwirt auf die Präferenz 86

2.4.3 Daten der Lebensstafeln von ausgewählten *Trichogramma*-Arten 87

2.4.3.1 Parasitierung der Kleidermotte *T. bisselliella* durch *T. piceum* 90

2.4.3.2 Parasitierung der Pelzmotte *T. pellionella* durch *T. piceum* 91

2.5 Halbfreilandtests zur Suchaktivität von *Trichogramma* spp.

2.5.1 Erweiterte Käfigversuche zur Suchaktivität 92

2.6 Untersuchungen zur Kombination von Nützlingsfreilassungen mit biologischen Bekämpfungsmitteln

2.6.1 Nebenwirkungstests mit Repellents und Niem 95

2.7 Praxisversuche zur Bekämpfung von textilschädigenden Motten

2.7.1 Erste Praxisfreilassungen von Nützlingen gegen tineide Motten 101

2.8 Statistische Auswertung 104

3 Ergebnisse

3.1 Köderung von Parasitoiden

3.1.1 Laborprüfung der Ködereinheiten 105

3.1.2 Köderung von Parasitoiden an natürlichen Standorten 105

3.2 Zucht der Versuchstiere und begleitende Versuche

3.2.1 Zucht von *Tineola bisselliella* 105

3.2.2 Zucht von *Tinea pellionella* 109

3.2.3 Sterilisation von tineiden Wirtseiern durch UV-Bestrahlung 109

3.2.4 Prüfung von *Plodia interpunctella* als potentiellm Textilschädling 112

3.2.5 Zucht von *Apanteles carpatus* 113

3.2.6 Prüfung einer Freilassungseinheit für *Apanteles carpatus* 115

3.3 Untersuchungen mit *Apanteles carpatus*

3.3.1 Lebensstafel-Daten von *Apanteles carpatus* 117

3.3.2 Überlebensrate von *Apanteles carpatus* mit und ohne Futtergabe 119

3.3.3 Einfluß der Temperatur auf die Leistung von *Apanteles carpatus* 119

3.3.4 Untersuchungen zur Zucht von *Apanteles carpatus* auf Ersatzwirten 121

3.3.5 Halbfreilandtests zur Suchleistung von *Apanteles carpatus* 121

3.4 Laboruntersuchungen mit *Trichogramma*-Arten und -Stämmen

3.4.1 Identifikation der verwendeten *Trichogramma*-Arten 122

3.4.2 Selektion von *Trichogramma*-Stämmen gegenüber der Kleidermotte 124

3.4.2.1 Akzeptanztests mit Eiern der Kleidermotte 125

3.4.2.2 Einfluss des Wirtseialters auf die Akzeptanz 129

3.4.2.3 Präferenztests 131

3.4.2.3 Einfluss von Zuchtpassagen mit dem Zielwirt auf die Präferenz 132

3.4.2.4 Daten der Lebensstafeln von ausgewählten *Trichogramma*-Arten

3.4.2.4.1 *T. cacoeciae* (CAC D 90 O) 134

3.4.2.4.2 *T. piceum* (PIC M 91) 139

3.4.2.4.3 Parasitierung der Kleidermotte *T. bisselliella* durch *T. piceum* 146

3.4.2.4.4. Parasitierung der Pelzmotte *T. pellionella* durch *T. piceum* 146

3.5 Halbfreilandtests zur Suchaktivität von <i>Trichogramma</i> spp.	
3.5.1. Erweiterte Käfigversuche zur Suchaktivität	148
3.6 Untersuchungen zur Kombination von Nützlingsfreilassungen mit biologischen Bekämpfungsmitteln	
3.6.1 Nebenwirkungstests mit Repellents und Niem	153
3.7 Praxisversuche zur Bekämpfung von textilschädigenden Motten	
3.7.1 Beobachtung der Nützlinge und Monitoring der Befallsentwicklung	159
 4 Diskussion	
4.1 Köderung von Parasitoiden	
4.1.1 Laborprüfung der Ködereinheiten	162
4.1.2 Köderung von Parasitoiden an natürlichen Standorten	162
4.2 Zucht der Versuchstiere und begleitende Versuche	
4.2.1 Zucht von <i>Tineola bisselliella</i>	163
4.2.2 Zucht von <i>Tinea pellionella</i>	165
4.2.3 Sterilisation von tineiden Wirtseiern durch UV-Bestrahlung	165
4.2.4 Prüfung von <i>Plodia interpunctella</i> als potentiellm Textilschädling	167
4.2.5 Zucht von <i>Apanteles carpatus</i>	167
4.2.6 Entwicklung einer Freilassungseinheit für <i>Apanteles carpatus</i>	168
4.3 Untersuchungen mit <i>Apanteles carpatus</i>	
4.3.1 Lebensstafel-Daten von <i>Apanteles carpatus</i>	169
4.3.2 Überlebensrate von <i>Apanteles carpatus</i> mit und ohne Futtergabe	169
4.3.3 Einfluß der Temperatur auf die Leistung von <i>Apanteles carpatus</i>	170
4.3.4 Untersuchungen zur Zucht von <i>Apanteles carpatus</i> auf Ersatzwirten	170
4.3.5 Halbfreilandtests zur Suchleistung von <i>Apanteles carpatus</i>	171
4.4 Laboruntersuchungen mit <i>Trichogramma</i>-Arten und -Stämmen	
4.4.1 Identifikation der verwendeten <i>Trichogramma</i> -Arten	172
4.4.2 Selektion von <i>Trichogramma</i> -Stämmen gegenüber der Kleidermotte	
4.4.2.1 Akzeptanztests mit Eiern der Kleidermotte	173
4.4.2.2 Einfluss des Wirtseialters auf die Akzeptanz	174
4.4.2.3 Präferenztests	174
4.4.2.4 Einfluss von Zuchtpassagen mit dem Zielwirt auf die Präferenz	174
4.4.2.5 Daten der Lebensstafeln von ausgewählten <i>Trichogramma</i> -Arten	175

4.5 Halbfreilandtests zur Suchaktivität von <i>Trichogramma</i> spp.	
4.5.1 Erweiterte Käfigversuche zur Suchaktivität	176
4.6 Untersuchungen zur Kombination von Nützlingsfreilassungen mit biologischen Bekämpfungsmitteln	
4.6.1 Nebenwirkungstests mit Repellents und Niem	177
4.7 Praxisversuche zur Bekämpfung von textilschädigenden Motten	
4.7.1 Erste Praxisfreilassungen von Nützlingen gegen tineide Motten	178
4.8 Bekämpfungskonzepte mit parasitoiden Hymenopteren gegen textilschädigende Tineiden im Vorrats- und Materialschutz	
4.8.1 Geeignete parasitoide Hymenopteren zur Bekämpfung von Tineiden	179
4.8.2 Strategien zur biologischen Bekämpfung tineider Motten	181
5. Literatur	182
6.1 Zusammenfassung	200

Bildnachweis:

Alle Fotos von O. Zimmermann, außer den Abbildungen mit Quellenangabe.

1 Literaturübersicht

1.1 Material- und Vorratschutz

1.1.1 Die wirtschaftliche Bedeutung von Vorrats- und Textilschädlingen

Die Lagerung von Gütern ist für den modernen Menschen eine wirtschaftliche Notwendigkeit. Der wirtschaftliche Schaden an gelagerten Gütern ist von großer Bedeutung, da praktisch keine tolerierbaren Schadschwellen oder Qualitätsabstufungen möglich sind, wie sie in pflanzlichen Produktionen üblich sind (ADLER & STEIDLE 2003). Die gelagerten Güter stehen am Ende einer kostspieligen Produktionskette. Im Gegensatz zum Pflanzenschutz können Verluste durch Schädlinge im Vorrat oder bei fertiggestellten Produkten ökonomisch kaum abgefangen werden (HAGSTURM & FLINN 1996).

Arthropoden sind die wirtschaftlich bedeutendste Gruppe von schädigenden Organismen an Vorräten und Materialien. Die Tineiden sind neben den Gattungen *Attagenus* und *Anthrenus* (Coleoptera) die wichtigsten Textilschädlinge (HERFS & STÖTTER 1962, BECKER 1983, BARTOS & VERNER 1990, BROWER 1996). Zudem treten verschiedene Oecophoridae (Lepidoptera) regelmäßig als Textilschädlinge auf. HÄUSLER (1998) berichtet von der Braunen Hausmotte oder Samenmotte *Hofmannophila pseudospretella* aus Vogelnistkästen, die im Rheinland als Schädling auftritt. Ebenso kann die Kleistermotte *Endrosis sarcitrella* an Wolle als Schädling auftreten (HANNEMANN 1977). Über den gesamtwirtschaftlichen Schaden von Wolltextilien gibt es keine exakten Daten, unter anderem dadurch, dass ständig neue Handelsgüter im Umlauf sind, der Umfang privat eingesetzter Schädlingsbekämpfungsmittel schwer zu ermitteln ist und aufgrund des negativen Images nur ungern veröffentlicht wird. Die wirtschaftliche Bedeutung von Textilschädlingen lässt sich indirekt über die Ausgaben für Schädlingsbekämpfungsmittel und die jährlich aufgewendete Wirkstoffmenge im Haushaltsbereich näherungsweise erfassen. So wurden im Bereich von privaten Haushalten im Jahr 2001 etwa 54 Mio. EURO für Schädlingsbekämpfungsmaßnahmen ausgegeben. Die abgesetzte Wirkstoffmenge stieg im Vergleich von 2000 (51 t) zu 2001 (61 t). Eine Zunahme des Verbrauchs von chemischen Bekämpfungsmitteln ist in den letzten Jahren ebenso im Pflanzenschutz zu beobachten (IVA 2002), trotzdem sich die Verbraucher zunehmend für biologische Bekämpfungsmaßnahmen interessieren.

Die Bekämpfung im Haushalt umfasst Schädlinge in Lebensmittelvorräten, die Bekämpfung von Lästlingen, wie Fliegen und Ameisen, und die Bekämpfung von Textilschädlingen. Von den verwendeten 61 t Wirkstoffmenge in Deutschland in 2001 entfallen auf Schädlingsbekämpfungsmaßnahmen im Haushaltsbereich 46 Tonnen Bekämpfungsmittel

(IVA 2002). Die Verhältnisse werden in Abb. 1 detailliert dargestellt. Der Anteil der Schädlingsbekämpfungsmittel gegen Arthropoden im Haushaltsbereich (Lebensmittel- und Textilschädlinge) liegt bei etwa 70 %. Die restlichen 30 % sind anteilig Formizide gegen Ameisen (8 t), Rodentizide gegen Ratten und Mäuse (4 t) und Pflanzenschutzmittel im Haushalt, bei Zierpflanzen (3 t).

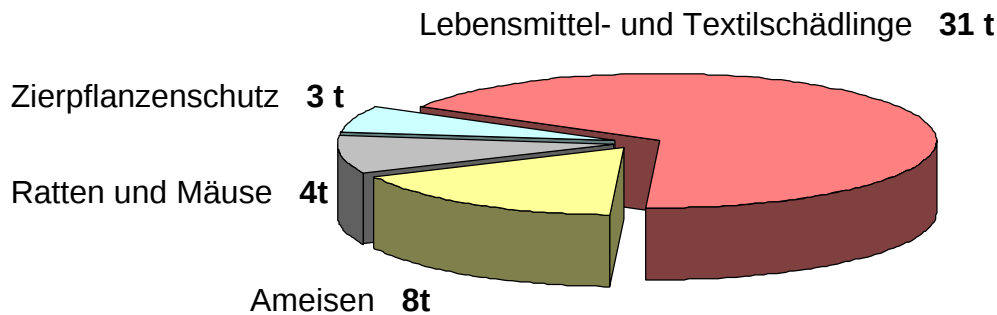


Abb. 1: Anteile der chemischen Wirkstoffmengen im Haushaltsbereich in Deutschland (verändert nach Angaben im Jahresbericht 2002 des Industrieverbandes Agrar)

Im Vergleich fallen bei weltweiten Schäden im Vorrat von Getreide durch Schädlinge nach REICHMUTH (1997) Kosten von etwa 200 Milliarden EURO pro Jahr an, davon 80 % durch Insekten (Motten und Käfer) verursacht. Die wirtschaftliche Bedeutung von Schadarthropoden in Vorrats- und Materiallagern ist somit sehr hoch anzusetzen, obwohl sich die Schadorganismen weltweit auf nur etwa 100 Insekten- und Milben-Arten konzentrieren (REICHMUTH 1997). Zusätzlich treten Pilzkrankungen vergesellschaftet mit tierischen Schädlingen sekundär als Folgebefall auf. Die im Pilzstoffwechsel entstehenden Mykotoxine stellen eine erhebliche Gesundheitsgefährdung durch die verunreinigten Vorratsgüter für den Verbraucher dar (ADLER 2003). Ein Schaden findet sich somit zum einen in Form von quantitativen Fraßverlusten, besonders aber durch Verunreinigungen mit Kot, Resten abgestorbener Schädlinge, sekundären Verpilzungen und bakteriellen Krankheitserregern. Diese führen zur qualitativen Abstufung von Gütern bis hin zu Totalverlusten. Trotz der immensen Kosten, die bei Schäden in Vorrat und Material entstehen, erfolgen Maßnahmen zur Befallsvermeidung noch nicht im erforderlichen Umfang (REICHMUTH *et al.* 1997).

Als geschätzter Schaden durch Textilschädlinge in Deutschland werden von RIED (1991) etwa 50 Mio. EURO angegeben. Die Kleidermotte *T. bisselliella* ist weltweit insgesamt der wirtschaftlich wichtigste Materialschädling an Textilien, Teppichen, Dämmmaterialien und Museumsgütern (HERFS & STÖTTER 1962, BLUM 1998, WUDTKE 1996, PINNIGER 2001, PLARRE 2003). Sie wurde über Handelswege ebenso wie viele andere Vorrats- und Materialschädlinge weltweit verbreitet.

1.1.2 Integrierter Material- und Vorratsschutz und dessen Nachhaltigkeit

Biologische Methoden der Schädlingsbekämpfung rücken aufgrund ihrer positiven nachhaltigen Eigenschaften zunehmend ins Interesse der Verbraucher (FORTMANN 1993, SCHÖLLER 1999, WUDTKE 2002). Im Rahmen einer integrierten Bekämpfung (REICHMUTH 1995, 1997) finden Nutzarthropoden als eine von mehreren Komponenten in kombinierten, integrierten Bekämpfungsmaßnahmen immer mehr Beachtung (ARBOGAST 1984 a, b, BROWER *et al.* 1996, SCHÖLLER 1999). Klassische chemische Bekämpfungsmittel haben sich zum Teil als gesundheitlich bedenklich und zudem persistent oder rückstandsbildend erwiesen und haben ihrerseits ernsthafte Probleme durch Nebenwirkungen verursacht und bei den Verbrauchern eine kritische Verunsicherung hervorgerufen (WAAGE 1991, BRIAN 1998). Es wird daher die Entwicklung eines nachhaltigen Material- und Vorratsschutzes notwendig. Hindernisse in der praktischen Umsetzung sind wie im Pflanzenschutz ein noch zu geringer Bekanntheitsgrad der biologischen Möglichkeiten, Zweifel der Kunden am Erfolg und Bedenken gegenüber Insekten und nicht zuletzt die Kostenfrage. Diese Punkte können durch positive Erfahrungen, verbraucherorientierte Beratung und unterstützende Forschungsvorhaben ausgeglichen werden (PROZELL *et al.* 1995). Es bestehen besondere Anforderungen an die Wirtschaftlichkeit und die praktische Umsetzung von Forschungsergebnissen biologischer Verfahren. Es hat sich gezeigt, dass sich in der gesamten Kette der Vorratslagerung von primären Lagerbereichen der Produktion, bei Zwischenhändlern, Verkäufern und schließlich den Endverbrauchern Möglichkeiten zur effektiven Kombination gesundheitsschonender und rückstandsfreier Bekämpfungsmethoden ergeben (SCHÖLLER & PROZELL 2003, 2004 b). Der Einsatz nützlingsschonender Methoden kann zudem eine Regulation von Schädlingen durch deren natürlich vorkommenden Gegenspieler unterstützen und mit dazu beitragen, den Befall unter einer wirtschaftlich relevanten Schadensschwelle zu halten.

1.1.3 Natürliches Auftreten von Nützlingen in Vorratslagern

Es tritt eine große Vielfalt natürlicher Gegenspieler von Schädlingen im Vorratsbereich auf (SCHÖLLER 1998, PROZELL & SCHÖLLER 1997, REICHMUTH 1997, BROWER *et al.* 1996). Diese Antagonisten unterteilen sich in **Prädatoren und Parasitoide**, insbesondere bei Hymenopteren und in geringerem Maße bei Dipteren. Sie können in Vorratslagern den Befall zum Teil natürlich regulieren. Allerdings werden sie ihrerseits durch chemische Bekämpfungsmaßnahmen gegenüber Schädlingen stark reduziert, so dass eine Regulation von

neu auftretenden Schadarthropoden durch natürlich vorkommende Gegenspieler nicht möglich ist (CROFT 1990).

Außer Nutzarthropoden treten **Mikroorganismen**, darunter *Bacillus thuringiensis*, Viren, Protozoen, insektenpathogene Pilze und entomophage Nematoden als natürliche Gegenspieler auf oder könnten potentiell eingesetzt werden (HUNTER 1973). Sie sind bezüglich ihrer Anwendbarkeit jedoch unterschiedlich gut erforscht und konnten sich auch bei einzelnen Erfolgen bislang im Vorratsschutz noch nicht entscheidend durchsetzen (BROWER *et al.* 1996, SCHÖLLER 1998). BISCHOFF (1998) untersuchte am Beispiel von Getreideschädlingen die Möglichkeiten, Pathogene gegen vorratsschädliche Motten zu nutzen. Die geprüften entomopathogenen Pilzen, u.a. *Metarhizium anisopliae* und *Beauveria bassiana*, ermöglichten bei geringer Dichte die Bekämpfung von *P. interpunctella*.

Neben wirtschaftlich relevanten Nützlingen treten eine Reihe räuberischer Gegenspieler auf, die einen Schädlingsbefall nicht effektiv eindämmen können, aber unterstützend agieren. Zu diesen Generalisten zählen Spinnen, Pseudoskorpione, Raubmilben, vereinzelt Laufkäfer und Kurzflügelkäfer. Die wichtigste Gruppe natürlicher Gegenspieler von Vorratsschädlingen sind Arthropoden, besonders parasitoide Hymenopteren. SCHÖLLER (1998) geht ausführlich auf Räuber und Parasitoide im Vorratsschutz ein.

1.1.4 Anwendung von Nützlingen im biologischen Vorrats- und Materialschutz

Freilassungen von Nützlingen im Rahmen biologischer Verfahren bedürfen einer grundlegenden Überprüfung der Befallssituation. Für alle potentiellen Schädlinge gilt es für eine effektive Bekämpfung deren Biologie und das Verhalten zu kennen, um frühzeitig einen Befall zu diagnostizieren und geeignete Gegenmaßnahmen zu ergreifen. Grundsätzlich ist der Einsatz von Nutzarthropoden eine Maßnahme, um Kalamitäten von Schädlingen zu verhindern oder unter eine tolerierbare Schadschwelle zu reduzieren und hat einen eher prophylaktischen Charakter (HAGSTRUM & FLINN 1996). Die Anwendung von Nützlingen ist von Privathaushalten bis hin zu großen Lagerbereichen möglich. Die Nützlinge können im Sinne einer integrierten Bekämpfung mit anderen Maßnahmen kombiniert eingesetzt werden. Je nach Anwendungsgebiet entstehen unterschiedliche Bekämpfungsansätze. Spezielle Anforderungen an die Bekämpfungsmaßnahmen stellen z.B. Verkaufsläden mit Getreideprodukten (PROZELL *et al.* 1995, SCHÖLLER *et al.* 2002). Bei täglichem Kundenverkehr und insbesondere bei ökologischer Ausrichtung der Produkte sind bei einem Befall mit Schadinsekten chemische Bekämpfungsmaßnahmen meist nicht mehr durchführbar. Für einen biologischen Vorratsschutz sind grundsätzliche Hygienemaßnahmen

erforderlich. In größeren Räumlichkeiten werden diese Maßnahmen von Fachkräften koordiniert und regelmäßig überprüft (PROZELL *et al.* 1996, SCHÖLLER *et al.* 2002).

Für eine effektive Bekämpfung ist es notwendig, Nutzarthropoden in Massenzuchten zu vermehren und zur gezielten Bekämpfung der Schädlingspopulationen freizulassen (HASSAN 1981, BROWER *et al.* 1996). Der Populationsverlauf und die räumliche Ausbreitung der Schadorganismen können mit Pheromon-Klebefallen beobachtet werden (PLARRE 1997, WUDTKE 1994, 1995), um die erforderliche Dosierung und Terminierung eines Einsatzes von Nützlingen zu bestimmen. Wie beim Pflanzenschutz im Freiland ist es möglich, die Nützlinge inokulativ (einmalig) auszusetzen mit dem Ziel der Etablierung oder sie inundativ (wiederholt) in großer Menge freizulassen (KRIEG & FRANZ 1980). In Vorrats- und Materiallagern ist eine gezielte dauerhafte Ansiedlung von Nützlingen meist nicht möglich. In der Regel erfolgen wiederholte inundative Freilassungen (SCHÖLLER 2001). Die Möglichkeiten zum Einsatz von Nützlingen werden durch die Art und Verwendung der gelagerten Güter eingeschränkt. Ein steter Wechsel von Besitzern großer Lagerbestände an zentralen Umschlagplätzen und deren räumlich begrenzte Lagerungsbedingungen, wie zum Beispiel auf Hafengeländen und Märkten, begrenzt die biologischen Bekämpfungsmöglichkeiten mit Nützlingen sehr stark (SCHLIESSKE 1997, 1999).

Beispiele für den erfolgreichen Einsatz von Nützlingen im Vorratsschutz finden sich in der Anwendung von Raubmilben, Raubwanzen und vor allem hymenopterer Parasitoiden (REICHMUTH *et al.* 1997, SCHÖLLER 1998). Tab. 1 gibt eine Aufstellung wichtiger Nutzarthropoden im Vorratsschutz wider und zeigt, dass bislang nur ein Teil der Arten kommerziell eingesetzt werden.

Getreideraubmilben der Art *Cheyletus eruditus* wurden in der ehemaligen Tschechoslowakei gezüchtet und gezielt eingesetzt, um vorratsschädliche Milben unter Kontrolle zu halten (PUPLAN *et al.* 1965). Durch die geringen Kosten und die Nachhaltigkeit der Wirkung erwies sich die Ansiedlung der Raubmilben im Getreide als äußerst ökonomisch. Eine weitere Raubmilbe mit geeignetem Wirtsspektrum für den Vorratsschutz ist *Acarophenax lacunatus* CROSS & KRANTZ. Nach OLIVEIRA *et al.* (2003) wurde *A. lacunatus* als Eiparasitoid für mindestens vier verschiedene Coleopterenarten nachgewiesen, die im Vorrat relevant sind.

Tabelle 1: Eine Auswahl relevanter Nutzarthropoden für den Vorratsschutz

	Ordnung / Familie	Wissenschaftl. Artname	Wirte im Vorrat
	Acarina , Cheletidae	<i>Cheyletus eruditus</i> (SCHRANK, 1781)	Milben, Staubläuse, junge Stadien vorratsschädigender Motten-Arten
	Acarina , Acarophenacidae	<i>Acarophenax lacunatus</i> (CROSS & KRANTZ)	Eier vorratsschädigender Käfer-Arten
	Hemiptera, Anthocoridae	<i>Xylocoris flavipes</i> REUTER, 1875	junge, wenig skleotisierte Stadien div. vorratsschädigender Käfer- und Motten-Arten
	Heteroptera, Reduviidae	<i>Reduvius personatus</i> L.	junge, wenig skleotisierte Stadien div. vorratsschädigender Käfer- und Motten-Arten
	Heteroptera, Reduviidae	<i>Empicoris culiciformis</i>	junge, wenig skleotisierte Stadien div. vorratsschädigender Käfer- und Motten-Arten
	Hymenoptera, Ichneumonidae	<i>Venturia canescens</i> (GRAVENHORST, 1829)	Larven div. Vorratsschädigender Motten-Arten
*	Hymenoptera, Braconidae	<i>Habrobracon hebetor</i> (SAY, 1836)	Larven div. Vorratsschädigender Motten-Arten
	Hymenoptera, Braconidae	<i>Apanteles carpatus</i> (SAY, 1836)	Larven textilschädigender Motten- Arten
*	Hymenoptera, Pteromalidae	<i>Lariophagus distinguendus</i> (FÖRSTER, 1841)	Larven div. Vorratsschädigender Käfer- und Motten-Arten
	Hymenoptera, Pteromalidae	<i>Anisopteromalus calandrae</i> HOWARD, 1881	Larven div. Vorratsschädigender Käfer- Arten
	Hymenoptera, Bethyidae	<i>Cephalonomia watersoni</i> (GAHAN)	Larven div. Vorratsschädigender Käfer- Arten
	Hymenoptera, Bethyidae	<i>Holepyris sylvanidis</i> (BRÈTHES, 1913)	Larven div. Vorratsschädigender Käfer- Arten
	Hymenoptera, Braconidae	<i>Asobara tabida</i> (NEES, 1834)	Larven div. Fruchtfliegen-Arten
	Hymenoptera, Cynipidae	<i>Leptopilina</i> spp.	Larven div. Fruchtfliegen-Arten
*	Hymenoptera, Trichogrammatidae	<i>Trichogramma evanescens</i> WESTWOOD, 1833	Eier aller vorratsschädigender Motten-Arten, einiger Käfer-Arten
	Hymenoptera, Trichogrammatidae	<i>Uscana</i> spp.	Eier aller vorratsschädigender Motten-Arten, einiger Käfer-Arten
	Hymenoptera, Eulophidae	<i>Aprostocetus hagenowii</i> (Ratzeburg, 1848)	Schaben

* = kommerzielle Anwendung in Deutschland

(Zusammenstellung nach: BROWER *et al.* 1996, REICHMUTH 1997, SCHÖLLER 1998, BATHON 2001)

Räuberische Wanzen sind aufgrund ihres breiten Beutespektrums von großem Interesse für eine gezielte Freilassung in Vorratslagern. Insbesondere zu *Xylocoris flavipes* liegen ausführliche Untersuchungen vor. *X. flavipes* ist an Vorratsbedingungen sehr gut angepasst (JAY *et al.* 1968, ARBOGAST 1978) und zeichnet sich durch ein breites Beutespektrum aus

(BROWER *et al.* 1996). In Erdnusslagern konnte durch Versuchsfreilassungen von *X. flavipes* der Schadbefall durch Motten effektiv reduziert werden (BROWER & MULLEN 1990). Die Anwendung der Mehlmotten-Schlupfwespe *Habrobracon hebetor* und des Eiparasitoiden *Trichogramma evanescens* ist im Bereich des Vorratsschutzes gegen Schadlepidopteren im Getreide bereits etablierte Praxis in Deutschland (PROZELL 1997, SCHÖLLER 2002). *Lariophagus distinguendus* wird ebenfalls erfolgreich im Vorratsschutz eingesetzt (SCHÖLLER *et al.* 2002).

Für weitere Parasitoide, Raubwanzen und Raubmilben gibt es vielversprechende Laboruntersuchungen und Testfreilassungen. Eine Umsetzung von positiven Forschungsergebnissen hängt jedoch maßgeblich davon ab, ob Methoden für die Zucht und die Entwicklung von Freilassungseinheiten für die Nützlinge ökonomisch in die Praxis umgesetzt werden können. Seit Ende der 90er Jahre haben sich in Deutschland erste Firmen im biologischen Vorratsschutz mit dem Einsatz von Nützlingen in der Praxis etabliert (BATHON 2001, SCHÖLLER & PROZELL 2003). Mit Blick auf die Vielfalt der bereits angewandten Nützlinge im Pflanzenschutz liegt auch im Vorratsschutz ein großes Potential für eine zunehmende Anwendung von Nützlingen.

1.2 Die Kleidermotte *Tineola bisselliella* (Hummel) 1823 und weitere Textilschädlinge der `Echten Motten` (Tineidae)

1.2.1 Systematik, Verbreitung und Morphologie

Die Tineiden („Echte Motten“) sind eine sehr ursprüngliche Gruppe der Lepidopteren. In Deutschland verteilen sich 66 Arten auf 30 Gattungen (HANNEMANN 1977, GAEDIKE & HEINICKE 1999). In der Palaearktis sind mehr als 350 Arten beheimatet, weltweit sind es etwa 6000 Arten (NYE & FLETCHER 1991). Die Kleidermotte *Tineola bisselliella* ist weltweit verbreitet. Sie wurde erst 1823 durch HUMMEL beschrieben. HERRICH-SCHAEFFER begründete 1853 die separate Gattung *Tineola* aufgrund der fehlenden Nebenpalpen. Regelmäßige wissenschaftliche Beobachtungen erst seit dem 19. Jahrhundert und ihr Fehlen in antiken und mittelalterlichen Schriften weisen darauf hin, dass die Kleidermotte in das gemäßigte Mitteleuropa eingewandert ist (HERFS & STÖTTER 1962). Sie hat die zuvor deutlich häufigere Pelzmotte *Tinea pellionella* (LINNEAUS 1758) in ihrer Bedeutung zurückgedrängt (RÉAUMUR 1728), die ebenfalls kosmopolitisch verbreitet ist. Zudem stellt MALLIS (1969) die Vermutung in den Raum, die Kleidermotte sei möglicherweise von Europa nach Nordamerika eingeschleppt worden.

Morphologisch betrachtet sind alle 'Echten Motten' recht klein, unscheinbar bräunlich oder gelblich gefärbt. Der Kopf trägt dichte abstehende Haare, die oft einen auffälligen gelben oder roten Schopf bilden. Die Fühler sind in der Regel kürzer als die Vorderflügel, Ocellen und Chaetosemata fehlen. Der Rüssel ist stark reduziert oder fehlt ganz, die Labialpalpen tragen am zweiten Segment abstehenden Borsten. Die Vorderflügel sind schmal, die Hinterflügel breit oval mit Fransen. Die Hintertibia ist lang behaart und trägt Sporne. Eine ähnliche Morphologie macht die Unterscheidung vieler tineider Arten schwierig (PETERSEN 1957, HANNEMANN 1977, WEIDNER & SELLENSCHO 2003). Bei einem Befall sollten daher zur exakten Bestimmung der Art Experten hinzugezogen werden.

1.2.1.1 Die Kleidermotte *Tineola bisselliella*

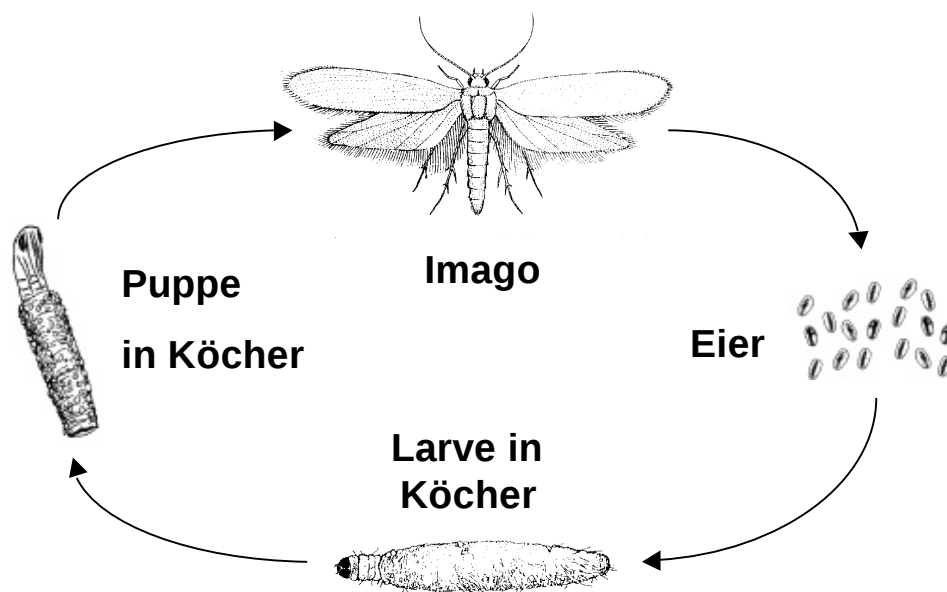


Abb. 2: Lebenszyklus einer tineiden Motte (verändert nach WEIDNER & SELLENSCHO 2003)

Die Biologie und Morphologie der Kleidermotte wurden bei WEIDNER & SELLENSCHO (2003), COX & BELL (1981) und insbesondere in verschiedenen Arbeiten von TITSCHAK (1922, 1925, 1926) ausführlich beschrieben und werden im Folgenden zusammengefasst. Die Morphologie der einzelnen Entwicklungsstadien der Kleidermotte werden auf Tafel 1 dargestellt.

Die Färbung der **Eier der Kleidermotte** ist elfenbeinfarben mit einer rauen Oberflächenstruktur mit typischen grubenartigen Vertiefungen. Die Größe der ovalen Eier liegt bei etwa 0,6 x 0,3 mm. Die Entwicklungsdauer variiert bei 30-12°C von 5 bis zu 35 Tagen. In der Regel entwickeln sich die Eier unter Laborbedingungen (25°C, 60% rLF) in etwa 6 Tagen.

Die **Larven** der Kleidermotte sind weißlich gefärbt und durchscheinend. Sie spinnen auf der Unterlage einen Köcher aus Kot, Häutungsresten und Nahrungsteilen. Dieser Köcher kann zur Nahrungssuche verlassen werden und bleibt bis zur Verpuppung bewohnt. Er ist an beiden Enden offen, sodass sich die Larve im Köcher drehen kann und ein Fraß in beide Richtungen möglich ist. Die Entwicklung der Larven variiert sehr stark in Abhängigkeit von dem Nahrungsangebot und den Klimabedingungen, insbesondere der Temperatur. Sie entwickeln sich temperatur- und nahrungsabhängig in acht Wochen bis zu mehreren Monaten und durchlaufen dabei 5-10 oder mehr Larvenstadien (TITSCHAK 1927). WEIDNER (1970) gibt eine Larvalentwicklungsdauer bis zu 900 Tagen an. Insgesamt wirken die Larven sehr fragil und sind wenig aktiv. Der Darm kann je nach Futter gefärbt durchschimmern. Der Nacken- und das Analschild sind bei *T. bisselliella* braun. Die Gesamtlänge beträgt ausgewachsen bis zu 10 mm. Am Mund gelegene Spinndrüsen erzeugen einen Faden, der zur Fortbewegung auf schwierigem Untergrund und dem Bau der Gespinnströhren dient (ZACHER & LANGE 1964).

Die **Puppe** entwickelt sich in einem dickwandigen Puppenköcher aus Kot- und Fraßresten, der etwa 15 - 20 mm lang ist und von der letzten Larve neu angelegt wird. Die Puppe ist etwa 7 mm lang und ragt nach Schlupf aus dem Köcher heraus. Dieser Verpuppungsköcher ist an einem Ende geschlossen, die Puppe schiebt sich zum Schlupf leicht aus dem Köcher heraus. Die Entwicklungsdauer der Puppe beträgt bei 25-15°C etwa 15-50 Tage. Die Weibchen haben eine längere Entwicklungsdauer als die Männchen.

Die **adulten Motten** kopulieren direkt nach dem Schlupf, und die Eiablage erfolgt nach einem bis mehreren Tagen in einzeln oder in kleinen Gruppen von Eiern lose an rauen Oberflächen. Taktile Reize spielen hierbei möglicherweise eine größere Rolle als chemische Stimuli (KAN & WAKU (1985)). Ein Weibchen kann bis zu 200 Eier produzieren. Bevorzugt werden die Eier in Falten und Vertiefungen abgelegt, da sie lichtempfindlich sind. Ebenso unterscheiden sich die Geschlechter in der Lebensdauer der Imagines. Männchen können 30-40 Tage überleben, Weibchen etwa 20 Tage bei 25-20°C. Die Imagines nehmen keine Nahrung mehr zu sich und sind weitgehend dämmerungsaktiv. Die Männchen fliegen recht gut. Bei den Weibchen beschränken sich Flugaktivitäten meist auf die Zeit nach der Eiablage. Die Hauptfortbewegungsarten der Imagines sind Laufen und kleine Sprünge. Im Allgemeinen fliegen die Tiere erst nach einer Störung auf und suchen dann in erster Linie durch Herumlaufen oder kleine Luftsprünge Schutz.



Tafel 1: Kleidermotte *Tineola bisselliella* (links) und Pelzmotte *Tinea pellionella* (rechts):
Vergleich der Entwicklungsstadien (Imago, Larve, Puppe, Ei)

Die **Morphologie der Imagines** hängt stark von den Entwicklungsbedingungen ab. In der Regel sind die goldgelben Vorderflügel der Kleidermotte ohne Zeichnung, können aber an der Flügelbasis einen dunklen Fleck tragen. Die Hinterflügel sind einheitlich graugelb. Die Spannweite beträgt bis 16 mm, wobei die Männchen mit minimal 8 mm deutlich kleiner sein können. Je höher die Temperatur ist, desto kleiner werden die Imagines.

Die **Gesamtentwicklungsdauer** der Kleidermotte vom Ei zur Imago umfasst insgesamt etwa 65 Tage bei 30°C, etwa 230 Tage bei 15°C. Bei ungünstigen Bedingungen, geringem Nahrungsangebot und niedrigen Temperaturen, kann sich die Entwicklung auf mehrere Jahre verzögern. Die Entwicklungsgrenzen haben ein unteres Limit bei 10-12°C und liegen nach oben bei maximal 33°C. Bis zu -5°C können je nach Stadium über einen kürzeren Zeitraum ertragen werden. Es konnten jedoch auch Tiere als Larven und Adulte Extrembedingungen von -20°C Tieffrieren (CHAUVIN & VANNIER 1997) überleben. Luftfeuchtwerte von 20-100% sind meist ohne Einfluß auf die Entwicklung der Tiere. Das Optimum liegt bei bei etwa 70%, wobei direkte Nässe zum Tod führt. Sowohl Larven als auch Falter der Tineiden sind ausgesprochene Lichtflüchter. Sie treten bei geeigneten Bedingungen in einem Jahr über mehrere Generationen auf und können über das gesamte Jahr als Schädling dauerhaft aktiv sein. Ihre Anpassungsfähigkeit und die Möglichkeit ungünstige Lebensbedingungen zu überdauern, machen die Kleidermotte zu einem hartnäckigen Materialschädling.

1.2.1.2 Die Pelzmotte *Tinea pellionella*

Bis ins 19. Jahrhundert war die Pelzmotte die dominierende textilschädigende Motte. In frühen Standardwerken (RÉAUMUR 1728) wird ausschließlich über *T. pellionella* berichtet. Aufgrund ihres in neuerer Zeit selteneren Auftretens wird sie entsprechend weniger wissenschaftlich bearbeitet als die Kleidermotte. Morphologische Merkmale zur **Unterscheidung der Pelzmotte und der Kleidermotte** bei einer Bestimmung der Arten finden sich bei allen Stadien. Da beide Arten unterschiedlichen Gattungen angehören sind sehr deutliche morphologische Unterschiede auszumachen. Sie werden auf Tafel 1 vergleichend dargestellt und sind in Tab. 2 aufgelistet. Im Unterschied zur Kleidermotte bildet die Pelzmotte einen nicht befestigten Larvenköcher aus, den die Larve mit sich trägt. Bezüglich der Larven sind dies zusammen mit der Färbung des Nackenschildes und des Analschildes der Larven die wichtigsten Unterscheidungsmerkmale dieser beiden häufigsten Verursacher von Materialschäden an Textilien.

Tab. 2: Morphologische Unterschiede von Kleider- und Pelzmotte

Merkmale	Kleidermotte <i>T. bisselliella</i>	Pelzmotte <i>T. pellionella</i>
Eier	Oberfläche mit Grübchen	Oberfläche mit Furchen
Larvenköcher	auf Unterlage befestigt	nicht befestigt
Kopfkapsel der Larve	gelbbraun	dunkelbraun bis schwarz
Analschild der Larve	gelbbraun	dunkelbraun bis schwarz
Flügefärbung	goldgelb	graubraun

Eine erste ausführliche Beschreibung der biologischen Daten der Pelzmotte erfolgte durch CHEEMA (1956). Auf Tafel 1 werden die Entwicklungsstadien der Pelzmotte dargestellt.

Die **Eier der Pelzmotte** sind weißlich mit Längsfurchen, was sie eindeutig von der Kleidermotte unterscheidet. Die Maße sind im Mittel 0,5 x 0,3 mm. Nach Cheema (1956) schlüpfen die Erstlarven unabhängig von der Luftfeuchtigkeit zwischen 21,5 - 32,5 °C innerhalb von 4 - 7 Tagen.

Die **Larven** der Pelzmotte sind durchscheinend. Etwa 24 Stunden nach dem Schlupf spinnen sie einen nach beiden Seiten offenen Larvenköcher aus Wollfasern, den sie mit sich tragen. Er ist nicht auf der Stoffoberfläche befestigt. Damit sind die Pelzmottenlarven mobiler als die der Kleidermotte. Ebenso wie bei der Kleidermotte kann sich die Larve im Köcher komplett drehen und in beide Richtungen fressen. Bei 13,5 °C und darunter stellte CHEEMA (1956) keine Larvalentwicklung fest. Sie ruht hier oder wird hier in ihrer Entwicklung sehr stark verzögert. Die Entwicklung bei 21,5 - 32 °C dauerte zwischen 68 - 87 Tagen, wobei die kürzeste Entwicklungszeit bei 25 °C und 90% Luftfeuchte mit 41 Tagen beobachtet wurde. Bei 34 °C starben die Larven. Insgesamt wurden 10-12 Larvenstadien festgestellt.

Die **Puppe** entwickelt sich im letzten Larvenköcher. Es wird kein gesonderter Köcher angelegt, wie dies bei der Kleidermotte der Fall ist. Die Puppe ist bei männlichen Individuen etwa 4 mm lang, bei weiblichen etwa 5 mm. Die Entwicklungszeit der Puppe, die sich leicht aus dem Köcher schiebt, liegt bei 30 - 21,5°C zwischen 10 - 19 Tagen.

Die **adulten Motten** kopulieren innerhalb von 12 Stunden nach dem Schlupf. Die Eiablage erfolgt innerhalb von 1-6 Tagen, und Eier werden einzeln abgelegt. Wie bei den Kleidermotten können bis zu 200 Eier gelegt werden. Bei 26,5 - 22 °C beträgt die Lebensdauer der Adulten zwischen 3,5 - 4,4 Tagen bei männlichen und 5,2 - 6,6 Tagen bei weiblichen Motten.

Die **Morphologie der Imagines** ist gekennzeichnet durch Motten mit einer dunkelgrauen Flügelfärbung, auf den Vorderflügeln befinden sich jeweils zwei kleine schwarze Punkte und ein großer schwarzer Punkt. Die Hinterflügel sind hellgrau gefärbt. Der Kopf trägt einen für Tineiden typischen roten Schopf aus haarähnlichen Schuppen. Die Spannweite beträgt 11 - 17 mm.

Die **Gesamtentwicklungsdauer** der Pelzmotte beträgt zwischen 22 - 32 °C etwa 204 - 112 Tage. Die untere Entwicklungsgrenze liegt bei etwa 14°C, die obere bei 32°C. Auch Pelzmotten können sich durch eine Entwicklungsverzögerung einem schlechten Nahrungsangebot anpassen.

1.2.3 Schadbild, Nahrung und Auftreten der Tineidae als Textilschädlinge

Die wichtigsten potentiell schädlichen Arten aus der Familie der Tineiden in Deutschland gehören zu den Gattungen *Tineola* und *Tinea*. Weitere Tineiden z. B. der Gattungen *Trichophaga* oder *Monopis* treten nicht regelmäßig als Textilschädlinge in Erscheinung. *Monopis crocicapitella* Clemens wurde von GERARD (1995) an Woll-Teppichen festgestellt. *Trichophaga tapetzella* wurde zusammen mit *Tinea pellionella* nach dem Zweiten Weltkrieg bei schlechten Lagerungsbedingungen häufiger als Schädling beobachtet (HERFS & STÖTTER 1962). Die Art *Niditinea fuscipunctella* (= syn. *Niditinea fuscella*) und Arten der Gattung *Nemapogon* sind als Vorratsschädlinge an pflanzlichen Vorräten bekannt (COOMBS & WOODROFFE 1968, LONG 1975). *T. pellionella* wurde in Indien an *Euphorbia* als Pflanzenschädling nachgewiesen. Als Pilzfresser und an Korkrinde treten die Arten *Dryadula pactiola* Meyr., die Kellermotte, *Oinophila v-flava* Haw., die Weinmotte und *Nemapogon cloacella* Haw., die Korkmotte als gelegentliche Schädlinge in Weinkellern auf.

Die in Deutschland auftretenden Arten der tineiden Motten haben übereinstimmend mit ihrer wirtschaftlichen Bedeutung als Schädlinge einen Trivialnamen erhalten. Tineiden in weitgehend natürlichen Lebensräumen wurden hingegen vom Volksmund nicht namentlich benannt. Tabelle 3 zeigt eine Zusammenstellung der relevanten und potentiell textilschädigenden Motten, sowie Arten, die die ursprüngliche natürliche Lebensweise der Tineiden darstellen. Angegeben sind ihre primären natürlichen Nahrungsquellen in freier Natur und die sekundären, im menschlichen Umfeld geschädigten pflanzlichen Vorräte oder Produkte. Die insgesamt neun Arten der Gattung *Tinea*, die für Deutschland beschrieben sind (PETERSEN 1957, WEIDNER & SELLENSCHO 2003, GAEDICKE & HEINICKE 2002), sind morphologisch nur schwer zu differenzieren.

Tab. 3: Relevante Tineiden und ihr Auftreten als Material- und Vorratsschädlinge in Deutschland (Vergleich primärer und sekundärer Nahrungsquellen)

	wissenschaftlicher Artname	dt. Artname	primäres Auftreten	sekundäres Auftreten
1	<i>Scardia tessulatella</i> (FABRICIUS, 1794)	-	Baumschwämme, moderndes Holz	-
1	<i>Morphaga choragella</i> ([DENIS UND SCHIFFERMÜLLER], 1775)	-	Baumschwämme, moderndes Holz	-
13	<i>Nemapogon cloacella</i> (HAWORTH, 1828)	Korkmotte, Schleusenmotte	Baumschwämme, moderndes Holz	Flaschenkorken, Getreide, pflanzliche Vorräte
	<i>Nemapogon granella</i> (LINNEAUS, 1758)	Kornmotte, Weißer Kornwurm	Baumschwämme, moderndes Holz, räuber. An Schildläusen	trockenes Getreide, pflanzliche Vorräte
	<i>Nemapogon variatella</i> (CLEMENS, 1859)	Baumschwamm-Motte	Baumschwämme, moderndes Holz	trockenes Getreide, pflanzliche Vorräte
1	<i>Trichophaga tapetzella</i> (LINNEAUS, 1758)	Tapetenmotte	Wolle, Federn, Haare, Gewölle tote Insekten	Pelz- und Wollprodukte
1	<i>Tineola bisselliella</i> (HUMMEL, 1823)	Kleidermotte	Wolle, Federn, Haare, Gewölle tote Insekten, Wespennester	Taubenschläge, pflanzl. Vorräte, Pelz- und Wollprodukte
9	<i>Tinea pellionella</i> LINNEAUS, 1758	Pelzmotte	Wolle, Federn, Haare	Pelz- und Wollprodukte
	<i>Tinea columbariella</i> WOCKE 1877	Taubenmotte, Nestermotte	Vogelnester, Gewölle	Taubenschläge, Hühnerställe, Wollprodukte
	<i>Tinea pallescentella</i> HARWORTH, 1828	-	Vogelnester, Wespenester	Taubenschläge, Wollprodukte im Freien
	<i>Tinea semifulvella</i> HARWORTH, 1828	-	Vogelnester, tote Tiere	Wollprodukte im Freien
	<i>Tinea trinotella</i> THUNBERG, 1794	-	Vogelnester	Wollprodukte im Freien
3	<i>Niditinea fuscella</i> (LINNEAUS, 1758)	Nestermotte	Vogelnester	pflanzliche Vorräte
7	<i>Monopis laevigella</i> ([DENIS UND SCHIFFERMÜLLER], 1775)	Fellmotte	Vogelnester, Gewölle, moderndes Holz	Taubenschläge, Wollprodukte im Freien
	<i>Monopis obviella</i> ([DENIS UND SCHIFFERMÜLLER], 1775)	-	Vogelnester, Gewölle, moderndes Holz	Taubenschläge, Wollprodukte im Freien
	<i>Monopis crocicapitella</i> (Clemens, 1859)	-	Nester, Gewölle, moderndes Holz, Federmauskot	Wollprodukte im Freien
	<i>Monopis inella</i> (Hübner, 1813)	-	Vogelnester, Kompost, Aas	Wollprodukte im Freien

* = Anzahl Arten in dieser Gattung in Deutschland

(Zusammenstellung nach: GAEDICKE & HEINICKE 2002, HONOMICHL & HORSTMANN 1998, WEIDNER & SELLENSCHO 2003, POPENDICKER 1956, KALTENBACH & KÜPPERS 1987)



Abb. 3+4: Schadbilder der Kleidermotte an Textilien

Motten als Wollschädlinge, insbesondere die Pelzmotte *T. pellionella*, wurden bereits 1728 von RÉAUMUR ausführlich beschrieben. Bis dahin war von textilschädigenden Motten schon in der Bibel und durch Aristoteles und Plinius berichtet worden (HERFS & STÖTTER 1962). In menschlicher Umgebung treten Tineiden in trockenen, warmen Wohnungen und Textil-Lagern verschiedenster Art auf. Bemerkenswert ist, dass die Kleidermotte *T. bisselliella* erst seit der Verbreitung von Zentralheizungen in warmen Wohnbereichen häufiger auftritt und in ihrer Bedeutung als Schädling die Pelzmotte *T. pellionella*, die eher feuchte und kühlere Lebensräume bevorzugt (HERFS & STÖTTER 1962), in ihrer Bedeutung als Schädling weitgehend verdrängt hat. Von RÉAUMUR wurde 1728 noch ausschließlich über *T. pellionella* berichtet. Besonders in meernahen Städten tritt die Pelzmotte im Vergleich zum kontinentalen Festland häufiger als Schädling auf (HERFS & STÖTTER 1962). Es wird ein unmittelbarer Zusammenhang des Auftretens der tineiden Motten mit der veränderten Wohnkultur deutlich. Im Gegensatz zu den übrigen Tineiden findet sich die Kleidermotte auch an natürlichen Vorkommen, wie z.B. Vogelnestern sehr viel seltener als die Pelzmotte (POPENDICKER 1955, WEIDNER 1971, HÄUSLER 1998). Es besteht die Vermutung, dass die Kleidermotte aus wärmeren Gebieten in die gemäßigten Zonen Europas durch den Transport von befallenen Gütern auf Handelswegen eingeschleppt wurde und zunehmend günstigere Bedingungen im menschlichen Wohnbereich fand bzw. sich anpasste, wodurch sie sich schließlich dauerhaft ansiedeln und vermehren konnte (HERFS & STÖTTER 1962).

Der Schaden durch Tineiden wird bei Stoffen in der Regel als Lochfraß sichtbar. Die Abb. 3 und 4 geben typische **Schadbilder** wieder. Pelzhaare werden am Grund abgefressen und fallen büschelig aus. Als Nahrung dienen den materialschädigenden Tineiden meist keratinhaltige Stoffe wie Wolle, Pelze, Federn und Haare (KEMPER 1935, ZACHER & LANGE 1964), aber auch kuriose Materialien wie Klaviersaiten (HAYHURST 1942). Kleidung wird bevorzugt an mit Urin, Kot, Schweiß und Speiseresten verunreinigten Stellen gefressen.

Mischwolle wird bei Nahrungsmangel nur bei über 20% Wolleanteil verzehrt (HERFS & STÖTTER 1962).

Ursprüngliche Futterquellen der Tineiden sind moderndes Holz, Pilzschwämme und Flechten (VETTER 1999). Die 'nidicole' Lebensweise an Tierlagern und Nestern von Vögeln, Nagetieren, Maulwürfen, sowie Hummeln und Wespen schlägt die Brücke zum Material- und Vorratsschädling. Tineidae sind zudem an keratinhaltigen Tierresten in Form von Gewöllen verschiedenster Greifvögel, Haare an Tierlagern und Tierleichen zu finden (HOCKIN 1980, POPENDICKER 1956, BOUREL 2000). Als extreme Form der Anpassung fressen einige Arten von Tineiden Detritus in Ameisenbauten oder ernähren sich von Fledermauskot. MALLIS (1952) stellt aufgrund des Leichenfraßes eine ursprünglich räuberische Lebensweise einiger Tineiden in den Raum. Nachgewiesene räuberische Aktivitäten von *Nemapogon granella* an Schildläusen finden sich bei PETERSEN (1961). Das breite Nahrungsspektrum und eine damit einher gehende Anpassungsfähigkeit führte die Gruppe zu der neuen ökologischen Nische als Material- und Vorratsschädling. Eine breite Palette keratinfreier Nahrung wie Mehl, Casein, Textilien aus Nessel, Jute, Baumwolle wird laut MALLIS (1952) bei Fehlen geeigneter Nahrung in Notlagen gefressen oder zumindest angefressen. Infektionen dieser Art an nicht-keratinhaltigen Substanzen, meist Lagerbehältnisse, wie Säcke und benachbarte Lagergüter, treten durch zufälligen Kontakt mit von Motten befallener geeigneter Nahrung auf ('cross-infestation'). HINTON (1955) beschrieb sogar einen Infektionswechsel durch tineide Motten von Mehl zu Wolle. Eine vollständige Entwicklung der Larven ist bei weniger geeigneter Ersatznahrung oft nicht möglich, jedoch kann trotzdem ein beträchtlicher Fraßschaden entstehen.

Pflanzliche Nahrung ist ebenfalls mehrfach nachgewiesen. Nach COX & BELL (1991) wurde Sojabohnenmehl befallen. HAYHURST (1942) listet für *T. pellionella* eine Reihe gelagerter pflanzlicher Produkte auf. Darunter Gewürze wie Pfeffer, Ingwer und Senf. Die Beobachtung eines nicht künstlich herbeigeführten Fraßschadens durch *T. bisselliella* an weiteren pflanzlichen Materialien gelang STEJSKAL & HORAK (1999). Sie stellten *T. bisselliella* auf *Lactuca sativa* fest, deren kompletter Same aufgefressen wurde. Anschließende Laboruntersuchungen zeigten, dass auch Weizen, Sonnenblumenkerne und Mais als Nahrung angenommen werden. Von SELLENSCHO (1990), wurde die vollständige Entwicklung von *T. bisselliella* an trockenem Brot festgestellt. STEJSKAL & HORAK (1999) planen auf diese Beobachtungen aufbauend eine pflanzliche Diät für Laborzuchten der Kleidermotte zu entwickeln und wollen prüfen, ob eine vollständige Entwicklung der Kleidermotte auf pflanzlicher Diät möglich ist.

Aufgrund **keratinhaltiger Ausgangsmaterialien** für Textilprodukte, Pelzkleidung oder Teppiche stellen diese menschlichen Produkte potentielle Nahrungsquellen für Tineiden dar. Die Entwicklung zu regelrechten Schädlingen hat sich jedoch nicht bei allen Tineiden ausgeprägt. Gründe sind ein ausreichendes natürliches Nahrungsangebot und eine mögliche Futterpräferenz (HERFS & STÖTTER 1962), die einige Arten als Materialschädlinge ausschließen. Zudem sind klimatische Ausbreitungsgrenzen bezüglich Vorratslagern oder Haushalten hinsichtlich Temperatur und Luftfeuchtigkeit zu erwarten (HERFS & STÖTTER 1962).

Günstige **Bedingungen für einen Mottenbefall** sind unübersichtliche Lagerungen von Gütern bei gleichmäßig temperierten, warmen Bedingungen. Da die Kleidermotte sich auch ausgesprochen gut bei Trockenheit entwickelt, ist fast jede Lagerräumlichkeit für eine Befallsentwicklung geeignet. Die Hauptschäden treten im Haushalt, Textillagern und in Museen auf. Grundsätzlich sind geeignete Textilien gefährdet, wenn sie in großer Menge und Regelmäßigkeit als Nahrung zur Verfügung stehen. Wenn Textilien dunkel gelagert, wenig bewegt und kaum gewartet werden, kommt dies einem Mottenbefall ebenfalls entgegen (WUDTKE 2002).

1.3 Bekämpfung der Kleidermotte

Eine Bekämpfung geschieht oft kurativ, zur Beseitigung eines bereits auftretenden Befalls. Um einen Schaden präventiv zu verhindern, wurden in der klassischen Kleidermottenbekämpfung vorbeugend chemisch-synthetisch behandelte 'Mottenpapiere' und 'Mottenkugeln' in den Kleiderschränken ausgelegt. Durch Forschungen zu möglichen Nebenwirkungen der chemischen Bekämpfungsmittel gegenüber dem Menschen gewinnen zunehmend nicht-chemische Maßnahmen mit präventivem Charakter im Vorratsschutz an Bedeutung (REICHMUTH 1998, SCHÖLLER 1998, ADLER 2003, WUDTKE 2003).

Die Maßnahmen zur Kontrolle von Vorrats- und Materialschädlingen lassen sich zusammenfassen in Maßnahmen zur a) Befallsvermeidung, b) Befallskontrolle, c) Bestimmung der Schädlingsart, d) Lokalisation des Befalls, e) Bestimmung der Befallsstärke. Auf Basis dieser Daten kann eine erfolgreiche Bekämpfung durchgeführt werden.

Die **Befallsvermeidung** durch eine übersichtliche und hygienisch einwandfreie Lagerung ist erstes Prinzip im Vorratsschutz. Eine **regelmäßige Befallskontrolle** der gelagerten Güter und die Beobachtung neu auftretender Schädlinge durch ein Monitoring mit Pheromonfallen ist Basis der Maßnahmen. Der Befall kann in einem frühen Stadium entdeckt und bekämpft werden. Einen gewissen biologischen Bekämpfungserfolg erzielen repellente Stoffe, meist

ätherische Öle, die die erwachsenen Motten von den Kleiderschränken fernhalten und eine Eiablage verhindern sollen. Ihre Wirkung alleine ist aber meist nicht ausreichend für eine Kontrolle der tineiden Motten (PLARRE et al. 1997).

Die **exakte Bestimmung der Schädlinge** ist von grundsätzlicher Bedeutung (REICHMUTH 1996, WEIDNER & SELLENSCHO 2003, PROZELL et al. 2004 b). Eine umfassende Information der Verbraucher zu den Schädlingen und ihrer Biologie ist für eine erfolgreiche biologische Bekämpfungsstrategie notwendig. Unachtsamkeit oder Unkenntnis der Schädlinge führen dazu, dass ein Befall erst spät bemerkt wird. Im Verdacht des Verbrauchers stehen manchmal Schädlinge, die aufgrund ihres häufigen Auftretens im Wohnbereich fälschlich als Textilschädlinge angesprochen werden, z.B. *Plodia interpunctella*, die Dörrobstmotte oder abends bei Licht und offenem Fenster zufliegende Schmetterlinge. In Museen hängt eine Befallsbeobachtung an Ausstellungsstücken von geschultem Personal ab. In Privathaushalten werden erst umherfliegende Falter der Motten oder Lochfraß vom Verbraucher bemerkt. Der Schädling konnte sich meist schon vorher ausbreiten und in geringer Individuenzahl über wenigstens eine Generation unbemerkt entwickeln. Die **Lokalisation des Befalls** mittels Pheromonfallen ist trotz offensichtlich auftretender Schädlinge ein entscheidendes Problem, das eine genaue Beobachtung der Schädlinge durch den Verbraucher und die fachliche Erfahrung von Experten erfordert. Eine zuvor erfolgte Identifikation des Schädlings ermöglicht eine Recherche zur dessen Lebensgewohnheiten und erleichtert die Suche nach unterschiedlichen Entwicklungsstadien des Schädlings, Hauptbefallsstellen und eine **Bestimmung der Befallsstärke**. Durch diese ersten Schritte werden wichtige Informationen gesammelt, die das weitere Vorgehen bestimmen und den Erfolg einer Bekämpfung absichern.

1.3.1 Chemische Bekämpfung

Die klassische **chemische Bekämpfung** von tineiden Motten war vor allem die präventive chemische Vorbehandlung gefährdeter Textilien. Dies geschah durch mit Insektiziden behandelte Mottenpapiere (Dichlorvos) und Mottenkugeln (Naphtalin), aus denen langfristig die insektiziden Wirkstoffe ausdünsten oder Wirkstoffe wie Paradichlorbenzol (CHOI et al. 1996), Lindan oder Blausäure, die bei „Entseuchungsmaßnahmen“ Anwendung fanden (BÖRNER 1983). Das im Pflanzenschutz breit angewendete DDT kam auch gegen Kleidermotten zum Einsatz (HESLOP-HARRISON 1946). Die Anwendung chemischer Bekämpfungsmittel wird heute kritisch betrachtet, da sie durch ihren präventiven Einsatz zu einer dauerhaften Belastung der Raumluft im Wohnbereich, besonders von Kleiderschränken

in Schafzimmern führen können. Dichlorvos beispielsweise hat zwar aufgrund seiner geringen Warmblütertoxizität große Verbreitung im Vorratsschutz (SCHÖLLER 1999), langfristige Vergiftungserscheinungen beim Anwender können jedoch bei dauerhafter Anwendung nicht ausgeschlossen werden.

Räucher- und Nebelmittel zur Begasung, darunter chlorierte und bromierte Kohlenwasserstoffe wie Lindan, Methylbromid und Phosphorsäureester wie Dichlorvos, Malathion und Parathion, die früher in Lagerbeständen regelmäßig Verwendung fanden, werden für einen Einsatz im Vorrats- und Materialschutz zunehmend kritisch betrachtet. Ihre Anwendung in Deutschland wurde stark eingeschränkt, bzw. eingestellt. Präparate mit kritischen Wirkstoffen wurden sukzessive vom Markt genommen (NAGEL 1920, POSPISCHL 1998, REICHMUTH 1998). Dadurch entsteht jedoch auch das Problem von fehlenden Alternativen zur Bekämpfung von Schadorganismen im Pflanzen- und Vorratsschutz. Ein Befall in unübersichtlichen Lagerbeständen war durch Gas- und Räuchermittel einfacher zu bekämpfen. Bei Schadbefall wurden meist generell Vernebelungen durchgeführt, ohne dass ein Befall genau lokalisiert und gezielt bekämpft wurde. Solche Bekämpfungsmaßnahmen erfordern allerdings ein hohes Maß an Sicherheitsvorkehrungen, von der Dosierung, über Gerätetechnik, Schutzkleidung, Abdichtung der behandelten Räume bis hin zu Wartezeiten nach der Behandlung. Durch den Missbrauch von supertoxischen Pflanzenschutzmitteln mit Organophosphaten als Wirkstoff kommt es regelmäßig zu Selbstmordversuchen (DETTNER & ZWÖLFER 1999). 2002 kam es bei der Begasung von Holzschädlingen in einer Kirche in Deutschland zu einem Todesfall und schweren Vergiftungen in einer Familie, da versehentlich ein bewohntes Nachbarhaus von der Schädlingsbekämpfung mit betroffen wurde (ANONYM 2002). Solche Beispiele aus der Tagespresse neuerer Zeit sind Einzelfälle, zeigen aber deutlich die in Vergessenheit geratene starke toxische Wirkung der klassischen Bekämpfungsmittel gegenüber dem Verbraucher. Der scheinbar routinierte Einsatz kann zu fahrlässigem Umgang mit den eingesetzten Mittel führen, mit schwerwiegenden Folgen für den Verbraucher.

Ein natürliches Insektizid ist Natur-**Pyrethrum** als Chrysanthemen-Extrakt, das in Kenia, Tansania und Ecuador angebaut wird. Es ist im Handel als biologisches Insektizid zur Bekämpfung von Schadinsekten verbreitet. Im ökologischen Landbau dürfen ausschließlich diese natürlichen Pyrethroide zum Einsatz kommen (SCHMIDT & HACCIOUS 1994). Nach erfolgreicher Anwendung im biologischen Pflanzenschutz wurde diese Wirkstoffgruppe technisch synthetisiert und chemisch modifiziert, womit es kostengünstig in größeren Mengen und mit lang anhaltender Wirkung zur Verfügung stand (FUGMANN 1997). Diese

synthetischen Pyrethroide, wie beispielsweise Deltamethrin oder Permethrin sind Fraß- und Kontaktgifte, zeigen durch synergistische Zusatzstoffe wie Piperonylbutoxin eine erhöhte Wirkung und Persistenz. Zudem sind sie stark fischgiftig, zeigen Nebenwirkungen auf Nutzarthropoden und provozieren durch die schnelle Entgiftung im Insektenkörper Resistenzen (DETTNER & ZWÖLFER 1999). Noch 1983 wurde die Anwendung von Pyrethroiden im Haushalt und in Nahrungsmittelbetrieben als unbedenklich eingeschätzt und in leeren Räumen in Kombination mit Lindan empfohlen (BÖRNER 1983). Sowohl für natürliche Pyrethrum-Produkte als auch synthetische Pyrethroide werden inzwischen Nebenwirkungen auf Säugetiere und somit auch auf Menschen nicht mehr ausgeschlossen. Daher werden sie insbesondere für eine biologische Schädlingsbekämpfung im Haushaltsbereich gegen Kleidermotten von Verbraucherschutzverbänden zunehmend als ungeeignet angesehen (ANONYM 1999).

Ein Verfahren zur **chemischen Vorbehandlung von Textilien** mit pyrethroiden Wirkstoffen, beispielsweise Permethrin, bereits während der Produktion, bekannt als „Eulanisierung“ oder „Wollschutz“, wurde 1922 zufällig entwickelt, als man feststellte, dass bestimmte Farbstoffe auf Motten abschreckend oder toxisch wirkten und Fraß verhinderten (HERFS & STÖTTER 1962). Gezielt führte man Untersuchungen durch, die maßgeblich von TITSCHAK (1921, 1922) begleitet wurden, der eingehend die Biologie der Kleidermotte studierte. Eine Reihe weiterer Eulan-Produkte wurde entwickelt und fanden eine breite Verwendung. Diese vorbeugende und lang anhaltende Wirkung gegen Mottenbefall stellte einen sicheren Schutz von Textilien dar. Die chemische Vorbehandlung von Textilien wird vom Verbraucher aber zunehmend als qualitatives Negativmerkmal bewertet. Zudem besteht die Gefahr der Resistenzbildung, wie beispielsweise bei *Anthrenus*-Arten, den Teppichkäfern, die gegenüber dem Wirkstoff Permethrin unempfindlich wurden (SCHMID 1987). Durch das mögliche Auftreten von Allergien bei Menschen mit höherer Empfindlichkeit oder andere Giftwirkungen gegenüber dem Verbraucher finden chemisch vorbehandelte Produkte eine immer geringere Akzeptanz (WERNER 1984) und werden bei dem veränderten modernen Verbraucherbewusstsein zukünftig kaum zu vermarkten sein.

1.3.2 Biologische Bekämpfung

Eine ganze Reihe Bekämpfungsmöglichkeiten gegen einen Befall von Lagergütern mit textilschädigenden Motten kann zu den biologischen Bekämpfungsmaßnahmen gezählt werden.

Mit Hilfe von vorbeugenden **Hygienemaßnahmen** wie Säuberung der Lagerungsräume, Umlagerung der Güter und kontrollierte klimatische Lagerungsbedingungen können die Verluste durch tierische Schädlinge meist gering gehalten werden. Die Einwanderung von Schädlingen können zudem mechanisch durch Schutzgitter, dicht schließende Türen, Fenster und Dachkonstruktionen und durch in Folien verpackt gelagerte Textilien erschwert werden (ADLER 2003). Solche Hygienemaßnahmen sind unterstützende Maßnahmen beim Einsatz von Nützlingen und sichern eine erfolgreiche Bekämpfung ab (WUDTKE *et al.* 1993).

Physikalische Methoden, die gegen Vorratsschädlinge geeignet sind, ließen sich auf die Kleidermotte als Materialschädling übertragen (WUDTKE 2002). Jedoch beschränken sich diese kurativen Methoden, wie z.B. kontrollierte Atmosphären in Plastikhüllen und gasdichten Räumen mit inerten Gasen wie Stickstoff und Kohlenstoffdioxid unter Druck und Temperaturbehandlungen (BROKERHOF *et al.* 1993, PROZELL 1994, WUDTKE & REICHMUTH 1994, ADLER 1999) auf spezielle Anwendungsgebiete bei Museumsstücken und insbesondere Einzelgegenstände. Inerte Gase sind räumlich eingeschränkt anwendbar, jedoch von großem Vorteil, da sie mit dem Substrat nicht in Wechselwirkung treten. Im Haushalt und in Lagerbereichen mit Materialschädlingen sind physikalische Methoden nur eingeschränkt anwendbar. Mikro- und Radiowellen und prinzipiell zur Bekämpfung geeignet (FLEURAT-LESSARD 2001a,b, HABIB & FAGUNDES 1996). Jedoch sind sie nicht für den Verbraucher im Haushalt geeignet. Der Einzelfall entscheidet, welche der physikalischen Methoden zur Anwendung kommen kann, z.B. bei der Behandlung von wertvollen musealen Musik-, Möbel- oder Kleidungsstücken (WUDTKE 2002). Die Bestrahlung von Kleidermotten-Eiern mit UV-Licht, die bei der *Trichogramma*-Zucht mit Getreidemotten-Eiern durchgeführt wird, wurde noch nicht gegenüber Tineiden getestet. Dies könnte eine zusätzliche Alternative sein, die jedoch abhängig ist von der UV-Empfindlichkeit der behandelten Materialien.

Das Fangen der männlichen Falter durch **Pheromonfallen** als biotechnische Methode (TREMATERRA 1994, WUDTKE 1994, PLARRE 1999, REICHMUTH 1998) ist kommerziell erfolgreich, aber nur bedingt als direkte Bekämpfungsmaßnahme wirksam. Diese Methode wird wissenschaftlich in erster Linie zur Beobachtung des Flugverlaufes genutzt und erreicht meist keine ausreichende Dezimierung der Motten. Die Qualität der von verschiedenen Produzenten kommerziell verfügbaren Pheromone ist sehr unterschiedlich. Durch die verwendeten weiblichen Sexualduftstoffe werden fast ausschließlich männliche Falter gefangen.

Repellents sind abschreckend wirkende natürliche Duftstoffe auf Basis ätherischer Öle, die zur Vergrämung von Motten dienen. Sie werden im Handel speziell zur Bekämpfung von Textilschädlingen angeboten. Diese pflanzlichen Substanzen, z.B. Patchouli-Blätter, Lavendel-Blüten oder Zedernholz werden im Handel für eine Anwendung im Haushalt gegen Kleidermotten angeboten (KLINGAUF *et al.* 1983, PROZELL 1989, DETMERS *et al.* 1992, PLARRE 1992, PLARRE *et al.* 1997). Die Wirkungsweise ist jedoch nicht immer zuverlässig (SCHICK-PLÄTKE *et al.* 1998, WUDTKE 2002) und variiert sehr stark in Abhängigkeit von Formulierung, Dosierung und der individuellen Handhabung. Die getrockneten Pflanzenstücke einer Reihe von Pflanzen mit auffallenden Duftstoffen werden meist in Säckchen verpackt oder die entsprechenden Pflanzen-Extrakte, in erster Linie ätherische Öle, z.B. als Zusatz für das Reinigungswasser, im Handel angeboten. Bei zu hoher Dosierung oder allergischer Empfindlichkeit können beim Verbraucher Nebenwirkungen, wie beispielsweise Kopfschmerzen, oder sogar Vergiftungserscheinungen auftreten (SCHILCHER 1984). Die Verwendung von Teebaumöl in Wohnungen ist bedenklich aufgrund seiner toxischen Wirkung gegenüber Haustieren. Hier kam es wiederholt zu tödlichen Vergiftungen von Katzen (VILLAR *et al.* 1994, BISCHOFF & GUALE 1998).

Als natürliches Insektizid und fraßhemmendes Deterrent wirkt **Niem-Öl** (engl.: Neem) als Extrakt aus Samen des Neem-Baumes *Azadirachta indica* oder dem Persischen Flieder *Antelaea azadiracta* (Meliaceae), mit dem Wirkstoff Azadirachtin. Nach Beobachtung der natürlichen Resistenz des Neem-Baumes gegenüber Insekten und der traditionellen Verwendung in Indien, u.a. als Haarwaschmittel gegen Läuse, wurde Niem für die biologische Schädlingsbekämpfung entdeckt. Es wird seit Jahren erfolgreich zur Bekämpfung von Insekten im Pflanzenschutz eingesetzt (SCHMUTTERER 1995, NIEMANN & HILBIG 2000) und eignet sich durch seine ausschließlich insektizide Wirkung besonders für den Vorratsschutz. Die Nebenwirkungen auf räuberische Insekten und Parasitoide als Nützlinge im Pflanzenschutz sind gering und von kurzer Dauer (SCHMUTTERER 1999). Azadirachtin ist ein Antijuvénilhormon und wirkt auf juvenile Stadien von Insekten als Fraßgift und als abschreckendes Deterrent. Die Entwicklung der Schadorganismen wird verzögert, die Häutung und die Eiablage werden verhindert und schließlich die insgesamt Mortalität erhöht. Niem wird zur Bekämpfung von Textilschädlingen als Niem-Spray-Präparat als 1-5%iger öliger Extrakt kommerziell in Deutschland angeboten (SCHÖLLER & PROZELL 2000). Das Präparat enthält zusätzlich Beimischungen von ätherischen Ölen. Die Zusammensetzung des Niem-Öls variiert in Abhängigkeit von seiner Herkunft und Verarbeitung. Daher unterscheiden sich die im Handel angebotenen Niem-Produkte hinsichtlich ihrer

Wirksicherheit. Eine Qualitätskontrolle der Rohstoffe durch die Hersteller und Anbieter von Niem-Präparaten ist daher erforderlich. WUDTKE (2003) untersuchte und bestätigte den Bekämpfungserfolg gegen Kleidermotten durch die Anwendung von Niem-Extrakt als Spray-Formulierung.

1.3.2.1 Bekämpfung der Kleidermotte mit nützlichen Organismen

Natürliche Gegenspieler wie Parasitoide und Prädatoren oder Pathogene und Krankheiten werden bisher nicht zur Bekämpfung der Kleidermotte eingesetzt. Aufgrund der begründeten Bedenken der Verbraucher gegenüber synthetisch-chemischen Insektiziden und der nicht vollständigen Wirkung von Repellents zur Vergrämung von Kleidermotten, ist eine Untersuchung von natürlichen Gegenspielern der Kleidermotte als ein Teil einer biologischen Bekämpfungsstrategie sinnvoll und notwendig.

Erste Versuche zur Übertragung der erfolgreichen Bekämpfung von Lebensmittelmotten mit *Trichogramma* führten nicht zu abschließenden Ergebnissen. Nachdem ADLER *et al.* (1998) für den Parasitoiden *T. evanescens*, der bereits gegen *Plodia interpunctella* eingesetzt wird, zwar gute Parasitierungsleistungen, jedoch keine ausreichende Suchaktivität auf Textilien feststellten, erscheint die Untersuchung weiterer *Trichogramma*-Arten und -Stämme ebenfalls wichtig, da eine Präferenz für Tineiden und ein geeignetes Suchverhalten innerhalb dieser Gattung gegenüber Zielschädlingen unterschiedlich stark ausgeprägt sein können (HASSAN 1984, PAK 1994). Schon 1954 konnte QUEDNAU die prinzipielle Eignung von Tineiden als Wirte für *Trichogramma* nachweisen.

Eine Anwendung von *Apanteles carpatus* (Say 1836) als Larvalparasitoid gegen die Kleidermotte ist nach Untersuchungen von PLARRE (1998, 2000) eine vielversprechende Ergänzung zu Hygienemaßnahmen. Eine Übertragung der Ergebnisse in die Praxis hängt maßgeblich von einer Massenzuchtmethode und einer geeigneten Freilassungsmethode ab.

Die **Raubmilben** der Gattung *Pyemotes* sind sehr effektive Gegenspieler aller Stadien der Motten und werden in der Literatur als nützliche Arthropoden eingestuft (BRUCE & LECATO 1983, HOSCHELE. & TANIGOSHI 1993), jedoch ist ihr unerwartetes Auftreten problematisch. *Pyemotes tritici* (LAGREZE-FOSSOT & MONTANE) (Acarina, Pyemotidae) wird vor allem bei vorratsschädlichen Lepidopteren beobachtet und wurde von HERFS (1962, nach BADER 1989) in einer Kleidermottenzucht als Schädling festgestellt. In Zuchten von Getreidemotten, den Massenzuchtwirten für *Trichogramma*, führt ein Befall mit *Pyemotes*-Raubmilben, sogenannten 'Kugelbauchmilben', in der Regel zum Totalverlust der Zucht und zieht umfangreiche Bekämpfungs- und Hygienemaßnahmen zur Reinigung der Zuchträume nach

sich. Ein Massenaufreten von *Pyemotes*-Raubmilben kann beim Menschen zu Bissen mit allergieartigen Hautausschlägen bis hin zu Bronchialerkrankungen, sogenannter 'Kolonialwarenrätze', führen (HIRSCHMANN 1966). Eine gezielte Anwendung von diesen Raubmilben ist daher, trotz ihrer Effektivität, weitgehend ausgeschlossen (MOSER 1975). Als weitere Raubmilbe und unerwünschter Gegenspieler in Kleidermottenzuchten wird *Blattisocius tineivorus* (Oudemans) beschrieben (BALLARD & DAVIDSON 1954). *Blattisocius tarsalis* BERLESE ist ebenfalls als natürlicher Gegenspieler von Kleidermotten nachgewiesen. *B. tineivorus* konnte im Laborversuch auf *S. cerealella* durch Acarizide ohne negativen Einfluß auf die Parasitierung durch *Trichogramma* bekämpft werden (STEIN 1960).

Der Anwendung von ***Bacillus thuringiensis* (Bt)** als biologischer Gegenspieler wird im Vorrat gegenüber Schadlepidopteren einige Bedeutung beigemessen (KURSTAK 1966, BURKHOLDER 1981, SALAMA *et al.* 1996). Nicht zuletzt, da Bt ursprünglich erstmals an Larven der Mehlmotte *Ephestia kuehniella* als natürlich auftretend im Vorrat entdeckt wurde (BERLINER 1915). Jedoch wurden in den USA bei *Plodia interpunctella* und *Cadra cautella* Resistenzerscheinungen gegenüber dem Toxin beobachtet (MCGAUGHEY 1985), was die Verwendbarkeit einschränkt oder ein komplexes Resistenzmanagement notwendig macht (MCGAUGHEY & JOHNSON 1992). Gegenüber der Kleidermotte wurde Bt bislang nicht in Betracht gezogen, sondern eher als Bekämpfungsmittel zum Schutz pflanzlicher Vorräte.

Für eine Anwendung **weiterer Mikroorganismen**, kommen am ehesten Viren in Frage. HUNTER *et al.* (1973) untersuchten den Polyhedrose Virus (NPV) der Kleidermotte und die Möglichkeit seiner Anwendung. Protozoen, insektenpathogene Pilze und entomophage Nematoden wurden bislang nur theoretisch für praktische Anwendungen im Vorrats- und Materialschutz in Betracht gezogen. Es liegen jedoch einige erste Untersuchungen und Konzepte zur Anwendung vor (BROWER *et al.* 1996, SCHÖLLER 1998).

1.3.2.2 Integrierte Bekämpfungsmaßnahmen mit Nützlingen

In biologischen Bekämpfungsstrategien können **Nützlinge kombiniert mit anderen Maßnahmen** im Vorratsschutz angewendet werden. Es muss hierbei eingehend geprüft werden, ob geeignete Nützlinge in solche Systeme integriert werden können. Sie können bei Befall kurativ gemeinsam mit anderen biologischen Verfahren und nützlingsschonenden Hygienemaßnahmen eingesetzt werden, um eine Weiterentwicklung der Schädlinge zu unterbrechen (REICHMUTH 1996). Im Idealfall, bei größeren und andauernden Lagerbeständen, kann eine Etablierung der Nützlinge möglich sein. Dieser nachhaltige Effekt stellt sich auch beim Verzicht von synthetischen chemischen Wirkstoffen durch natürliche

Zuwanderung von Nutzarthropoden ein (PROZELL 1997). Es ist daher wichtig, zu untersuchen, welche Kombinationen von Methoden möglich und erfolgversprechend sind. Die Kompatibilität der Methoden untereinander, speziell hinsichtlich des Einsatzes von Nützlingen, wurde bislang im Material- und Vorratsschutz nur von Fall zu Fall betrachtet (SCHÖLLER 1998).

In Analogie zum integrierten Pflanzenschutz soll auch im **integrierten Vorratsschutz** durch die Kombination geeigneter Verfahren die menschliche Gesundheit und die Umwelt geschont werden (REICHMUTH 1995). Dies trifft in erster Linie auf biologische Verfahren, Hygienemaßnahmen, Lagerungstechnik und eine Reihe physikalischer Maßnahmen zu. In Tab.4 werden die Verfahren im Vorratsschutz zusammengefasst und ihre mögliche Kombination mit dem Einsatz von Nützlingen nach vorliegender Literatur bewertet.

Tab. 4: Mögliche Kombinationen von Bekämpfungsmaßnahmen gegen tineide Motten als Textilschädlinge

Bekämpfungsmaßnahmen	Wirkstoff / Durchführung	Kombination mit Nützlingen ?
Einsatz von Parasitoiden	Freilassung von Zuchttieren	geeignet, meist unbedenklich
Hygiene, Lagertechnik	Reinigung, Lüftung, Verpackung	geeignet (als Vorbehandlung)
physikalisch	inerte Gase, Temperatur, Druck	geeignet (als Vorbehandlung)
biotechnisch	<i>Bacillus thuringiensis</i>	theoretisch möglich (keine Praxis)
	(Pheromonfallen als Monitoring)	geeignet, unbedenklich
Pathogene	Virus-Präparate	theoretisch möglich (keine Praxis)
natürl. Insektizide	Niem-Öl-Extrakte	theoretisch in der Praxis möglich, jedoch Prüfung erforderlich
	Natur-Pyrethrum	weitgehend ausgeschlossen (nur Gewächshausanwendung)
natürl. Repellents	ätherische Öle	theoretisch in der Praxis möglich, jedoch Prüfung erforderlich
chemisch (synthet. Mittel)	Pyrethroide, Dichlorvos, u.a.	ausgeschlossen

Bei der **Kombination mehrer Nützlingsarten** können sich die Gegenspieler verschiedener Stadien des Schädling zu einer wirkungsvollen Bekämpfung ergänzen. Eine direkte Konkurrenz der Antagonisten der Schädlinge sollte und kann meist vermieden werden. Der Einsatz von mehreren natürlichen Gegenspielern verschiedener Schadarthropoden oder von Nützlingen, die eine Präferenz verschiedener Entwicklungsstadien eines Schädling zeigen, kann sich ergänzen. OATMAN & PLATNER (1972) siedelten *Trichogramma evanescens* und *Apanteles rubecola* kombiniert in Kohlgemüse im Freiland an. SCHÖLLER (2002) untersuchte eine Kombination von Nützlingen im Vorratsschutz am Beispiel von *H. hebetor* und *T.*

evanescens als Ei- und Larvalparasitoide vorratsschädlicher Motten. BROWER *et al.* (1996) bewerten die Kombination von Raubwanzen und spezifischer Parasitoiden, um einen Schadbefall stark zu reduzieren oder sogar zu eliminieren als sehr erfolgversprechend. Die gemeinsame Anwendung von *Trichogramma pretiosum* und *Bracon hebetor* (syn. *Habrobracon hebetor*) in Erdnusslagern wurde positiv bewertet (BROWER & PRESS 1990).

Hygienemaßnahmen durch Reinigung und Lüftung, sowie eine verbesserte Lagerungstechnik zur Befallsvermeidung durch Umordnung der Lagergüter sind uneingeschränkt mit einem Nützlingseinsatz kombinierbar und unterstützen den Erfolg eines nachfolgenden Einsatzes (SCHÖLLER 1998, PLARRE 2000). Durch begleitende hygienische Bekämpfungsmaßnahmen kann ein erfolgreicher Einsatz von Nützlingen abgesichert werden, da sie gegenüber niedrigeren Schädlingsaufkommen effektiver wirksam sind (SMITH 1994). Hygienemaßnahmen sind daher bei einer biologischen Bekämpfung im Material- und Vorratsschutz ein fester Bestandteil der Bekämpfungsstrategie.

Eine gleichzeitige Kombination von **physikalischen Bekämpfungsmethoden** und Nützlingen ist nicht möglich, jedoch kann eine physikalische Vorbehandlung und damit eine Reduktion des Schädlingsaufkommens die Grundlage für einen erfolgreichen zukünftigen Nützlingseinsatz darstellen. Der Einsatz von Gasen und Hitze sind jedoch nur von Fachkräften durchführbar und beim Einsatz gegen Kleidermotten bislang weitgehend auf teure Einzelstücke, z.B. aus Museumsbeständen oder Sammlungen, beschränkt (REICHMUTH 1999, WUDTKE 2002). Im Haushaltsbereich können Kleidermotten an Kleidungsstücken durch Tieffrieren bekämpft werden. Diese Möglichkeit wurde bereits 1926 von ZACHER empfohlen. Nach Untersuchungen von CHAUVIN & VANNIER (1997) sind aufgrund der Kälteresistenz der Kleidermotten jedoch bis zu -29°C erforderlich, um eine Bekämpfung sicher zu stellen.

In eine Bekämpfungsmaßnahme mit *Bacillus thuringiensis* kann der Einsatz von Nützlingen integriert werden. Parasitoide wurden meist als wenig empfindlich gegenüber dem Bt-Toxin bewertet, zum Teil können sie sogar als Vektor für Bt dienen (KURSTAK 1966). Es wurde nur in wenigen Fällen eine pathogene Nebenwirkung auf Parasitoide festgestellt (TEMERAK 1982). Insgesamt überwiegen Ergebnisse, die darauf hindeuten, dass Bt gegenüber Parasitoiden keine starken Nebenwirkungen zeigt (HASSAN & KRIEG 1975) und eine ergänzende Kombination, z. B. mit Eiparasitoiden möglich ist. Nach KRIEG *et al.* (1980) gingen in Nebenwirkungstests sogar von direkt oral appliziertem Bt-Mittel keine Nebenwirkungen auf *Trichogramma cacoeciae* aus. Nebenwirkungstests haben ebenso

gezeigt, dass sich Bt im Freiland nicht negativ auf *Cotesia (Apanteles) glomeratus* auswirkt (MÜCK *et al.* 1981). SENGONCA, C. & B. LIU (2001) untersuchten die Auswirkung kombinierter Pflanzenschutzmittel auf *Apanteles plutella* Kurd. . Die braconiden Parasitoide wurden auch hier durch Bt deutlich weniger geschädigt als der Zielschädling *Plutella xylostella*.

Untersuchungen zu den Nebenwirkungen von **Pheromonen** der Schädlinge auf Nützlinge ergaben unterschiedliche Ergebnisse. Das Pheromon (Z,E)-9,12-tetra-decadenylacetat (ZETA) von Vorratsmotten zeigte gegenüber *Trichogramma evanescens* keine Attraktivität (SCHÖLLER & PROZELL 1996), jedoch gegenüber *Venturia canescens* (PROZELL & SCHÖLLER 1997). Prinzipiell kann eine aggregierende Wirkung hinsichtlich der Schädlinge und der Nützlinge durchaus wünschenswert sein. Eine toxische Wirkung der Pheromone auf Parasitoide wurde bislang nicht beobachtet.

Produkte mit **Granuloseviren** von Schädlingen zeigten gegenüber parasitoiden Hymenopteren der Gattung *Trichogramma spp.* (HASSAN & GRÖNER 1977) keine Nebenwirkungen und können im Pflanzenschutz kombiniert eingesetzt werden (SAUCKE *et al.* 2003).

Die Wirkung von **repellentem Wirkstoffen** auf Nützlinge, vor allem ätherische Öle gegenüber Parasitoiden wurde bislang nicht ausführlich untersucht. Da diese sogenannten Repellents zu einer biologischen Standardbehandlung in vielen Haushalten bei Mottenbefall zählen, ist mit der Kombination von Repellents und Nützlingen zu rechnen. Hinsichtlich der kombinierten Anwendung mit Parasitoiden, insbesondere der sensitiven Gattung *Trichogramma spp.*, wurden in der vorliegenden Arbeit eingehendere Untersuchungen durchgeführt.

Niem-Produkte wurden im Pflanzenschutz mehrfach in Kombination mit Nützlingen erfolgreich eingesetzt. Sowohl eine Applikation von 2000 ppm Niem-Öl als auch 5%ige Extrakte zeigten im Vorratsschutz mit Getreide keine negativen Auswirkungen auf *Trichogramma* (SCHMUTTERER 1995). Eine Vorbehandlung von Getreidemischungen mit einem Niem-Präparat und eine darauffolgende künstliche Infektion mit den Schädlingen *Sitophilus granarius* und *Oryzaephilus surinamensis* zeigte in Kombination mit der Schlupfwespe *Anisopteromalus calandrae* synergistische Effekte (BENDER-LINDEN & HELBIG 2000). Der kombinierte Einsatz mit *Xylocoris flavipes* zeigte ebenfalls keine negativen Auswirkungen auf den Nützling.

Eine Kombination von **Pyrethrum und synthetischen Pyrethroiden** mit Nutzarthropoden erscheint aufgrund der auftretenden toxischen Nebenwirkungen gegenüber den Nützlingen nicht möglich. Bei der Nützlings-Art *Trichogramma dendrolimi* konnten WETZEL & DICKLER (1992) eine Reduktion der Parasitierungsleistung um 47% feststellen. Gegenüber Raubmilben der Art *Typhlodromus pyri* wurde im Obstbau eine Reduktion der Nützlinge bis zu 60% festgestellt. Erst nach vier Wochen wieder normalisierte sich die Nützlingspopulation wieder auf das ursprüngliche Niveau (EPP & GALLI 1991, HÖPLI et al. 1992).

Eine **Integration von synthetischen, chemischen Bekämpfungsmitteln** ist für den Einsatz von Nützlingen in der Praxis im Vorratslager in der Regel ausgeschlossen. In der Pflanzenschutzpraxis im Freiland werden außer Insektiziden unter anderem Herbizide und Fungizide eingesetzt. In diesen Fällen ist eine Selektion der Pflanzenschutzmittel nach ihrer Nebenwirkung auf Nicht-Ziel-Organismen notwendig, um einen möglichen Einsatz oder die Schonung von Nützlingen bewerten zu können (HASSAN *et al.* 2001, GRÜTZMACHER *et al.* 2004). Im Vorratslager herrschen sehr viel strengere Bedingungen als im Freiland, wo Witterung und Luftaustausch die Wirkung der Pflanzenschutzmittel stark beeinflussen und meist abmildern können. Dennoch wies BROWER (1984) in Lagern, die mit Malathion und Posphin behandelt wurden, *Trichogramma spp.* nach. Direktes Sprayen von Reismotten-Eiern mit Malathion und Dichlorvos-Mitteln erwies sich allerdings als stark toxisch gegenüber *Trichogramma confusum* und *T. japonicum*. Die Schlupfrate und die Lebensdauer nahmen stark ab (PAUL *et al.* 1976). In wenigen Fällen waren die Parasitoide oder auch Raubmilben gegenüber der chemischen Behandlung weniger empfindlich als die Schädlinge und könnten möglicherweise nach ihrer Toleranz oder gar Resistenz gegenüber chemischen Bekämpfungsmitteln für einen Einsatz selektiert werden (KE *et al.* 1991, SMITH 1994, ZDÁRKOVÁ 1997). Dieser Forschungsansatz wird jedoch aufgrund des hohen Untersuchungsaufwandes nur im Einzelfall praxisrelevant sein.

Es zeigt sich, dass sich ein integrierter Bekämpfungsansatz weitestgehend auf eine **Kombination von Nützlingen mit biologische Maßnahmen** beschränkt.

Zu möglichen Nebenwirkungen natürlicher Insektizide liegen unterschiedliche Forschungsergebnisse vor. Daher besteht im Rahmen der vorliegenden Arbeit insbesondere hinsichtlich der Kombination eines Nützlingseinsatzes mit einer **Niem**-Anwendung Forschungsbedarf. Niem zeigt gewisse Nebenwirkungen auf Nützlinge, jedoch nur von kurzer Wirkdauer (SCHMUTTERER 1999). Abhängig von der Formulierung und der Konzentration des Niem-Extraktes ergeben sich stark variierende Wirkungsunterschiede. Daher wurden in der vorliegenden Arbeit ein kommerziell im Vorratsschutz eingesetztes Niem-Produkt und seine

Niem-Öl-Komponente auf die Möglichkeiten einer Kombination mit Parasitoiden untersucht. Zu den Nebenwirkungen **ätherischer Öle** auf Nützlinge gibt es keine ausreichenden Kenntnisse in der Forschung. Ein mögliches Zusammentreffen des Einsatzes von Nützlingen mit ätherischen Ölen besteht ausschließlich im Materialschutz gegenüber Kleidermotten. Daher wurden in der vorliegenden Arbeit handelsübliche Produkte mit ätherischen Ölen auf ihre Nebenwirkungen gegenüber *Trichogramma*-Schlupfwespen geprüft.

1.4 Parasitoide Hymenopteren als natürliche Gegenspieler von textilschädigenden tineiden Lepidopteren

1.4.1 Bedeutung parasitoider Hymenopteren als Gegenspieler von Tineiden

Jede Arthropodenart wird von einer Reihe räuberischer und parasitoider Gegenspieler oder durch Nahrungskonkurrenten beeinflusst. Die parasitoiden Hymenopteren nehmen hierbei als mutmaßlich größte Insektengruppe weltweit die wichtigste Bedeutung ein. Ihre biologische Vielfalt weist ein großes Potential für die zukünftige Nutzung weiterer natürlicher Gegenspieler von Schädlingen auf (CLAUSEN 1940, ASKEW 1973, GODFRAY 1994, QUICKE 1997).

Das Parasitoidenspektrum der Kleidermotte *T. bisselliella* wurde bislang nur unvollständig zusammengestellt. In der Fachliteratur finden sich eine Reihe nützlicher Antagonisten von Tineiden, besonders der Kleidermotte *T. bisselliella*. (Tab. 5). Im Folgenden werden die Arten und Gruppen, von denen gesicherte Nachweise recherchiert wurden, eingehender beschrieben. Bei zukünftigen Funden und Beobachtungen wird dadurch eine Vorbestimmung der Parasitoide an textilschädigenden Motten erleichtert. Möglicherweise können dadurch weitere Nützlinge für die Praxis gewonnen werden.

Zur chalcidoiden Gattung *Trichogramma* (QUEDNAU 1955, ADLER *et al.* 1998) und der braconiden Art *A. carpatus* (PLARRE 1999) wurden in der Vergangenheit nur wenige erste Versuche mit Kleidermotten als Wirt durchgeführt. Da diese Parasitoide in Laborzuchten vorhanden sind, können sie eingehender bearbeitet werden. Einige weitere Parasitoide spielen ebenfalls eine wichtige Rolle bei der Regulation der Tineiden-Population (FERRIERE 1942, HARDT 1964), können jedoch ohne vorhandene Laborzucht nicht untersucht werden.

Eine exakte Zuordnung der in dieser Arbeit beschriebenen Parasitoide als Antagonisten von Tineiden ist nach vorliegender Literatur nicht immer mit Sicherheit möglich, da auch falsche Wirtsnachweise publiziert werden (NOYES 1998). Es gibt eine Reihe von hymenopteren

Gegenspielern freilebender Tineiden, die eine geringere Bedeutung als Materialschädlinge haben. VETTER (1999) beschreibt beispielsweise den Parasitoidenkomplex baumpilzbesiedelnder Tineiden. Solche Parasitoide verwandter Arten der textilschädigenden Motten wären möglicherweise auch zur Bekämpfung der wirtschaftlich relevanten Kleidermotte geeignet, was nach Möglichkeit und Verfügbarkeit dieser Arten geprüft werden sollte.

Tab. 5: Parasitoide Hymenopteren bei Tineiden

<i>Tineola bisselliella</i> HUM. <i>Apanteles carpatus</i> (Braconidae) <i>Baryscapus tineivorus</i> (Eulophidae) <i>Chremylus elaphus</i> (Eulophidae) <i>Meteorus atrator</i> (Braconidae) <i>Meteorus brevicauda</i> (Braconidae) <i>Trichogramma</i> spp. (Trichogrammatidae)	<i>Tinea secalella</i> <i>Chremylus elaphus</i> (Eulophidae)
<i>Tinea pellionella</i> L. <i>Apanteles carpatus</i> (Braconidae) <i>Apanteles riograndensis</i> (Braconidae) <i>Chremylus elaphus</i> (Eulophidae) <i>Chremylus rubiginosus</i> (Eulophidae) <i>Habrocytus saxcsenii</i> (Pteromalidae) <i>Metacolus mansuetor</i> (Pteromalidae) <i>Trichogramma</i> spp. (Trichogrammatidae)	<i>Niditinea fuscella</i> L. <i>Apanteles carpatus</i> (Braconidae) <i>Baryscapus tineivorus</i> (Eulophidae) <i>Chremylus elaphus</i> (Eulophidae) <i>Meteorus cespicator</i> (Braconidae)
	<i>Nemapogon granella</i> <i>Apanteles parasitellae</i> (Braconidae) <i>Chremylus elaphus</i> (Eulophidae) <i>Meteorus caespicator</i> (Braconidae)

Durch das zufällige Auftreten vieler Parasitoide werden diese meist nicht in Zucht genommen (HARDT 1964, LARSEN & MUNK 1989). Auch in der vorliegenden Arbeit hat eine umfangreiche Recherche bei Forschungseinrichtungen und Firmen weltweit keine weiteren Nachweise über verfügbare Laborzuchten von Parasitoiden der Kleidermotte ergeben.

1.4.2 *Trichogramma* spp.

1.4.2.1 Systematik, Verbreitung und Morphologie

Die Gattung *Trichogramma* zählt zu den am besten untersuchten Insektengruppen überhaupt. Weltweit umfasst die Gattung über 160 Arten, die in erster Linie Eiparasitoide von Lepidopteren sind. Zudem werden Insekteneier aus anderen Ordnungen parasitiert, so auch Neuropteren, Homopteren und in geringem Maße Coleopteren (LI 1994, MILLS *et al.* 2002, BABENDREIER *et al.* 2003 a, b). Verbreitet sind *Trichogramma*-Arten in allen Habitaten, in

Forst, Obstanlagen und freien Landwirtschaftsflächen der gemäßigten, wie auch der subtropischen und tropischen Zonen. Sie sind auf allen Kontinenten vertreten und somit ein weltweit auftretendes wichtiges Regulativ von Schadarthropoden (HASSAN et al. 1994). Regelmäßig werden auch für Europa neue Arten beschrieben (PINTUREAU 2001).

Die verschiedenen *Trichogramma*-Arten wurden bislang hauptsächlich aufgrund der männlichen Genitalstrukturen, der Färbung und des Antennenaufbaus unterschieden (NAGARKATTI & NAGARAJA 1971, PINTO & STOUTHAMER 1994). Die morphologische Beschreibung und Bestimmung der Arten sind Voraussetzung für alle Untersuchung. Sie stößt jedoch bei der Charakterisierung von Stämmen an ihre Grenzen. Zudem werden die morphologischen Unterschiede der männlichen Genitalien nur von wenigen Experten in Deutschland beherrscht (MONJE & ZEBITZ 2003). Die Systematik von *Trichogramma*-Arten ist zudem für viele Arten noch nicht abschließend geklärt (NOYES 1994). Ein weiteres Problem stellen thelytoke Arten dar, bei denen nur weibliche Tiere vorhanden sind. Dies ist bei *T. cacoeciae* aus physiologischen Gründen der Fall. Einige Arten, wie *T. embryophagum*, zeigen Thelytokie durch eine Bakterien-Infektion mit *Wolbachia* (STOUTHAMER et al. 2001, PINTUREAU et al. 2002, HUIGENS 2001). Dadurch treten ebenfalls nur Weibchen, z.T. in Mischpopulationen mit arrhenotoken Stämmen auf (STOUTHAMER et al. 2001). Durch eine Behandlung mit Antibiotika im Futter oder durch Zucht bei hohen Temperaturen, die *Wolbachia* schädigen, können in der Laborzucht Männchen herausgezüchtet werden, um eine Bestimmung durchzuführen (GRENIER et al. 2002). Die Effektivität der Parasitoide kann durch die Infektion reduziert werden (TAGAMI et al. 2002). Zur morphologischen Beschreibung der männlichen Tiere müssen die Tiere in Zucht gehalten und durch gezielte Antibiotika-Behandlung Männchen induziert werden (GRENIER 2002). Bei der Fortpflanzung überwiegt Arrhenotokie, d. h. Männchen entwickeln sich aus unbesamten Eiern (PAK 1988). Damit ist den Arten eine Möglichkeit zur Kontrolle des Geschlechterverhältnisses gegeben.

Die schwierige morphologische Bestimmung von *Trichogramma*-Arten führte zur Entwicklung ergänzender elektrophoretischer Untersuchungsmethoden (PINTUREAU & BABAUT 1982). Erst jüngere Forschungen unter Nutzung einer PCR-Methode zur Charakterisierung der ITS-2-Region der mitochondrialen DNA von *Trichogramma* spp. (STOUTHAMER et al. 1993, SILVA 1999) konnten sich als weitestgehend standardisierte mikrobiologische Bestimmungsmethode etablieren.

Die exakte Artbestimmung ist insbesondere ein Qualitätskriterium bei Massenzuchtverfahren, da die Organismen nur 0,5 mm klein sind. Verwechslungen und Vermischungen von Arten können zu geringerer Wirksamkeit bei Bekämpfungsmaßnahmen führen. Die Verwendung

nichtheimischer Arten kann im schlimmsten Falle zu einer Faunenverfälschungen führen (STOUTHAMER 1999, BATHON 1999, KUSKE *et al.* 2003). Die neuen molekularbiologischen Bestimmungsmöglichkeiten sollen dazu beitragen, solche Risiken zu vermeiden.

1.4.2.2 Biologie und Ökologie

Trichogramma-Erzwespen sind solitäre bis gregäre Eiparasitoide (Abb. 5 und 6). Sie entwickeln sich endoparasitisch in den Eiern verschiedenster Insektenordnungen, hauptsächlich Lepidopteren. Trotz einer verbreiteten Polyphagie (SMITH 1984, BABENDREIER *et al.* 2003) liegt eine starke inter- und intraspezifische Variabilität in der Präferenz für bestimmte Wirte vor (VAN DJIKEN *et al.* 1986, PAK 1988, HASSAN 1989). Diese Präferenz kann zur Selektion geeigneter Arten und Stämme gegen neue Zielschädlinge genutzt werden (WÜHRER & HASSAN 1993, SAKR 2003).

Die Entwicklungsdauer von *Trichogramma* variiert mit den klimatischen Bedingungen und hängt zudem von der prinzipiellen Eignung des Wirtes ab. Niedrige Temperaturen induzieren bei einigen Arten eine Diapause (VOEGELÉ *et al.* 1988, PAK 1988). Die Generationen folgen unter Laborbedingungen ohne Unterbrechung aufeinander. Durchschnittlich liegt die Entwicklungsdauer der in Deutschland heimischen Arten bei 27°C, Dauerlicht und einer relativen Raumfeuchte von 70 - 80 % bei etwa 10 Tagen. Im Jahr können im Freiland bis zu acht Generationen der Parasitoide auftreten (FORTMANN 1993).

Die Wirtssuche erfolgt zunächst mit der Suche nach dem geeigneten Habitat. Im Gegensatz zu den Wirtspflanzen der Pflanzenschädlinge wären dies bei den hier untersuchten Schädlingen Tierkadaver oder Tierlager. Das könnte bedeuten, dass *Trichogramma*-Arten, die aus Pflanzenkulturen nachgewiesen sind, möglicherweise natürlich nicht vollständig an dieses System angepasst ist. Bei der Braconidae *Apanteles carpatus* ist die chemische Attraktivität von Tierfellen nachgewiesen (TAKACS *et al.* 1997). Das gute Suchverhalten von *T. evanescens* im Getreidelager (SCHÖLLER 1996) zeigt jedoch die Anpassungsfähigkeit von *Trichogramma* an künstliche Lager- und Innenraumbedingungen, die sich stark von Pflanzenkulturen unterscheiden. Nach der Habitatsuche erfolgt die Prüfung des Wirtes auf seine Eignung und seine Parasitierung. PAK (1988) beschrieb die fünf Schritte, die bei der direkten Untersuchung eines potentiellen Wirtseies ablaufen. Sie lassen sich unterteilen in Kontaktaufnahme, Betrommeln, Bohren, Eiablage und Nahrungsaufnahme durch Aufsaugen von aus dem Ei auslaufendem Exudat (engl.: 'contact, drumming, drilling, oviposition, host feeding') und können fünf bis sieben Minuten andauern. Sowohl Größe (SALT 1935) als auch Farbe (PAK 1988), die Krümmung der Oberfläche der Wirtseier (SCHMIDT & SMITH 1985)

und die Dicke des Chorions (QUEDNAU 1955) werden optisch und taktil erfasst. Das 'host-feeding' an Eiflüssigkeit nach dem Herausziehen des Ovipositors ist ein maßgeblicher Teil der Nahrungsaufnahme bei *Trichogramma*. Zusätzliche Nahrung für die Imagines stellen Pollen, Nektar und Honigtau dar (ZHANG *et al.* 2004). Im Labor saugen adulte *Trichogramma* an Tropfen von Honig-Agar oder Honig-Gelatine (WYNIGER 1974, HASSAN 1981). Die Lebensdauer hängt stark von dem Nahrungsangebot ab und bewegt sich zwischen drei Tagen und drei Wochen.

Je nach Eigröße entwickeln sich eine bis mehrere Larven von *Trichogramma*, beispielsweise bei Tortriciden mit ein bis zwei *Trichogramma*-Individuen pro Ei (SAKR 2003) oder Getreideschädlingen wie *Sitotroga cerealella* mit in der Regel einem Individuum pro Wirtsei (HASSAN 1981). Aus großen Noctuiden-Eiern schlüpfen mehrere, vollständig ausgebildete Individuen (WÜHRER 1994). Mit ihren Kiefern beißen die adulten Wespen ein ovalrundes Loch in das Chorion des Wirtseis und schlüpfen aus der Eihülle. Diese Eihülle verfärbt sich durch die Ausscheidungen der Larven nach etwa vier Tagen, dem Beginn des dritten Larvenstadiums, schwarz. Möglicherweise beschleunigt die Schwarzfärbung die Entwicklung der *Trichogramma* durch eine zusätzliche Aufheizung des Wirtseies. Außer über die Ortung von Kairomonen, wie beispielsweise Flügelschuppen der Wirte (NORDLUND 1981, SAKR 2003), orientieren sich *Trichogramma*-Erzwespen negativ geotaktisch und positiv phototaktisch (QUEDNAU 1958). Die Laufaktivität der Parasitoide ist bei Helligkeit höher. Jedoch liegen die Parasitierungsraten auch bei Tieren, die in völliger Dunkelheit lebten noch bei etwa 60 % der Leistung, die sie bei Helligkeit erbrachten (QUEDNAU 1957). Dies kann für die Anwendung im Vorratsschutz von Bedeutung sein.

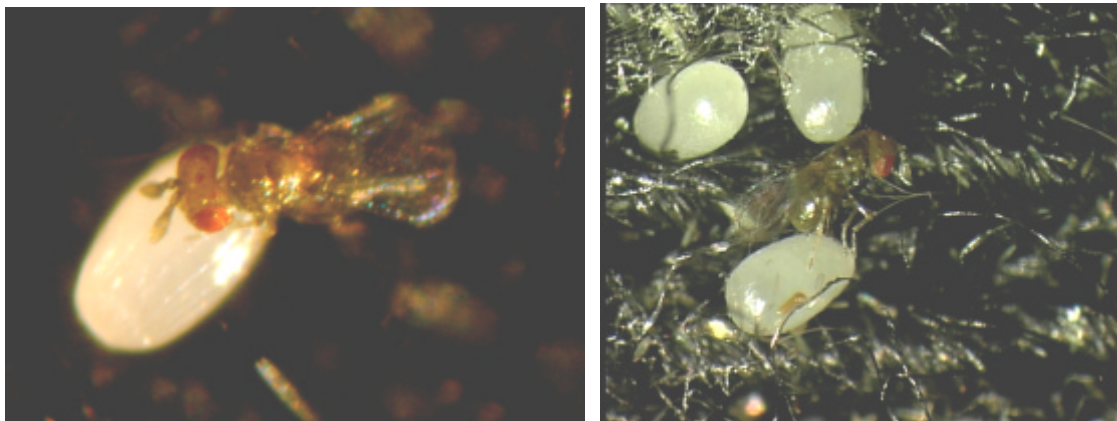


Abb. 5 + 6: *Trichogramma* auf Eiern der Pelzmotte (li) und der Kleidermotte (re)

(Abb. 6: Wyss / Wührer)

Trichogramma-Arten sind in der Literatur bisher nicht als natürliche Parasitoide von Tineiden nachgewiesen. QUEDNAU (1955) untersuchte eine Reihe neuer potentieller *Trichogramma*-Wirte und stufte *T. bisselliella* bei den Vorzugswirten von *Trichogramma* ein. In seinen Laborversuchen erwiesen sich alle drei verwendeten Arten, *T. semblidis* [AURIV.], *T. minutum* RILEY und *T. cacoeciae* (MARCHAL) als grundsätzlich geeignet. Es liegt ohne natürlichen Nachweis ein nach FLANDERS (1953) beschriebener ökologisch unvollständiger Parasitismus ('ecologically incomplete parasitism') vor. Das heißt, die Eier werden angenommen, parasitiert, und es findet eine vollständige Entwicklung der Parasitoide statt. Der Unterschied zum vollständigen Parasitismus ist nach FLANDERS, dass diese Parasitoid-Wirt-Beziehung in der Natur nicht vorkommt. Das könnte seine Gründe möglicherweise in der sehr spezialisierten Lebensweise und der geringen Häufigkeit (POPENDIKER 1956) der Tineiden in der freien Natur liegen. Neuere Laborversuche haben bestätigt, dass z. B. auch die Art *Trichogramma evanescens* die Eier von *T. bisselliella* prinzipiell parasitiert (ADLER & WUDTKE 1998).

1.4.2.3 *Trichogramma* spp. in der biologischen Schädlingsbekämpfung

Für *Trichogramma*-Schlupfwespen ist seit mehreren Jahrzehnten eine Massenzuchtmethode etabliert (HASSAN 1981, HASSAN et al. 1993, ALBERT et al. 2003). *Trichogramma*-Arten sind im Pflanzenschutz und in Teilen des Vorratsschutzes bereits als parasitoide Gegenspieler von Schadschmetterlingen etabliert (Tab. 6 und 7). Da etwa 70 Mottenarten als Vorratsschädlinge auftreten, ist die Gattung *Trichogramma* zur Bekämpfung weiterer Zielwirte besonders geeignet (REICHMUTH et al. 1997, SCHÖLLER 1998).

Die Gattung *Trichogramma* wird als weltweit wichtigste Gruppe natürlicher Gegenspieler von Schädlingen in der Regel im Pflanzenschutz genutzt. Für eine erste gezielte Anwendung gegen die Gelbe Stachelbeerwespe *Nematus ribesii* 1882 wurde *Trichogramma* von den USA nach Kanada exportiert (BRAUNS 1964). Der Nutzen von *Trichogramma* als Begrenzungsfaktor für Schädlinge wurde vielfach nachgewiesen und fand für den Vorratsschutz in Deutschland durch HASE (1925) erste Beachtung. Erste Bekämpfungsversuche wurden in den USA und den UdSSR zu Beginn des 20. Jahrhunderts durchgeführt. Meist wurden Wildfänge ohne Prüfung auf ihre Eignung in Massen vermehrt und zum Teil gebietsfremd freigelassen, die klimatischen Ansprüchen und Spezialisierungen

der Tiere hinsichtlich der Wirte wurden nicht hinreichend berücksichtigt (SCHIEFERDECKER 1969, STSCHEPTILNIKOWA 1976). Erst die Bestimmung der Eigenschaften durch grundlegende Arbeiten von SALT in den 1930er Jahren und die Großproduktion von *Trichogramma* mit Hilfe des Ersatzwirtes *Sitotroga cerealella* ermöglichte eine sinnvolle Anwendung im Pflanzenschutz (FLANDERS 1926) und hat sich seitdem weltweit (SMITH 1996) und in Deutschland (WÜHRER & HASSAN 1993, HASSAN 1998, ZIMMERMANN 2004) stark ausgeweitet. Zurzeit werden weltweit etwa zehn Arten zur biologischen Bekämpfung von Schadlepidopteren in wichtigen Kulturen wie Mais, Baumwolle, Zuckerrohr, im Obst- und Weinbau, sowie im Forst eingesetzt (LI 1993, HASSAN & WÜHRER 1997). Über 28 herbivore Schädlinge an 20 Kulturen wurden durch *Trichogramma*-Freilassungen bekämpft (HASSAN 1988).

Tab.6: Kommerzieller Einsatz von *Trichogramma*-Arten in Deutschland

Art	Stamm	Einsatzbereich	Zielschädlinge
<i>T. cacoeciae</i>	CAC D 90 O	Obst, Wein	Wickler-Arten (Tortricidae)
<i>T. brassicae</i>	BRA Da	Mais	Maiszünsler (Pyralidae)
<i>T. dendrolimi</i>	CAC D 90 O	Obst, Wein	Wickler-Arten (Tortricidae)
<i>T. embryophagum</i>	EMB D 89 R	Wein	Wickler-Arten (Tortricidae)
<i>T. evanescens</i>	(Lager-Stamm)	Vorrat	Lebensmittelmotten (Pyralidae, Gelechiidae)
<i>T. evanescens</i>	(Kohl-Stamm)	Gemüse	„Erdräupen“ (Noctuidae)

Beispielhaft für erfolgreiche neue Bekämpfungsmöglichkeiten ist der Einsatz von *Trichogramma*-Schlupfwespen im Vorratsschutz gegen getreideschädigende Vorratsmotten wie *Ephestia kuehniella*, *E. elutella*, *Sitotroga cerealella* und die Lebensmittelmotte *Plodia interpunctella* (SCHÖLLER 2000, SCHÖLLER & PROZELL 2003). Der Einsatztermin der Parasitoiden erfolgt bei Flugbeginn der Schadlepidopteren, beobachtet durch den Einsatz von Pheromonfallen. Nachdem befallene Lebensmittel vernichtet wurden, kann jede weitere Eiablage noch umherfliegender Motten durch die gezielte Anwendung von *Trichogramma*-Schlupfwespen verhindert werden. Die Eier, die außen an den Verpackungen abgelegt werden, sind das Ziel der Nützlinge und werden durch die Parasitierung abgetötet. Die Anwendung verschiedener Nützlinge und deren Kombination, beispielsweise zusätzlich *Habrobracon hebetor* als Larvalparasitoid gegen Getreideschädlinge, haben sich als erfolgreiche Verfahren bestätigt (PROZELL et al. 1995, SCHÖLLER 2000).

Tab. 7: Pflanzen- und Vorratsschädlinge als Zielwirte von *Trichogramma* in Deutschland
(nach ZIMMERMANN 2004)

Zielwirte		Familie	Anwendungsgebiet	Status*
Maiszünsler	<i>Ostrinia nubilalis</i>	Crambidae	Mais, Gewächshaus	+
Getreidemotte	<i>Sitotroga cerealella</i>	Gelechiidae	Vorrat	+
Großer Kohlweißling	<i>Pieris brassicae</i>	Pieridae	Gemüse	-
Lauchmotte	<i>Acrolepiopsis assectella</i>	Plutellidae	Gemüse	-
Kohlschabe	<i>Plutella xylostella</i>	Plutellidae	Gemüse	(+)
Kleine Wachsmotte	<i>Achroia grisella</i>	Pyalidae	Vorrat	-
(Zünsler)	<i>Duponchelia fovealis</i>	Pyalidae	Gewächshaus	(+)
Speichermotte	<i>Ephestia elutella</i>	Pyalidae	Vorrat	+
Mehlmotte	<i>Ephestia kuehniella</i>	Pyalidae	Vorrat	+
Kohlzünsler	<i>Evergestis forficalis</i>	Pyalidae	Gemüse	-
Große Wachsmotte	<i>Galleria mellonella</i>	Pyalidae	Vorrat	-
Dörrobstmotte	<i>Plodia interpunctella</i>	Pyalidae	Vorrat	+
Gamma-Eule	<i>Autographa gamma</i>	Noctuidae	Gemüse	-
Kohleule	<i>Mamestra brassicae</i>	Noctuidae	Gemüse, Gewächsh.	+
Gemüse-eule	<i>Mamestra oleracea</i>	Noctuidae	Gemüse, Gewächsh.	+
Pelzmotte	<i>Tinea pellionella</i>	Tineidae	Vorrat	(+)
Kleidermotte	<i>Tineola bisselliella</i>	Tineidae	Vorrat	(+)
Apfelschalenwickler	<i>Adoxophyes orana</i>	Tortricidae	Obst	+
Mittelmeer-Nelkenwickler	<i>Cacoecimorpha pronuba</i>	Tortricidae	Freiland, Gewächsh.	(+)
Rosenknospenwickler	<i>Clepsis spectrana</i>	Tortricidae	Gewächshaus	(+)
Ährenwickler	<i>Cnephasia longana</i>	Tortricidae	Getreide	(+)
Getreidewickler	<i>Cnephasia pumicana</i>	Tortricidae	Getreide	(+)
Erbsenwickler	<i>Cydia nigricana</i>	Tortricidae	Gemüse	-
Apfelwickler	<i>Cydia pomonella</i>	Tortricidae	Obst	+
Einbindiger Traubenwickler	<i>Eupoecilia ambiguella</i>	Tortricidae	Wein	(+)
Pflaumenwickler	<i>Grapholita funebrana</i>	Tortricidae	Obst	+
Bekreuzte Traubenwickler	<i>Lobesia botrana</i>	Tortricidae	Wein	(+)
Springwurmwickler	<i>Sparganothis pilleriana</i>	Tortricidae	Wein	-

* Zeichenerklärung (Material- und Vorratsschädlinge sind farbig hervorgehoben):

+ = wird kommerziell angeboten, (+) = wird eingeschränkt kommerziell angeboten, - = in der Forschung

In Deutschland erfolgt eine Anwendung von *Trichogramma* gegen Lebensmittelmotten sowohl im Haushaltbereich, als auch im Einzelhandel oder im Vorratsbereich bei der Herstellung von Getreideprodukten, z.B. in Großbäckereien (PROZELL et al. 1996, SCHÖLLER & PROZELL 2003). Im Vorratsschutz hat der Einsatz von *Trichogramma* einen stärker

präventiven Charakter als im Pflanzenschutz, eine frühzeitige Befallserkennung und regelmäßige Befallskontrolle stehen im Vordergrund. Zusätzliche Hygienemaßnahmen zur Befallsvermeidung werden den betroffenen Betrieben und Kunden in einer intensiven Beratung vermittelt und dienen zusammen mit dem Nützlingseinsatz zur Befallsreduktion und der biologischen Bekämpfung der Vorratsmotten.

1.4.3 *Apanteles carpatus* SAY, 1836

1.4.3.1 Systematik, Verbreitung und Morphologie

Die Unterfamilie Microgastrinae, darunter *Apanteles*, umfasst zurzeit etwa 1300 Arten weltweit (SHAW & HUDDLESTON 1991), davon treten 185 Arten in Deutschland auf (BELOKOBYLSKIJ & TRÄGER 2001). Schätzungen gehen davon aus, dass weltweit 5000 bis 10000 Arten existieren, die zum großen Teil noch nicht beschrieben sind. Die Gattung *Apanteles* kommt in den verschiedensten terrestrischen Lebensräumen vergleichsweise häufig vor. Für Deutschland sind nach BELOKOBYLSKIJ & TRÄGER (2001) in dieser Gattung 109 Arten beschrieben. *Apanteles*-Schlupfwespen sind ausschließlich Parasitoide von Lepidopteren, hauptsächlich Microlepidopteren, und nur wenige Falterarten werden von Ihnen nicht parasitiert. Die adulten Parasitoide sind typisch schwarz und schmal und zeigen eine offene zweite submarginale Zelle, ein Merkmal der traditionellen *Apanteles*-Gruppe. *A. carpatus* Say, 1836 (Abb. 7) wird von NIXON (1965) der 'ater-Gruppe' zugeordnet. Als Synonym für *A. carpatus* findet sich *A. sarcitorius*. Die Phylogenie innerhalb der Braconidae wird für die Microgastrinae ausführlich von MASON (1981) diskutiert und basiert auf einer Reklassifikation von NIXON (1976, 1965), nach dessen Schlüssel die *Apanteles*-Arten differenziert werden.



Abb. 7: *Apanteles carpatus* (SAY)

1.4.3.2 Biologie und Ökologie

A. carpatus wurde mehrfach als Parasitoid der Kleidermotte *Tineola bisselliella* und der Pelzmotte *Tinea pellionella* nachgewiesen (u.a. TITSCHAK 1922, FALLIS 1942, PLARRE *et al.* 1997), wobei sie näher mit *T. pellionella* assoziiert ist (PLARRE *et al.* 1999). Sie pflanzt sich als thelytoke Art parthenogenetisch fort, indem sie ausschließlich Weibchen erzeugt. Sie ist solitär bis gregär aktiv und entwickelt sich in der parasitierten Wirtslarve, die auch nach der Parasitierung sich zunächst weiterentwickelt bis sie ein geeignetes Stadium für ein Wachstum der Parasitoidenlarve erreicht hat. *A. carpatus* ist ein koinobionter Endoparasitoid (GODFRAY 1993, QUICKE 1997). Befallene Larven werden nicht unmittelbar abgetötet und können trotz Parasitierung noch eine gewisse Zeit weiter fressen und sich entwickeln. Es können alle Larvenstadien der Wirte befallen werden, wobei ältere Stadien bevorzugt werden, in denen sich die Parasitoide schneller entwickeln (PLARRE *et al.* 2000, PLARRE & BALNUWEIT 2002). Jedoch entwickelt sich *A. carpatus* meist erst ab dem zweiten Larvenstadium (PLARRE *et al.* 1999). Möglicherweise können L1-Larven durch das Anstechen direkt abgetötet werden. Trotz möglicher Mehrfachbelegungen entwickelt sich immer nur ein Individuum im Wirt vollständig (FALLIS 1942, PLARRE *et al.* 2000). Die adulten Wespen suchen Substrat nach Larven ab und parasitieren diese vorzugsweise in den Köchern. Freie Larven wurden in der Regel nicht angenommen (TITSCHAK 1925, TAKACS 1997). Zur Verpuppung verlässt die Larve den Wirt und spinnt sich in einem separaten Seidenkokon ein. Zum Verlassen wird aus einem Ende des Kokons ein Deckel gefressen. Bei 27°C dauert ein Lebenszyklus nach PLARRE *et al.* (1999) etwa 23 Tage und kann bei kühlen Temperaturen bis zu mehreren Monaten dauern. FALLIS (1942) gibt für 27°C durchschnittlich 26 Tage Entwicklungszeit bis zum adulten Parasitoiden an. Die Reproduktion wird auch bei konstanten Bedingungen als sehr variabel beschrieben (FALLIS 1942). PLARRE & BALNUWEIT (2002) geben als maximale Lebensdauer mit Honig-Wasser, aber ohne Wirtslarven, bis zu 40 Tagen bei 25°C und 65% Luftfeuchte an. Bei einer maximalen Parasitierung von 60 Wirtslarven pro Einzelweibchen wurde ein Mittelwert von etwa 30 parasitierten Wirtslarven pro Individuum erreicht. FALLIS (1942) beschreibt ausführlich die Morphologie und Entwicklung von *A. carpatus* vom Ei (Abb. 8) bis zur schlupfbereiten Larve (Abb. 9).



Abb. 8: Ei von *A. carpatus*



Abb. 9: Larve von *A. carpatus* schlüpft aus abgetöteter Kleidermottenraupe

A. carpatus wird anders als eine Reihe eher polyphager *Apanteles*-Arten von verschiedenen Autoren als spezialisierter Tineiden-Parasitoid beschrieben (WEIDNER 1930, FALLIS 1942, PLARRE *et al.* 1997). *T. bisselliella* und *Tinea pellionella* sind die in der Literatur als Wirte am häufigsten zu finden und somit sicheren Wirtsnachweise (Tab.1). Auch *Niditinea fuscella* ist mehrfach als Wirt von *A. carpatus* bestätigt (LONG 1975, TOBIAS 1986). Der Nachweis der nordamerikanischen Art *Hemerocampa leucostigma* (= *Orgyia leucostigma*) (Lymantriidae) als Wirt wird von MUSEBECK (1936) als falsch angesehen. Das Auftreten von *A. carpatus* zusammen mit den Kokons von *H. leucostigma* könnte auch auf assoziierte Tineiden zurückzuführen sein. RUTZ & SCOLES (1989) wiesen *A. carpatus* als Parasitoid bei der Stubenfliege *Musca domestica* auf einer Hühnerfarm nach. Sie sollen aus isolierten Puparien geschlüpft sein. Dieser Wirtsnachweis kann durchaus angezweifelt werden. Zur Problematik des Wirtsnachweises aus der Literatur ist zu bedenken, dass viele Nachweise nicht durch Prüfung von sicher hinterlegten Belegexemplaren bestätigt werden können (NOYES 1994). Exakte Nachweise sind jedoch zur Beurteilung und Überprüfung der wissenschaftlichen Ergebnisse von grundlegender Bedeutung. Literaturnachweise zu *A. carpatus* sind bezüglich tineider Motten als sicher anzusehen (TITSCHAK 1922, FALLIS 1942, PLARRE *et al.* 1999). Die Stubenfliege *Musca domestica* muss durch neue Untersuchungen als Wirt bestätigt werden. ABLES & SHEPARD (1974) beobachteten *A. carpatus* ebenfalls auf einer Hühnerfarm, jedoch an Tineiden, und es liegen Nachweise aus Vogelnestern vor (VAN BRONSWIJK 1981, OLKOWSKI ET AL. 1991). Damit ist *A. carpatus* eng mit dem Vorkommen seiner Wirte, den tineiden Motten, assoziiert.

Die Ortung des Wirtes durch *A. carpatus* findet in einem chemisch-ökologisch gut untersuchten tritrophischen System statt (TAKACS 1996, HARVEY 2000). Damit dienen sowohl der Wirt, bzw. dessen Kairomone (z. B. durch Kotkrümel), als auch die Wirtsnahrung als

Orientierung. *A. carpatus* ist sehr suchaktiv und leicht erregbar. Zur Flucht springen sie über kurze Strecken und sind gute Flieger. Zudem sind die Tiere sehr stark positiv phototaktisch (FALLIS 1942, PLARRE *et al.* 1999). Als fakultativer Hyperparasitoid von *A. carpatus* wird *Tetrastichus tineivorus* von FERRIERE (1941) und BURKS (1943) genannt.

Es ist zweckmäßig, die Laborzuchten von Nützlingen nachvollziehbar zu erfassen. In Form einer Kartei sollten die wichtigsten biologischen Lebensdaten der Arten bzw. Stämme charakterisiert werden. Dies wird bereits bei *Trichogramma*-Zuchtsammlungen durchgeführt (FABRITIUS & HASSAN 1984). Eine solche Erfassung wird derzeit für *A. carpatus* durchgeführt. *A. carpatus* steht in einer Laborzucht aus einer Kleidermottenzucht für Untersuchungen zur Verfügung. Tab. 8 gibt die bisher bekannten Wirtsnachweise für *A. carpatus* wieder.

Tab. 8: Wirtsnachweise für *Apanteles carpatus* (SAY)

Wirte:	Literaturnachweise:
<i>Tineola bisselliella</i> (Lepidoptera: Tineidae)	TITSCHAK 1922, FALLIS 1942, PLARRE <i>et al.</i> 1999
<i>Tinea pellionella</i> (Lepidoptera: Tineidae)	TITSCHAK 1922, FALLIS 1942, PLARRE <i>et al.</i> 1999
<i>Niditinea fuscella</i> (Lepidoptera: Tineidae)	LONG 1975, TOBIAS 1986
<i>Hemerocampa leucostigma</i> (Lepidoptera: Lymantriidae)	VIERECK <i>et al.</i> 1916 (falscher Nachweis) *
<i>Musca domestica</i> (Diptera: Muscidae)	RUTZ & SCOLES 1989 (Nachweis zweifelhaft)**

* der Nachweis von *H. leucostigma* (= *Orgyia leucostigma*) ist nach MUSEBECK 1936 in FALLIS 1942 nicht korrekt

** der Nachweis von *M. domestica* unterliegt evtl. einer falschen Identifikation der Parasitoiden (SCHÖLLER 2000 persönl. Mitt.)

1.4.3.3 Die Gattung *Apanteles* im biologischen Pflanzen- und Vorratsschutz

Apanteles hat innerhalb der Braconidae in der biologischen Schädlingsbekämpfung eine große Bedeutung, vor allem gegenüber Schadlepidopteren. *Cotesia (Apanteles) glomeratus* war eine der ersten Organismen, die im biologischen Pflanzenschutz eingesetzt wurden (PARKER 1971). Eine Reihe wirtschaftlicher Schädlinge wird von *C. glomeratus* kontrolliert, darunter Noctuiden, wie *Mamestra brassicae*, die Kohleule oder im subtropischen Bereich die Saturnide *Antheraea assama* Westwood (‘muga silkworm’) (THANGAVELU 1993). Weitere subtropische und tropische Pflanzenschädlinge sind mit *Apanteles*-Arten assoziiert. CABELLO (1989) gibt eine Übersicht wichtiger noctuider Schädlinge an Mais, Baumwolle, Alfalfa und

Soja in Spanien und deren natürlicher Gegenspieler, unter denen die Arten *A. kazaak*, *A. plutella* und *A. ruficrus* nachgewiesen sind. *Apanteles kariyai* als Parasitoid von Noctuiden war Ziel von Untersuchungen durch SATO et al. (1983). *A. rubecola* wurde von OATMAN & PLATNER (1972) gegen Noctuiden im Kohl in Süd-Kalifornien eingesetzt. *A. flavipes* und *A. chilonis* wurden für den Einsatz gegen verschiedene Arten der Gattung *Chilo*, die Reis-Stängelbohrer untersucht (BETBEDER-MATIBET 1990), *A. flavipes* und *A. sesamiae* wurden zudem im Zuckerrohranbau als Gegenspieler von *Diatraea saccharalis* beobachtet (MOHYUDDIN 1971). *Apanteles congregatus*, ein Parasitoid des Tabakschwärmers, *Manduca sexta* wurde intensiv physiologisch untersucht (BECKAGE & RIDDIFORD 1982, WANI et al. 1994). *A. plutella* wurde gegen *Plutella xylostella*, die Kohlmotte geprüft (LIM & CHAN 1986). Im Bereich Vorratsschutz ist *A. trachalus* NIXON als Parasitoid bei der Mehlmotte *Ephestia kuehniella* nachgewiesen, *A. parasitellae* Bouché bei der Tineide *Nemapogon granella*, der Kornmotte (TOBIAS 1986). Ausführliche Untersuchungen erfolgten zu *A. galleriae*, die die Wachsmotte parasitiert (VERMA & DESH RAJ 1998, UCKAN & GULEL 2001, UCKAN & ERGIN 2003).

A. carpatus ist auf tineide Motten spezialisiert. Da Tineiden als Wirte in der Natur nur an Tierkadavern oder Tierlagern und Vogelnestern zu finden sind, muss *Apanteles* über ein sehr gutes Suchverhalten verfügen, um die geeigneten Wirte zu finden (VARLEY et al 1980). Mit dieser Eigenschaft wäre *A. carpatus* besonders geeignet für einen Einsatz im biologischen Vorratsschutz.

1.4.4 Weitere parasitoide Hymenopteren von Tineiden

Die kosmopolitische Gattung ***Meteorus* spp. (Braconidae)** ist für Deutschland mit 28 Arten nachgewiesen (BELOKOBYLSKIJ & TRÄGER 2001). *Meteorus*-Arten, die als natürliche Gegenspieler von Tineiden beobachtet wurden, sind *M. brevicauda* THOMSON, 1895, von TOBIAS (1986) als Parasitoid von *T. bisselliella* aufgenommen und *M. cespicator* THUNBERG 1822, als Parasitoid von *T. bisselliella*, *Nemapogon granella* und *N. fuscipunctella* (= *fuscella*) nachgewiesen (COOMBS & WOODROFFE 1968, TOBIAS 1986). Sowohl *M. brevicauda* als auch *M. cespicator* sind in Deutschland heimisch (BELOKOBYLSKIJ & TRÄGER 2001).

Es finden sich schließlich mehrere Nachweise zu *Meteorus*-Arten als Parasitoide der Kleidermotte *T. bisselliella* (FERRIERE 1941, HARDE 1964). Von einem Kleidermottenbefall, aus dem weitgehend nur Weibchen von *Meteorus atrator* (= *Zelet atrator*, syn. *simulator* WESMAEL) isoliert wurden (116:1 Weibchen), berichtet 1941 SACHTLEBEN (nach HARDE 1964). Zur Biologie wird von LYLE 1914 (nach FERRIERE 1941) berichtet, dass an zwei

Tineola-Befallsstellen *Meteorus* gefangen wurde. In einem Fall zusammen mit dem Hyperparasitoid *Hemiletes areator*. Sie wird als selten beobachtetes nützliches Insekt beschrieben. Beobachtungen erfolgten auch in der Schweiz von BALE (nach FERRIERE 1941). Außereuropäische Nachweise von *M. atrator* als Parasitoid von Tineiden stammen von FERRIERE (1941) und GIRAULD (1877), der *M. similator* in Algerien als Parasitoid der Tineide *Oeocecis guyonella* beschreibt, was von FERRIERE (1941) jedoch angezweifelt wird. *M. atrator* wurde in Nordwestafrika, Zypern, Syrien und für Mitteleuropa in England, Russland und Schweden beobachtet (HARDE 1964).

Meteorus-Arten sind meist koinobionte Endoparasitoide von Lepidopteren. Nach SHAW & HUDDLESTON (1991) sind *Meteorus*-Arten, die eingespinnene Microlepidopteren parasitieren, meist solitär und legen die Kokons in situ an. Insgesamt erscheint die Gattung jedoch interessant für Untersuchungen zur biologischen Schädlingsbekämpfung aufgrund der beschriebenen Nachweise, in denen sie als gregäre natürliche Gegenspieler in Haushalten auftaucht.

Die Art ***Chremylus elaphus* HALIDAY, 1833 (Braconidae)** (Abb. 10 und 11) wurde von LARSEN & MUNK 1989 an Larven der Pelzmotte *T. pellionella* an einem Wollteppich erstmals für Dänemark nachgewiesen. Sie ist für Deutschland ebenfalls als heimisch nachgewiesen (BELOKOBYLSKIJ & TRÄGER 2001). Die Bestimmung von mehreren Exemplaren der Art von zwei Fundorten wurde durch BELOKOBYLSKIJ (1989) bestätigt. Ein weiterer Nachweis für *C. elaphus* als Parasitoid von *T. pellionella* und *T. bisselliella* findet sich bei MARSH (1979).

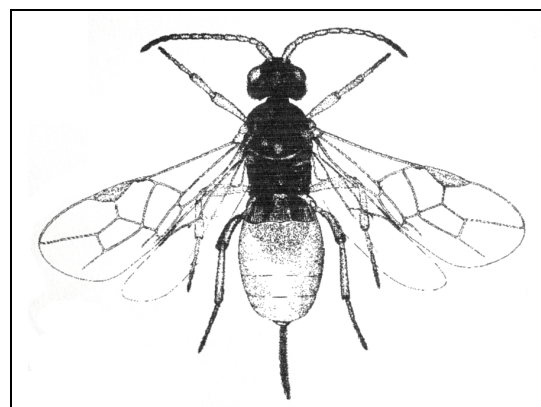


Abb. 10 + 11: *Chremylus elaphus* HALIDAY (Foto: LARSEN & MUNK, Zeichnung: MUNK 1989)

C. elaphus ist als Ektoparasitoid bei einer Reihe von Vorratsschädlingen beschrieben (TOBIAS 1986) und nur aus gelegentlichen Beobachtungen bekannt. Die Nachweise vieler wichtiger Vorratsschädlinge in dem breiten Wirtsspektrum von *C. elaphus* (Tab. 9) zeigen, dass das Potential dieser Art für den Vorratsschutz untersucht werden sollte.

Tab. 9: Wirtsspektrum von *Chremylus elaphus* HALIDAY (verändert nach TOBIAS 1986)

Coleoptera:		Lepidoptera:	
Anobiidae (Pochkäfer, Bohrkäfer)		Pyralidae (Zünsler)	
<i>Ernobius abietis</i> F.	Fichtenzapfenklopfkäfer	<i>Ephestia angusticollis</i> RATZ.	-
<i>Ernobius longicornis</i> STURM.	-	<i>Ephestia kuehniella</i> Z.	Mehlmotte
<i>Ernobius mollis</i> L.	-	<i>Pyralis farinalis</i> L.	Mehlzünsler
<i>Stegobium paniceum</i> L.	Brotkäfer		
Bruchidae (Samenkäfer)		Tortricidae (Wickler)	
<i>Bruchidus granarius</i> L.	-	<i>Archips xylosteana</i> L.	
<i>Bruchidus seminarius</i> L.	-		
<i>Bruchus atomarius</i> L.	Wickensamenkäfer	Tineidae (Echte Motten)	
<i>Bruchus lentis</i> FRÖL.	Linsenkäfer	<i>Tinea pellionella</i> L.	Pelzmotte
<i>Bruchus rufimanus</i> BOH.	Bohnenkäfer	<i>Tinea secalella</i> ZACHER	-
		<i>Nemapogon granealla</i> L.	Kornmotte
Scolytidae (Borkenkäfer)		<i>Tineola bisselliella</i> HUM.	Kleidermotte
<i>Pityogenes bidentatus</i> HRBST.	Kiefernborckenkäfer	<i>Niditinea fuscella</i> Hw.	-
Curculionidae (Rüsselkäfer)			
<i>Sitophilus granarius</i> L.	Kornkäfer		
<i>Sitophilus oryzae</i> L.	Reiskäfer		

Der Parasitoid ***Baryscapus tineivorus* (FERRIÈRE, 1941) (Chalcidoidea: Eulophidae)** wird in der Erstbeschreibung von FERRIÈRE (1941) synonym als *Tetrastichus tineivorus* bezeichnet. *Baryscapus* ist hauptsächlich in der Holarktis artenreich vertreten. Außer in Australien finden sich *Baryscapus*-Arten weltweit (LA SALLE & GRAHAM 1990, NOYES 1998). In Deutschland umfasst die Gattung 18 Arten (DATHE *et al.* 2001), wobei *B. tineivorus* in der Literatur nicht ausdrücklich für Deutschland nachgewiesen ist (DATHE *et al.* 2001), jedoch nach GEIGY & ZINKERNAGEL (1940) für die Schweiz. Körper und Tegula von *Baryscapus tineivorus* sind schwarz gefärbt und reflektieren blaßgrün- bis bläulich. Auf der Thorax-Unterseite geht der Farbton ins kupferfarbene über. Die Antennen und die Beine sind braun. Femur, Tibia und Tarsen sind bei den ersten zwei Beinpaaren an den Enden gelb gefärbt, bei den Männchen ist die Tibia heller braun gefärbt (FERRIÈRE 1941).

Zur Biologie von *Baryscapus tineivorus* ist nur wenig bekannt. Als Parasitoid von *T. bisselliella* fiel die Art FERRIÈRE (1941) in der Schweiz auf. Von GEIGY & ZINKERNAGEL (1940) ist sie als *Tetrastichus sp.* in einer Kleidermottenzucht beobachtet worden. Sie ist ein

fakultativer Hyperparasitoid bei *Apanteles carpatus* (GEIGY & ZINKERNAGEL 1940, NOYES 1998). Als Untersuchungsobjekt ist *B. tineivorus* vor allem aufgrund des gregären Auftretens in einer Kleidermottenzucht interessant. Zudem liegt bei *A. carpatus* als Wirt ein ökologisch interessanter Hyperparasitismus vor. Damit schränkt sich allerdings die Verwendbarkeit von *B. tineivorus* eventuell ein, dies müsste aber zunächst überprüft werden.

***Horismenus cleodora* WALKER 1843 (Chalcidoidea: Eulophidae)** wurde aus Peru nach Funden von C. DARWIN an Tineiden beschrieben (WALKER 1843, DE SANTIS 1979, LA SALLE & SCHAUFF 1992). Nach der Erstbeschreibung wurde sie mehrfach neu beschrieben, was zu einer großen Anzahl synonyme Benennungen führte (DELUCCHI & REMAUDIERE 1962, NOYES 1998). In Europa ist von dieser Gattung nur diese eine Art bekannt, jedoch nicht für Deutschland (DATHE *et al.* 2001). *H. cleodora* beschränkt sich auf neotropische Gebiete. *H. cleodora* tritt als Endoparasitoid an Larven und Puppen auf und tendiert zum Hyperparasitismus (NOYES 1998). Es handelt sich bei *H. cleodora* also um einen ausgesprochen polyphagen Parasitoiden. Zur Biologie und Lebensweise wurden bisher keine detaillierten Untersuchungen durchgeführt. Dennoch lässt sich nach vorliegender Literatur einschätzen, dass *H. cleodora* für einen Einsatz im Vorratsschutz weniger geeignet ist.

Weitere Parasitoide der Tineiden finden sich innerhalb der Chalcidoidea in erster Linie bei den Eulophidae, daneben auch Pteromalidae und Chalcididae (NOYES 1998). Nach ELNAHAL *et al.* (1985) wurde *Habrobracon hebetor* (Braconidae) vergesellschaftet mit einer tineiden Motte in gelagertem Knoblauch beobachtet. THOMPSON (1947) listet für *T. pellionella* als Parasitoide *Apanteles riograndensis* Bréth. (Braconidae), *Chremylus rubiginosus* (Nees) (Eulophidae) und *Metacolus mansuetor* (Grav.) (Pteromalidae) auf. VOUKASSOVITCH & VOUKASSOVITCH (1931) wiesen *Habrocytus saxcseni* (Ratz.) (Pteromalidae) als Parasitoid von *T. pellionella* nach. Diese weiteren Arten wären als Parasitoide von Tineiden prinzipiell für ein Screening ihrer Akzeptanz gegenüber textilschädigenden Tineiden geeignet. Die Einschränkung, dass Generalisten oft ein unzureichendes Suchverhalten besitzen, ist für den Vorratsschutz in geschlossenen Räumlichkeiten weniger relevant als für den Pflanzenschutz. Im Gegenteil wären Generalisten wie die beschriebene Art *C. elaphus* sehr interessant für die Praxis. Fakultative Hyperparasitoide, wie *Dibrachys cavus* (Pteromalidae) sind problematisch, da sie nützliche Parasitoide angreifen könnten (BROWER *et al.* 1996) und haben somit unerwünschte Nebenwirkungen. Einige Arten sind jedoch aufgrund ihres außereuropäischen Vorkommens zumindest für eine Freisetzung in Mitteleuropa nicht geeignet (BATHON 2001, SCHÖLLER 1998). NOYES (1998) weist weitere parasitoide Hymenopteren nach, deren Benennung auf

ihre Wechselwirkung mit Tineiden hinweist: *Mesopolobus tinearum* Ratzeburg 1848 (Pteromalidae) aus Großbritannien, *Tineophaga tischeriae* Rodani 1868 (Eulophidae) aus Italien, *Antrocephalus tineophagus* Girault 1913 aus Australien, *Tineophoctonus tineaevorus* Peck 1963 (Eulophidae) aus den USA, *Cirrospilus tineivorus* Risbec 1951 (Eulophidae) und *Closterocenus tineivora* Ashmead 1887 (Eulophidae) aus Afrika (RATZEBURG 1848, RODANI 1868, GIRAULT 1913, RISBEC 1951, PECK 1963).

Außer Hymenopteren treten parasitoide Dipteren aus der Familie Tachinidae (STANENITE *et al.* 1984) und Raubmilben (HERFS 1962) als bemerkenswerte natürliche Gegenspieler der Kleidermotte auf. Raubmilben aus der Gruppe der Pyemotidae (Kugelbauchmilben) greifen auch Menschen an und verursachen Allergien. Ihre praktische Anwendung gegen tineide Motten ist daher ausgeschlossen.

1.4.5 Bedeutung der Köderung von Parasitoiden

Die natürliche biologische Vielfalt der tierischen und pflanzlichen Lebewesen wird nur zu einem Bruchteil untersucht (WILSON 1988, STEININGER 1997). Dies trifft auch auf die nützlichen Gegenspieler von Pflanzen- und Vorratsschädlingen zu und ist hier von besonderer Bedeutung (PROZELL & SCHÖLLER 2004 b, SIMON & ZIMMERMANN 2002). Meist sind es Zufallsfunde, aus denen neue Forschungsansätze entstehen.

Im Falle von Parasitoiden von textilschädigenden Kleidermotten ist ein Einsammeln von Larven und Eiern an Befallsstellen und deren Kontrolle auf Parasitoide aufgrund der geringen natürlichen Dichte von textilfressenden Tineiden sehr aufwändig. Eine Köderung hat zum Ziel, geeignete Arten, wie in diesem Falle beispielsweise *A. carpatus* oder *C. elaphus*, aus Freiland-Populationen in natürlichen Habitaten zu sammeln und in Labortests auf ihre Eignung als Nützling zu testen. Laboruntersuchung von Kleidermotten-Parasitoiden wie den *Meteorus*-Arten oder *C. elaphus* wären wichtig, um ihr offensichtliches Potential auch gegenüber anderen Vorratsschädlingen zu testen (MARSH 1979, LARSEN & MUNK 1989). Ebenso sind Parasitoide von Tineiden an Baumpilzen (VETTER 1999) wichtige potentielle Gegenspieler von Schädlingen. Die Arten wurden je nach Zielsetzung der wissenschaftlichen Arbeiten untersucht und bei zufälliger Beobachtung beschrieben, sind aber leider in der Regel nicht in Laborzuchten verfügbar und so für die praktische Schädlingsbekämpfung zunächst nicht nutzbar.

Das gezielte Sammeln von Nützlingen beschränkt sich auf wenige Beispiele. *Trichogramma*-Schlupfwespen als Eiparasitoide sind eine positive Ausnahme. Diese Parasitoide können mit

Hilfe von Eikarten, auf denen Köder-Eier angeboten werden, in ihrem natürlichen Habitat gelockt und eingesammelt werden (ZIMMERMANN 1997, SAKR 2000, IBRAHIM 2004). Kleine Käfige schützen die Eier vor räuberischen Arthropoden. Somit kann eine Laborsammlung aufgebaut werden, die jederzeit der Forschung zur Verfügung steht (HASSAN 1994).

Bei Parasitoiden von Larven kann die Köderung beispielsweise mit Hilfe von Gazekäfigen durchgeführt werden, aus denen die Larven nicht flüchten können, sie jedoch von Parasitoiden angestochen werden können (PROZELL & SCHÖLLER 1997). Sie dienen auch dem Nachweis der Aktivität und der Ausbreitung der Nützlinge während einer Freilassung. Die Köderung und das Sammeln von Nutzarthropoden bildet eine wichtige Grundlage wissenschaftlichen Arbeitens und verfolgt das Ziel, die praktische biologische Schädlingsbekämpfung nachhaltig zu optimieren und um neue Nützlinge zu ergänzen.

1.4.6 Entwicklung von Zucht- und Freilassungsmethoden für Nützlinge

Die Zucht von Nützlingen ist ein Schlüsselfaktor für die praktische Umsetzung von Laborergebnissen. Für *Trichogramma* besteht bereits ein Massenzuchtverfahren (HASSAN 1981, HASSAN 1993), ebenso gibt es Beispiele für weitere Parasitoide, wie *Dinarmus basalis* und *Anisopteromalus calandrae* (ISLAM & KABIR 1995, ISLAM & NARGIS 1992). Für *Apanteles plutellae* wird von LIM & CHAN (1986) eine einfache Laborzuchtmethod beschrieben. Eine Zuchtmethod für eine kommerzielle Produktion muss sich an ökonomischen Gesichtspunkten orientieren und wird vor allem durch die biologischen Daten des Nützlings, wie Entwicklungsdauer, optimalen Klimabedingungen und andere Faktoren eingeschränkt. Eine praxisnahe Zuchtmethod muss innerhalb dieser vorgegebenen Grenzen entwickelt werden. Die Möglichkeit der Lagerung der Nützlinge und die Verzögerung ihrer Entwicklung sind wichtige Parameter für eine kommerzielle Umsetzung eines Nützlingseinsatzes. Zur Möglichkeit der Lagerung von *Trichogramma* hat NOLDUS (1989) wichtige Grundlagen erarbeitet. Detaillierte Informationen zur kühlen Lagerung von Nützlingen im Vorratsschutz liegen nur für wenige Arten vor (SCHÖLLER 1999).

Für Nützlinge im Vorratsschutz wurden bereits bestehende Freilassungsmethoden oder Ausbringungseinheiten adaptiert. *Trichogramma* wird nach den Erfolgen im Pflanzenschutz auch für den Vorratsschutz halbmaschinell auf Kartonkarten produziert (HASSAN 1984, HASSAN 1993). Ergänzt wird dieses Verfahren im Pflanzenschutz durch ebenfalls halbmaschinell hergestellte Papp- oder Maisstärkekapseln, in denen parasitierte Eier aufgeklebt sind (WÜHRER & ZIMMERMANN 2002). Parasitoide von Larven hingegen wurden im Vorrat bislang als Adulte oder als Puppen freigelassen und keine speziellen

Freilassungseinheiten entwickelt (SCHÖLLER 1999). Da adulte Nützlinge möglichst schnell zum Einsatz kommen sollten, besteht hier ein Qualitätsproblem bezüglich Lagerung und Transport adulter Tiere. Es muss vermieden werden, die Schädlinge, auf denen die Parasitoide in den meisten Fällen gezüchtet werden, mit freizusetzen. Die von *Trichogramma* parasitierten Getreidemotten oder Mehlmotten-Eier können durch UV-Bestrahlung oder durch Tieffrieren sterilisiert werden (PROZELL *et al.* 1997). Parasitoide von Fliegen (*Muscidifurax* spp.) können mit Hilfe von gefrorenen Puppen der Stubenfliege gezüchtet werden (FLOATE 2002). Diese Möglichkeiten der Zucht stehen auch für andere Nützlinge im Raum. Eine Suche nach Ersatzwirten, wie bei *Trichogramma* spp. auf Getreidemotten gegen Maiszünsler oder Apfelwickler (WÜHRER & HASSAN 1997) ist ein Idealfall, aber nicht immer für andere Nützlinge umsetzbar. Hinsichtlich der Zucht- und Freilassungsmethoden für Nützlinge gibt es erheblichen Forschungsbedarf. Dies trifft in der vorliegenden Untersuchung besonders für *A. carpatus* zu.

2 Material und Methode

2.1 Köderung von Parasitoiden

Die Entwicklung von Ködereinheiten für eine gezielte Suche nach parasitoiden Hymenopteren ist ein grundlegender Ausgangspunkt für die Forschung und Anwendung mit Nützlingen. Die für diese Arbeit zur Verfügung stehende Brackwespe *A. carpatus* wurde zufällig aus einer Zucht der Kleidermotte isoliert. Daher ist zukünftig eine gezielte Sammlung und Köderung von weiteren geeigneten Parasitoiden oder zumindest neuen Zucht-Stämmen von *A. carpatus* notwendig. Für die Erhaltung der Qualität einer Nützlingszucht ist es wichtig, regelmäßig neue Stämme oder Arten von Parasitoiden auf ihre Eignung gegenüber dem Zielwirt zu vergleichen und gegebenenfalls zu ersetzen. Im Falle von Eiparasitoiden der Gattung *Trichogramma* wurde für eine solche Prüfung eine umfangreiche Stamm-Zuchtsammlung im Institut für Biologischen Pflanzenschutz aufgebaut, die regelmäßig durch Freilandköderungen erweitert wurde (HASSAN 1993).

Eine Möglichkeit der passiven Köderung von Parasitoiden stellen für Hymenopteren optisch attraktive Gelb- und Weißtafeln (ROMEIS et al. 2000), sowie Lichtfallen und Trichterfallen dar. Ziel dieser Untersuchungen sollte es jedoch sein, die Tiere lebend zu fangen und nicht tot in Klebfallen oder in Köderflüssigkeiten. Als aktive Sammelmethode konnten Klopfrichter angewendet wurden (SIMON & ZIMMERMANN 2001), mit denen im Gegensatz zu Netzfängen kleinste parasitoide Hymenopteren gefangen wurden konnten (SIMON 2002). Diese Methode deckt ein weites Spektrum an Arthropoden ab, ist jedoch zeitaufwändig und unspezifisch. Sie gewährleistet nicht das direkte Angebot von Wirtstieren im Köder.

Eine Ködermethode für *Trichogramma* besteht bereits. Zur Köderung dieser Eiparasitoide wurden im Weinbau (ZIMMERMANN 1996, IBRAHIM 2004) und im Apfelanbau (SAKR 2000) kleine Fangeinheiten mit *Sitotroga*-Eiern als Köderwirte oder Eiern des Zielwirtes ausgehängt und nach Rücksammlung im Labor auf Parasitierung überprüft.

In der vorliegenden Arbeit lag der Schwerpunkt auf der Köderung von Larvalparasitoiden, da Arten und Stämme von *Trichogramma*-Eiparasitoiden bereits in einer Stamm-Zuchtsammlung des Institutes zur Verfügung standen.

2.1.1 Laborprüfung der Ködereinheiten

Für die Versuche zur Köderung wurden verschiedene Fallentypen als Ködereinheiten für Larvalparasitoiden im Labor in Käfigtests entwickelt und geprüft. Die Eignung der

Ködereinheiten wurde anhand der Parasitierungsleistung und des Suchvermögens der Parasitoide in Käfigversuchen unter Halbfreilandbedingungen bewertet.

Eine neue Entwicklung stellte eine Trichterfalle, bestehend aus einem **Glasröhrchen mit Gelbtrichter**, dar (Abb.12 und 13). In Anlehnung an Köderfallen für *Drosophila*-Fruchtfliegen im Vorratsschutz (SCHÖLLER pers. Mitt. 2002) wurden kleine Trichterfallen mit gelbem Schirm entworfen. Ein 50 ml Glasröhrchen (10cm x 2,5 cm) wurde in der Mitte des Trichters angebracht. In dem Glasröhrchen wurde Futtersubstrat aus der Zucht, Hefe-Federn mit Larven von *T. bisselliella* beimpft. Damit sollte für den Fall der Anlockung eines geeigneten Parasitoiden die Möglichkeit bestehen, Wirtslarven direkt am Köder zu parasitieren. Die Glasröhrchen wurden mit einem kleinen Folientrichter im Deckel versehen, der ähnlich dem Prinzip einer Fischreuse die Aufenthaltswahrscheinlichkeit der Parasitoide im Röhrchen erhöhen sollte. Ein durchsichtiger Schirm aus Plastikfolie diente als Regenschutz. Mit einer Drahtaufhängung war es möglich, die Ködereinheiten an geeigneten Ästen und Zäunen zu befestigen. Als Vergleich diente ein ebenso vorbereitetes **Glasröhrchen ohne Gelbtrichter**.

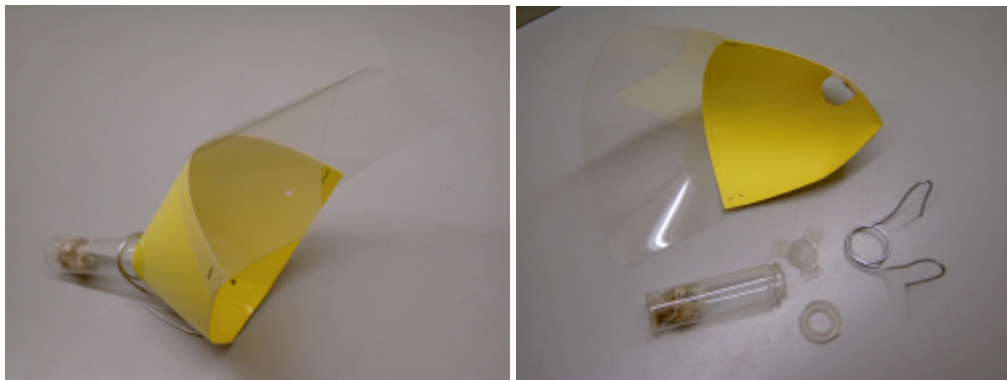


Abb.12 + 13: Ködereinheit für Parasitoide im Freiland: Glasröhrchen mit Gelbtrichter

ROMEIS *et al.* (1998) untersuchten verschiedene Farbtafeln zur *Trichogramma*-Köderung, wobei die Farben weiß, grün oder farblos von Weibchen, jedoch gelb und weiß von männlichen Tieren bevorzugt wurden. Zur Köderung von parasitoiden Hymenopteren wurden generell Gelbtöne empfohlen (SHAW 1994). Nach ROMEIS *et al.* (1998) gab es einen signifikanten Unterschied in der Attraktivität der Köderfarbe hinsichtlich der Geschlechter. In Vorversuchen wurde geprüft, ob gelbe oder weiße Tafeln attraktiver auf *A. carpatus* wirken. Hierzu wurden in Käfigen (80 x 80 x 80 cm) eine gelbe und weiße Klebtafel mit Insektenleim (15 x 20 cm) an der Rückwand des Käfigs angebracht. In sechs Wiederholungen wurden

jeweils 10 adulte *A. carpatus* im Käfig freigelassen (25 °C, 60 ± 5 % Luftfeuchte, Dauerlicht). Nach vier Tagen wurden die Klebtafeln auf anklebende Parasitoide überprüft.

Getestet wurde zudem eine bereits in Vorratsschutz angewandte **Ködereinheit für Innenräume** (SCHÖLLER pers. Mitt. 2003), die im Bereich von Getreidelagern eingesetzt wurde. Sie bestand aus drei Platten (Metall, bzw. Plexiglas), aus denen zentral eine kreisrunde Öffnung geschnitten wurde. Durch zwei Lochbohrungen konnten die Platten miteinander verschraubt werden. Zwischen die Platten wurden zwei Drahtgewebe (1 mm Maschenweite) geklemmt wurden, so dass ein Hohlraum für Wirtslarven und deren Zuchtfutter als Köder entstand, die vor dem Zusammenfügen der Ködereinheit hineingegeben wurden. Die Maschenweite konnte somit frei variiert werden, um sicherzustellen, dass Wirtslarven nicht aus der Ködereinheit entkommen konnten. Von beiden Seiten des ausgestellten Köders sollte es möglich sein, die Wirtslarven zu erreichen und zu parasitieren (Abb. 14 und 15).



Abb.14 + 15: Ködereinheit für Parasitoide in Inneräumen

Die verschiedenen Ködereinheiten wurden in Halbfreilandversuchen auf ihre Ködereigenschaften untersucht (Abb.16 - 18). Hierzu wurde in Käfigen (100 x 40 x 60 cm) im Labor jeweils eine Ködereinheit getestet. In Gazeekäfigen wurden die Freiland-Köder in der Käfigmitte aufgehängt, der Innenraumköder wurde auf dem Käfigboden aufgestellt. Die Köder waren mit mindestens 15 Kleidermotten-Larven bestückt. In jedem Käfig wurden drei maximal 24 Stunden alte adulte *A. carpatus* freigelassen. Für vier Stunden wurden die Köder halbstündlich auf Parasitoide kontrolliert und der Aufenthaltsort während der acht Beobachtungszeitpunkte protokolliert. Nach einem Tag wurden die Köder den Käfigen entnommen und die letzte Position der Parasitoide vermerkt. Die Ködergläserchen wurden vier Wochen in separaten Zuchtgläserchen inkubiert, um den Schlupf der F1-Generation der Parasitoide zu bonitieren. In sechs Wiederholungen wurden die drei Ködertypen geprüft. Die

Versuche liefen im klimatisierten Raum über einen Zeitraum von 24 Stunden ab, bei 25°C und 50 - 60 % rLF und 16:8 Stunden Lichtregime bei diffusem Licht.



Abb.16 - 18: Prüfung verschiedener Typen von Ködereinheiten im Käfigtest

2.1.2 Köderung von Parasitoiden an natürlichen Standorten

Die Laborzuchten von Larvalparasitoiden basieren weitgehend auf Zufallsbeobachtungen beim Einsammeln von Schädlingen im Freiland oder als unerwünschte Parasitoide in Lepidopterenzuchten, z. B. *Dibrachys cavus* WALKER (Pteromalidae) bei Getreidemotten. Ein gezieltes Einsammeln parasitierter Wirtstiere gelingt nur bei hoher natürlicher Parasitierung oder einer entsprechend großen Menge Wirte, wie beispielsweise beim Massenaufreten der Kastanienminiermotte *Cameraria ohridella* (HEITLAND 2003). Die räumliche Verteilung von Tineiden und assoziierten Parasitoiden in freier Natur an Kadavern oder Vogelnestern ist als relativ gering einzuschätzen. POPENDICKER (1955) stellte lediglich zwei Funde von Tineiden bei mehreren hundert untersuchten Vogelnestern fest. Es ergab sich somit die Notwendigkeit zu überprüfen, wie natürlich vorkommende Parasitoide möglichst gezielt geködert werden könnten.

Die Aufenthaltswahrscheinlichkeit und Aktivität der Parasitoiden von Tineiden wurde für den Bereich eines Tierparks als besonders hoch eingeschätzt, da der Geruch von tierischem Fell, sowie Kot- und Uringeruch eine Attraktivität für Parasitoide aufweist. Nachgewiesen ist diese Lokalisierung geeigneter Habitate für *A. carpatus* (TAKACS 1997). Diese Eigenschaften des multitrophischen Systems von Parasitoid, Wirt und Habitat (VET et al. 1986) sollte genutzt wurden, um Parasitoide zu ködern.



Abb.19 + 20: Ködereinheiten in der Freiland-Anwendung: Gelbtrichter und Glasröhrchen

Geködert wurde im Bereich des Tiergartens VIVARIUM Darmstadt (Abb. 19 und 20) von 01.Mai bis 31.Juni (Kalenderwoche 18 bis 30). Die Standortwahl innerhalb des Tiergartens erfolgte nach den Gesichtspunkten der geruchlichen Attraktivität sowohl für die Tineiden als auch deren Parasitoide. Ausgewählt wurden Köderstellen in unmittelbarer Nähe von Großtiergehegen (Esel, Guanako, Mähnspringer und Yak). Nach Untersuchungen von TAKACS (1996) sollte hier durch attraktive chemische Duftstoffe eine höhere Dichte von Parasitoiden zu erwarten sein, als beispielsweise im reinen Forstbereich. Eine erfolgreiche Köderung von Parasitoiden der Tineiden unter gezielter Ausnutzung dieser natürlichen Faktoren erschien daher möglich. Geködert wurde zudem an Gehegen in den Außenbereichen des Tiergartens VIVARIUM Darmstadt. Dadurch sollte ein Zuflug von geeigneten Parasitoiden aus den umgebenden Wald- und Kleingartenbereichen berücksichtigt werden. Grünanlagen im Stadtbereich bieten Rückzugsraum für eine Vielzahl von natürlichen Gegenspielern von Lepidopteren (SIMON 1999).

Ausgebracht wurden wöchentlich jeweils 25 Ködereinheiten nur mit Glasröhrchen und 25 mit Glasröhrchen und Gelbtrichter. Beobachtet wurden der Aufenthaltsort von Parasitoiden innerhalb des Glasröhrchens oder außen am Köder, sowie die Aktivität der Köder-Wirte im Glas, beispielsweise Eiablageaktivitäten. Zur Optimierung der Ködereinheiten wurde der Zustand der Falle nach Witterungseinfluss protokolliert. Zusätzlich wurde zwei Tage nach Wechsel der Falle eine Sichtkontrolle der Köder ohne Wechsel durchgeführt und beobachtete Parasitoide eingesammelt. Alle Parasitoide wurden im Labor systematisch zugeordnet und mit Honig-Gelatine gefüttert. In Glasröhrchen wurden ihnen frische Larven von *T. bisselliella* angeboten und eine möglicherweise erfolgte Parasitierung durch Beobachtung der Köderwirtslarven über einen Zeitraum von vier Wochen überprüft. Direkt festgestellte Parasitierungsversuche wurden vermerkt. Geeignete Parasitoide sollten in Laborzucht

genommen und in Selektionsversuchen auf ihre Effektivität gegenüber Tineiden überprüft werden. Die Köderungsversuche sollten zudem grundlegende Aussagen über die Eignung der Ködermethode für Larvalparasitoide ergeben. Bei der Ausbringung wurde darauf geachtet, eine Störung der Köder durch Besucher oder Pflanzenpfleger zu vermeiden, und sie wurden vor direktem Regen geschützt aufgehängt. Die 50 Köder wurden einmal wöchentlich nachmittags ausgewechselt und auf Parasitoide bonitiert.

2.2 Zucht der Versuchstiere und begleitende Versuche

2.2.1 Zucht von *Tineola bisselliella*

Für Tineiden werden in der Literatur verschiedene Zuchtmöglichkeiten mit unterschiedlichen Futterdiäten vorgeschlagen (ZACHER 1933, WYINIGER 1975, SINGH & MOORE 1985, PLARRE *et al.* 1999). Für die vorliegende Arbeit war es notwendig, eine Massenzucht der Kleidermotte zu etablieren, die mit geringem Zeitaufwand betreut werden kann und eine hohe, möglichst tägliche Eiausbeute gewährleistet, um die Versuche mit *Trichogramma* effizient durchführen zu können. Es sollten Larven aus der Zucht entnommen und *A. carpatus* zur Parasitierung angeboten werden können. Es wurde eine Zuchtmethode für die Kleidermotte aus den zugrunde liegenden Informationen der Literatur zusammengestellt, optimiert und zum Teil neu entwickelt. Eine Literaturrecherche zu Futtersubstraten für Kleidermotten ergab, dass nach GRISWOLD (1954) und HINTON (1956) die Zucht mit Fischmehl möglich ist. WILSON (1940) empfiehlt mit Fischmehl präparierte Stoffstücke als geeigneten Köder für Kleidermotten. Nach STEJSKAL & HORAK (1998) wurden Fraßspuren von Kleidermottenlarven an Weizen, Sonnenblumenkernen und Mais festgestellt. Aufgrund dieser Beobachtung planten STEJSKAL & HORAK ein vegetarisches Zuchtfutter für *Tineola* zu entwickeln. Als Bestandteil von Zuchtfutter könnten sich zudem Rohwolle oder alte Wollkleidung eignen. Die Eignung von Textilien als Zuchtfutter war abhängig von der chemischen Vorbehandlung der Produkte und musste im Einzelfall durch Vorversuche überprüft werden. WUDTKE (2002) prüfte verschiedene Futtersubstrate und kam zu dem Ergebnis, dass Rinderhaare entgegen den Angaben bei TITSCHAK (1921) keine schnellere Entwicklung unterstützte und tierische Seide überhaupt nicht zu einer vollständigen Entwicklung der Kleidermotten beitrug. Als Nahrungszusatz wurde Hefe verwendet, die nachweislich bei der Suche der Eiablageorte von Tineiden bevorzugt wird (TRAYNIER & SCHUMACHER 1995).

Der Zuchtansatz der Kleidermotte *Tineola bisselliella* wurde freundlicherweise von Firma Neudorff, Emmerthal zur Verfügung gestellt. Aus dieser Zucht wurde zudem *Apanteles carpatus* als natürlich auftretender Gegenspieler der Kleidermotte isoliert.

Zunächst wurde die **Zucht der Kleidermotten** nach einer Anleitung von PROKOPP & KREKL (mdl. Mitt. 1997) in 2-Liter-Plastikbehältern und gazebezogenen 3-Liter-Plastikbehältern gezüchtet (Abb. 21 und 22). Die Zuchtbehälter für die Larven sollten weitgehend dunkel gehalten und vor Zugluft geschützt werden. Als Nahrung dienten hefegetränkte Federn mit Cholesterin-Zusatz. Diese Futtermischung wurde am Institut für Vorratsschutz der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft entwickelt. Für die Diät wurde ein Würfel Hefe (4,2 g) mit 4 g Cholesterin in 400 ml heißem Wasser (ca. 60 °C) suspendiert. Cholesterin ist als Komponente von Häutungshormonen bei Insekten ein wichtiger Nahrungsbestandteil. Etwa 200 g Federn wurden mit der Hefe-Cholesterin-Suspension getränkt. Anschließend wurden die nassen Federn bei etwa 65 °C im Trockenschrank auf einem Blech ausgebreitet und komplett getrocknet.



Abb. 21 + 22: Zuchtbehälter für Kleidermotten (li: neuer Behälter, re: alte Zuchtbehälter)

Mit einer Saugflasche oder einem Exhaustor wurden adulte Falter aus der Zucht gefangen und in den Holzkäfig mit Gaze-Bespannung zur Eiablage umgesetzt. Ein aufgehängtes Stück Filzstoff diente der Eiablage. Dieser Stoff wurde als Träger der abgelegten Eier zur Infektion neuer Zuchtbehälter verwendet. Für einen Neuansatz wurde ein Behälter zu einem Drittel mit Hefe-Federn gefüllt und mit geernteten Eiern infiziert. Durch Drehen des Zucht-Behälters wurden die Eier mit den Federn vermischt. Die Zuchtbehälter wurden bei zunehmender Fraßaktivität der heranwachsenden Larven mit frischer Nahrung angereichert.

Die **Notwendigkeit der Optimierung der Zuchtmethode** war aus mehreren Gründen erforderlich. Insbesondere war die separate Ernte von Eiern für die Versuche mit *Trichogramma* nach der alten Zuchtmethode nicht möglich. Hinsichtlich einer Massenzucht

von *A. carpatus* auf Kleidermotten mussten zusätzliche Hygienemaßnahmen in die Zuchtbetreuung integriert werden, um eine geplante kommerzielle Zucht der Nützlinge gegen das Auftreten von Schädlingen und Krankheiten abzusichern.

Für eine **neue Zuchtmethode für Kleidermotten** wurden sowohl neue Zuchtbehälter getestet, als auch neue Futtersubstrate. Eine Entnahme von Eiern war nach der alten Zuchtmethode nicht vorgesehen. Hierzu musste eine Erntemöglichkeit entwickelt werden. Als Vergleichsfutter zu Hefe-Federn wurde eine kombinierte Futtergabe Streifen von Textilien mit 100 % Anteil an Schurwolle mit einer eingestreuten Zwischenlage aus Fischmehl getestet. Die alten Zuchtbehälter wurden verglichen mit flachen, mikrowellenfesten 2-Liter-Plastikbehältern (Abb. 21), um eine gründliche Desinfektion der Zuchtbehälter im Mikrowellenherd zu ermöglichen (FLEURAT-LESSARD 2001). Die Falter wurden zur Eiablage mit CO₂ betäubt und mit einer Federstahlpinzette oder mit einem Exhaustor, angeschlossen an einen Tischstaubsauger, aus dem Zuchtbehälter gesammelt. Die Falter wurden anschließend in einen Kunststoffzylinder zur Eiablage umgesetzt. Der Behälter trug eine dunkle Textilmanschette. Als Ablagesubstrat dienten Stücke fein gewobener Textilien, die auf einem Drahtbügel aufgehängt wurde (Abb. 23 und 24). Verglichen wurden T-Shirt-Stoff ohne Keratin und Textilien aus Schurwolle. Nach Bedarf, spätestens aber nach drei Tagen, wurden die Eier geerntet. Zur Ernte der Eier wurden die Motten mit CO₂ betäubt und die Stoffstücke den Eiablagebehältern entnommen. Mit einer feinen Kleiderbürste wurden die Eier abgebürstet und standen für Versuche und einen neuen Zuchtansatz zur Verfügung. In einer geschlossenen Petrischale wurden die Eier bei etwa 4°C im Kühlschrank für maximal zwei Wochen gelagert. Sie wurden sowohl für die Parasitierungsversuche als auch für neue Zuchtansätze verwendet.



Abb.23 + 24: Eiablage-Behälter: mit Textilien zur Eiablage (links) und mit doppeltem Boden als Eier-Sieb (rechts)

Ein Eiablagebehälter ohne Textilien, an dessen Unterseite ein 1-mm-Drahtgewebe als Sieb-Boden eingeschweißt ist (Abb. 24), durch das die abgelegten Eier selbstständig fallen, wurde getestet. Diese Art Zuchtbehälter wurde bereits erfolgreich zur Eiablage der Dörrobstmotte *Plodia interpunctella* verwendet.

Eine Insektenzucht trägt prinzipiell das Risiko auftretender Schädlinge oder Insektenpathogene in sich. Schädlinge in der Zucht der Kleidermotten mussten durch Hygiene- und Sicherungsmaßnahmen vermieden werden. Insbesondere **Krankheiten als Zuchtschädlinge** sind unter Umständen zunächst innerhalb der Population versteckt, besonders bei neuen Zuchtansätzen. Sie treten erst nach einigen Generationen deutlicher in Erscheinung. Neben Virosen konnten Bakterieninfektionen, besonders Mikrosporidien oder *Bacillus thuringiensis* eine Zucht nachhaltig schädigen. Zur Untersuchung auffälliger Tiere, die Entwicklungsstörungen zeigten oder den Fraß verweigerten, wurden Proben mit auffälligen Tiere zur Untersuchung etwaiger Krankheitserreger regelmäßig an ein Labor zur Diagnose von Insektenkrankheiten im Institut für Biologischen Pflanzenschutz weitergegeben. Hintergrund der regelmäßigen Prüfung der Lepidopterenzucht auf Krankheitserreger war es außer der reinen Zuchtkontrolle potentiell geeignete mikrobielle Antagonisten in der Lepidopterenzucht zu finden und für eine Bekämpfung der Schaderreger in Betracht zu ziehen. Die meisten Protozoa, die im Bereich biologischer Bekämpfung von Schadarthropoden eingesetzt wurden, wurden aus Vorratsschädlingen isoliert (BROWER *et al.* 1996). Meist ist bei Befall mit Mikroorganismen ein Neuanfang der Zucht notwendig.

Arthropoden als Zuchtschädlinge konnten in Form von Larvalparasitoiden bei den Tineiden-Zuchten auftreten. So stammte die untersuchte *Apanteles carpatus* aus einer Kleidermottenzucht. TITSCHAK (1921) berichtete ebenfalls über das Auftreten von *A. carpatus* in Mottenzuchten. Nach GEIGY & ZINKERNAGEL (1940) trat *Baryscapus tineivorus* als Parasitoid in einer Kleidermottenzucht auf. Es kann auch zu Massenentwicklungen von räuberischen Milben kommen (BALLARD *et al.* 1954), in erster Linie durch die Kugelbauchmilbe *Pyemotes herfsii* (Pyemotidae, Acari), die von HERFS (nach BADER 1989) in Kleidermottenzuchten beobachtet und beschrieben wurde. Bei einem Milbenbefall war es notwendig, die Zucht abubrechen und einen neuen Zuchtansatz zu starten. Ein Befall mit Parasitoiden konnte durch eine intensive Zuchtbetreuung und dicht geschlossene Zuchtbehälter kontrolliert werden.

Zur **Vermeidung eines Befalls der Zucht durch unerwünschte Organismen** wurden die Zuchten durch eine Reihe von Maßnahmen geschützt. Eine Vorsorge in der Futterzubereitung bestand im Tiefrieren des Futters bei -20°C. Zuchtbehälter wurden auf Tablettis aufbewahrt,

die durch Paraffinschalen vor Milbenbefall geschützt waren. Dichtschließende, einfach zu reinigende Behälter konnten eine Mottenzucht gegen unerwünschte Parasitoide schützen. Auf die Belüftungsöffnungen wurde mit einem Lötkolben Kupferdraht in den Kunststoff eingeschmolzen und die Behälter somit dauerhaft milbendicht präpariert. Ein neuer Zuchtansatz wurde mit gesiebten und visuell auf Milbeneier kontrollierten Eiern für die folgende Generation gestartet. Es erfolgte ein Wechsel der Zucht auf neue, zuvor mit heißem Wasser gewaschene Zuchtbehälter. Von einer Reinigung der Zuchtbehälter mit chemischen Reinigungsmitteln wurde abgesehen, um Nebenwirkungen von chemischen Reinigungs- und Desinfektionsmitteln auf die Zuchttiere zu vermeiden.

2.2.2 Zucht von *Tinea pellionella*

Die Zuchtmethoden für verschiedene Arten textilschädigender Tineiden wurden in der Literatur nicht unterschieden (WYINIGER 1975, SINGH & MOORE 1985). Ein Zuchtansatz von der Pelzmotte *T. pellionella*, des zweiten wichtigen tineiden Schädlings an Textilien, stand trotz eingehender Recherche zunächst nicht zur Verfügung. Versuche mit der Pelzmotte waren von Zufallsfunden abhängig. Zuchtmaterial von *T. pellionella* wurde von der Firma BIp - Biologische Beratung, Berlin aus einem Befall in einer Privatwohnung zur Verfügung gestellt und auf ungereinigter Schafwolle gezüchtet. Die Zucht der Pelzmotte ist aufwändiger als die der Kleidermotte. Anstatt ihren Lebenszyklus wie *T. bisselliella* unter Wohnraumklima in maximal zwei Monaten zu vollenden, sind Entwicklungszeiten der Pelzmotte bis zu einem halben Jahr bekannt. Diese lange Entwicklungszeit erschwert den Aufbau einer größeren Zucht und beschränkt die Versuchsplanungen. Zum Test von Pheromonfallentests wäre dies völlig ungeeignet, weshalb von kommerziellen Firmen die Kleidermotte *T. bisselliella* als Testorganismus bevorzugt wurde. Die Pelzmotte erfordert eine höhere Luftfeuchtigkeit, wodurch Schaderreger, besonders Milben, in der Zucht gefördert werden. Daher wurde *T. pellionella* bislang nur vereinzelt und nur für kurze Zeit in Zucht genommen. Eine Zucht auf Federn mit Hefe nach der Zuchtbeschreibung für die Kleidermotte oder reiner Wolle ist nach PLARRE *et al.* (1999) möglich. Von CHEEMA (1956) wurde eine Futterdiät basierend auf 1:1 Wolle-Federn-Gemisch mit in Wasser gelöster Brau-Hefe und anschließender Trocknung für *T. pellionella* beschrieben.

Die gesammelten *Tinea*-Larven wurden in Belaplast-Schalen (20x15x10 cm) auf ungereinigter Rohwolle bis zum Schlupf der Adulten gezüchtet. Ein feuchtes Papiertuch gewährleistete die nach Literaturangaben erforderliche hohe Luftfeuchtigkeit von über 80 %. Zusätzlich wurden mehrere feuchte Wattesticks in den Zuchtbehälter eingelegt. Zur Eiablage

wurde mit einem 10x5 cm großen Stück schwarzen Stoffes gearbeitet, auf dem vereinzelt Wollhaare und Federn des Zuchtfutters ausgestreut wurden, um die Attraktivität des Stoffes zur Eiablage durch die Motten zu erhöhen. Bei beobachteter Eiablage wurde der Stoff gewechselt und die abgelegten Eier ausgezählt. Aufgrund der oben beschriebenen schwierigen Zucht von *Tinea* wurden die abgelegten Eier direkt für Parasitierungsversuche mit *Trichogramma* verwendet.

2.2.3 Sterilisation von tineiden Wirtseiern durch UV-Bestrahlung

Beobachtungen aus Vorversuchen machten es notwendig, die Kleidermotteneier für die Versuche mit *Trichogramma* zu sterilisieren. Die zuerst geschlüpften Larven aus nicht parasitierten Eiern fraßen die Geschwistereier unabhängig von einer Parasitierung auf. In Vorversuchen wurde der aufgetrocknete Honig, inklusive des darunter befindlichen Papierstückes gefressen, so dass in Extremfällen lediglich eine leergefressene Eikarte mit Loch anstelle eines parasitierten Eikreises übrig blieb. Dieses Verhalten ist von anderen Lepidopterenlarven, z.B. der Kohleule, *Mamestra brassicae* oder dem Maiszünsler, *Ostrinia nubilalis* bekannt und tritt vor allem unter Zwangsbedingungen und Futtermangel in Laborversuchen auf. Für Kleidermotten wurde von dieser abgeschwächten Form des Kannibalismus berichtet (TITSCHAK 1921).

Zur Sterilisation standen gezieltes Einfrieren (FLOATE 2002) oder eine **UV-Bestrahlung** der Eier (SENGONCA & SCHADE 1991) als Möglichkeiten zur Verfügung. CHEEMA (1956) bestätigt ebenfalls die UV-Empfindlichkeit von Tineiden. Da ein Einfrieren für die praktische Durchführung aufgrund der längeren Behandlungsdauer ungeeignet erschien, wurde eine laborübliche Bestrahlung mit UV-Licht durchgeführt. Die Sterilisation von Wirtseiern durch UV-Bestrahlung ist eine gängige Praxis bei Laborversuchen mit Lepidoptereneiern. Damit sollte verhindert werden, dass Larven aus nicht parasitierten Wirtseiern schlüpfen und ihrerseits kannibalische Fraßschäden an den übrigen Eiern verursachen.

Verschiedene Wirtsarten reagieren unterschiedlich auf die Bestrahlung mit UV-Lichtquellen. Nach 20 Minuten konnten SENGONCA & SCHADE (1991) eine absolute Sterilität bei Traubenwickler-Eiern erreichen. Die Eier waren in gleichem Maße für die Parasitierung geeignet wie unbehandelte. Bei kommerziell produzierten, parasitierten Getreidemotten-Eiern, die auf Freilassungseinheiten im Bereich Vorrasschutz eingesetzt wurden sollten, war eine Bestrahlungsdauer von bis zu 90 Minuten bei 30 cm Abstand erforderlich, um die Eier zu sterilisieren (WÜHRER mdl. Mitt. 2002). Bei Versuchen mit *Mamestra brassicae* wurden die

Eier für 45 Minuten unter UV-Licht sterilisiert (WÜHRER 1994). Eier des Maiszünslers konnten durch eine UV-Bestrahlung von 30 Minuten sterilisiert werden (ZHANG et al. 2003).

Als **Varianten zur Ermittlung der notwendigen Bestrahlungsintensität** wurden drei unterschiedliche Distanzen (10, 20, 30 cm) zur UV-Lampe (OSRAM 30 Watt, HNS-Entkeimungsstrahler, Wellenlänge 250 nm) zu drei Bestrahlungsdauern (15, 30, 45 Minuten) getestet, bei 24°C und 50 % rLF getestet. Es wurden jeweils zehn Eikreise von *T. bisselliella* mit je etwa 20 Eiern bestrahlt. Anschließend wurden die Eikreise in Einzelröhrchen jeweils einem Weibchen von *Trichogramma cacoeciae* für 24 Stunden zur Parasitierung angeboten. Hierzu wurden die Eikreise in Massenzuchtröhrchen von *T. cacoeciae* bei 25°C und 80 % rLF für eine Stunde eingelegt und anschließend in 100 ml Rollrandgläschen mit Stoffdeckel bei 25°C und 80 % rLF inkubiert. Nach sechs Tagen wurden die schwarz parasitierten *Tineola*-Eier, sowie die ausgetrockneten, nicht erfolgreich parasitierten Eier ausgezählt. Ausgewertet wurde die Anzahl parasitierter und nicht parasitierte Wirtseier in Abhängigkeit von der Bestrahlungsintensität. Ziel war es, eine Aussage über die minimal notwendige Bestrahlungsbehandlung für die Praxis zu erhalten, ohne dass die Eignung der Wirtseier für eine Parasitierung durch *Trichogramma* negativ beeinflusst wurde.

2.2.4 Prüfung von *Plodia interpunctella* als potentiellm Textilschädling

Eine Bekämpfung von *P. interpunctella* durch *Trichogramma evanescens* ist in der Praxis bereits möglich (SCHÖLLER 2000). Als Lebensmittelmotte ist die „Kupferrote Dörrobstmotte“ ein weit verbreiteter Vorratsschädling in Getreideprodukten und pflanzlichen Vorräten aller Art (REICHMUTH 1998). In der Praxis wurden Beobachtungen von *Plodia interpunctella* an Textilien und in Kleiderschränken als Hinweise auf eine Aktivität als Textilschädling gedeutet. Die zur Verpuppung auswandernde *Plodia*-Larven werden von Laien oft mit denen der Kleidermotten verwechselt, da die Dörrobstmotten-Larven in Wohnungen als Verpuppungsorte ebenfalls Textilien aufsuchen können. Die Eignung von keratinhaltigen Materialien als Futter für eine vollständige Entwicklung von *P. interpunctella* konnte aufgrund fehlender weiterer Nachweise aus der Literatur bezweifelt werden. Da *P. interpunctella* bereits in einer Laborzucht vorlag, wurde in einem begleitenden Versuch geklärt, ob ein Textilschaden durch die Lebensmittelmotte *P. interpunctella* möglich ist. Zu diesem Zweck wurden sowohl Eier als auch Larven (Stadium L3-L4) in Belaplast-Becher (10 mm Durchmesser, 50 ml) auf 4 x 4 cm Textilstücke aus Schurwolle ausgebracht und täglich beobachtet. Ein leicht angefeuchteter Wattestick diente der Erhöhung der Luftfeuchte auf mindestens 70 %. Der Versuch wurde bei 25°C in einem Lichtregime von 16:8 Stunden mit

10 Wiederholungen pro Behandlungsvariante durchgeführt. Als Vergleich diente eine Müslimischung als Standard-Zuchtfutter. Ziel des Versuches war es, auszuschließen, dass die Dörrobstmotte *P. interpunctella* als Textilschädling in Frage kommt.

2.2.5 Zucht von *Trichogramma*

Die Stammkulturen der ausgewählten *Trichogramma*-Arten für Akzeptanz- und Präferenz-Tests wurden aus der Laborzucht-Sammlung des Institutes für Biologischen Pflanzenschutz zur Verfügung gestellt. Diese Laborzucht von *Trichogramma* sp. wurde im Wechsel in Klimaschränken bei 25 °C und 18°C durchgeführt (HASSAN 1984, 1993). Dadurch konnten natürliche Temperaturwechsel simuliert und eine zu starke Anpassung an dauerhaft optimale Bedingungen vermieden werden. Zudem verlängerte sich die Entwicklungszeit der Tiere und dadurch ergab sich ein geringerer Zeitaufwand bei der Zuchtbetreuung mit weniger Generationsfolgen. Die Zucht erfolgte in 150 ml Rollrandgläschen (14x2,5 cm). Diese wurden verschlossen mit einem luftdurchlässigen Leinenstück und einem in der Mitte mit einem Korkbohrer von 10 mm gelochten Plastikdeckel. Für jede *Trichogramma*-Art bzw. jeden Stamm aus unterschiedlichen Habitaten wurden jeweils zwei Kulturröhrchen angesetzt. Die Röhrchen wurden beschriftet und in einer zur Hälfte abgedunkelten Belaplast-Schale (15cm x 20 cm x 7 cm) im Zuchtschrank aufbewahrt (Abb. 25 und 26). Jeden zweiten Tag wurden die Kulturröhrchen im Zuchtschrank bei 18°C auf geschlüpfte Tiere überprüft. Zur Parasitierung der nächsten Generation wurden 12 neue Eikreise (1cm Durchmesser) mit jeweils etwa 250 Eiern eingelegt. Die frischen Wirtseier wurden zuvor mit pflanzlichem Tragant-Leim auf Papier geklebt. Die Belaplast-Schalen mit den beschrifteten Kulturröhrchen wurden im Klimaschrank bei 25°C und einer Luftfeuchtigkeit von mindestens 75 % unter 16:8 Stunden Lichtregime gezüchtet. Die Parasitierung fand somit zunächst bei 25 °C statt, nach fünf Tagen wurden die parasitierten Eier zu der niedrigeren Temperaturstufe von 18 °C umgesetzt. Nach sieben Tagen wurde das parasitierte Zuchtmaterial auf ein Drittel reduziert und der Überschuss bei 70 °C im Wärmeschrank erhitzt und verworfen. Die Entwicklung dauerte unter diesen Bedingungen der Wechseltemperaturen je nach Art etwa 12-14 Tage. Die geschlüpften Tiere wurden für die jeweiligen Versuche nach Bedarf täglich kontrolliert und der Zucht entnommen. Die in den ersten Tests ausgewählten Stämme wurden für weitere Untersuchungen zur Suchleistung in ebenfalls in Anlehnung an das System der Stamm-Zuchtsammlung bei 25°C Tag- und 18 °C Nacht-Temperatur bei 16:8 Stunden Licht in einem weiteren Klimaschrank parallel zur Laborzucht-Sammlung in doppelten Einzelröhrchen-Zuchten gezüchtet.



Abb. 25 - 27: Zucht-Systeme für *Trichogramma*: Stammzucht (li, mi), Massenzucht (re)

Um eine größere Anzahl von Parasitoiden für Suchleistungs- und Freilassungsversuche zu züchten, wurde ein Massenzuchtsystem nach HASSAN (1981) in großen Glaszylindern (30 cm lang, 10 cm Durchmesser) verwendet (Abb. 27). Diese Zuchten wurden ebenfalls in jeweils zwei Glaszylindern bei 25 °C und 16:8 Stunden Lichtregime bei 70-80 % Luftfeuchtigkeit durchgeführt. Als Futtergabe dienten gedrittelte DinA4-Bögen mit 9 rechteckigen Feldern von Wirtseiern (2 cm x 4 cm). Einmal wöchentlich wurden die parasitierten Wirtseier auf ein Drittel reduziert, um eine Überparasitierung zu vermeiden und ein geeignetes Parasitoid-Wirt-Verhältnis einzustellen. Das reduzierte Material wurde für maximal vier Wochen bei 10°C für Versuchsbedarf gelagert und anschließend der Überschuss bei 70 °C im Wärmeschränk erhitzt. Die Betreuung dieser Zucht erfolgte ebenfalls alle zwei Tage. Bei Bedarf einer größeren Anzahl von parasitierten Eikreisen, wurden Eikreise für 24 Stunden in diese Massenzuchtröhrchen eingelegt und anschließend in die aus der Kleinzucht beschriebenen 150 ml Rollrandgläschen überführt und in den Versuchen verwendet.

Als Wirtseier für die Zucht von *Trichogramma* in der Stamm-Zuchtsammlung dienten Eier der **Getreidemotte** *Sitotroga cerealella*. Sie wurden aus einer kommerziellen Produktion zur Verfügung gestellt, wo sie auf biologisch produzierten Weizenkörnern gezüchtet wurden. Die Zucht von *S. cerealella* wurde methodisch halbmaschinell nach HASSAN (1981) von der Firma AMW Nützlinge GmbH durchgeführt. Die Eier wurden frisch verwendet oder im Kühlschrank bei 4°C gelagert. Wöchentlich standen frische Eier zur Verfügung, die unmittelbar nach der Ernte kühl gelagert wurden.

2.2.6 Zucht von *Apanteles carpatus*

Der verwendete Stamm von *A. carpatus* wurde von einem Nützlingszüchter in Zucht genommen, wo er als Parasitoid in einer Kleidermottenzucht auftrat. Die Parasitoide wurden morphologisch als *A. carpatus* bestimmt (NIXON 1976, SCHÖLLER persönl. Mitt. 1998).

Nur vereinzelt werden Zuchtmethoden für die Gattung *Apanteles* beschrieben, beispielsweise für *Apanteles plutellae* Kurdj. (LIM & CHAN 1986), die allerdings in erster Linie für Laborzuchten geeignet sind. VERMA & DESH RAJ (1998) und UCKAN & GULEL (2001) arbeiten an Möglichkeiten einer Massenzucht von *A. galleriae* gegen die Wachsmotte. Als Zuchtbehälter dienten bei VERMA & DESH RAJ (1998) Haushaltsgläser von 20x16 cm ohne weitere Modifikationen oder Automatisierung. Von ISLAM & NARGIS (1992) und ISLAM & KABIR (1995) wurden Massenzuchtmethoden für Pteromaliden gegen vorratsschädliche Käfer entwickelt. Bei allen Zuchtsystemen, die zurzeit vorliegen, ist ein hoher Personal- und Zeitaufwand für die Zuchtbetreuung erforderlich.

Für Brackwespen der Art *A. carpatus* lag bislang keine standardisierte Zuchtmethode vor. Daher bestand die **Notwendigkeit, eine Zuchtmethode zu entwickeln**, die eine einfache und schonende Zucht der Parasitoide ermöglicht. Aus hygienischen Gründen sollte eine Möglichkeit erarbeitet werden, die Zuchtbehälter mit jeder neuen Generation von Parasitoiden zu wechseln und zu reinigen. Zudem sollte hinsichtlich einer praktischen Freilassung eine Massenzuchtmethode entwickelt werden, die unter wirtschaftlicher Betrachtung eine kostengünstige Massenvermehrung der Parasitoide gewährleisten kann.

Zunächst wurden die Parasitoide aus einer Kleidermottenzucht der Firma Neudorff GmbH isoliert und zur Erhaltungszucht in einen Zuchtbehälter mit Kleidermotten-Larven verschiedener Stadien überführt. Die Zucht von *A. carpatus* unter Laborbedingungen bestand darin, regelmäßig Parasitoide räumlich getrennt in separate Zuchtbehälter mit Larven aus der Kleidermotten-Zucht umzusetzen. Dazu wurden die Parasitoide mit CO₂ betäubt und mit einer Federstahlpinzette in den jeweiligen Zuchtbehälter umgesetzt. Eine Trennung von adulten Motten und Parasitoiden mittels CO₂-Begasung war sehr zeitaufwändig und durch die Manipulation der Parasitoide mit einer Pinzette, die zu Verletzungen führen konnte, kein geeignetes Verfahren. Es war in Vorversuchen zur Zuchtmethode auffällig, dass die Parasitoide auch geringste Lücken im Deckelbereich des Plastik-Zuchtbehälters nutzen, um zu flüchten und sich stark positiv phototaktisch verhielten. Auf dieser Grundlage wurden daher verschiedene Zuchtsysteme auf ihre Eignung getestet und verglichen.

Zum **Vergleich neuer Zuchtbehälter** wurden rechteckige Belaplast-Schalen aus dünnem weißem Kunststoff (20x15x10cm) und durchsichtige Behälter aus härterem,

mikrowellenfesten Kunststoff geprüft. Die durchsichtigen Kunststoffbehälter waren rechteckig (20x20x15cm) und zylindrisch rund (20cm Durchmesser). Abb. 28 und 29 zeigt die getesteten Behälter im Vergleich. Die Kunststoffbehälter wurden mit einem luftdurchlässigen Verschluss im Deckel versehen. 1917 wurde bereits von PEMBERTON & WILLARD auf die Eignung von Kupferdraht für Parasitoiden-Zuchtbehälter hingewiesen. Daher wurde Kupfergaze auf Löcher in die Deckel der thermoplasten Behälter geschweißt. In Vorversuchen wurde die Verwendung von Schmelzkleber und Silikon geprüft. Auf die Verwendung lösemittelhaltiger Klebemittel wurde verzichtet, um Nebenwirkungen auf die Parasitoide zu vermeiden. Auf mit einem Korkbohrer vorbereitete Löcher wurde Metall-Gaze aus Kupfer dauerhaft auf die Kunststoffbehälter geschmolzen. Die Größe der aufgelöteten Drahtgaze wurde nach dem Schlauchdurchmesser gewählt, der an der CO₂-Gasflasche angeschlossen ist, um die Handhabung der Zucht zu standardisieren und zu vereinfachen.

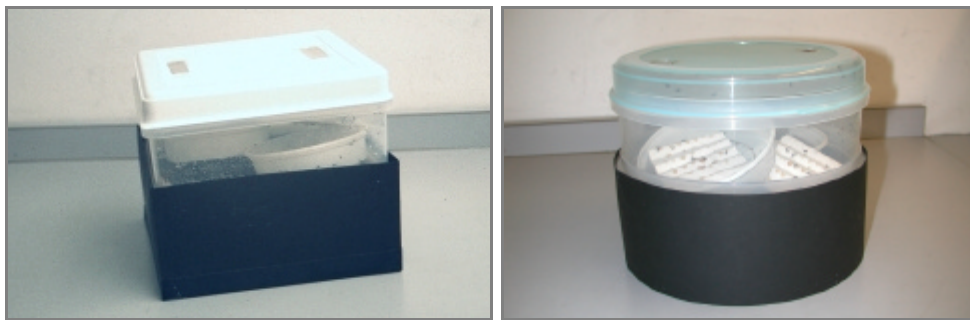


Abb.28 + 29: Geprüfte Behälter-Typen für eine *Apanteles*-Dauerzucht

Die geprüften Zuchtbehälter wurden jeweils übereinander gesteckt. Um zwischen den Behältern eine Verbindung zu schaffen, wurde in die untere Box ein 4 mm großes Loch mit einem Lötkolben geschmolzen und mit einer Drahtgaze von 1 mm Maschenweite verschlossen, die aufgeschweißt wurde. Durch diese Maschenweite konnten die Parasitoide in Vorversuchen ohne Probleme hindurchkriechen. In alle Zuchtsystemen wurden in den unteren Behälter parasitierte Mottenlarven eingelegt und in den oberen Behälter frische, nicht parasitierte Larven aus der Kleidermottenzucht. Für die Larven wurden jeweils flache 100ml Belaplast-Schalen (2 cm hoch, 10 cm Durchmesser) verwendet. Ein befeuchteter Wattestick erhöhte die Luftfeuchte und ein Papierstreifen mit Honig-Gelatine oder Futtertropfen direkt an die Deckelinnenseite des Zuchtbehälters dienten als Futtergabe. Der untere Teil dieses doppelstöckigen Behälters wurde mit einer schwarzen Tonpapiermanschette abgedunkelt, um die positiv phototaktischen Parasitoide zusätzlich zu ihrem starken Suchverhalten in den oberen Behälter zu locken. Die Behälter wurden nach dem Tod der Parasitoide, spätestens

aber nach sieben Tagen gewechselt. Die Belaplast-Schalen wurden mit dem dazugehörigen Deckel dicht verschlossen und das Datum der ersten Parasitierung seitlich an dem Behälter vermerkt (Abb. 30 und 31). Diese Schalen mit parasitierten Larven dienten als Startpopulation für den nächsten Zuchtansatz mit *A. carpatus*.

A. carpatus pflanzt sich parthenogenetisch fort und erzeugt somit ausschließlich Weibchen, was die Zuchtbetreuung erleichtert. Es werden nach Untersuchungen von PLARRE *et al.* (1999, 2000) durch *A. carpatus* alle Larvenstadien tineider Motten parasitiert, jedoch unterschiedlich bevorzugt. Daher erwies es sich nach Ergebnissen von Untersuchungen durch PLARRE *et al.* (2000) als günstig, mindestens vier bis sechs Wochen alte Larven zu verwenden, was unter den gegebenen Zuchtbedingungen etwa Larvenstadium L5-L6 bedeutete.



Abb. 30 + 31: Kunststoff-Schalen mit Zuchtansätzen zur Dauerzucht von *A. carpatus*

Zum **Monitoring der Behälter in der Laborzucht** wurden in allen Zuchträumen unerwünscht freifliegende Parasitoide mit gelben Leimtafeln gefangen und beobachtet. Die Anzahl Parasitoide auf der Gelbtafel wurde täglich bonitiert und bei hohen Fangzahlen geflüchteter Zuchttiere die Zuchtbehälter auf undichte Stellen überprüft. Bei der Massenzucht der Nützlinge wurde außer einer räumlichen Trennung von *T. bisselliella* als Wirt und *A. carpatus* als Parasitoid eine zeitliche Trennung der Zuchtbetreuung eingehalten, wie es bei langjährigen Zuchten, insbesondere bei suchaktiven und mobilen parasitoiden Hymenopteren erfolgreich durchgeführt wurde (HASSAN 1993). In der zweitägigen Zuchtroutine wurde grundsätzlich zunächst die Kleidermottenzucht versorgt, um eine ungewollte Verschleppung der zeitlich später betreuten Parasitoide zu vermeiden.

Zur **Prüfung der Dichte der Zuchtbehälter** wurden pro Behältertyp jeweils drei Zuchtansätze mit *T. bisselliella* durch jeweils zehn *Apanteles*-Adulte parasitiert. In geschlossenen Glas-Aquarien (50x50x40 cm) wurden mit Hilfe von Gelbtafeln an der Innenseite der Deckel, die mit Insektenleim präpariert waren, die flüchtenden Parasitoide

beobachtet. Bei 25°C Temperatur und 65 % Luftfeuchte wurden nach fünf Wochen die Gelbtafeln nach geflüchteten Parasitoiden untersucht.

2.3 Untersuchungen mit *Apanteles carpatus*

2.3.1 Lebenstafel-Daten von *Apanteles carpatus*

Die Daten zur Lebenstafel geben Aufschluss über das Potential einer Nützlingsart in der Praxis. Untersuchungen zur Lebenstafel wurden bislang mit *A. carpatus* nicht durchgeführt. Von PLARRE et al. (1998, 2001) liegen Untersuchungen mit Petrischalen als Versuchsbehälter vor, aus denen Angaben zur Parasitierungsleistung und zur Präferenz von Larvenstadien hervorgehen. Einzelweibchen parasitierten nach PLARRE et al. maximal 60, insgesamt wurde ein Mittelwert von etwa 30 parasitierten Wirtslarven pro Weibchen ermittelt. Von FALLIS (1942) wurde lediglich der Lebenszyklus beschrieben, ohne auf die Lebensleistung der Parasitoide einzugehen. Analog zu den Untersuchungen mit *Trichogramma*-Stämmen, denen täglich frische Wirtseier angeboten werden, wurde Weibchen von *A. carpatus* täglich frische Wirtslarven in Einzelweibchen-Tests angeboten (Abb. 32 und 33).



Abb. 32 + 33: Versuchsbehälter zur Prüfung der Einzelweibchen von *Apanteles carpatus*

Einzelweibchen von *A. carpatus* wurden jeweils in runden Kunststoffbehältern (7x5x4,5 cm) mit einem Überschuss der Larvenstadien L5-L6 von *T. bisselliella* auf Zuchtfutter eingesetzt. Die Deckel wurden für einen besseren Luftaustausch perforiert. Als Futtergabe für die Parasitoide dienten Tropfen von Honig-Gelatine an der Innenseite der durchscheinenden Deckel. Zur Erhöhung der Luftfeuchte wurde in jeden Behälter ein feuchter Wattestick eingelegt. Die Parasitoide wurden täglich auf ihre Mortalität geprüft und in frische Kunststoffbehälter mit neuen Wirtslarven, Futtertropfen und feuchten Wattesticks umgesetzt.

Damit war gewährleistet, dass die Weibchen von *A. carpatus* unter optimalen Bedingungen zur Parasitierung kamen. Die Parasitoide wurden bis an ihr Lebensende mit einem neuen Angebot an Wirtslarven versorgt. Der Versuch wurde für jede Variante mit 15 Wiederholungen bei 25 °C und 60 % rLF und einem Lichtregime von 16:8 Stunden durchgeführt.

2.3.2 Überlebensrate von *Apanteles carpatus* mit und ohne Futtergabe

Für eine praktische Anwendung von Nützlingen war es notwendig abschätzen zu können, inwieweit die Bedingungen der Praxis die optimale Leistung der Parasitoide unter Laborbedingungen abschwächen oder reduzierten. Ohne Fütterung und bei geringer Luftfeuchte sind Parasitoide in Laborzuchten oft kurzlebig (FABRITIUS & HASSAN 1984). Die Lebensdauer der adulten Wespen kann wie bei anderen Parasitoiden durch Fütterung mit Honig-Agar deutlich verlängert werden und den Zuchterfolg absichern (ZHANG et al. 2004). Nach PLARRE *et al.* (1999) beträgt die Entwicklungsdauer von *A. carpatus* bei 24 °C etwa zwei bis drei Wochen. Bei FALLIS (1942) wurde *A. carpatus* in der Zucht mit in Wasser gelöstem Honig gefüttert, um die Lebensdauer zu erhöhen. UCKAN & ERGIN (2003) untersuchten den Einfluß von in Wasser gelöstem Honig als Futter für *A. galleriae* und erreichten mit 30% Honigwasser bei 10°C maximal 47 Tage Lebensdauer. In der Praxis liegen wahrscheinlich suboptimale Bedingungen für die Nützlinge vor. Von einer selbstständigen Aufnahme von auslaufendem Körperexudat der Wirtslarven durch die Parasitoide ist nur in geringem Masse auszugehen, da diese Larven weitgehend in ihren Köchern verborgen sind. Im ungünstigsten Fall finden Parasitoide unter Lagerbedingungen keine zusätzliche Nahrung, wie es hingegen an Pflanzen im Freiland in Form von Nektarien, Pollen oder Honigtau der Fall wäre.

Die Versuche zur Überlebensrate mit und ohne Futtergabe mit Weibchen von *A. carpatus* wurden in Kunststoffbehältern (7x5x4,5 cm) durchgeführt, die auch bei der Untersuchung der Lebensdaten in Kap. 3.3.1.1 zur Anwendung kamen. Als Futter-Variante wurde mit einem Überschuss von Larvenstadien L5-L6 von *T. bisselliella* gearbeitet. Eine zusätzliche Futtergabe für die Parasitoide waren Tropfen von Honig-Gelatine an der Innenseite der Behälterdeckel. Zur Erhöhung der Luftfeuchte wurde in jeden Behälter ein feuchter Wattestick eingelegt. Die Parasitoide wurden täglich auf ihre Mortalität geprüft. In die Variante 'ohne Futter' wurde lediglich ein feuchter Wattestick eingelegt. Der Versuch wurde für jede Variante mit 15 Wiederholungen bei 25 °C und 60 % rLF und einem Lichtregime von 16:8 durchgeführt.

2.3.3 Einfluß der Temperatur auf die Leistung von *Apanteles carpatus*

Nach einer Freilassung von Nützlingen müssen diese unter neuen, meist nicht optimalen Klimaverhältnissen nach den Schadinsekten suchen und diese parasitieren. Daher geben Untersuchungen zu den Temperatureinflüssen wichtige Informationen für die praktische Anwendung der Nützlinge. Die Selektionsversuche mit *Trichogramma*-Stämmen dienen dazu, eine Auswahl geeigneter Zuchtlinien für bestimmte Temperaturverhältnisse zu treffen (QUEDNAU 1957, PAK 1988). Da im Fall von *A. carpatus* keine Auswahl von Stämmen vorlag, wurden die Leistungen und Lebensdaten lediglich beschreibend untersucht. *Apanteles*-Arten wurden in erster Linie als Nützlinge gegen Gemüseschädlinge untersucht. Untersuchungen beziehen sich in der Regel auf außereuropäische Wirt-Parasitoid-Systeme mit *Apanteles*-Arten (MOHYUDDIN 1971, OATMAN & PLATNER 1972, BETBEDER-MATIBET 1990). SENGONCA & PETERS (1993) untersuchten *A. rubecula* als Parasitoid des Kleinen Kohlweißlings *Pieris rapae*. Sie wiesen mit 47 Tagen Entwicklungsdauer bei 15°C und 17 Tagen bei 25°C deutliche Einflüsse der Temperatur nach. Die Versuche zum Einfluß verschiedener Temperaturen auf die Entwicklung von *A. carpatus* sollen Auskunft über die Aktivität der Parasitoide bei Lagerbedingungen geben. Ein zweiter Ansatz war die Überprüfung der Lagerung von parasitoiden Nützlingen, wozu es bislang nur wenige Untersuchungen gibt. Die Lagerung bei 6°C ergab für *A. galleriae* deutlich verkürzte Lebenszeit (UCKAN & GULEL (2001). Ein weiterer Aspekt ist, dass eine Kühlung der Nützlingszucht eine gezielte Verzögerung der Entwicklung und des Schlupfes ermöglichen kann, wodurch sie in der Praxis besser mit dem Auftreten der Schädlinge synchronisiert werden können (PITCHER *et al.* 2002). Mit dem vorliegenden Stamm von *A. carpatus* sollte ermittelt werden, nach welcher Zeitdauer bei einer Praxisfreilassung mit der neuen Generation von Nützlingen zu rechnen ist. Damit werden für die praktische Anwendung Hinweise auf die Mischungsverhältnisse der Altersstufen in den Freilassungseinheiten erarbeitet und die notwendigen Intervalle einer wiederholten Freilassung bestimmt. Die Parasitierung der Einzelweibchen zur Prüfung der Entwicklungsdauer erfolgte zunächst bei 25°C. Anschließend wurden die Versuchsansätze getrennt und die Untersuchungen bei 27°C, 24°C, 20°C, 15°C in Klimakammern und in klimatisierten Räumen bei 10°C und 4°C bei 65% relativer Luftfeuchte und in Dunkelheit weitergeführt. Täglich wurde der Schlupf der folgenden Generation der Parasitoide protokolliert. Zur Überprüfung der Temperaturen auf die Parasitierungsleistung wurden 30 Einzelweibchen dauerhaft bei 15°C, 20°C und 25°C bei 65% Luftfeuchtigkeit und

16:8 Stunden Lichtregime untersucht. Die Anzahl geschlüpfter Nachkommen wurde pro Einzelweibchen bonitiert.

2.3.4 Untersuchungen zur Zucht von *Apanteles carpatus* auf Ersatzwirten

Bei einer Freilassung von *A. carpatus* zu Bekämpfungszwecken sollte gewährleistet sein, dass keine Schadorganismen an der Bekämpfungsstelle freigesetzt werden. Die Verwendung eines Ersatzwirtes wäre daher eine geeignete Lösung möglicher Infektionsrisiken. Eine Freisetzung von bereits adulten Parasitoiden ist oft nicht praktikabel. Der Transport kann sich auf die Effektivität der Nützlinge auswirken (PETERS et al. 2002). Die Verwendung ruhender Entwicklungsstadien, wie parasitierte Larven oder Puppen, ist für den Versand am günstigsten. Das Absammeln von Puppen der Parasitoide hingegen bedeutet einen hohen Zeitaufwand. Es ist unter Praxisbedingungen davon auszugehen, dass parasitierte Larven, oder Puppen von *A. carpatus* für eine Freilassung verwendet werden, wenn keine Ersatzwirte gefunden werden können.

VERMA & DESH RAJ (1998) untersuchten die Möglichkeiten einer wirtschaftlichen Massenzucht von *A. galleriae*, waren in der Zucht jedoch auf den Zielwirt, die Wachsmotte *Galleria mellonella* (Pyralidae) angewiesen, die ebenfalls weiterhin in Massenzucht vorliegen musste. Damit ist die Suche nach einem Ersatzwirt oder einer künstlichen Futterdiät gleichzeitig eine Frage der Wirtschaftlichkeit. Bei den Eiparasitoiden *Trichogramma*-Arten ist eine Nutzung von Ersatzwirten oder eine Sterilisation der Eier durch Bestrahlung oder Einfrieren möglich (HASSAN 1991). Es wurde dadurch das Risiko einer ungewollten Infektion vermieden und eine gewisse Lagerung der Ersatzwirte möglich. Für pteromalide Parasitoide wurden Stubenfliegenpuppen bis zu einem halben Jahr gefroren gelagert, ohne dass eine Reduktion der Parasitierung festgestellt wurde (FLOATE 2002). Ein Ansatz für die Zucht von *A. carpatus* ergab sich aus einer Beobachtung auf einer Hühnerfarm in Australien durch RUTZ et al. (1972). In dieser Untersuchung wurden Parasitoide bei eingesammelten Dipteren nachgewiesen. Parasitierte Puppen der Stubenfliege *Musca domestica* wurden in Schlupfgläschen isoliert und beobachtet. Für *Musca domestica* wurde unter anderem *A. carpatus* als Parasitoid bestimmt (RUTZ et al. 1972). Um die Eignung von Dipteren, insbesondere *M. domestica*, als Ersatzwirte zu überprüfen, wurden in Rollrandgläschen jeweils drei Individuen des letzten Larvenstadiums verschiedener Dipteren-Arten angeboten. Untersucht wurden die Stubenfliege *M. domestica* aus einer Laborzucht, sowie zwei weitere Dipteren, die im Fachhandel für Angelbedarf angeboten wurden. In jedes Röhrchen wurden maximal 24 Stunden alte Adulte von *A. carpatus* gesetzt. Als zusätzliche Attraktivität und in

Anlehnung an die Beobachtungen von RUTZ *et al.* (1972) auf einer Hühnerfarm wurden Federn in die Versuchsgläschen hinzugegeben. Als Futtergabe diente ein Tropfen Honig-Gelatine auf Papier. Die Parasitoide verblieben in den Röhrchen bis zum Lebensende. In den ersten vier Stunden des Versuchs wurde das Verhalten der Parasitoide auf Eiablageversuche hin beobachtet. Eine möglicherweise erfolgreiche Parasitierung wurde über vier Wochen bzw. bis zum Schlupf der adulten Dipteren überprüft. Der Versuch wurde für jede Variante mit 30 Wiederholungen bei 25 °C und 60 % rLF und einem Lichtregime von 16:8 durchgeführt.

2.3.5 Entwicklung einer Freilassungseinheit für *Apanteles carpatus*

Für die geplante Freilassung von *A. carpatus* zur Bekämpfung von textilschädigenden Motten war es notwendig, eine Freilassungseinheit zu finden. Sie sollte einen geschützten Transport und eine Freilassung der Parasitoide gewährleisten, ohne dass Motten an der Bekämpfungsstelle freigesetzt wurden. Die Entwicklung einer Freilassungsmethodik ist für Larvalparasitoide von entscheidender Bedeutung für eine Umsetzung erfolgreicher Laborergebnisse. Zur Entwicklung von Freilassungseinheiten sind nur wenige Hinweise in der Literatur zu finden (WÜHRER 2003, WÜHRER & ZIMMERMANN 2003).

Eine Freilassungseinheit sollte in Form eines transportfähigen kleinen Behälters vorliegen, wie dies zum Beispiel als Karten aus Pappkarton für *Trichogramma* oder andere Nützlinge bereits etabliert ist (ALBERT *et al.* 2003). In Vortests wurde die Möglichkeit geprüft, einzelne Puppenkokons von *A. carpatus* aus dem Futtermedium abzusammeln, was sich als sehr aufwändig erwies. Als Freilassungseinheiten wurden schwarze Filmdosen von 4 cm Höhe und 2,5 cm Durchmesser getestet (Abb. 34). Der dicht schließende Deckel wurde mit einem Korkbohrer von 6 mm Durchmesser durchbohrt und die Öffnung von innen mit einer Drahtgaze verschweißt.

Zum Test der Freilassungseinheiten wurden diese mit jeweils einem Parasitoid und jeweils vier adulten Kleidermotten bestückt, verschlossen und die Einheit anschließend seitlich umgelegt in einer 300 ml Belaplast-Box (10 cm hoch, 10 cm Durchmesser) mit durchsichtigem Deckel beobachtet.



Abb. 34: Freilassungseinheit für *Apanteles carpatus*

In 30 Wiederholung wurde der Versuch in einem klimatisierten Raum bei ständiger schwacher Beleuchtung unter kontrollierten Bedingungen durchgeführt. Es wurde zunächst nach 3 Tagen bonitiert wie viele Parasitoide und Kleidermotten aus der Freilassungseinheit schlüpfen konnten. Diese Bonitur wurde nach einer Woche wiederholt. In einem weiteren Versuch wurden parasitierte Mottenlarven mit ausreichendem Futter in die Freilassungseinheiten umgesetzt und bis zur Entwicklung der adulten Parasitoide beobachtet. In diesem Versuch mit ebenfalls 30 Wiederholung wurden zusätzlich die Mottenlarven täglich bonitiert, die aus der Freilassungseinheit flüchten konnten. Ziel dieser Tests war es, eine mottendichte und transportfähige Freilassungseinheit zu entwickeln, aus der die Parasitoide unbehindert herausschlüpfen konnten. Eine nicht erwünschte Infektion mit zusätzlichen Kleidermotten in der Praxis sollte überprüft werden. In einer weiteren Versuchsreihe wurden jeweils drei adulte Motten in jeweils eine Einheit verbracht und täglich überprüft, ob ihnen eine Flucht aus den waagrecht liegenden Einheiten gelang. Die Prüfung der neuen Freilassungseinheiten wurde mit jeweils 30 Wiederholungen bei 25 °C und 60 % rLF und einem Lichtregime von 16:8 durchgeführt.

2.3.6 Halbfreilandtests zur Suchleistung von *Apanteles carpatus*

Die Suchleistung von *A. carpatus* wurde bislang nicht untersucht. Im Laborversuch war dies in Annäherung an Lagerbedingungen mit Halbfreilandkäfigen möglich. Sie werden zur Untersuchung und Auswahl von *Trichogramma*-Stämmen zur Anwendung im Pflanzenschutz angewendet (HASSAN 1994, WÜHRER 1994, SAKR 2003). In dem begrenzten Raum der Käfige kann eine festgelegte Anzahl von Parasitoiden und Wirtstieren untersucht werden. Zur

Prüfung der Suchleistung wurde in 2 x 6 Käfigen (100 x 40 x 60 cm) jeweils zwei *Apanteles*-Weibchen getestet. In der Käfigmitte wurde eine Textilbahn von 20 x 30 cm aufgehängt und jeweils mit 15 *Tineola*-Larven in ihrem Köcher besetzt. Die Infektion mit Wirtslarven wurde bereits 2 Tage vor Versuchsbeginn durchgeführt, um den Larven ein Festspinnen und Fraß zu ermöglichen. Durch Kotkrümel und Fraßspuren konnten somit wichtige Kairomone für die Parasitoide freigesetzt werden, die die Suchleistung erhöhen (TAKÁCS 1997). In jedem Käfig wurden am Boden zwei maximal 24 Stunden alte adulte *A. carpatus* freigelassen. Über die gesamte Lebensdauer wurden die Parasitoide im Käfig ohne weitere Futtergabe belassen. Die Temperatur lag bei 24°C, 45 % Luftfeuchtigkeit bei 16:8 Stunden Lichtregime. Die Mortalität der Parasitoide wurde täglich bonitiert. Nach dem Tod der Parasitoide wurden die *Tineola*-Larven abgesammelt und in Rollrandgläschen bei 25°C und 65 % Luftfeuchtigkeit inkubiert. Die Anzahl schlüpfender *A. carpatus* der folgenden Generation wurde protokolliert.

2.4 Laboruntersuchungen mit *Trichogramma*-Arten und –Stämmen

2.4.1 Identifikation der verwendeten *Trichogramma*-Arten

Die Identifikation der verwendeten Arten wurde sowohl morphologisch (NAGARKATTI & NAGARAJA 1971, VOEGELÉ 1982, PINTO & STOUTHAMER 1994) als auch molekulargenetisch nach SILVA (1999) und STOUTHAMER *et al.* (1993) durchgeführt. Die Untersuchung der ITS-2 Region der mitochondrialen DNA (SILVA 1999) zur Identifikation von *Trichogramma* hat sich inzwischen gegenüber der Enzymanalyse (PINTUREAU & BABault 1982) etabliert. Die ITS-2-Methode besteht darin, einen bei der Gattung *Trichogramma* zur Differenzierung der Arten geeigneten DNA-Abschnitt mittels PCR zu vervielfältigen. Die aufgereinigten DNA-Abschnitte wurden über eine Elektrophorese mit Referenzstämmen und nach der Anzahl von Basenpaaren (bp) analysiert und verglichen. Nach Bedarf erfolgte zusätzlich eine Restriktionsenzym-Analyse bei Arten mit einer ähnlichen Anzahl Basenpaare. Zur Extraktion wurden aus den laufenden Zuchten jeweils fünf frisch geschlüpfte Tiere der zu untersuchenden Arten bei -20 °C tiefgefroren und anschließend entsprechend dem Protokoll zur Extraktion nach STOUTHAMER & SILVA (mdl. Mitt. 2001) und SILVA (1999) aufgearbeitet. Die vorliegenden Bestimmungen wurden im Rahmen der vorliegenden Arbeit für die relevanten Arten durch entsprechende Untersuchungen abgesichert. Die untersuchten Arten liegen in einer lebenden Stamm-Zucht von *Trichogramma*-Arten im Institut für Biologischen Pflanzenschutz an der Biologischen Bundesanstalt in Darmstadt vor und werden regelmäßig nachbestimmt.

2.4.2 Selektion von *Trichogramma*-Stämmen gegen die Kleidermotte

Aufgrund der nachgewiesenen Anpassung verschiedener *Trichogramma*-Arten und -Stämme an unterschiedliche Wirte (PAK 1988, HASSAN 1990, WÜHRER 1994), wurde ihre Eignung als Gegenspieler von tineiden Textilschädlingen getestet. Trotzdem die Gattung *Trichogramma* und ihre Arten oft als polyphag eingestuft wurden, zeigten sich in mehreren Untersuchungen deutliche inter- und intraspezifische Unterschiede in der Wirtspräferenz (KOT & PLEWKA 1974, VAN DIJKEN *et al.* 1986, PAK 1988, HASSAN 1990). Eiparasiten der Gattung *Trichogramma* sind in den verschiedensten Agrar-Ökosystemen verbreitet. Daher ergeben sich Unterschiede zwischen den Arten, insbesondere in der Präferenz bestimmter Wirte, ihrem Suchverhalten und der klimatischen Anpassung (HASSAN *et al.* 1993). Es liegt auch eine intraspezifische Variabilität von Zuchtlinien der gleichen Art, sogenannter 'Stämme', vor. Daher ist es möglich, Stämme mit einer geeigneten Anpassung an den jeweiligen Zielschädling und dessen Habitat auszuwählen (VAN LENTEREN 1986, PAK 1988, PAK *et al.* 1991, BIGLER 1989, PAVLIK 1993). Diese unterschiedlichen Eignungen dienten im Laborversuch als Ausgangspunkt für eine Auswahl geeigneter Arten (WÜHRER & HASSAN 1996) zur Bekämpfung tineider Motten durch *Trichogramma*-Schlupfwespen.

Eine Vorauswahl geeigneter Arten aus Laborzuchten für die Versuche hatte das Ziel, eine möglichst breite Vielfalt von *Trichogramma*-Arten in die Versuche einzubeziehen. In der Stamm-Zuchtsammlung des Institutes für Biologischen Pflanzenschutz standen etwa 30 *Trichogramma*-Arten aus aller Welt mit über 70 Stämmen von *Trichogramma* für Auswahlversuche zur Verfügung. Da es sich bei den textilschädigenden Motten, besonders der Kleidermotte um weltweit verbreitete Materialschädlinge handelt, war es sinnvoll, auch außereuropäische Arten zu testen, um eine breite Grundlage für die mögliche Bekämpfung von Tineiden auch in anderen Ländern zu schaffen. Zudem gab es Hinweise darauf, dass die Kleidermotte ursprünglich aus wärmeren Regionen stammte, weshalb möglicherweise Parasitoide aus wärmeren Regionen besser an diesen Wirt angepasst sind. Es wurde berücksichtigt, keine alten Labor-Zuchtlinien zu testen, die aufgrund einer sehr langen Dauerzucht, z. T. über 20 Jahre auf *S. cerealella* eine geringere Effektivität als jüngere Labor-Stämme haben könnten (HASSAN 1989). Prinzipiell sind thelytoke Arten, die nur Weibchen produzieren von großem Interesse, da sie wirtschaftlicher einzusetzen sind. Jedoch haben STOUTHAMER & LUCK (1993) festgestellt, dass die Eiablageleistung und Lebensdauer von thelytoken Arten durchaus geringer sein kann als die ihrer arrhenotoken Linien.

Aus der Laborzuchtsammlung wurden 29 Stämme (Tab.10) vorselektiert, die für eine Bekämpfung der Kleidermotte in Frage kommen könnten. Bereits in Deutschland

kommerziell verwendete Arten sind in der Tabelle hervorgehoben. Die Arten *T. cacoeciae* und *T. dendrolimi* wurden gewählt, da deren Stämme im Bereich Obst und Wein gegen Wickler-Arten eingesetzt wurden, und sich durch eine entsprechende Suchleistung im Obst- und Weinbau auszeichnen haben (CASTANEDA-SAMAYOA 1986, BEATHALTER 1995, SAKR 2003). In Deutschland wurde sie gegen den Pflaumenwickler (*Grapholitha (Cydia) funebrana*) eingesetzt (ROST und HASSAN 1988, BEATHALTER 1995, WÜHRER 1997). Die Art *T. embryophagum* wurde nach Versuchen von SCHIRRA & LOUIS (2000) an Hausreben gegen Traubenwickler eingesetzt. *T. brassicae* wird kommerziell im Mais gegen den Maiszünsler (*Ostrinia nubilalis*) eingesetzt (ALBERT et al. 2003). Im Bereich Vorratsschutz wurde bislang ausschließlich die Art *T. evanescens* (Stamm: Lager) verwendet, die verschiedene getreideschädigende Lepidopteren, wie *Plodia interpunctella*, *Sitotroga cerealella*, *Ephestias*-Arten erfolgreich parasitiert (SCHÖLLER 2000, SCHÖLLER & PROZELL 2003).

Eier der Kleidermotte wurden nach QUEDNAU (1956) im Laborversuch von den *Trichogramma*-Arten *T. cacoeciae* und *T. semblidis* parasitiert. QUEDNAU unterschied verschiedene Formen der ökologischen Interaktionen zwischen den Parasitoiden und ihrem Wirt. Im Falle einer erfolgreichen Parasitierung und Entwicklung der Parasitoide im Wirtsei kann eine natürlich zu beobachtende Beziehung oder eine künstlich herbeigeführte Interaktion vorliegen, z. B. bei der Zusammenführung voneinander gebietsfremder Parasitoide und Wirte. Dies wurde bei der vorliegenden Untersuchung berücksichtigt. Eine nicht erfolgreiche Parasitierung kann zu unterschiedlichen Graden auftreten. Es kann das Ei durch Oviposition abgetötet werden, ohne dass sich *Trichogramma* vollständig entwickelt. Wenn nach dem Anstechen lediglich austretende Flüssigkeit aus dem Wirtsei in einem 'host-feeding' aufgenommen wird, jedoch kein Ei gelegt wurde, wird das Wirtsei ebenfalls abgetötet.

Im Falle von Tineiden ist eine natürliche Beziehung zu *Trichogramma* bislang nicht nachgewiesen. Daher bleibt zu überprüfen, ob diese Interaktion bei relevanten *Trichogramma*-Arten zu Unterschieden in der Parasitierung und Entwicklung der Parasitoide führt. In Versuchen von ADLER et al. (1998) wurde eine vollständige Parasitierung von *Tineola* durch *T. evanescens* beobachtet. In der vorliegenden Arbeit sollten weitere Arten und Stämme auf ihre Eignung als potentielle Gegenspieler von Tineiden geprüft werden.

Tab.10: 28 getestete Stämme und Arten von *Trichogramma* mit Angabe der Herkunft

Artname	Erst-Beschreiber	Stamm-Code*	Thelytokie	Wirt	Kultur	Land	Jahr
<i>T. brassicae</i>	Bezdenko	BRA DA		<i>Ostrinia nubilalis</i>	nb	Moldavien	1975
<i>T. brassicae</i>	Bezdenko	BRA D 97 K4		nb	Kohl	Deutschland	1997
<i>T. cacoeciae</i>	Marchal	SP1 Türnich I	?	<i>S. cerealella</i> (Köder)	Apfel	Deutschland	
<i>T. cacoeciae</i>	Marchal	CAC D 85 R	?	<i>Eupoecilia ambiguella</i>	Wein	Deutschland	1985
<i>T. cacoeciae</i>	Marchal	CAC D 90 O	?	<i>S. cerealella</i> (Köder)	Pflaume	Deutschland	1990
<i>T. cacoeciae</i>	Marchal	CAC D 90 O m	?	Mass rearing	Pflaume, Apfel	Deutschland	1990
<i>T. cacoeciae</i>	Marchal	SP Wolff D 94	?	<i>S. cerealella</i> (Köder)	Apfel	Deutschland	1994
<i>T. cacoeciae</i>	Marchal	SP Denmark 98	?	<i>S. cerealella</i> (Köder)	nb	Dänemark	1998
<i>T. cacoeciae</i>	Marchal	SP Austria 99	?	<i>S. cerealella</i> (Köder)	Kastanie	Österreich	1999
<i>T. chilonis</i>	Ischii	CHI I 90 B		nb	nb	Indien	1990
<i>T. dendrolimi</i>	Matsumura	DEN D 90 O		<i>S. cerealella</i> (Köder)	Apfel	Deutschland	1990
<i>T. dendrolimi</i>	Matsumura	DEN C 97 Wa		Massenzucht	nb	China	1997
<i>T. embryophagum</i>	Hartig	EMB D 89 R	?	<i>Eupoecilia ambiguella</i>	Wein	Deutschland	1989
<i>T. evanescens</i>	Westwood	EVA (Lager)		Massenzucht	Vorrat	Deutschland	1981
<i>T. evanescens</i>	Westwood	EVA D 97		<i>Pieris</i> sp.	Kohl	Deutschland	1997
<i>T. exiguum</i>	Pinto & Platner	EXI U 95		nb	nb	USA	1995
<i>T. ivelae</i>	Pang & Chen	IVE A 94		nb	nb	Australien	1994
<i>T. japonicum</i>	Ashmead	JAP T 84		<i>Helicoverpa armigera</i>	Baumwolle	Thailand	1984
<i>T. meyeri</i>	Sorokina	MEY D 82 K		<i>Mamestra brassicae</i>	Kohl	Deutschland	1982
<i>T. minutum</i>	Riley	MIN D 92 O		<i>S. cerealella</i> (Köder)	Apfel	Deutschland	1992
<i>T. nerudai</i>	Pintureau	NER Ch 99 F		c.f. <i>Cydia</i> sp.	Forst	Chile	1999
<i>T. nubilale</i>	Ertle & Davis	NUB C 88		<i>Ostrinia nubilalis</i>	Mais	China	1988
<i>T. ostrinae</i>	Pang & Chen	OST C 97 M		<i>Ostrinia nubilalis</i>	Mais	China	1997
<i>T. piceum</i>	Dyurich	PIC M 91		nb	nb	Moldavien	1991
<i>T. platneri</i>	Nagarkatti	PLA U 82 A		<i>Sabulodes aegrotata</i>	Avocado	USA	1982
<i>T. pretiosum</i>	Riley	PRE Ä 81		nb	nb	Ägypten	1981
<i>T. pretiosum</i>	Riley	PRE K 93		Massenzucht	nb	Kolumbien	1993
<i>T. principium</i>	Sugonjaev & Sorokina	PRI Kir 98		<i>Rosana</i> sp.	nb	Kirghisien	1998
<i>T. semblidis</i>	Aurivilius	SEM D 94 F		<i>Lymantria monarcha</i>	Forst	Deutschland	1994

Abk.: nb = nicht bekannt; in Deutschland kommerziell verwendete Arten, bzw. Stämme sind gelb hervorgehoben

* Stamm-Kurzbezeichnung nach HASSAN (mdl. Mitt. 2000)

(Stamm-Zuchtsammlung von *Trichogramma* spp. Westwood, BBA, Institut für Biologischen Pflanzenschutz, Darmstadt)

Als Testverfahren zur Selektion geeigneter Arten wurden im Labor zunächst Akzeptanz und Präferenz getestet, im Halbfreiland die Suchaktivität und schließlich im Freilandversuch die Wirksamkeit unter Praxisbedingungen. Die Einhaltung standardisierter Selektionsbedingungen ermöglicht eine bessere Vergleichbarkeit der Versuchsergebnisse mit unterschiedlichen *Trichogramma*-Arten und Stämmen oder entsprechender Zielwirte.

2.4.2.1 Akzeptanztests mit Eiern der Kleidermotte

Die Prüfung der Akzeptanz ist der erste Schritt bei der Selektion geeigneter Eiparasitoide gegen bestimmte Wirtsarten. Trotzdem *Trichogramma* als Gattung einen polyphagen Charakter hat, belegen Untersuchungen, dass selbst unter Zwangsbedingungen manche Wirte abgelehnt oder unterschiedlich stark parasitiert werden (ROST & HASSAN 1988, BABENDREIER 2003a,b, SAKR 2003). QUEDNAU (1956) hat die Akzeptanz einer Reihe von Wirtsarten für *Trichogramma* geprüft. *Tineola*-Eiern wurden von *T. cacoeciae* und *T. semblidis* akzeptiert. ADLER *et al.* (1998) bestätigten eine Parasitierung von Kleidermotten-Eiern durch *T. evanescens*. Darüber hinaus sollen bei in der vorliegenden Arbeit 29 Arten und Stämme hinsichtlich ihrer Akzeptanz von *Tineola*-Eiern verglichen werden. Parameter zum Vergleich der Effektivität der Parasitoide sind Parasitierungsleistung, Schlupfrate und das Geschlechterverhältnis, sowie die Häufigkeit der Kontaktaufnahme mit den potentiellen Wirtseiern.

Zur Untersuchung der Akzeptanz von Kleidermotteneiern wurden maximal 24 Stunden alte *Trichogramma*-Weibchen aus der beschriebenen Stamm-Zuchtsammlung entnommen und in 100 ml Rollrandgläschen ca. 30 Eier des Zielschädlings zur Parasitierung angeboten (Abb. 35 und 36). Hierzu wurden die Eier der Kleidermotte aus der Zucht frisch geerntet und mit Hilfe einer runden Plastikmaske mit aufgespritztem Tragant-Leim kleine Eikreise von etwa 2 mm Durchmesser auf etwa 1 x 1 cm Pappetiketten geklebt und darauf ein Tropfen Honig-Agar als Futter gegeben. Die Kleidermotteneier wurden vor den Versuchen durch UV-Bestrahlung sterilisiert. In jeweils 24 Wiederholungen wurden die Parasitoide der einzelnen Arten und Stämme in Glasröhrchen (9,5 cm Länge, 2,5 cm Durchmesser), deren Deckel mit Leinen verschlossen wurden, geprüft. Die Rollrandgläschen wurden mit einer schwarzen Tonpapiermanschette versehen, sodass der Deckelbereich für die positiv phototaktischen Tiere weniger attraktiv wirkt. Der untere Bereich des Röhrchens mit der Eikarte blieb frei und wurde im klimatisierten Versuchsraum zur Lichtquelle gerichtet. Im Deckelbereich aller Röhrchen, die in einer großen Plastikschaale (20 cm x 35 cm) eingelegt wurden, diente

feuchtes Papiertuch der Erhöhung der Luftfeuchte auf mindestens 65 %. Über einen Zeitraum von vier Stunden wurde in Intervallen von 30 Minuten der Aufenthaltsort des Weibchens bestimmt und protokolliert. Unterschieden und bonitiert wurde der Kontakt mit den Eiern, Kontakt mit dem Honig-Futter, Aufenthalt im hellen oder dunklen Bereich des Versuchsröhrchens. Die Versuchsdauer betrug fünf Tage. Nach Versuchsende wurden die überlebenden Weibchen aus dem Versuch entfernt und die parasitierten Eier bis zum Schlupf der Folgegeneration inkubiert. Nach 14 Tagen erfolgte die Bonitur auf Parasitierungsleistung, Schlupfrate und Geschlechterverhältnis. In den Laborversuchen wurden Methoden nach HASSAN (1989, 1990) und WÜHRER (1994) verwendet und entsprechend den Versuchsanforderungen angepasst. Die konstanten Raumklimabedingungen lagen bei 25°C bei 65-70 % rLF und 16:8 Stunden Lichtregime.

2.4.2.2 Einfluss des Wirtseialters auf die Akzeptanz

Nach Untersuchungen von PAK (1993) ist das Alter des Wirtes für eine erfolgreiche Parasitierung von entscheidender Bedeutung. PAK (1994) unterscheidet die Akzeptanz des Wirtseialters, wobei meist die Bevorzugung junger Eistadien zu erwarten ist. Dies wurde auch von MONJE *et al.* (1990) und WÜHRER (1994) bestätigt, in deren Untersuchungen jeweils Eier mit einem Alter von vier Tagen deutlich weniger, Eier im Alter von fünf Tagen oder älter jedoch nicht mehr angenommen wurden. Die Embryonalentwicklung des Wirtes ist in diesem Alter bereits zu weit fortgeschritten, eine Entwicklung von *Trichogramma* ist nicht mehr möglich. Da Kleidermotten ihre Eier zum Teil versteckt ablegen, hängt es von der Suchaktivität und der Entwicklung der Eier ab, ob die Wirtseier noch in einem von den Parasitoiden akzeptierten Entwicklungsstadium vorgefunden wurden. Diese Fragestellung war für eine praktische Bekämpfung der textilschädigenden Motten von entscheidender Bedeutung. In der Praxis könnten möglicherweise Eier einer bestimmten Entwicklungsstufe bevorzugt werden. Bei der Akzeptanz des Wirtseialters können den *Trichogramma*-Arten verschiedene Typen von Eiablage-Verhalten nach PAK (1988, 1991) zugeordnet werden, einige Parasitoidenweibchen pausieren beispielsweise nach einer ersten Eiablage bevor eine weitere Parasitierung erfolgt. Zur Untersuchung des Einflusses des Wirtseialters wurden in 24 Röhrchen jeweils einem *Trichogramma*-Weibchen Eikreise mit 30 Eiern der Kleidermotte für 24 Stunden im 100ml-Glasröhrchen (9,5 cm Länge, 2,5 cm Durchmesser) zur Parasitierung angeboten (Abb. 35 und 36). Den ausgewählten *Trichogramma*-Arten wurden jeweils 1–5 Tage alte Eier getrennt angeboten, damit war ein Auswahlverhalten ausgeschlossen. Nach 24 Stunden wurde das Weibchen vom Eikreis entfernt. Die Versuche wurden bei 25°C bei 65-70

% rLF und 16:8 Stunden Lichtregime durchgeführt und inkubiert. Nach fünf Tagen wurden die angebotenen Eikreise auf eine erfolgreiche Parasitierung in Form schwarz verfärbter Eier bonitiert.

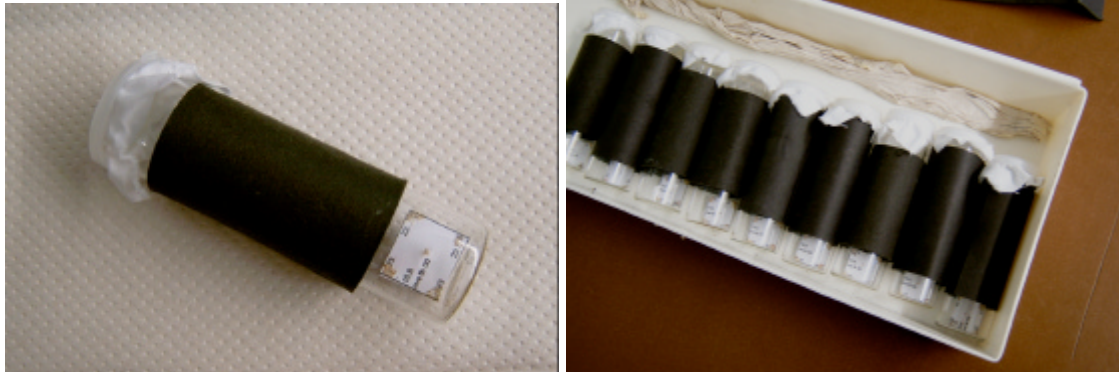


Abb. 35 + 36: Glasröhrchen zur Prüfung von Einzelweibchen im Akzeptanz- und Präferenz-Test (li), Versuchsanordnung mit zusätzlicher Luftbefeuchtung in großer Kunststoffschale (re)

2.4.2.3 Präferenztests

Die Untersuchung der Präferenz basiert auf der Beobachtung, dass ein *Trichogramma*-Weibchen, wenn es Eier gefunden hat, die es bevorzugt, an diesem Eigelege verweilt, bis es alle Eier abgelegt hat (HASSAN 1990, HASSAN & GUO 1991). Falls es diese Eier nicht bevorzugt, legt es keine oder nur wenige Eier ab, um daraufhin nach anderen Eiern oder Eigelegen zu suchen und einen besser geeigneten Wirt zu finden. Bereits SCHIEFERDECKER (1969) selektierte für zwei *Trichogramma*-Arten 70 Lepidopteren als Schädlinge bei gleichzeitigem Angebot von *Sitotroga*-Eiern. Die Präferenz von Wirtseiern durch *Trichogramma* hängt vom Wirtsei-Alter, olfaktorischen Reizen, wie dem Ei anhaftenden Kairomonen und der Wirtsei-Größe ab. PAK & DEJONG (1987) zeigten, dass *T. buesi* und *T. brassicae* kleine Wirtseier gegenüber großen Eiern bevorzugten, während von *T. evanescens* nach SALT (1940) große Wirtseier bevorzugt wurden. Es wurden in den vorliegenden Versuchen frische Eier verwendet, um das Alter der Eier als Präferenzfaktor auszuschließen. Dieser Parameter wurde in einem separaten Versuch beobachtet. Die Größe der Wirtseier war ähnlich. SCHÖLLER (2000) unterschied Volumen und Größe der Wirtseier für einige Vorratsschädlinge. Die Dicke des Chorions ist bei der erfolgreichen Parasitierung von Bedeutung und kann eine geringere Präferenz von *Sitotroga*-Eiern mitbestimmen (SCHÖLLER 2000). Sowohl in Eiern von *Sitotroga* als auch *Tineola* entwickelt sich in der Regel nur ein Individuum der Parasitoide. Da beide Arten nicht in natürlicher Eiablage angeboten wurden,

reduzieren sich die olfaktorischen Reize ausschließlich auf die am Ei haftenden Kairomone, beispielsweise Flügelschuppen (LEWIS & NORDLUND 1985). Eier der Kleidermotte und Pelzmotte aus natürlicher Eiablage wurden in einem separaten Versuch untersucht. Die angebotenen Wirtseier wurden nicht von den Duftreizen gereinigt. PAK (1988) und SAKR (2003) wiesen durch Reinigung der Wirtseier mit Lösungsmitteln nach, dass die Suchaktivität und Akzeptanz dieser Eier durch *Trichogramma* deutlich abnahm.

Für diese Selektionsversuche wurden Methoden nach HASSAN (1990) und WÜHRER (1994) verwendet. Sie stellten eine Kombination aus indirekter und direkter Beobachtung der Parasitoide dar. DIJKEN *et al.* (1986) untersuchten die Wirtspräferenz unter ständiger Beobachtung der Einzelweibchen, was sehr zeitaufwändig war und sich auf wenige Versuchstiere beschränken muss. WÄCKERS *et al.* (1987) verglichen die beiden Methoden und kamen für die Zielwirte *H. armigera* und *O. nubilalis* auf ähnliche Ergebnisse. Bei beiden Methoden erwies sich *H. armigera* als bevorzugter Wirt, und die Parasitierungsleistung hinsichtlich der angebotenen Wirte war bei beiden Verfahren zur Prüfung der Präferenz positiv korreliert.

Zur Prüfung des Präferenzverhaltens wurden maximal 24 Stunden alten *Trichogramma*-Weibchen in 100ml-Glasröhrchen (9,5cm Länge, 2,5cm Durchmesser) gleichzeitig Eier des Zielorganismus, der Kleidermotte *Tineola bisselliella* und Eier des Standard-Massenzuchtwirtes, der Getreidemotte, *Sitotroga cerealella* angeboten (Abb. 35 und 36). Jeweils etwa 2x30 Eier wurden in die Ecken eines 2 x 2 cm großen Stücks Papier aufgeklebt und in die Mitte ein Tropfen Honig-Agar zur Ernährung des Weibchens gegeben. Über einen Zeitraum von vier Stunden wurde in 30 Minuten Abstand der Aufenthaltsort des Weibchens bestimmt und die Anzahl der Kontakte mit den Eiern protokolliert. Die Versuchsdauer betrug fünf Tage. Die Versuche wurden bei 25°C bei 65-70 % rLF und 16:8 Stunden Lichtregime durchgeführt und inkubiert. Sieben Tage nach Versuchsende wurden die schwarz gefärbten, parasitierten Eier ausgezählt und die Parasitierungsleistung ermittelt. Die Präferenz ergab sich als Anteil parasitierter Eier des Zielschädling von der Gesamtzahl parasitierter Eier. Die Schlupfrate aus den Eiern des Zielschädling und das Geschlechterverhältnis wurden als zusätzliche Parameter zur Beurteilung der Wirtseignung bonitiert.

2.4.2.4 Einfluss von Zuchtpassagen mit dem Zielwirt auf die Präferenz

In dieser Untersuchung sollte geprüft werden, ob eine gezielte Zucht von *Trichogramma*-Stämmen auf dem Zielschädling die Präferenz des Nützlings erhöhen kann. Umgekehrt ist bekannt, dass sich die Dauerzucht von Nützlingen auf dem gleichen Massenzuchtwirt negativ

auf seine Effektivität auswirken (BIGLER 1994, VAN LENTEREN 1991). Zur Qualitätssicherung von Nützlingszuchten wird empfohlen, sie bei beobachteten Qualitätsverlusten durch Wildfänge aufzufrischen oder zu ersetzen (VAN LENTEREN 1991). Dies würde insbesondere bei *Trichogramma* bedeuten, eine Zuchtlinie, die sich in Selektionstests als geeignet gegen einen bestimmten Zielschädling erwiesen hat, zu verlieren und in aufwändigen Versuchen, neue Stämme zu testen. HASSAN (1981) empfiehlt regelmäßige Zuchtpassagen auf dem Zielwirt, um die Qualität einer Zuchtlinie zu sichern. In Untersuchungen zur Qualitätskontrolle bei der kommerziellen Anwendung von *T. brassicae* gegen den Maiszünsler *O. nubilalis* sind Untersuchungen mit dem Zielwirt ein wichtiges Kriterium (ZHANG & HASSAN 2001). Durch Selektion von Zuchtlinien durch Zuchtpassagen an Maispflanzen im Gewächshaus und in den Massenzuchtröhren im Labor zu Beginn der Vegetationsperiode soll die Präferenz für den Zielwirt erhalten bleiben. Andererseits könnte durch gezielte Dauerzucht auf einem bestimmten Zielwirt, die Präferenz für diesen Zielwirt durch Selektion der Parasitoide in der Zucht erhöht werden. HOLST & NIKOLAJEW (unpubl. 2001) konnten bei den Traubenwicklern *E. ambiguella* und *L. botrana* nach über 100 Zuchtgenerationen keine deutliche Erhöhung der Präferenz erzielen. KÖLLIKER-OTT *et al.* (2003) verglichen eine langjährige Labor-Dauerzucht von *Trichogramma brassicae* mit frischen Freilandfängen gegenüber dem Zielwirt *Ostrinia nubilalis* und konnten keine deutlichen Nachteile der Dauerzucht feststellen. Da in der Literatur unterschiedliche Ergebnisse und Trends vorliegen, sind weitere Untersuchungen notwendig, insbesondere, da eine gezielte Förderung von Eigenschaften der Nützlinge in einer Massenzucht für eine kommerzielle Anwendung von großer Bedeutung wäre.

Um den möglichen Einfluß von Passagen bei *Trichogramma*-Zuchtlinien auf *Tineola*-Eiern zu untersuchen, wurden ausgewählte Arten, *T. evanescens* (Stamm: Lager) und *T. cacoeciae* (CAC D 90 O), über mehrere Generationen auf Kleidermotteneiern gezüchtet und während dieser Dauerzucht regelmäßig auf ihre Präferenz nach dem in Kap. 3.4.2.3 beschriebenen Präferenztest geprüft. Ziel der Untersuchungen war es festzustellen, ob die Präferenz geeigneter *Trichogramma*-Arten für die Kleidermotte *T. bisselliella* als Zielwirt durch gezielte Zuchtfolgen optimiert werden kann.

2.4.3 Daten der Lebensstafeln von ausgewählten *Trichogramma*-Arten

Zum Vergleich der Kapazität verschiedener *Trichogramma*-Arten wurden ausgewählte Arten, *T. piceum* und *T. cacoeciae*, auf ihrer tägliche Parasitierungsleistung und ihre Lebensdauer unter dem Einfluß unterschiedlicher Temperaturbedingungen untersucht. Der Einfluß äußerer

Faktoren auf *Trichogramma*, wie Witterung in Form von Temperatur, Luftfeuchte und Beleuchtung (Beleuchtungsdauer und -stärke), sowie die Wirtsart wurden früh erkannt und untersucht (QUEDNAU 1956, KOT 1979, WALTER 1983). Temperatureinflüsse auf die Leistung von *Trichogramma*-Arten wurden von ABERA et al. (2002) anhand der Lebensstafel-Daten ermittelt. 13°C wurden als limitierende Temperaturschwelle für eine erfolgreiche Entwicklung beschrieben. Dies ist abhängig von der Aktivität der Enzyme, die unmittelbar von der Temperatur beeinflusst werden (SHARPE & DEMICHELE 1977). Die Entwicklungsdauer liegt bei etwa 90 Tagen bei 13 °C und etwa 8 Tagen bei 34 °C (ABERA et al. 2002). Bei durchschnittlichen 25-27 °C, die in den Massenzuchten angestrebt wurde (HASSAN 1993), liegt die Entwicklungsdauer von *Trichogramma* bei etwa 9-10 Tagen. Abhängig von der Art oder dem Stamm ergeben sich Unterschiede in den Lebensdaten. Ein Einfluß der Temperatur auf das Geschlechterverhältnis von *Trichogramma* wurde nicht festgestellt (OCHIEL 1989). Für den Vorratsbereich war es wichtig, dass die Parasitoide auch bei gemäßigten und niedrigen Temperaturen eine hohe Eiablageleistung und Lebensdauer zeigen. Die Parasitierungsleistung ist bei niedrigen Temperaturen als geringer nachgewiesen (FORSSE et al. 1992). Daher wurden aus Akzeptanz- und Präferenztests vorselektierte *Trichogramma*-Arten auf ihre Eiablageleistung und Kapazität untersucht. Es ergeben sich dadurch Rückschlüsse auf die Eignung der Arten für eine Massenzucht und die mögliche Anwendung im Vorratsschutz.

In der vorliegenden Arbeit wurden *T. piceum* (PIC M 91) und die thelytoke Art *T. cacoeciae* (CAC D 90 O) bei drei verschiedenen Temperaturen auf ihre Lebensdaten untersucht. Der Stamm CAC D 90 O von *T. cacoeciae* wurde ebenfalls bei SCHÖLLER (2000) gegenüber Speichermotten und von SAKR (2003) im Rahmen von Untersuchungen im Obstbau untersucht. Damit bestehen Vergleichsmöglichkeiten zu den dort beschriebenen Lebensdaten. Zur Art *T. brassicae* liegen für einen Zuchtstamm, der im Maisanbau verwendet wurde, Vergleichsdaten aus der Qualitätskontrolle vor (HASSAN & ZHANG 2001). Die Art *T. piceum* wurde bislang noch nicht auf ihre Lebensdaten untersucht. Ein Vergleich bietet sich an mit Untersuchungen von SCHÖLLER (2000) und HANSEN & JENSEN (2002), die die Parasitierungsleistung und Lebensdaten der bereits kommerziell verwendeten Art *T. evanescens* (Stamm: Lager) im Vorratsschutz gegen *Ephesia kuehniella* prüften.

Für die Untersuchungen wurden Temperaturen von 15°C, 20°C und 25°C pro Art parallel in verschiedenen Klimakammern getestet, um den Einfluß der Temperatur auf Lebensdauer und Eiablageleistung festzustellen. Pro Behandlung wurden 30 Weibchen einzeln in Einmalkulturröhrchen (7,5 cm lang und 1 cm Durchmesser) umgesetzt und das Röhrchen mit

einem Wattebällchen verschlossen. Der Wattestopfen gewährleistet eine ausreichende Luftzufuhr und Luftfeuchte. Die verwendeten Weibchen in den Experimenten waren zwischen 12 und 24 Stunden alt, befruchtet und hatten keine Eiablage-Erfahrung. Direkte Beobachtungen in Vorversuchen zeigten, dass die männlichen Tiere früher schlüpften als die Weibchen und diese sofort nach dem Schlupf begattet wurden. Als Futtergabe diente ein Tropfen Honig-Gelatine auf der Eikarte. Um die Daten der Lebenstafeln ('life-table') zu erfassen, wurde jedem Weibchen jeweils Eikreise von *S. cerealella* als Wirte angeboten. Die Mortalität wurde jeden Tag überprüft und protokolliert, sobald ein Weibchen starb. Jeder parasitierte Eikreis wurde danach nach einzelnen Tagen in frische Einmalkulturröhrchen umgesetzt. Die Anzahl Nachkommen wurde nach männlichen und weiblichen Tieren differenziert und die Anzahl nicht geschlüpfter, schwarzer Wirtseier aufgenommen, um Parasitierungsrate, Schlupfrate und Geschlechterverhältnis zu ermitteln. Fünf Lebenstafel-Parameter wurden berechnet: Netto-Reproduktionsrate ('net reproductive rate' R_0), Wachstumsraten ('intrinsic rate of increase' r_m , 'finite rate of increase' λ), durchschnittliche Generationsdauer ('mean generation time' T_G) und Verdopplungszeit ('doubling time' T_2) (BIRCH 1948, SOUTHWOOD 1986). Die konstanten klimatischen Versuchsbedingungen lagen bei einer Luftfeuchte von 60-70 % und 16:8 Stunden Lichtregime.

Tabelle 11: Berechnung der Lebenstafel-Parameter (mit Angabe der englischen Fachausdrücke)

Formel	Definition
X	Alter ('age')
l_x	überlebende Weibchen zum Alter x ('survival of adult females to age x')
m_x	Reproduktion eines Weibchens zum Alter x ('reproductive expectation of a female at age x')
$R_0 = \sum l_x m_x$	Netto-Reproduktionsrate ('net reproductive rate')
$T_G = (\sum x l_x m_x) / R_0$	Generationsdauer ('mean generation time')
$r_m = (\ln R_0) / T_G$	artspezifische Vermehrungsrate ('intrinsic rate of increase')
$\lambda = \exp(r_m)$	diskrete Vermehrungsrate ('finite rate of increase')
$D_t = (\ln 2) / r_m$	Verdopplungszeit ('doubling time')

Zur Datenanalyse wurden die Ergebnisse zu Lebensdauer und Eiablageleistung $\log_{10}$ transformiert, die Daten zur Schlupfrate und dem Geschlechterverhältnis wurden arcsin

transformiert und mittel ANOVA analysiert. Die Mittelwerte wurden mit dem Tukey-Test (HSD) geprüft (SAS Institute 1996). Die Lebensstafel-Parameter wurden berechnet wie in Tabelle 11 beschrieben. Die Überlebensrate der Weibchen, das Geschlechterverhältnis und die Schlupfrate sind wichtige Parameter in der Beschreibung der Lebensdaten von *Trichogramma*. Zur Kapazität der Parasitoide wurde die Netto-Reproduktionsrate berechnet. Sie gibt die Anzahl weiblicher Nachkommen eines Weibchens während einer Generation wieder. Die artspezifische Vermehrungsrate entspricht der Anzahl Nachkommen pro Zeiteinheit, die diskrete Vermehrungsrate ist ein Maß für den Zuwachs einer Population pro Zeiteinheit (ABERA et al. 2002).

2.4.3.1 Parasitierung der Kleidermotte *T. bisselliella* durch *T. piceum*

Die Parasitierungsleistung geeigneter Arten und Stämme von *Trichogramma* gegen die Kleidermotte wurde am Beispiel der Art *T. piceum* geprüft (Abb. 37 und 38). Versuche von QUEDNAU (1956) beschrieben lediglich die Akzeptanz von Kleidermotten-Eiern. ADLER et al. (1998) hatten ebenfalls nicht die Kapazität von *Trichogramma* zum Ziel. In Analogie zur Ermittlung der Daten der Lebensstafeln mit *Sitotroga*-Eiern in Kap. 3.4.4. wurden in diesem Versuch täglich frische Eier der Kleidermotte *T. bisselliella* als Wirtseier angeboten. Damit konnten Angaben zur maximal zu erwartende Parasitierungsleistung durch *T. piceum* gegenüber der Kleidermotte ermittelt werden.

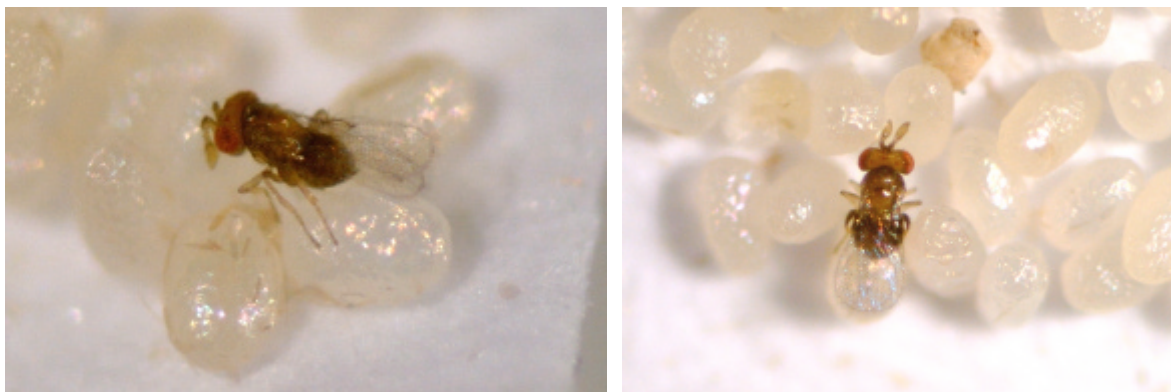


Abb. 37 + 38: *Trichogramma* bei der Eiablage in Kleidermotten-Eier

Die Parasitierungsleistung von *T. piceum* (PIC M 91) wurde über einen Zeitraum von vier Tagen mit maximal 24-Stunden alten Einzelweibchen geprüft. 30 Weibchen wurden einzeln in Einmalkulturröhrchen (7,5 cm lang und 1 cm Durchmesser) eingesetzt und das Röhrchen mit einem Wattebällchen verschlossen. Etwa 60 Wirtseier wurden mit Tragant-Leim auf Eikärtchen geklebt und täglich gegen neue Eikärtchen gewechselt. Als Futtergabe diente ein

Tropfen Honig-Gelatine auf der Eikarte. Die Versuche liefen bei 25°C, 65-70 rLF und 16:8 Stunden Lichtregime ab. Die Überlebensrate der Weibchen wurde täglich protokolliert. Nach erfolgtem Schlupf der Parasitoide der F1-Generation wurden die Parasitierungsleistung Schlupfrate, Geschlechterverhältnis bonitiert. Die tägliche Eiablageleistung der Einzelweibchen und die Überlebensrate dienten als Parameter für das Leistungsvermögen des *Trichogramma*-Stammes PIC M 91 hinsichtlich der Parasitierung von Eiern der Kleidermotte *T. bisselliella*.

2.4.3.2 Parasitierung der Pelzmotte *T. pellionella* durch *T. piceum*

Die Parasitierung der Pelzmotte *T. pellionella* durch Eiparasitoide der Gattung *Trichogramma* (Abb. 39 und 40) wurde bislang nicht dokumentiert. In kühleren Lagerräumen tritt die Pelzmotte und verwandte *Tinea*-Arten häufiger auf als die Kleidermotte (PETERSEN 1957, WEIDNER & SELLENSCHO 2003). Sie zählt innerhalb der Tineiden zu einer anderen Gattung als die Kleidermotte. Daher war es erforderlich die Eignung der Gattung *Tinea* als Wirt für *Trichogramma* zu prüfen. Die Pelzmotte *T. pellionella* stand nicht in Dauerzucht zur Verfügung, wurde jedoch durch eine Eiablage aus einem Freilandfang in einem Akzeptanz-Test mit der Art *T. piceum* PIC M 91 geprüft. Die Eiablage erfolgte auf feinem, schwarzen T-Shirt-Textil ohne Keratin, das in der Dauerzucht der Kleidermotte als Eiablage-Substrat (Kap. 3.2.1) diente. Die Eier von *T. pellionella* wurden in Form dieser natürlichen Eiablage in dem Versuch verwendet. Aus dem Eiablage-Textil wurde jeweils Stoffstücke mit 10 Wirtseiern (etwa 2x2 cm) ausgeschnitten und 20 Einzelweibchen in 100ml-Glasröhrchen (9,5 cm Länge, 2,5cm Durchmesser) zur Parasitierung angeboten.

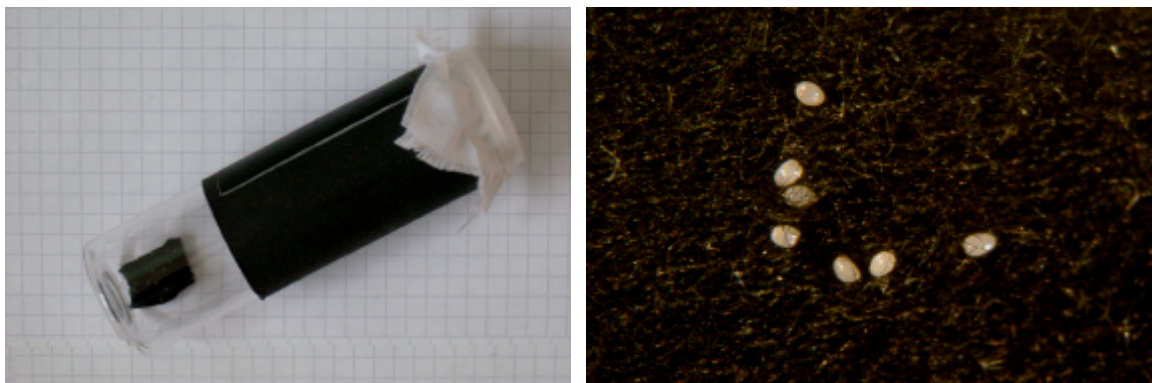


Abb.39 + 40: Versuch zur Parasitierung von Eiern der Pelzmotte *Tinea pellionella* aus natürlicher Eiablage auf Textil-Stoff durch *T. piceum* (Stamm: PIC M 91)

(li: Versuchsröhrchen mit Stoffstück, re: natürliche Eiablage von *T. pellionella*)

Es erfolgte keine zusätzliche Futtergabe. Die Versuche liefen über vier Tage bei 25°C, 65-70rLF und 16:8 Stunden Lichtregime ab. Die Überlebensrate der Weibchen wurde täglich protokolliert. In Analogie zu den Versuchen zur Akzeptanz (Kap. 3.4.2.1) wurden über einen Zeitraum von vier Stunden zu Beginn des Versuches der Aufenthaltsort der Einzelweibchen und die Kontaktaufnahme mit den Wirtseiern protokolliert. Die Parasitierungsleistung der Einzelweibchen und ihre Überlebensrate dienten als Parameter für das Leistungsvermögen des *Trichogramma*-Stammes PIC M 91. Mit diesem Versuch wurde erstmalig die prinzipielle Akzeptanz von Eiern der Pelzmotte *Tinea pellionella* durch *Trichogramma* überprüft.

2.5 Halbfreilandtests zur Suchaktivität von *Trichogramma* spp.

2.5.1 Erweiterte Käfigversuche zur Suchaktivität

Um verschiedene Aspekte der Wirtsfindung detailliert beurteilen zu können, wurden Versuche in Halb-Freiland-Käfigen durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Versuche sind von besonderer Bedeutung für die mögliche praktische Anwendung von *Trichogramma*-Schlupfwespen in der Bekämpfung von Kleidermotten und anderer textilschädigender Tineiden hinsichtlich der Dosierung und Verteilung der Ausbringungseinheiten mit den Nützlingen.

Die Suchaktivität ist ein wichtiger Selektionsfaktor bei Auswahl von Nützlingen mit den notwendigen Eigenschaften zur Bekämpfung des Zielschädlings. Diese Halbfreilandtests wurden von HASSAN & GUO (1991) bei der Bekämpfung des Maiszünslers, von WÜHRER (1994) zur Bekämpfung tropischer Schadlepidopteren und bei SAKR (2003) gegen den Apfelwickler angewandt. Nach Versuchen zur Akzeptanz und Präferenz der Parasitoide zeigt sich in diesem Testverfahren unter praxisnahen Bedingungen, welche Arten und Zuchtlinien sich für Bekämpfungsmaßnahmen eignen. Insbesondere die Dauer der Suche ist von Bedeutung, da die Wirtseier mit zunehmendem Alter weniger akzeptiert werden. Zudem sind unter Praxisbedingungen im Vorrat keine zusätzlichen Nahrungsquellen für *Trichogramma* verfügbar als das Exudat der angestochenen Wirtseier, das 'host-feeding'. Ein schnelles Auffinden der Eier der Schadlepidopteren erhöht daher die Lebensdauer der Nützlinge und sichert insgesamt den Bekämpfungserfolg. Kairomone von Flügelschuppen können die Suchaktivität der Parasitoide erhöhen (NORDLUND 1981, VINSON 1984, PAK 1988). Die Bedingungen in Vorrats- und Lagerräumen unterscheidet sich grundsätzlich von denen bei Pflanzenkulturen im Freiland. Für *Trichogramma* ist in Analogie zu Pflanzen die haarige Oberfläche der geprüften Textilien mit stark behaarten Blättern zu vergleichen. Eine große

Oberfläche der Materialien kann die Leistungsfähigkeit der Nützlinge einschränken und wurde daher als wichtiger Faktor für die praktische Umsetzung in dieser Versuchseinstellung mit unterschiedlichen Textiloberflächen geprüft. VAN LENTEREN (1986) hat eine Reduktion der Suchleistung von *Encarsia formosa*, dem Gegenspieler der Weißen Fliege, aufgrund der starken Behaarung von Tomatenpflanzen festgestellt. WÜHRER (1994) stellte ebenfalls an Tomaten eine Reduktion der Effektivität von *Trichogramma* fest. Es war nicht zu differenzieren, ob die starke Behaarung oder repellente Duftstoffe der Pflanze einen stärkeren Anteil an der verminderten Sucheffektivität der Parasitoide hatten. Die für Vorratslager wichtige Suchaktivität von *Trichogramma* in geschüttetem Getreide wurde von SCHÖLLER (2000) mit einer Eindringtiefe der Parasitoide von bis zu 55 cm festgestellt. Geschüttetes Getreide zeichnet sich durch eine sehr große Oberfläche aus und deutet das Potential der Suchleistung von *Trichogramma* an.

Tab. 12: Untersuchte Variationen der Halbfreilandversuche

Untersuchte <i>Trichogramma</i> -Arten und Stämme	<i>T. piceum</i> PIC M 91	<i>T. cacoeciae</i> CAC D 90 O	<i>T. evanescens</i> (Stamm: Lager)	<i>T. brassicae</i> (Stamm: Kohl)
Wirt-Parasitoid-Verhältnis			+	
<i>S. cerealella</i> - Wirtseier	+		+	
<i>T. bisselliella</i> - Wirtseier	+	+	+	+
3 Textiloberflächen	+			
Position der Startpopulation	+			

Die bereits kommerziell angewandten *Trichogramma*-Arten gegen Pflanzen- und Vorratsschädlinge in Deutschland wurden unter anderem über dieses Auswahlverfahren bestimmt (HASSAN *et al.* 1986, 1988, HASSAN & WÜHRER 1997, SCHÖLLER *et al.* 1996). Im vorliegenden Halbfreilandversuch wurden verschiedene Parameter untersucht, die für die Praxis von besonderer Bedeutung sind. Sie sind in Tab. 12 wiedergegeben.

Die **Versuchsmethodik** wurde in Anlehnung an Halbfreilandtests von HASSAN & GUO (1991) und WÜHRER (1996) mit getopften Pflanzen angelegt und auf die speziellen Anforderungen der Untersuchung von Kleidermotten als Materialschädlinge modifiziert. Die Suchleistungsversuche wurden in Halbfreiland-Käfigen (100 x 50 x 65 cm) mit frei aufgehängten Stoffbahnen (Größe 25 x 45 cm) und *Trichogramma*-Populationen als Versuchseinheit unter gezieltem, regelmäßigen Angebot von Wirtseiern durchgeführt (Abb. 41 und 42). Drei stark unterschiedliche Materialien dienten als Versuchstextilien:

feingewobener Stoff mit etwa 1,5 mm Dicke ohne abstehende Wollfasern, ein etwa 3 mm mittel-feines Wollgewebe mit deutlich abstehenden Wollfasern und ein gegerbtes Schaffell von etwa 2,5 cm Dicke.



Abb. 41 + 42: Versuchskäfige zur Durchführung erweiterter Laborversuche zur Suchleistung

Köderstellen mit jeweils fünf frischen Wirtseikreisen von jeweils etwa 120 Eiern wurden in vier festgelegten Entfernungen (10 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm) von der Startpopulation der Parasitoide befestigt. Als Ködereier wurden Getreidemotteneier *S. cerealella* und Eier der Kleidermotte *T. bisselliella* verwendet. Am ersten Versuchstag wurden die Startpopulationen in den Versuchskäfigen an den Stoffbahnen befestigt. Am zweiten Versuchstag erfolgte die erste Eigabe, zum dritten und fünften Versuchstag die zweite und dritte Eigabe. Zu jeder Eigabe wurden die Eikreise der vorherigen Eigabe gegen frische Wirtseier ausgewechselt. Die ausgetauschten Eikreise wurden auf *Trichogramma*-Individuen untersucht, die auf der Eikarte saßen oder Wirtseier parasitierten. Diese Kontaktaufnahme wurde jeweils protokolliert. Am siebten Tag wurden die Eikreise der dritten Eigabe eingesammelt und nach mindestens fünf Tagen ausgewertet und die Parasitierung in Form schwarz gefärbter Eier ausgezählt. Die Käfige wurden nach jeder Versuchsdurchführung intensiv von möglicherweise noch lebenden Parasitoiden gereinigt. Das Suchverhalten und die erfolgreiche Wirtsfindung wurden somit indirekt anhand der Kontaktaufnahme mit den angebotenen Eikreisen und der Parasitierung von Eiern an den Köderstellen ermittelt. Die Startpopulationen wurden anhand der Anzahl schwarzer, parasitierter Eier der Eikreise der Ausgangspopulation mit Schlupfloch unter Einbeziehung des Geschlechtsverhältnisses der jeweils geprüften Art bestimmt.

Die Versuche liefen in einem klimatisierten Raum über einen Zeitraum von sieben Tagen ab (24-25°C und 40-45 % rLF, Lichtregime 16:8). Die Klimabedingungen wurden im Gegensatz zu Versuchen mit Pflanzenschädlingen, bei denen hohe Luftfeuchtigkeit vorliegt, verändert

und ohne zusätzliche Futtergabe bei diffusem Licht und durchschnittlich 40-45 % Luftfeuchte durchgeführt und somit Lagerungsbedingungen angenähert.

2.6 Untersuchungen zur Kombination von Nützlingsfreilassungen mit biologischen Bekämpfungsmitteln

2.6.1 Nebenwirkungstests mit Repellents und Niem

Eine prinzipielle Fragestellung der vorliegenden Arbeit war, unter welchen Bedingung die gemeinsame Verwendung von Parasitoiden und bereits gebräuchlichen biologischen Bekämpfungsmitteln eine sinnvolle und wirksame Bekämpfung der textilschädigenden Motten ermöglicht. Bei einer Kombination von Parasitoiden mit der Anwendung von Repellents als Vergrämungsmittel und biologischen Insektiziden wie Niem-Präparaten sollte eine toxische Wirkung gegenüber *Trichogramma* vermieden werden. In der Praxis ist diese kombinierte Anwendung nicht auszuschließen und zur Steigerung der wirksamen Bekämpfung der textilschädigenden Lepidopteren sogar wahrscheinlich.

Biologische Bekämpfungsverfahren gegen tineide Motten sind Vergrämungsmittel, sogenannte Repellents (REICHMUTH et al. 1997) und biologische Insektizide auf Niem-Basis, mit dem im Pflanzenschutz bereits genutzten Wirkstoff Azadirachtin (SCHMUTTERER 1994). Pheromonfallen mit Lockstoff und Klebfläche werden, trotzdem sie nur für männliche Falter attraktiv sind, ebenfalls als Bekämpfungsmaßnahme eingesetzt. Eine negative Auswirkung von Pheromonen aus Klebfallen auf *Trichogramma* kann für den Bereich der Lebensmittel schädigenden Lepidopteren ausgeschlossen werden (SCHÖLLER et al. 2001).

Von biologischen Insektiziden und Repellents kann diese spezifische Wirkung nicht erwartet wurden. Zur Untersuchung der Nebenwirkung von Azadirachtin in Niem-Produkten war eine Wirkung auf *Trichogramma* möglich, da Azadirachtin direkt auf das Hormonsystem von Insekten wirkt. Die Kombination von Präparaten wie dem getesteten Niem-Spray[®] und Parasitoiden gegen textilschädigende Motten kann eine sinnvolle Ergänzung für biologische Bekämpfungsmethoden darstellen, da *Trichogramma* in Bereichen aktiv nach Wirtseiern sucht, die von einer Niem-Behandlung nicht erreicht wurden. Niem-Formulierungen wurden gegenüber Braconiden bislang als weitgehend unbedenklich getestet (SCHMUTTERER 1994, NIEMANN & HILBIG 2000). Bezüglich der Anwendung von Niem-Präparaten im Pflanzenschutz ist bekannt, dass sie im Laborversuch eine Wirkung gegenüber *Trichogramma* aufwiesen, jedoch unter praxisnahen Bedingungen geringere Nebenwirkungen zeigten. Daher war es notwendig, diese Produkte mit *Trichogramma* spp. als besonders sensitivem Parasitoid

zu testen. Ziel der Versuche war es abzusichern, ob und falls ja, in welchem Masse die Aktivität der Parasitoide und deren Parasitierungsleistung durch Repellents und Niem-Produkte beeinflusst wurde. Die Untersuchung toxischer oder repellenter Wirkungen gegenüber Parasitoiden dient der praktischen Kombination dieser biologischen Bekämpfungsmaßnahmen und zeigt möglicherweise notwendige Anwendungshinweise auf.

Für *Trichogramma* spp. steht ein **Verfahren zur Prüfung der Nebenwirkung** von Pflanzenschutzmitteln zur Verfügung, um praxisnahe Aussagen über die Nebenwirkungen von Pflanzenschutzmitteln gegenüber Nützlingen zu treffen (HASSAN 1974, 1977, 1992 und HASSAN et al. 2000). Diese behördlich anerkannte internationale Prüfrichtlinie (HASSAN 1989) wurde in der vorliegenden Arbeit leicht modifiziert angewandt. Mit dem Test können die initiale Toxizität und subletale Wirkungen auf die adulten Parasitoide untersucht werden. Die Reduktion der Parasitierungsleistung von *Trichogramma* durch die Prüfsubstanzen relativ zur Kontrolle dienen als Maßstab für die Schädlichkeit eines Präparates. Als primärer Test wurde mit dem **Glasplattenkäfig** von „worse-case“ Bedingungen ausgegangen (Abb.43 und 44). In ihm können die Prüfsubstanzen **auf Glas oder Trägermaterialien**, wie Blättern oder im vorliegenden Falle auf Stoffstücken geprüft werden. Weitere Versuche zur **Persistenz** berücksichtigen eine Wartezeit nach der Behandlung mit der Prüfsubstanz und **erweiterte Käfigversuche** bezogen praxisnahe Verdünnungseffekte, im vorliegenden Fall einen größeren Versuchsraum bei der Anwendung der jeweiligen Produkte mit ein. Der Standardtest zur Untersuchung der Nebenwirkungen von Pflanzenschutzmitteln wurde leicht modifiziert mit der Art *T. piceum* durchgeführt. Getestet wurden handelsübliche Repellents und zwei praxisrelevante Niem-Präparat. Tabelle 13 gibt die getesteten Produkte und ihre Dosierung wieder. In Anlehnung an die Herstellerangaben wurden die Dosierungen der untersuchten Produkte für den Test im Glasplattenkäfig angepasst und reduziert.

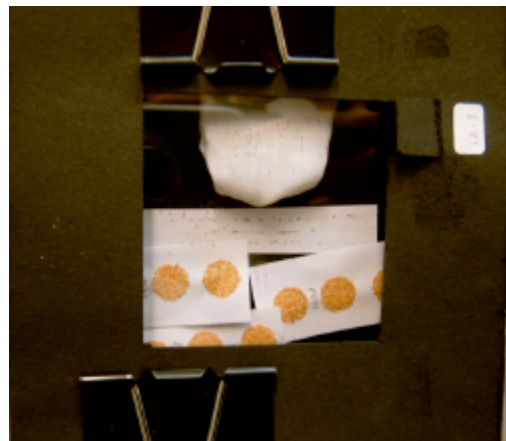
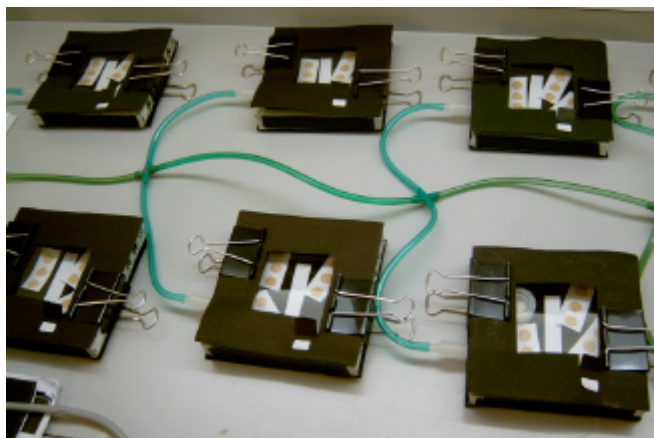


Abb. 43 + 44: Glasplattentest: Versuchsanordnung und Einzelkäfig

Tab. 13: Geprüfte Repellents und Niem-Produkte (Dosierung und Testmenge)

	Dosierung (Hersteller)	Testmenge
Repellents		
Lavendel-Blätter (getrocknet)	35g (Säckchen, 1-2 m ²)	0,5 g
Lavendel-Öl (auf Watte)	1 Dose / Schrank (1-2 m ²)	1 Watteball (1 cm Durchmesser)
Lavendel-Öl (flüssig)	ohne Angaben	gesprüht
Patchouli-Blätter (getrocknet)	38g (4 x 16g-Säckchen, 1-2 m ²)	0,5g
Zedernholz (Holzstück)	maximal 10 / Schrank (1-2 m ²)	¼ Holzscheibe (2,5 cm Durchm.)
Niem-Produkte		
Niem-Spray (Niem-Öl 75 %, Rimulgan, Lavendelöl, Citronelle)	14 ml auf 10m ² Textilfläche	gesprüht
Niem-Öl (Komponente in Niem-Spray)	5 % Niem-Öl aus gepressten Niem-Kernen	aufgetupft

Zur **Versuchsdurchführung** wurden zwei Glasplatten mit Hilfe eines Aluminiumrahmens zu einem quadratischen Käfig von 13 cm Kantenlänge und 1,5 cm Höhe zusammengefügt. Mit Batist verschlossene Öffnungen des Rahmens dienten der Ventilation. Ein Schlauchsystem mit Vakuumpumpe sorgte für eine gleichmäßige Luftabsaugung, um eine unerwünschte Konzentration von Gasphasen in den Versuchskäfigen zu vermeiden. Behandelt wurde jeweils die untere Glasplatte durch Spraysen oder es wurde ein behandeltes Stück Stoff in den Käfig eingelegt, bzw. die repellenten Produkte auf kleinen Papierstücken in den Käfig geschoben. Das Einleiten der am Vortag geschlüpften Versuchstiere in die Käfige erfolgte unter Ausnutzung ihrer positiven Phototaxis. Aus mit parasitierten Eikreisen und Honig-Futter vorbereiteten, abgedunkelten Schlupfröhren liefen die Tiere selbstständig dem Licht entgegen in den Glasplattenkäfig. Je Substanz wurden nach den Richtlinien vier Käfige mit jeweils etwa 150-200 weiblichen Parasitoiden als Ausgangspopulation eingesetzt. Es musste im Test mit *T. piceum* zusätzlich das Geschlechterverhältnis berücksichtigt und der Anteil Weibchen ermittelt werden. Die Startpopulationen wurden nach einer festgelegten Expositionszeit von 24 bzw. 6 Stunden in die Käfige freigelassen. Mit der längeren Einwirkdauer sollte eine möglicherweise stärkere negative Wirkung auf die Parasitoide überprüft werden. In beiden

Fällen erhielten die Tiere Honig-Futter, Wirtseier wurden erst nach Ende der Expositionszeit angeboten. Den Parasitoiden wurden insgesamt 9 mit Tragant aufgeklebte Eikreise mit jeweils 750 Wirtseiern der Getreidemotten *Sitotroga cerealella* zur Parasitierung im Käfig angeboten, nach 48 Stunden sechs weitere Eikreise und nach 120 Stunden drei letzte Eikreise. Durch das Überangebot an frischen Wirtseiern ist die maximale Parasitierungsleistung gewährleistet. Die Tiere der Startpopulation im Glasplattenkäfig erhielten somit am zweiten, dritten und fünften Versuchstag insgesamt pro Käfig etwa 13 500 Eier der Getreidemotte *Sitotroga cerealella* zur Parasitierung. Den Tieren wurde bis zum Versuchsende Honig-Gelatine auf einem Papierstreifen als Futter angeboten. Es wurden jeweils vier Wiederholungen mit Glasplattenkäfigen durchgeführt. Die Versuche wurden in einem klimatisierten Raum (26 ± 2 °C und 60 - 70 % rLF) bei ständiger Beleuchtung unter kontrollierten Bedingungen durchgeführt.

In Tab. 14 wird dargestellt, welche Varianten in den Glasplattentest geprüft wurden. Sowohl verschiedene Träger der Prüfsubstanzen (Stoff oder Glas) als auch der mögliche Kontakt mit den Parasitoiden wurde untersucht.

Tabelle 14: Untersuchte Varianten der Repellents und Niem-Präparate

	Stoff	Glasplatte	Kontakt mit <i>Trichogramma</i>	kein Kontakt mit <i>Trichogramma</i>
Repellents				
Lavendel-Öl:				
Öl-Spray	+		+	
Öl auf Watte	+	+	+	+
getrocknete Blüten	+	+	+	+
Patchouli-Öl:				
getrocknete Blätter		+	+	
Zedern-Öl:				
Holzscheibe		+	+	
natürliche Insektizide (Wirkstoff Azadirachtin)				
Niem-Präparate:				
Niem-Spray ®	+	+	+	(+)*
Niem-Öl	+	+	+	

* Wahlversuch in großen Käfigen mit Niem-Spray ®

Zum Vergleich kamen getrocknete Pflanzenteile und flüssige Extrakte der ätherischen Öle als wirkende Hauptkomponente auf verschiedene Art, wie z.B. in Form ölgetränkter Watte. Die Repellent-Produkte wurden in den Versuchen gemäß ihrer handelsüblichen Formulierung

verwendet. Niem-Spray® und Lavendel-Öl wurde mit Handsprayern appliziert, Niem-Öl aufgrund seiner öligen Konsistenz mit einem Schwämmchen aufgetupft. In einem Versuch wurden in Glasplattenkäfigen die repellent wirkenden getrockneten Substanzen und ölgetränkte Watte offen angeboten. Die Parasitoide konnten damit in direkten Kontakt kommen. Ein Öl-Extrakt und die Niem-Produkte wurden direkt auf Glas oder den Stoff gesprüht und die Parasitoide kamen damit in unmittelbaren Kontakt. In einem weiteren Versuch wurden einige Substanzen zusätzlich verschlossen wie es in der Praxis mit Döschen und Säckchen der Fall ist, so dass ein direkter Kontakt der Substanzen mit den Parasitoiden ausgeschlossen war. Ein öliger Extrakt wurde auf Watte in einer verschlossenen, gelochten Plastikdose angeboten. Hier war ebenfalls kein direkter Kontakt mit dem Öl möglich. In Analogie zur Verwendung von gesprühten Blättern im Standardtest wurde in einer Versuchsreihe Stoff mit den Testmitteln besprüht, um eine Annäherung an die Praxisbedingungen im Vorratsschutz zu schaffen.

Mit Niem-Produkten wurde zusätzlich ein **Persistenztest** durchgeführt, um die Wirkungsdauer der Produkte genauer zu erfassen und einen zeitabhängigen Abbau oder eine Verflüchtigung der direkt toxisch wirkenden Komponenten auf *Trichogramma* einzubeziehen. Laut Herstellerangaben ist Niem-Spray® über einen Zeitraum von einem halben Jahr wirksam, so dass die Untersuchung einer Wartezeit für eine kombinierte Anwendung sinnvoll war. Für den Persistenztest wurden Stoffstücke mit Niem-Spray® und Niem-Öl gesprayed bzw. betupft und über eine Wartezeit von 14 und 30 Tagen bei 22°C und 50% Luftfeuchtigkeit in leicht geöffneten Plastikschaalen gelagert. Eine unbehandelte Kontrolle diente als Vergleich.

Zur **Versuchsauswertung** wurden fünf Tage nach der letzten Eigabe die eingesammelten Eikreise erhitzt und die Parasitierungsrate anhand der Anzahl schwarzer Eier bestimmt. In den Röhrchen der Startpopulation wurde die Anzahl schwarzer Eier der Startkreise bestimmt und die Anzahl zurückgebliebener Parasitoide im Röhrchen. Die Differenz der zurückgebliebenen Tiere zur Anzahl schwarzer Eier auf den Start-Eikreisen ergab die Anzahl Tiere, die in dem Glaskäfig aktiv waren. Die Startpopulation wurde hinsichtlich des Geschlechterverhältnisses und der Schlupfrate bonitiert. Falls eine auffällige Mortalität der adulten *Trichogramma* innerhalb der ersten 24 Stunden oder auf den Futterstreifen mit Honig-Gelatine auftrat, wurde diese zusätzlich dokumentiert. Als Parasitierungsleistung wurde die Anzahl parasitierter Wirtseier pro *Trichogramma*-Weibchen berechnet. Die Reduktion dieser Parasitierungsleistung im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle wurde ermittelt und nach den internationalen Richtlinien der IOBC (HASSAN et al. 2000) wurde die so berechnete

Reduktion der Parasitierung in Kategorien der Schadwirkung klassifiziert, um die Ergebnisse praxisnah umsetzen zu können.

Ergänzend zu den Glasplattentests wurde ein **erweiterter Käfigtest mit Niem-Präparaten** in Glasaquarien (30x40x40 cm) durchgeführt, um die Suchleistung und das Auswahlverhalten von *Trichogramma* zu testen. Ziel des Käfigtests war es festzustellen, ob *Trichogramma* spp. sein Suchverhalten unter dem Einfluß Niem-behandelter Textilflächen gezielt auf die nicht-behandelte Fläche richtet und dort unter Einfluß gasförmiger Komponenten des Niem-Sprays die Ködereier parasitieren kann. Die Versuchskäfige waren nicht völlig geschlossen, sodass ein Teil der Tiere die Käfige durch den Deterrent-Effekt abgeschreckt verlassen konnte. In 15 cm Distanz von der Startpopulation jeweils gegenüberliegend an den Seitenwänden der Aquarien zwei Stoffstücke (15 x 5 cm) mit doppelseitigem Klebeband fixiert (Abb. 45). Jeweils eines der Stoffstücke wurde zuvor mit Niem-Spray behandelt und für sechs Stunden getrocknet. Die Startpopulationen mit etwa 1200 Tieren der Art *T. piceum* wurden einen Tag vor Schlupf zentral am Boden des Aquariums ausgelegt. Die Stoffstücke wurden mit jeweils 40 Eikreisen mit etwa 50 Eiern der Getreidemotte *S. cerealella* als Köder bestückt. Nach zwei und vier Tagen wurden die Ködereier durch frische Eikreise ersetzt. Nach fünf Tagen wurden die eingesammelten Ködereier hinsichtlich Parasitierung und Schlupfrate ausgezählt. Bei den Startpopulationen wurden das Geschlechterverhältnis und die Schlupfrate bestimmt. Ausgewertet wurde anschließend die Parasitierung von Ködereiern auf behandeltem und unbehandeltem Stoff, um einen möglichen Einfluß des mit Niem behandelten Stoffes gegenüber den *Trichogramma*-Weibchen zu untersuchen. Es wurden 2 x 15 Wiederholungen in einem klimatisierten Raum (26 ± 2 °C und 60 - 70 % rLF) bei ständiger Beleuchtung unter kontrollierten Bedingungen durchgeführt.

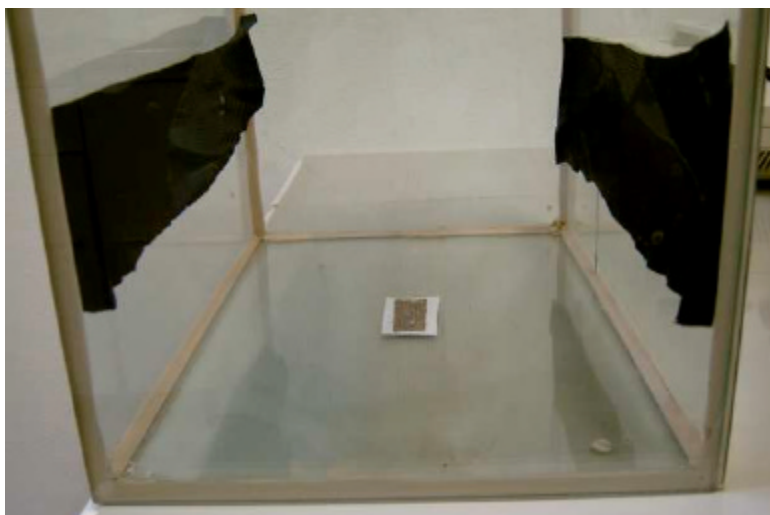


Abb.: 45 Erweiterter Käfigtest mit Niem-Präparat

2.7 Praxisversuche zur Bekämpfung von textilschädigenden Motten

Es wurden im Rahmen der Untersuchungen in Kooperation mit Nützlingsfirmen Praxisfreilassungen durchgeführt, um die Effektivität der von *Trichogramma*-Arten und *A. carpatus* zu prüfen. Die Testfreilassungen sollten zudem erste Erfahrungen mit den Praxisbedingungen ermöglichen, wie beispielsweise die Verpackung und der Versand der Nützlinge und eine Beratung potentieller Kunden. Die Anforderungen der jeweiligen Befallssituationen wurden recherchiert und die Nützlingsanwendung in das Bekämpfungskonzept einbezogen. Möglichkeiten zu Testfreilassungen ergaben sich durch Anfragen von Kunden an die Kooperationspartner BIp - Biologische Beratung und AMW Nützlinge. Ein erster Nützlingseinsatz mit adulten *A. carpatus* aus einer Laborzucht wurde bisher nur von PLARRE (2002) durchgeführt und konnte zusammen mit begleitenden Hygienemaßnahmen einen Kleidermottenbefall erfolgreich reduzieren.

2.7.1 Erste Praxisfreilassungen von Nützlingen gegen tineide Motten

Zur Freilassung der Parasitoide in der Praxis standen verschiedene Lagerbedingungen zur Verfügung. Die sehr unterschiedlichen Befallsbedingungen werden in Tab. 15 zusammenfassend dargestellt.

Tab. 15: Erste Praxisfreilassungen von Nützlingen gegen tineide Textilschädlinge

Befallssituation		Nützlingseinsatz
Hausdämmung, Schafwolle	Befall in der Dämmwolle	<i>A. carpatus</i>
Textillager, Berlin	befallene Textilgebilde	<i>A. carpatus</i>
Textillager, Bielefeld	befallene Textilgebilde	<i>T. evanescens</i> (Lager)
Teppichsammlung	befallene Einzelstücke	<i>T. piceum</i> (PIC M 91)
Kleidermagazin, Theater*	kein Befall	-

* trotz Befallsverdacht durch den Kunden kein Befall, daher nur Monitoring

In einem Einfamilien-Holzhaus hatte sich über einen längeren Zeitraum ein Mottenproblem durch **Schafwolle als Dämmstoff** aufgebaut. Eine chemische Bekämpfung war für die Betroffenen ausgeschlossen. In dem Haushalt trat aufgrund der Verwendung von unbehandelter, lediglich entfetteter Rohwolle als Dämmmaterial ein massives Kleidermottenproblem auf. Eine Bestimmung von Proben bestätigte den Befall mit *T. bisselliella*. Die genaue Lokalisierung des Schadens in der Rohwolle als Dämmmaterial war

aus bautechnischen Gründen nicht möglich, und es war von mehreren Befallsstellen auszugehen. Als vorbereitende Maßnahmen wurde mit Pheromonfallen in voneinander getrennten Räumen des Hauses der Befallsdruck ermittelt und eine grobe Lokalisierung des Befalls durchgeführt. In der Laborzucht wurden die von Einzelweibchen parasitieren Larven mit Futtersubstrat in die Ausbringungseinheiten umgesetzt und diese verschlossen und der Deckel aufgeschweißt. Anhand der beobachteten Entwicklungsdauer unter kontrollierten Zuchtbedingungen war es möglich, den voraussichtlichen Schlupftermin zu ermitteln. Auf dem Postweg wurden 15 Einheiten mit *A. carpatus* an die Hausbesitzer verschickt und nach Befallsstärke in den Räumen verteilt. Die Aufstellung erfolgte in der Nähe der Raumecken, wo die Schafwolldämmung nach außen trat (Abb.46 und 47). 5 Einheiten mit *A. carpatus* wurden zur Schlupfkontrolle im Labor bei 22 °C, 50 % rLF und 16:8 Stunden Lichtregime untersucht.



Abb. 46 + 47: Schafwolldämmung an einem Holzhaus und *Apanteles*-Freilassungseinheit

In einem **Textillager** mit vorverarbeiteten Stoffen trat ein nur schwer zu lokalisierender Mottenbefall auf. *A. carpatus* wurde hier in der Nähe der bereits bekannten Befallsstellen freigelassen. Verwendet wurden 30 Einheiten auf einer Fläche von etwa 250 m². Die Freilassung erfolgte mit der Zielsetzung einer Etablierung der Parasitoide, da das Lager regelmäßig von Kleidermotten betroffen war und eine komplette Reinigung oder eine exakte Lokalisierung des Befallsherdes nicht möglich war. Mit Köderkäfigen, die in 3.1.1 beschreiben wurden, wurde ein Rückfang der Parasitoide versucht, um Rückschlüsse auf eine mögliche Etablierung zu ziehen. Parallel zu den Freilassungen wurden jeweils 5 Einheiten

zusätzlich angesetzt und zur Kontrolle des Schlupfverlaufes im Labor bei 22 °C, 50 % rLF und 16:8 Stunden Lichtregime beobachtet.

Ein Befall mit Pelzmotte war in einem **Textillager** mit fertigen Textilprodukten aufgetreten. Die betroffene Firma sprach sich gegen eine chemische Bekämpfung aus. Zu Versuchszwecken wurden über 8 Wochen wöchentlich 150 TrichoKarten (Abb. 48 und 49) mit *T. evanescens* (Stamm: Lager) an einen Schädlingsbekämpfer vor Ort versandt. Die Freisetzung der Nützlinge erfolgt bei *Trichogramma*-Arten mit handelsüblichen TrichoKarten. Diese Ausbringungseinheiten beinhalten 2000 aufgeklebte, parasitierte Getreidemotten-Eier verschiedener Entwicklungsstadien von *Trichogramma*, die über einen Zeitraum von 14 Tagen schlüpfen. Die Karten wurden in hoher Dosierung in weniger als 1 Meter Abstand voneinander ausgebracht. Die Befallsreduktion wurde mit Pheromonfallen kontrolliert.

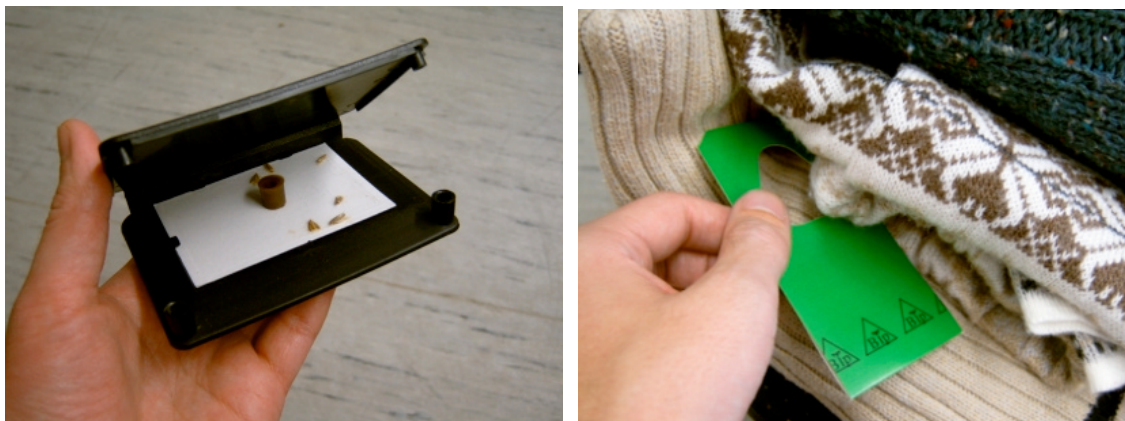


Abb. 48 + 49: Monitoring (Pheromonfalle) und Bekämpfung (TrichoKarte) der Kleidermotte

In einer **privaten Teppichsammlung** wurden zuvor Pyrethroide zur Bekämpfung von Kleidermotten eingesetzt. Die Kombination mit einer *Trichogramma*-Freilassung (*T. piceum*, PIC M 91 O) war aufgrund von Nebenswirkungen des Insektizids auf die Nützlinge eigentlich ausgeschlossen. Um Erfahrungen mit den nicht immer idealen Praxisbedingungen zu sammeln, erfolgte dennoch eine Nützlingsfreilassung mit einzelnen Eikreisen aus der Laborzucht. Eine Rückköderung erfolgte mit nicht parasitierten Eikreisen, um die Aktivität der Tiere zu beobachten.

Im **Bekleidungsmagazin des Staatstheaters** der Stadt Darmstadt befinden sich über mehrere Quadratmeter und Stockwerke Räume zur Unterbringung von Requisiten, insbesondere Kleidungsstücke. Auf Nachfrage des Staatstheaters wurde dort ein möglicher Kleidermottenbefall untersucht. In der Vergangenheit wurden Pyrethroide zur

Mottenbekämpfung eingesetzt. Aufgrund des direkten Hautkontaktes der Schauspieler mit den Kleidungsstücken aus dem Magazin, kam es wiederholt zu gesundheitlichen Beschwerden, die auf den Gebrauch von Pyrethroiden zurückzuführen sein könnten. Zur Beobachtung eines Mottenbefalls wurden Pheromonfallen eingesetzt, jedoch konnte im Untersuchungszeitraum kein Befall beobachtet werden. Daher wurde zunächst keine praktische Freilassung durchgeführt. Prinzipiell bestand große Aufgeschlossenheit, einen zukünftigen Befall von textilschädigenden Motten durch den kombinierten Einsatz biologischer Methoden mit Niem-Spray und Parasitoiden zu bekämpfen und auf den Einsatz von Pyrethroiden zu verzichten.

Eine exakte **Bestimmung der Befallsreduktion** war unter Praxisbedingungen schwierig, da keine unbehandelte Kontrolle zur Verfügung stand, wie dies im Pflanzenschutz üblich ist. Daher erfolgte eine indirekte Beobachtung des Befallsrückganges. Zur Befallskontrolle dienten Pheromonfallen zum Monitoring des Befallsverlaufes, sowie Gespräche mit den Kunden. Anhand der Rückmeldung der Anwender und eventueller Beschwerden wurde auf den Erfolg des Nützlingseinsatzes geschlossen. Diese Praxis hat sich im Bereich des biologischen Vorratschutzes bewährt (SCHÖLLER et al. 2002). Dadurch ergab sich eine realistische Einschätzung des Bekämpfungserfolges und der Zufriedenheit des Verbrauchers mit der biologischen Bekämpfungsmethode.

2.8 Statistische Auswertung

Die erfassten Daten wurden zunächst anhand Mittelwert und Standardfehler (SF) beschrieben. Des weiteren wurden Daten zur Parasitierungsleistung und Parameter der Lebensstafeln ('life-table') hinsichtlich der Lebensdauer und der Eiablageleistung $\log_{10}(x+1)$ transformiert und die Daten zu den Schlupfraten und den Geschlechterverhältnissen arcsin transformiert. Die transformierten Daten wurden mittels einer Varianzanalyse (ANOVA) geprüft (SAS INSTITUTE 1996). Detaillierte Angaben zur Bestimmung der beschreibenden Parameter der Lebensstafel-Daten sind unter 3.4.4 beschrieben.

3 Ergebnisse

3.1 Köderung von Parasitoiden

3.1.1 Laborprüfung der Ködereinheiten

Die Prüfung von Ködereinheiten im Halbfreilandtest im Käfigversuch (Abb. 50) zeigte deutliche Unterschiede in der Parasitierung der drei Köder-Typen. Die höchste Anzahl parasitierter Köderlarven und somit Anzahl geschlüpfter Parasitoide bei dem Bodenköder ($6,7 \pm 0,92$ SF). Die aufgehängten Köder mit Glasröhrchen und Gelb-Trichter erreichten mit $5,3 (\pm 1,12$ SF) eine geringere Parasitierung. Die aufgehängten Einheiten ohne Gelbtrichter (nur Glas: $3,0 \pm 1,15$ SF) wiesen die geringste Parasitierung auf. Die Anteile der Kontaktaufnahmen bestätigen dies mit 47 % für den Bodenköder, 34 % bei dem Gelbtrichter und 12 % bei dem Glasröhrchen.

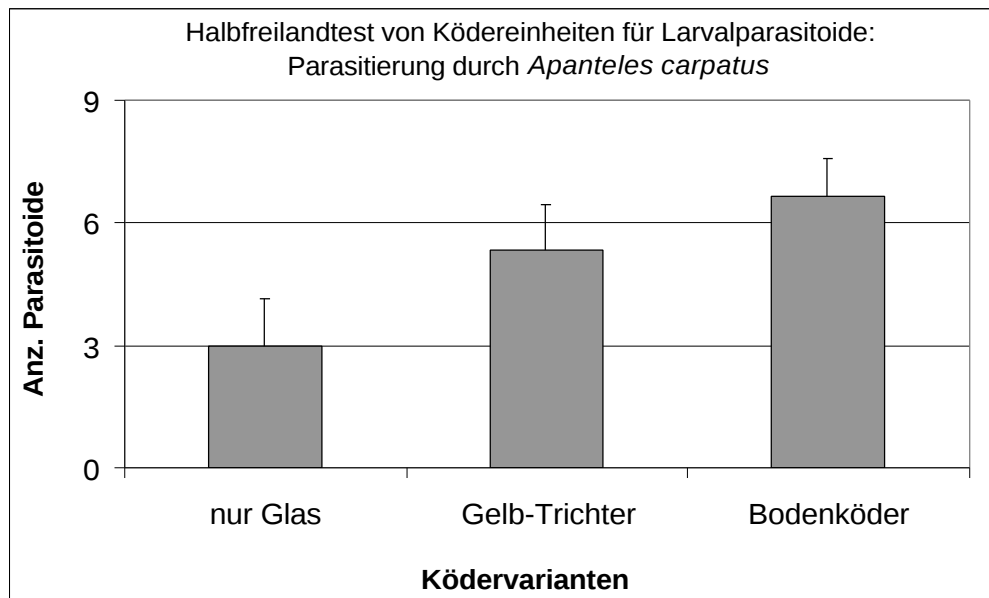


Abb.50: Vergleich von drei Typen von Ködereinheiten für Larvalparasitoide:
Anzahl schlüpfender Parasitoide aus den angebotenen Wirtslarven
(Mittelwert $\pm$ Standardfehler bei 25°C, 16:8 h Licht, 50-60% rLF, n = 6)

Der Vergleich der Farbpräferenz von *A. carpatus* im Vorversuch ergab eine tendenzielle Bevorzugung der Gelbtafel (55 %) gegenüber der Weißtafel (42%).

3.1.2 Köderung von Parasitoiden an natürlichen Standorten

Bei den Köderungsversuchen von Parasitoiden an Larven textilschädigender Tineiden an natürlichen Standorten konnten über einen Zeitraum von zwei Monaten (Kalenderwochen 18 bis 30 in 2002) Parasitoide nachgewiesen werden. Jedoch wurden keine für Textilschädlinge

relevanten Arten geködert. Die weitere Beobachtung der Glasröhrchen mit geköderten Parasitoiden im Labor unter zusätzlichem Angebot von potentiellen Wirtslarven (*T. bisselliella*) verschiedener Stadien, erbrachte ebenso keinen Nachweis relevanter Parasitoide. Eine erfolgreiche Parasitierung von *T. bisselliella* wurde in keinem Fall festgestellt. Angelockt wurden hauptsächlich Parasitoide von den Dipteren-Larven, die sich meist bei feuchter Witterung in den Glasröhrchen ansiedelten. Die Anzahl geködeter Parasitoide an feuchten Ködern war höher als die an trockenen Ködereinheiten. Ein Vergleich des Feuchtezustandes der Köder zeigte, dass unabhängig vom Ködertyp feuchte Köder, die Dipteren anlockten und zur Eiablage veranlassten, attraktiver waren als trockene Köder. Die Glasröhrchen ohne Trichter und Regendach wurden häufiger von Regen und Feuchte betroffen, so dass sie insgesamt attraktiver für Parasitoide von Dipteren wurden. Die Dipteren-Larven konnten sich innerhalb der wöchentlichen Wechsel der Köder sehr weit entwickeln und bildeten eine zusätzliche Stimulanz für deren Parasitoide. Die Köderung von Parasitoiden in diesen Einheiten erhöhte sich bei feuchter Witterung.

3.2 Zucht der Versuchstiere und begleitende Versuche

3.2.1 Zucht von *Tineola bisselliella*

Es wurden **verschiedene Futtersubstrate** zur Optimierung der Zuchtmethode für die Kleidermotte über mehrere Generationen getestet (Abb. 51). Die Entwicklungszeit lag bei mit keratinhaltigen Textilien mit Fischmehl bei durchschnittlich zehn Wochen ($77 \text{ Tage} \pm 1,06 \text{ SF}$, 25°C , $65\% \text{ rLF}$). Es wurde bei Mischwolle lediglich der Wolleanteil gefressen. Nylonfäden oder Nylongewebe blieben unbeschädigt. Auf Federn mit Hefe-Cholesterin wurde eine durchschnittliche Entwicklungszeit von etwa acht Wochen ($54,2 \pm 1,00 \text{ SF}$, 25°C , $65\% \text{ rLF}$) erreicht. Es wurde zudem eine volle Entwicklung der Kleidermotte auf toten Adulten als Substrat beobachtet. Hier lag die Entwicklungsdauer mit mehr als zehn Wochen deutlich höher. Vorversuche mit ungewaschener Schafwolle und Hasenfell ergab keinen Zuchterfolg. Es entwickelten sich nur wenige Individuen zu Faltern über eine sehr lange Entwicklungszeit von mehreren Monaten.

Die aus der Literatur bekannte **Zuchtmethode** für die Kleidermotte wurde optimiert und zum Teil neu entwickelt (Abb. 52). Getestet wurde eine Reihe von Zuchtbehältern, insbesondere verschiedene Formen von Kunststoffdosen. Für die Larvenzucht der Kleidermotten erwiesen sich abgerundete, stapelbare Behälter mit durchsichtigem Kunststoff am besten geeignet. Zwei Löcher mit aufgeschmolzenem feinem, milbendichten Kupferdraht ermöglichten eine

einfache Betäubung der adulten Motten durch CO₂, um sie in Eiablage-Behälter umzusetzen. Die Zuchtbehälter waren mikrowellenfest und konnten so effektiv desinfiziert werden. Hingegen erwiesen sich große, milchig-undurchsichtige Behälter aus einer zur Verfügung

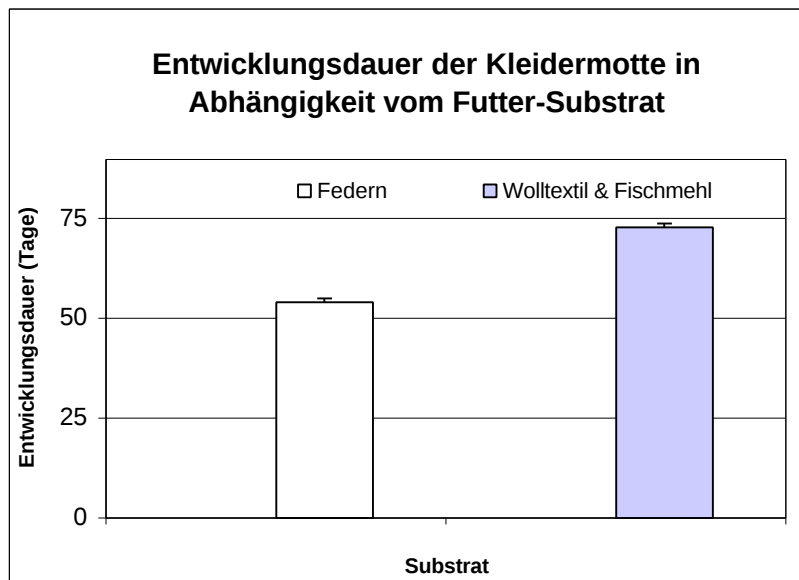


Abb. 51: Entwicklungszeiten der Kleidermotte in Abhängigkeit von Futtermedium
(Mittelwert $\pm$ Standardfehler bei 25°C, 16:8 h Licht, 65% rLF, n = 10)

gestellten Laborzucht lediglich für eine Erhaltungszucht als geeignet. Das Absammeln von Einzellarven für Versuchszwecke war nur in den neuen flachen Behältern möglich, ebenso die Ernte der Falter. Ein separater Kunststoffzylinder diente in dem neuen Zuchtsystem als Eiablagebehälter, in dem ein schwarzes, feines Stück Stoff auf einen Drahtbügel gefaltet wurde. Der Eiablage-Behälter wurde von außen mit einem schwarzen Stoff als Manschette abgedunkelt.

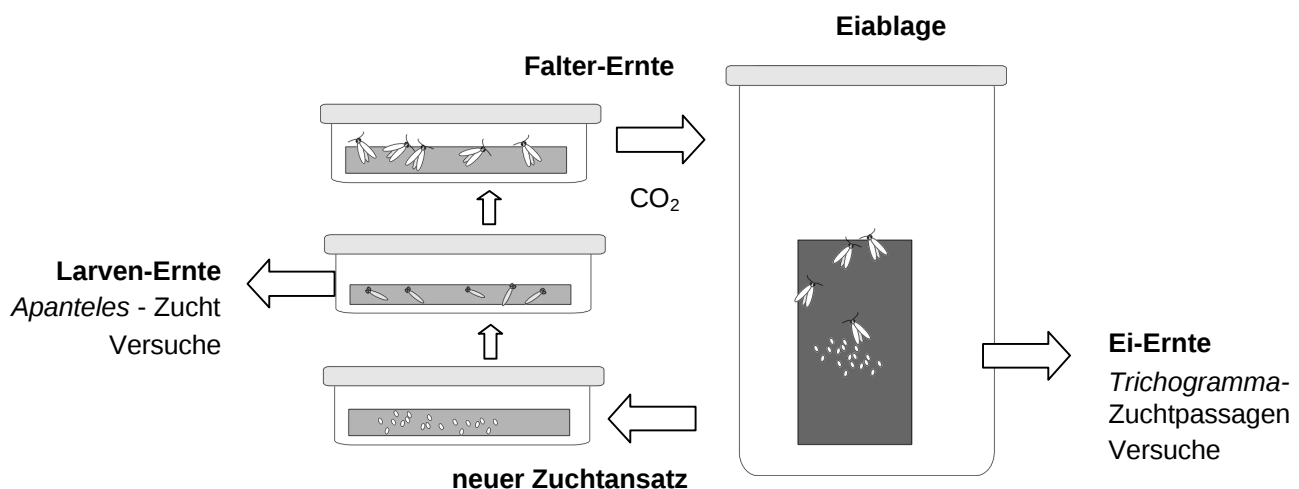


Abb. 52: Zuchtsystem für die Kleidermotte *T. bisselliella*

Der **Eiablagestoff** wurde im Vorversuch ausgewählt. Für eine Eiablage erwiesen sich Filz oder Wolltextilien als geeignet, jedoch war es aufgrund der Stoffoberflächen nicht möglich, die abgelegten Eier zu ernten. Als besonders geeignet erwies sich feiner schwarzer T-Shirt-Stoff, der vor Gebrauch heiß durchgewaschen und getrocknet wurde. Dieser Stoff zur Eiablage basiert nicht auf Wolle und war im direkten Vergleich dennoch attraktiver für eine Eiablage als fein gewobene Wolltextilien.



Abb. 53: Zuchtsystem für die Kleidermotte *T. bisselliella* im Labor

Eine Entwicklung der L1-Larven der Kleidermotte war auf dem synthetischen Eiablage-Stoff nicht möglich. Es entstanden keine sichtbaren Fraßschäden. Die abgelegten, auf dem schwarzen Untergrund gut sichtbaren Eier konnten mit einer feinen Kleiderbürste abgebürstet und im Versuch verwendet werden. Neuansätze konnten mit frisch abgelegten Eiern, die abgesiebt und unter dem Mikroskop auf schädliche Milben überprüft wurden, durchgeführt werden. Alle Versuchsbehälter wurden auf Tablett und Untersetzer mit einer Paraffinöl-Rinne als 'Migrationsbarriere' gesetzt (Abb. 53), um eine Zuwanderung von Raubmilben zu verhindern und flüchtende Larven aus der Zucht abzufangen. Eine Sichtkontrolle der Paraffinöl-Rinne diente der vorbeugenden Kontrolle der Zucht auf Milbenbefall. Mit dem neuen Zuchtsystem wurde während der Untersuchungen für die vorliegende Arbeit eine Dauerzucht von Kleidermotten unter regelmäßiger Entnahme von Versuchstieren aufgebaut.

3.2.2 Zucht von *Tinea pellionella*

Eine Laborzucht mit Pelzmotten wurde während der laufenden Untersuchungen mit drei zufällig aus Befallsstellen erhaltenen Zuchtansätzen mit Larven gestartet. Laborzuchten aus Forschungsinstituten standen auf Nachfrage nicht zur Verfügung. Es konnte weder mit dem Federsubstrat, mit Textil-Fischmehl oder naturnahem Futter in Form von Rohwolle oder Hasenfell erfolgreich eine Zucht etabliert werden. Aus zwei Zuchtansätzen mit Larven verschiedener Entwicklungsstadien konnten Puppen und adulte Motten gewonnen werden. Die Eiablage wurde wie in der Kleidermottenzucht auf schwarzem Stoff erreicht und die Eier in einem Akzeptanztest mit *Trichogramma piceum* (PIC M 91) verwendet. Die Parasitierung von Larven der Pelzmotte durch *Apanteles carpatus* wurde in Einzelbeobachtungen bestätigt. Die adulten Motten wurden aufgrund der nahen Verwandtschaft einiger *Tinea*-Arten durch eine Bestimmung mit entsprechender Fachliteratur (HANNEMANN 1977) als *T. pellionella* L. bestätigt.

3.2.3 Sterilisation von tineiden Wirtseiern durch UV-Bestrahlung

Der Schlupf der L1-Larven von *Tineola* wurde bei allen Intensitäten der UV-Bestrahlung unterbunden. Bei den Versuchen zur UV-Bestrahlung der *Tineola*-Eier als Vorbehandlung wurde bereits mit der geringsten Bestrahlungsintensität von 5 Minuten bei 30 cm Abstand eine völlige Sterilisation der Wirtseier erreicht.

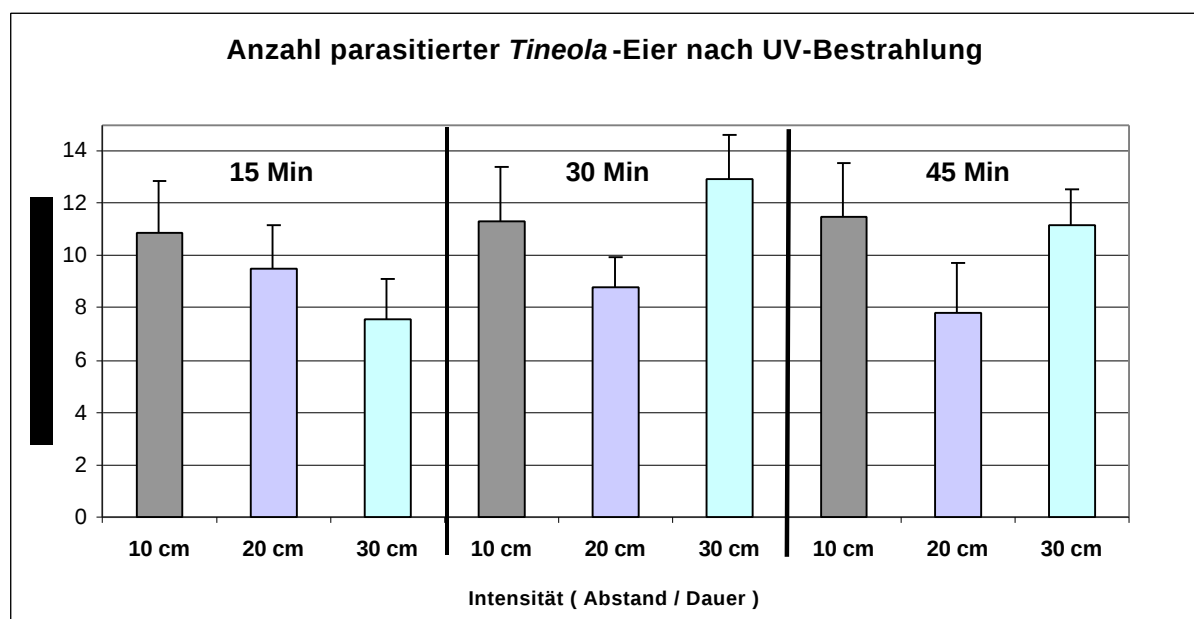


Abb. 54: Anzahl parasitierter *Tineola*-Eier in Abhängigkeit von der Intensität der UV-Bestrahlung durch Variation von Abstand und Dauer (Mittelwert $\pm$ Standardfehler bei 25°C, 16:8 h Licht, 65% rLF, n = 10)

Die Parasitoide waren in den bestrahlten Eiern voll entwicklungsfähig. Die Parasitoide waren in den bestrahlten Eiern voll entwicklungsfähig. Eine Vorbehandlung mittels einer UV-Bestrahlung der Eier des Zielwirtes *T. bisselliella* reduzierte die Parasitierungsleistung durch die getestete Art *Trichogramma cacoeciae* nicht signifikant. Unterschiedliche Bestrahlungsintensitäten mit Variation des Abstandes der Eier von der UV-Lampe und der Bestrahlungsdauer (15 Min., 30 Min., 45 Min.) wirkten sich nicht negativ auf die Parasitierung aus. Damit wurde auch durch eine Erhöhung der Bestrahlungsintensität die Parasitierungsrate nicht signifikant reduziert.

Der Einfluss einer UV-Bestrahlung auf die Anzahl parasitierter Wirtseier von *Trichogramma* wird in Abb. 54 dargestellt. Bei 15 Minuten Bestrahlung zeigt sich eine tendenziell umgekehrte Abhängigkeit der Parasitierung der Eier bei zunehmender Entfernung von der UV-Lichtquelle. Bei 30- und 45-minütiger Bestrahlungsdauer nimmt die Parasitierung bei 20 cm Abstand zunächst ab. Bei 30 cm und somit geringster Intensität nimmt sie wieder deutlich zu. Insgesamt war mit zunehmender Beleuchtungsdauer von 15 bis 45 Minuten bei unterschiedlichem Abstand der Wirtseier von der UV-Lichtquelle keine deutliche Abhängigkeit der Parasitierung von der Beleuchtungsdauer zu ermitteln.

Ein weiterer Versuch bei ständigen 30 cm Abstand (Abb. 55) der Wirtseier zur UV-Lampe bei drei verschiedenen, kurzen Beleuchtungszeiten (5 Min., 10 Min., 15 Min.) ergab ebenfalls eine 100%ige Verhinderung des *Tineola*-Schlupfes. Bereits fünf Minuten UV-Bestrahlung bei 30 cm Abstand von der Strahlungsquelle reichten aus, um die *Tineola*-Eier zu 100 % zu sterilisieren.

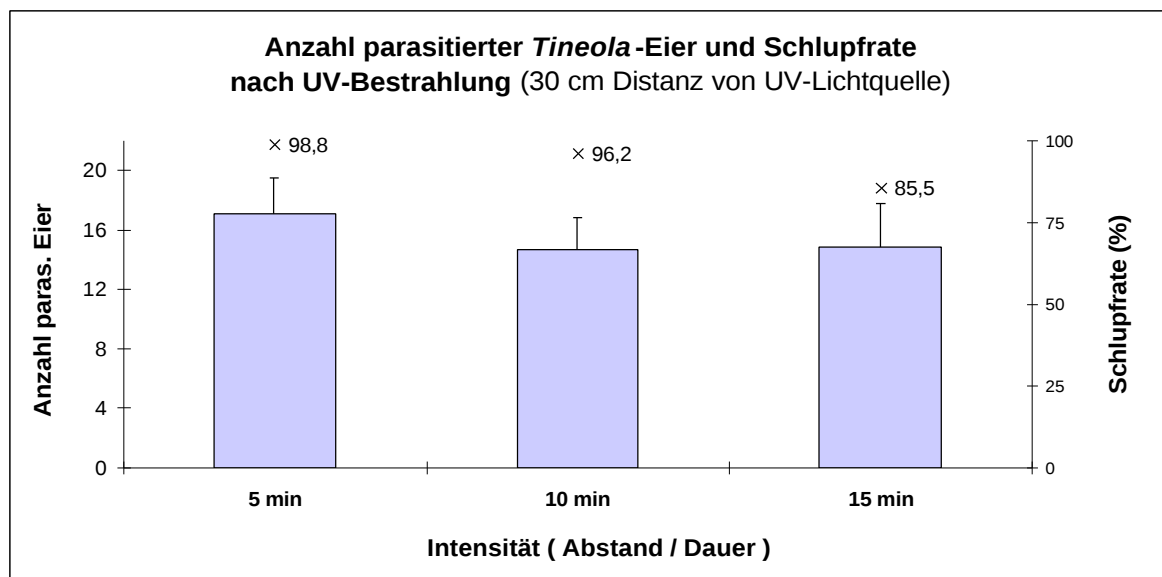


Abb. 55: Anzahl parasitierter Wirtseier (Skala links) und Schlupfrate (Skala rechts) von *Trichogramma* aus UV-bestrahlten Eiern der Kleidermotte *T. bisselliella* in Abhängigkeit von der Bestrahlungsdauer (Mittelwert $\pm$ Standardfehler bei 25°C, 16:8 h Licht, 65% rLF, n = 10)

Mit zunehmender UV-Beleuchtungsdauer reduzierten sich tendenziell die Anzahl parasitierter Eier (5 Min.= 16,7 Eier, 10 Min. = 15,4 Eier, 15 Min. = 14,8 Eier). Die Schlupfrate reduzierte sich ebenfalls in Abhängigkeit von der Beleuchtungsdauer. Während bei 5 Minuten Bestrahlung aus 98,8 % der parasitierten Eier *Trichogramma*-Schlupfwespen der nächsten Generation schlüpften, waren es bei 10 Minuten 96,2%, bei 15 Minuten 85,5 %.

Ein zusätzlicher Vergleich unterschiedlich langer Bestrahlungsdauer zwischen 5 bis 45 Minuten zeigte, dass die Schlupfrate von *Trichogramma* durch die UV-Bestrahlung bei keiner der Bestrahlungsintensitäten unter 90% reduziert wurde (Abb. 56). Es zeigte sich eine Korrelation der Reduktion der Schlupfrate von *Trichogramma* mit zunehmender Beleuchtungsdauer. Bei 5 Minuten UV-Bestrahlung lag die Schlupfrate bei 98,8 % und fiel in Abhängigkeit von der Bestrahlungsdauer auf 93,5 % bei 45 Minuten Bestrahlung.

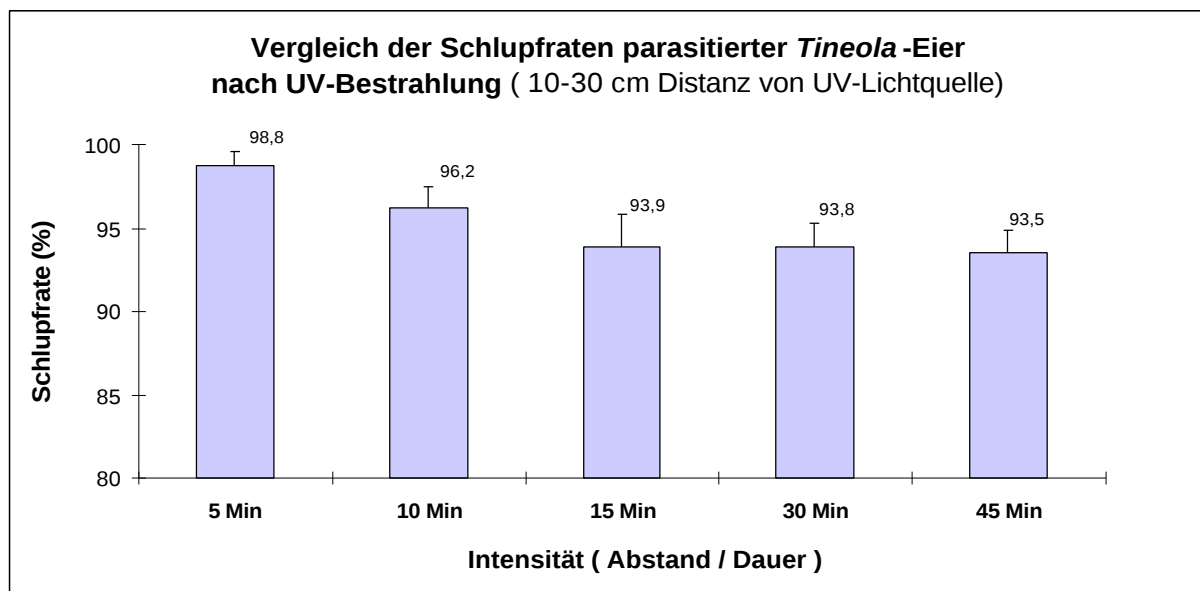


Abb. 56: Schlupfrate von *Trichogramma cacoeciae* aus UV-bestrahlten, parasitierten Eiern der Kleidermotte *T. bisselliella* in Abhängigkeit von der Bestrahlungsdauer (10, 20 und 30 cm Abstand von der UV-Lichtquelle) (Mittelwert $\pm$ Standardfehler bei 25°C, 16:8 h Licht, 65% rLF, n = 30, außer 15 Min: n= 40)

Bei den nicht parasitierten Wirtseiern wurde eine hohe Mortalität beobachtet. Lediglich in einem Fall wurden 25 nicht parasitierte, aber intakte Wirtseier beobachtet. In allen anderen Fällen sind die UV-bestrahlten Wirtseier, die nicht von *Trichogramma* erfolgreich parasitiert wurden, nach 24 Stunden eingetrocknet, und es haben sich keine L1-Larven von *T. bisselliella* entwickelt. Im direkten Vergleich konnte bei Eiern ohne Bestrahlung trotz Abbürsten vom Eiablage-Stoff eine Schlupfrate der Kleidermotten-Larven von über 95 % ermittelt werden. Für die Durchführung der Parasitierungsversuche mit *T. bisselliella* wurde aufgrund der

Ergebnisse eine Vorbehandlung der tineiden Wirtseier mit einer UV-Bestrahlung von 10 Minuten bei 30 cm Abstand durchgeführt.

3.2.4 Prüfung von *Plodia interpunctella* als potentiellm Textilschädling

Eine Entwicklung der Dörrobstmotte *Plodia interpunctella* mit keratinhaltigen Materialien als Futtersubstrat wurde nicht beobachtet. In keinem der durchgeführten Versuche mit Eiern oder Larven (L3-4), sowie dem letzten Larvenstadium unmittelbar vor der Verpuppung (LL) konnte ein Frassschaden an Rohwolle, Textilprodukten oder Federn nachgewiesen werden. Aus Eiern schlüpfende L1-Larven auf keratinhaltiger Wolle oder Federn starben ohne erkennbare Nahrungsaufnahme. Es wurden keine Kotkrümel festgestellt, wie es bei textilschädigenden Larven der Fall wäre.



Abb. 57: Eingesponnene Puppen von *Plodia interpunctella* auf Wolltextil

Aus der laufenden Zucht auf Getreideprodukten umgesetzte Larven (L 3- L4, etwa 3 Wochen alt bei 25 °C) konnten sich nicht auf Textilien weiterentwickeln. Es wurden einzelne Kotkrümel beobachtet, ohne dass Fraßspuren an den Textilien auftraten. Die Färbung der Kotkrümel entsprach nicht der Färbung der Textilien als Futter-Substrat und stammt der Färbung nach von den letzten Mahlzeiten des Getreidefutters in der Laborzucht. Lediglich weit entwickelte letzte Larvenstadien konnten sich erfolgreich verpuppen und schlüpfen, nutzten aber nur eigene Spinnfäden, um den Kokon anzulegen und nicht Textilfasern (Abb. 57). Dieser Kokon wurde oberflächlich an das Textil gebunden. Es trat dadurch nach mikroskopischer Prüfung auch kein zufälliger Fraß an den keratinhaltigen Materialien auf.

3.2.5 Zucht von *Apanteles carpatus*

Die Untersuchung von drei Behälter-Typen zur Zucht von *A. carpatus* zeigte, dass bei dem rechteckigen Kunststoffbehälter mit Schaumstoff-Dichtungsband eine deutlich höhere Anzahl von Parasitoiden aus der Zuchtbox flüchtete (Tab. 16). Es wurde beobachtet, dass der Schaumstoff durch die *Tineola*-Larven angefressen und teilweise zerstört wurde. In den Ecken der Behälter bildeten sich kleine Lücken, aus denen Parasitoiden die Flucht ermöglicht war. In den Belaplastboxen wurden nur in einer Wiederholung einige flüchtende Tiere festgestellt. Eine genaue Untersuchung des Deckels des betroffenen Behälters zeigte, dass dieser neu, aber an zwei Stellen geringfügig eingeknickt war, wodurch eine kleine Lücke entstand, durch die Individuen von *A. carpatus* flüchten konnten.

Tab. 16: Untersuchung von Zuchtbehältern für *Apanteles carpatus*: Gelbtafelfänge in Glas-Aquarien bei 3 Behälter-Typen

Wdh.	Typ I (Belaplast, rechteckig)	Typ II (Kunststoff, rechteckig)	Typ III (Kunststoff, rund)
1	0	54	0
2	0	122	0
3	3	66	0
MW	1 ± 1	81 ± 21	0

(25 °C, 65 % rLF, 16:8 h Licht, n = 10, Mittelwerte $\pm$ Standardfehler)

Es fiel auf, dass die *Apanteles*-Parasitoide bei den Belaplast-Schalen hintereinander unter den Deckelbereich krochen, sich nicht mehr befreien konnten und dort verstarben. Bei dem runden Kunststoffbehälter wurden keine flüchtenden Parasitoide festgestellt. Es klemmten auch keine Tiere im Deckelbereich fest (Abb. 58).



Abb. 58: „Doppel-Box“: runder Zuchtbehälter-Typ aus Kunststoff für *Apanteles carpatus* (li: laufende Zucht mit schwarzer Manschette um den unteren Behälter, re: leer, geöffnet, zwei Verbindungslöcher im Boden des oberen Behälters sichtbar)

Die Wirksamkeit der Abdichtung von Zuchtbehältern für *Apanteles* wurde begleitend zur Zuchtdurchführung mit Gelbtafeln beobachtet (Abb. 59). Die Gelbtafelfänge zeigen, dass bei dem runden Zuchtbehälter-Typ deutlich weniger Parasitoide frei im Zuchtraum gefangen wurden. Demnach wurde für die weitere Zucht der Parasitoide der neue, dicht schließende runde Behälter-Typ ausgewählt. Anschließende Gelbtafel-Kontrollen zeigten lediglich vereinzelte Fänge von Tieren, die bei der Zuchtbetreuung aus geöffneten Behältern geflüchtet waren. Es wurden keine flüchtenden Tiere mehr bei den Versuchsbehältern beobachtet.

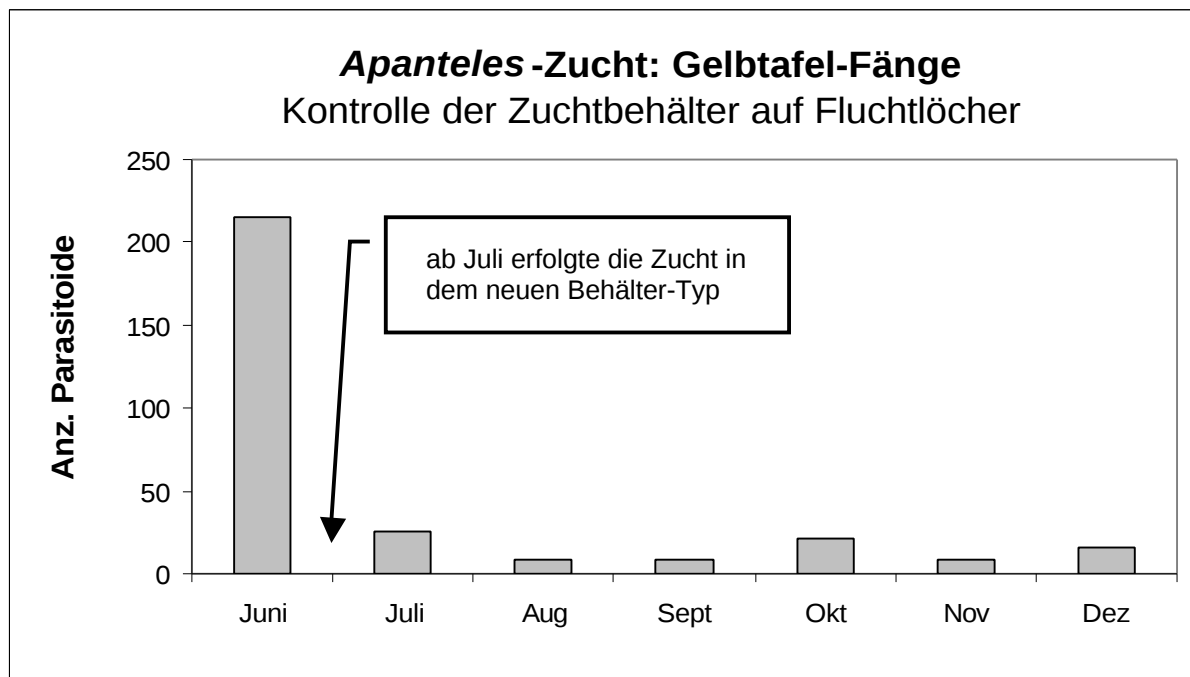


Abb. 59: Gelbtafelvergleich für zwei *Apanteles* Zucht-Systeme (im Juni Verwendung rechteckiger Behälter mit Schaumstoffdichtung, ab Juli Verwendung runder Behälter ohne zusätzliche Dichtung) (Gesamtanzahl gefangener Parasitoide pro Monat bei 25 °C, 65 % rLF, 16:8 h Licht)

Das Zuchtssystem für *A. carpatus* (Abb. 60) wurde ausgehend von den Versuchsergebnissen der Behälterprüfung und aufgrund von Einzelbeobachtungen zum Suchverhalten der Parasitoide zu Beginn der Zucht erarbeitet. In Analogie zum Zuchtssystem für *Trichogramma* konnte die positive Phototaxis der Parasitoide genutzt werden. In einem doppelstöckigen Behälter wurden in den unteren Teil parasitierte Larven der Kleidermotten eingelegt, bevor die adulten *Apanteles* schlüpften. Bei Beobachtung des ersten Schlupfes von Parasitoiden im unteren Behälter wurden in den oberen Behälter frische Larven zur Parasitierung eingelegt. Es wurden regelmäßig offene Puppen ohne Seidenkokon beobachtet. Durch die kleinen Löcher (7 mm mit Drahtgaze 1mm Maschenweite verschlossen) im Boden des oberen Behälters gelangten die Parasitoide nach oben zu den neuen Wirtslarven. Der Deckel wurde mit Tropfen von Honig- Gelatine als Futtergabe präpariert. Eine dunkle Manschette aus Tonpapier förderte

die Zielrichtung der Parasitoide in den oberen Behälter, in den sie ohne zusätzliche Zuchtbetreuung selbst gelangten.

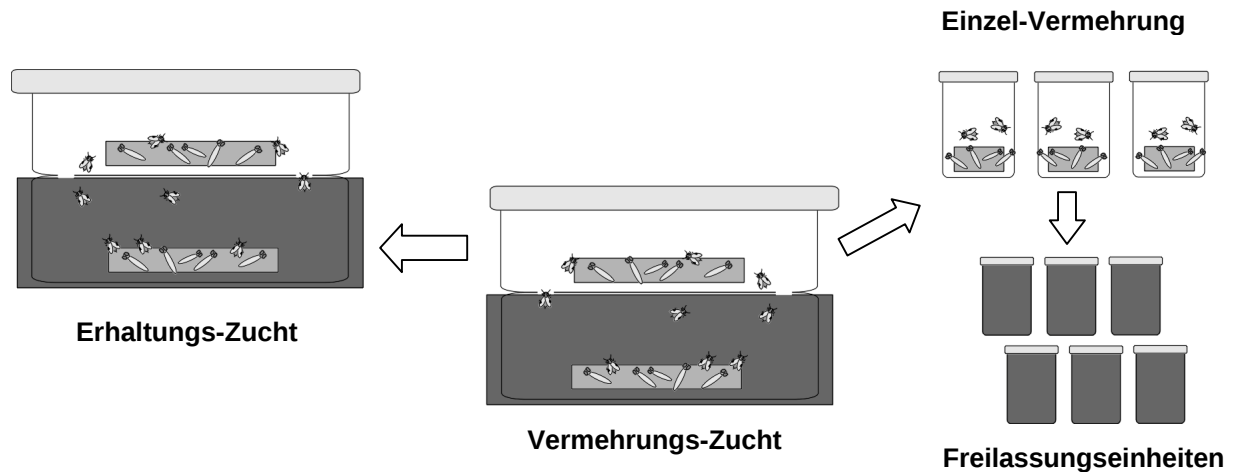


Abb. 60: Zuchtsystem für *Apanteles carpatus*

Die mechanisch ineinander gedrückten runden Zuchtbehälter mit Deckel wurden nach dem natürlichen Tod der Parasitoide geöffnet und gereinigt. Das parasitierte Material des oberen Behälters wurde in einer Belaplastschale bei 25°C und 65 % Luftfeuchte (16:8 Stunden Lichtregime) und für die weitere Zucht in eine neue, gereinigte „Doppel-Box“ umgesetzt. Bei Bedarf wurde die Zuchternte auf kleinere Belaplast-Schalen (8cm Durchmesser, 5cm Höhe) zur Parasitierung von Kleidermotten-Larven zur Freilassung mit 1-2 Parasitoiden pro Schale weiter vermehrt und anschließend in Freilassungseinheiten überführt.

3.2.6 Prüfung einer Freilassungseinheit für *Apanteles carpatus*

Die mit 1mm-Draht verschweißte Freilassungseinheit stellte für die Parasitoide kein Hindernis dar. Innerhalb der ersten 24 Stunden waren aus 30 Testeinheiten bereits 77 % der Tiere geschlüpft (Abb.61).

Zusätzliche direkte Beobachtungen ergaben bereits eine Stunde nach Versuchsbeginn einen Schlupf von mehr als 50 % der Parasitoide. Ein Individuum von 30 verstarb innerhalb der ersten zwei Tage, sodass nach 48 Stunden insgesamt 97% der Parasitoide erfolgreich aus den Einheiten geschlüpft waren. Damit konnten fast alle Parasitoide nach spätestens zwei Tagen die Freilassungseinheit verlassen.

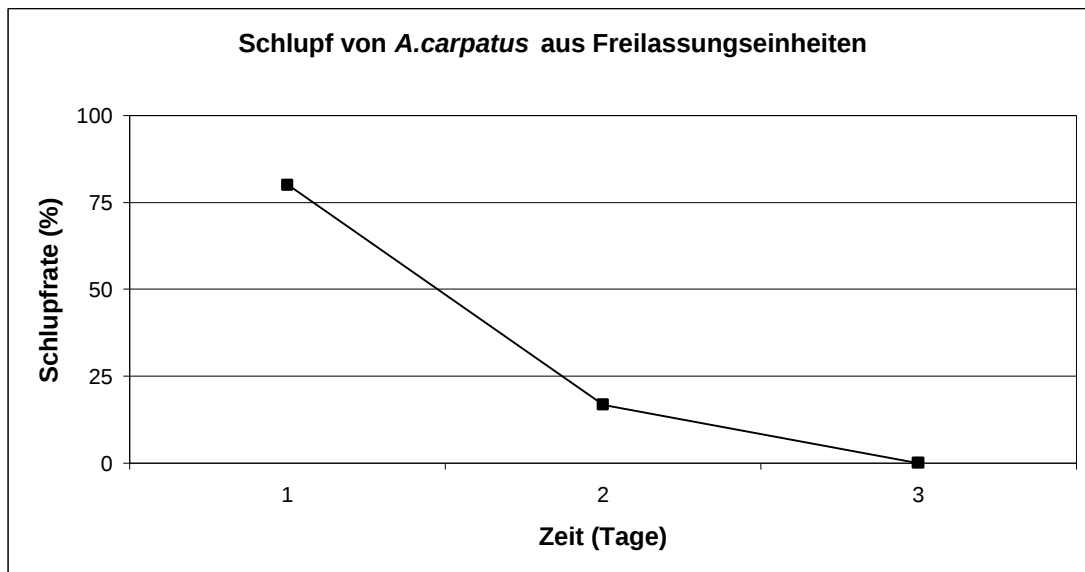


Abb. 61: Schlupf der Parasitoide aus der Freilassungseinheit innerhalb von 72 Stunden (25 °C, 65 % rLF, 16:8 h Licht, n = 30)

Von jeweils drei täglich beobachteten adulten Motten gelang keiner die Flucht, weder aus den senkrecht, noch aus den waagrecht liegenden Einheiten. In allen Fällen war es den Motten bis zum natürlichen Tode nicht möglich, aus der *Apanteles*-Einheit zu schlüpfen. Direkte Beobachtungen zeigten, dass die adulten Motten über das Drahtgitter laufen, ohne zu versuchen, hindurch zu kriechen. Im Gegensatz dazu suchen die *Apanteles*-Weibchen direkt und sehr aktiv durch Nachstemmen mit den Beinen nach Möglichkeiten, aus den Behältern zu flüchten oder sich durch Lücken hindurch zu drücken.

Parasitierte Larven mit Substrat wurden in die Einheiten verbracht und die Einheit verschlossen. Es zeigte sich, dass kleine Larven-Stadien bei nicht ausreichendem Futterangebot in geringer Zahl aus den Freilassungsbehältern flohen. Bei zwei von 30 Einheiten wurden vier bzw. zwei flüchtende Larven beobachtet.

3.3 Untersuchungen mit *Apanteles carpatus*

3.3.1 Lebensstafel-Daten von *Apanteles carpatus*

Bei der Parasitierungsleistung über die gesamte Lebensdauer (Abb. 63) zeigte *A. carpatus* die höchste Parasitierung am ersten Tag mit $10,7 \pm 1,3$ SF Nachkommen. Danach sank die Leistung auf ein Minimum von etwa 2 Nachkommen und erreichte von Tag fünf bis neun zwischen 4,5 und 7,9 Nachkommen im Mittel. Ab dem zehnten Tag sank die Leistung auf unter 2,5. Schließlich erfolgte am 14. Tag keine erfolgreiche Eiablage mehr. Die durchschnittliche Anzahl Nachkommen lag bei $55,2 \pm 3,5$ SF pro Weibchen, wobei an einem Tag ein Maximum von 21 Nachkommen erreicht wurde. Die gesamte Leistung lag bei maximal 71 und minimal 24 Nachkommen für ein Weibchen.

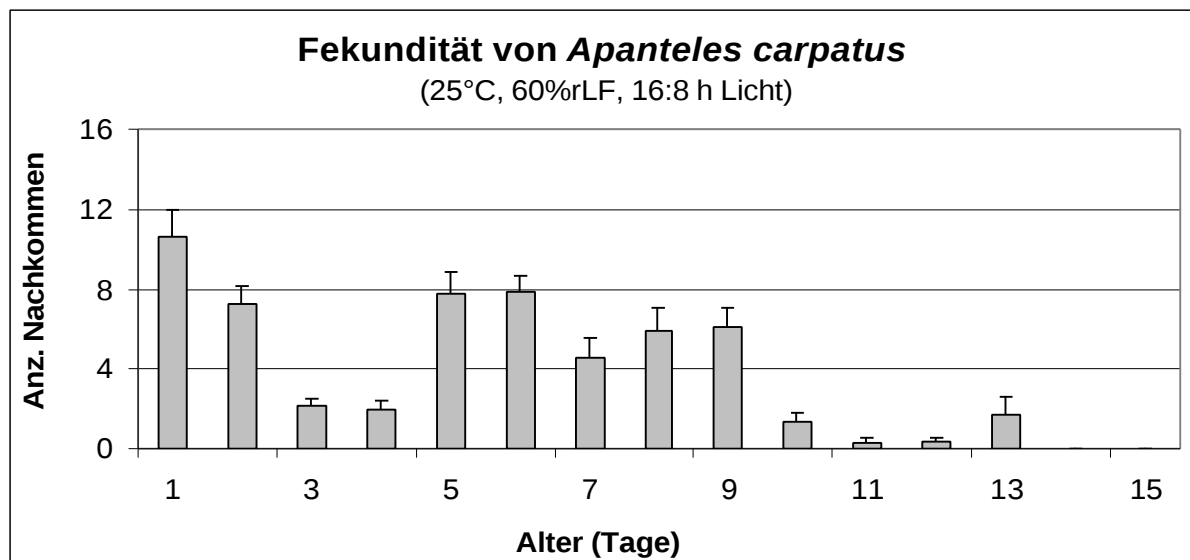


Abb. 63: Parasitierungsleistung von *A. carpatus* über eine Generationsdauer mit täglich neuem Angebot von Wirtslarven (*T. bisselliella*) (Mittelwerte $\pm$ Standardfehler, bei 25 °C, 65 % rh, 16:8 h Lichtregime, der Versuchsbehälter, n = 15)

Die Überlebensrate von *A. carpatus* (Abb. 64) zeigte ein Überleben aller Versuchstiere bis einschließlich Tag acht. Danach sank die Anzahl überlebender Weibchen stetig bis zu Tag 15. Die maximale Lebensdauer betrug 14 Tage.

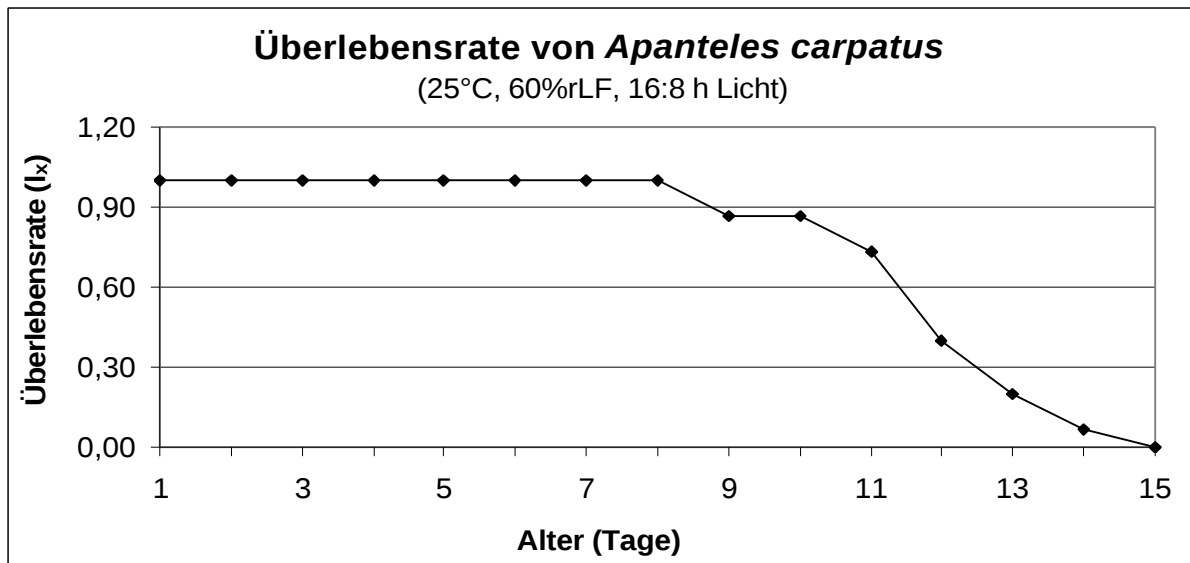


Abb. 64: Anteil überlebender Weibchen (l_x) von *A. carpatus* über eine Generationsdauer mit täglich neuem Angebot von Wirtslarven (*T. bisselliella*) (bei 25 °C, 65 % rh, 16:8 h Licht)

Die Parasitierungsleistung verteilte sich gleichmäßig steigend über die gesamte Lebensdauer (Abb. 65). Am ersten Tag wurden fast 20 % der gesamten Anzahl Nachkommen ermittelt. 51 % der gesamten Parasitierungsleistung wurden an Tag fünf erreicht, an Tag sieben etwa 73%. Schließlich war an Tag neun über 90 % der gesamten Leistung erfolgt. Lediglich am letzten Lebenstag wurde keine Eiablage mehr beobachtet.

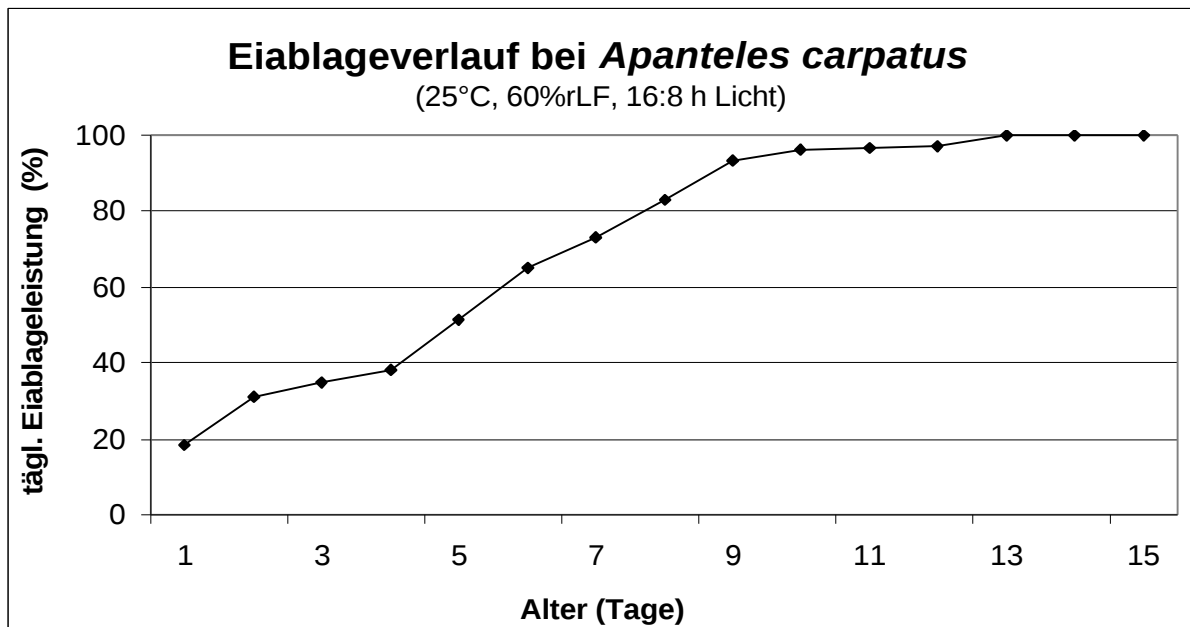


Abb. 65: Tägliche Eiablageleistung (kumulativ) von *A. carpatus* über eine Generationsdauer mit täglich neuem Angebot von Wirtslarven (*T. bisselliella*) (bei 25 °C, 65 % rh, 16:8 h Licht)

Es konnte eine Aktivität der Parasitoide über 14 Tage beobachtet werden, in denen es zu einer gleichmäßig verteilten Eiablage kam. Der hauptsächliche Zeitraum der Eiablage erstreckte sich über die ersten neun Tage.

3.3.2 Überlebensrate von *Apanteles carpatus* mit und ohne Futtergabe

Der Einfluß der Futtergabe auf die Lebensdauer von *A. carpatus* wird in Abb. 66 dargestellt. Adulte Parasitoide von *A. carpatus* überlebten mit Futter und Wirtslarven (*T. bisselliella*) die ersten drei Tage zu 100%. Erst zum vierten Tag nahm die Anzahl überlebender Tiere etwas ab und lag bei 63%. Am vierten und fünften Tag schließlich überlebten 36%, bzw. 30%. Das maximale Alter von sieben Tagen erreichten etwa 7%. Die Überlebensrate von *A. carpatus* ohne Futtergabe reduzierte sich nach einem Tag auf 85% und nahm bis zum vierten Lebenstag stetig ab. Bis zum dritten Tag überleben 75% der Tiere. 30% der Parasitoide wurden maximal vier Tage alt. Ohne Futtergabe erreichte kein Parasitoid den fünften Lebenstag.

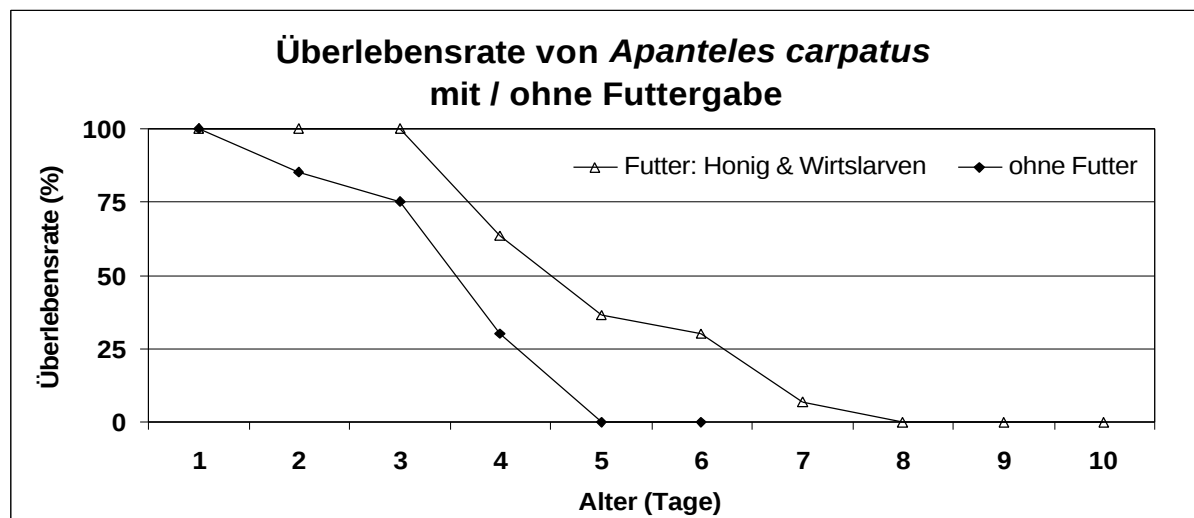


Abb. 66: Überlebensrate von *A. carpatus* mit Futtergabe / Wirtslarven und ohne Futtergabe (bei 25°C, 65% rLF, 16:8 h Licht, n = 20)

Ohne Futtergabe wurde eine um zwei Tage kürzere maximale Lebensdauer ermittelt.

3.3.3 Einfluß der Temperatur auf die Leistung von *Apanteles carpatus*

Der Vergleich der Parasitierungsleistung von *Apanteles carpatus* bei drei verschiedenen Temperaturen (Tab. 17) ergab die höchste Parasitierung bei 25 °C mit einem Mittelwert von 24 Nachkommen pro Parasitoid (min. 7, max. 52). Bei 20°C wurden im Mittel 23

Nachkommen (min. 8, max. 47), bei 15°C wurden 12 Nachkommen (min. 4, max. 24) ermittelt.

Tab. 17: Parasitierungsleistung von *A. carpatus* bei drei verschiedenen Temperaturen mit Wirtslarven (L3 - L4) von *T. bisselliella*

Temp.	Anz. Nachkommen	Max.	Min.
15	12,4 ± 2,01 a	24	4
20	23,2 ± 2,31 b	47	8
25	24,4 ± 1,96 b	52	7

(Mittelwerte ± Standardfehler, n = 30; Daten mit gleichen Buchstaben sind nicht signifikant unterschiedlich, p < 0,05, Tukey, HDS-test)

Die Entwicklungsdauer von *A. carpatus* lag bei Temperaturen von 27°C bis 15°C zwischen 22 bis zu 46 Tagen (Abb. 67). Bei 10°C und 4°C konnte keine vollständige Entwicklung beobachtet werden.

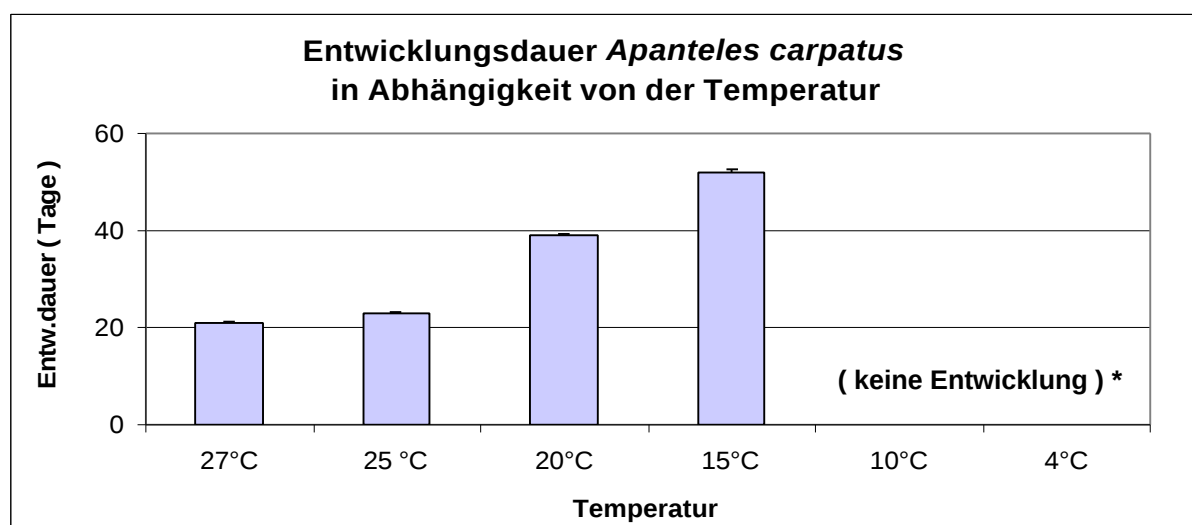


Abb. 67: Entwicklungsdauer von *Apanteles carpatus* in Abhängigkeit von der Temperatur

* = bei 10°C, 4°C wurde auch nach mehreren Wochen keine abschl. Entwicklung beobachtet, erst eine Erwärmung auf 25°C erreichte eine Weiterentwicklung mit darauffolgendem Schlupf der Adulten (Mittelwerte ± Standardfehler, n = 30)

Es zeigte sich eine direkte Abhängigkeit der Entwicklungsdauer der Parasitoide von der Zuchttemperatur. Die Parasitierung war in 4 Wochen alten Larven erfolgt; bei 25 °C, 65 % rLF und 16:8 Stunden Lichtregime. Die Larven der Parasitoide benötigten bis zum Schlupf der nächsten Generation adulter Parasitoide bei 27 °C 21 Tage, bei 25 °C 23 Tage und schließlich 39 Tage bei 20 °C und 52 Tage bei 15 °C. In einer Einzelbeobachtung wurden parasitierte Larven, die ab 20 Tagen nach der Parasitierung bei 4 °C gelagert wurden nach 5

Monaten in 25 °C überführt. Nach einer Dauer von etwa 10 Tagen schlüpften Parasitoide der nächsten Generation.

3.3.4 Untersuchungen zur Zucht von *Apanteles carpatus* auf Ersatzwirten

Die angebotenen Larvenstadien von drei getesteten Dipteren-Arten wurden von *A. carpatus* nicht erfolgreich parasitiert. Es wurde kein Schlupf eines Parasitoiden festgestellt und die Mortalität der Dipteren-Larven in Anwesenheit von *A. carpatus* im Vergleich zur Kontrolle nicht signifikant erhöht (Tab. 18).

Es wurde in Einzelfällen beobachtet, dass frische Federn als chemischer Reiz ohne vorherigen Kontakt zu Kleidermotten (Fraß oder Kot) eine gewisse Rolle in der Motivation zur Eiablage von *A. carpatus* spielen. Es wurde ein ungezieltes Eiablageverhalten in Form von Einstechbewegungen in die Federn ausgelöst. Angebotene Larven von *P. interpunctella* und aus Getreidekörnern isolierte Larven von *S. cerealella* wurden nicht als Wirte akzeptiert. Das Angebot von zuvor bei -20°C tiefgefrorenen, aufgetauten Larven der Kleidermotte als Wirte führte ebenfalls nicht zu einer erfolgreichen Parasitierung.

Tab. 18: Untersuchung der Akzeptanz von Ersatzwirten durch *A. carpatus*

untersuchte Arten	Anz. geschl. <i>A. carpatus</i>	Anz. geschl Wirte (%)	Einstechbewegungen an Federn durch <i>A. carpatus</i>
Diptera			
<i>Musca domestica</i>	0	100	2
<i>Calliphora vomitoria</i>	0	50*	4
<i>Dasyphora cyanella</i>	0	40*	0
Lepidoptera			
<i>Plodia interpunctella</i>	0	95	-
<i>Sitotroga cerealella</i>	0	85	-

* = für den kommerziellen Verkauf als `sterilisiert` angeboten (bei 25°C, 60% rLF, 16:8 h Licht, n = 30)

3.3.5 Halbfreilandtests zur Suchleistung von *Apanteles carpatus*

Im Käfigversuch mit 2 x 6 Käfigen wurde durch direkte Beobachtung der Parasitoide eine Lebensdauer von maximal drei Tagen ermittelt (Tab. 19). Während 100% der Tiere 1-2 Tage alt wurden, überlebten noch 58% bis zu drei Tagen. Tiere, die älter als drei Tage wurden, konnten unter den gegebenen Versuchsbedingungen ohne zusätzliche Futtergabe (bei 24°C,

45 % rh, 16:8 diffusem Licht) nicht beobachtet werden. Von den angebotenen 15 Larven pro Käfig wurden durch jeweils zwei freigesetzte *Apanteles*-Weibchen durchschnittlich 11,4 ($\pm$ 2,4 SF) Larven von *T. bisselliella* und somit 76 % der angebotenen Wirtslarven parasitiert.

Tab. 19: Parasitierung und Lebensdauer von *Apanteles carpatus* (2 Parasitoide pro Käfig) im Halbfreilandversuch Angebot mit 15 Wirtslarven (*T. bisselliella*)

Lebensdauer 1-2 Tage	100 %
Lebensdauer 2-3 Tage	58 %
Lebensdauer 3-4 Tage	0 %
Parasitierungsleistung	11,4 $\pm$ 2,4

(bei 24°C, 45 % rh, 16:8 diffusem Licht, n = 12)

3.4 Laboruntersuchungen mit *Trichogramma*-Arten und -Stämmen

3.4.1 Identifikation der verwendeten *Trichogramma*-Arten

Die nach den Akzeptanz- und Präferenztests für Käfigversuche selektierten vier Arten (Tab. 20) unterscheiden sich charakteristisch durch die Anzahl Basenpaare ihres ITS2-Produktes der DNA. Eine Restriktionsanalyse spaltet dieses DNA-Produkt weiter auf (Abb. 68). Zusätzlich wurden deutlich unterschiedliche Geschlechterverhältnisse beobachtet. Eine auffällige Differenz ergab sich hinsichtlich *T. piceum* in der unterschiedlichen Graustufung bei durch Parasitierung verfärbten *Sitotroga*-Eiern (Abb. 69) im Vergleich mit den anderen Arten.

Tab. 20: Unterschiede in den Merkmalen der selektierten *Trichogramma*-Arten

Art	ITS2 – Produkt (Anz. Basenpaare)	DRA 1*	Fortpflanzungs-Modus	Geschl.-Verhält. (% Weibchen)
<i>T. piceum</i>	> 600	1	arrhenotok	80 %
<i>T. evanescens</i>	376	1	arrhenotok	60%
<i>T. brassicae</i>	406	2	arrhenotok	60 %
<i>T. cacoeciae</i>	480	1	thelytok	99 %

* Anzahl Banden nach Verdauung mit Restriktionsenzym DRA 1 (nach STOUTHAMER (2000a))

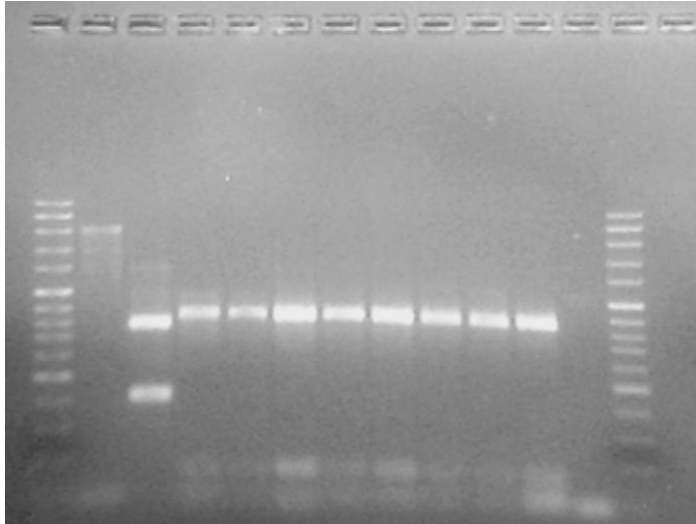


Abb.68: Vergleich der PCR - ITS2-Produkte verschiedener *Trichogramma*-Arten und Stämme auf Elektrophorese-Gel (1+12 = low ladder, 1 = *T. piceum* 2= *T. evanescens*, 3 -10= *T. brassicae*)

Abb. 68 zeigt die in den Selektionstests ausgewählte Art *T. piceum* im Vergleich zu anderen *Trichogramma*-Arten. Die Anzahl Basenpaare betrug bei *T. piceum* mit über 600bp die höchste der bislang bestimmten Arten (STOUTHAMER, mdl. Mitt. 2000). Eine Differenzierung dieser Art gegen die anderen ist damit leicht möglich. Während der Versuchsdurchführung wurde beobachtet, dass die Eihülle der parasitierten *Tineola*- und *Sitotroga*-Eier sich unterschiedlich stark dunkel verfärbte. Auffällig heller und silbrig gefärbt erwies sich die Eihülle der Wirtseier bei einer Parasitierung durch *T. piceum* (Abb. 69). Im Vergleich sind parasitierte Getreidemotten-Eier von *T. cacoeciae* sehr dunkel gefärbt, von *T. evanescens* parasitierte Eier etwas heller als bei *T. cacoeciae*, jedoch deutlich dunkler als bei *T. piceum*. Anhand dieses Merkmals konnten von *T. piceum* parasitierte Eier in der Zucht und im Versuch anhand der Färbung als schnelles Diagnosemerkmal gegenüber anderen *Trichogramma*-Arten deutlich abgegrenzt werden.

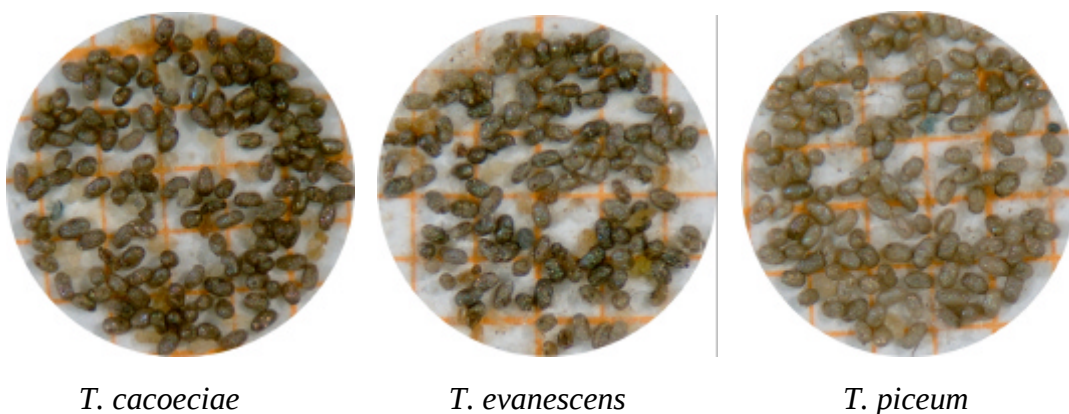


Abb. 69: Vergleich von *Trichogramma*-Arten anhand der Graustufen-Färbung ihrer parasitierten Wirtseier (Wirt: *S. cerealella*, 7 Tage alt, bei 25°C, 65% rLF, 16:8 h Licht)

3.4.2 Selektion von *Trichogramma*-Stämmen gegenüber der Kleidermotte

In Tab. 21 werden die geprüften *Trichogramma*-Arten und –Stämmen in einer Übersicht wiedergegeben. Es ist aufgelistet, welche Testverfahren zur Selektion der Parasitoide durchgeführt wurden. In dem Auswahlverfahren wurde nach jeder Versuchsreihe entschieden, welche Arten und Stämme zusätzlich in der nächsten Stufe getestet wurden. Die erste Testreihe umfasste für alle Arten und Stämme zunächst den Akzeptanz-Test mit ausschließlich Zielwirteiern (*T. bisselliella*), darauf folgte mit ausgewählten Arten und Stämmen eine Versuchsreihe zur Präferenz mit Zielwirteiern und Eiern des Massenzuchtwirtes (*S. cerealella*) und schließlich mit einer geringeren Anzahl von Arten und Stämmen die Suchleistungstests in Halbfreilandkäfigen mit verschiedenen Fragestellungen, um die Leistung der Parasitoide unter praxisnahen Bedingungen zu prüfen.

Tab.21: Selektionstests mit 28 Stämmen von *Trichogramma* gegen die Kleidermotte

Artname	Stamm-Code	Akzeptanztest	Präferenztest	Suchleistungstest
<i>T. brassicae</i>	BRA DA	?		
<i>T. brassicae</i>	BRA D 97 K4	?	?	?
<i>T. cacoeciae</i>	SP1 Türnich I	?	?	
<i>T. cacoeciae</i>	CAC D 85 R	?		
<i>T. cacoeciae</i>	CAC D 90 O	?	?	
<i>T. cacoeciae</i>	CAC D 90 O m	?	?	?
<i>T. cacoeciae</i>	SP Wolff D 94	?		
<i>T. cacoeciae</i>	SP Denmark 98	?		
<i>T. cacoeciae</i>	SP Austria 99	?	?	
<i>T. chilonis</i>	CHI I 90 B	?		
<i>T. dendrolimi</i>	DEN D 90 O	?	?	
<i>T. dendrolimi</i>	DEN C 97 Wa	?		
<i>T. embryophagum</i>	EMB D 89 R	?	?	
<i>T. evanescens</i>	EVA (Lager)	?	?	?
<i>T. evanescens</i>	EVA D 97	?		
<i>T. exiguum</i>	EXI U 95	?		
<i>T. ivelae</i>	IVE A 94	?		
<i>T. japonicum</i>	JAP T 84	?		
<i>T. meyeri</i>	MEY D 82 K	?		
<i>T. minutum</i>	MIN D 92 O	?		
<i>T. nerudai</i>	NER Ch 99 F	?		
<i>T. nubilale</i>	NUB C 88	?	?	
<i>T. ostriniae</i>	OST C 97 M	?		
<i>T. piceum</i>	PIC M 91	?	?	?
<i>T. platneri</i>	PLA U 82 A	?		
<i>T. pretiosum</i>	PRE Ä 81	?		
<i>T. pretiosum</i>	PRE K 93	?		
<i>T. principium</i>	PRI Kir 98	?		
<i>T. semblidis</i>	SEM D 94 F	?		

3.4.2.1 Akzeptanztests mit Eiern der Kleidermotte

Der Vergleich der Akzeptanz von Kleidermotten-Eiern durch verschiedene *Trichogramma*-Arten und -Stämme (Abb. 70) zeigte, dass die verschiedenen Zuchtlinien von *Trichogramma* aus der Labor-Stammzucht sehr unterschiedlich hohe Parasitierungsleistungen aufwiesen. Innerhalb des vierstündigen Versuchszeitraumes wurde von *T. piceum* (PIC M 91) mit durchschnittlich 28 Eiern die höchste Parasitierung erreicht. BRA 97 K4, ein Stamm von *T. brassicae* aus Kohl parasitierte im Mittel 25 Wirtseier. Bei dem in Obst kommerziell verwendeten Stamm DEN D 90 O wurden 18 Eier ermittelt. Sieben Stämme parasitierten zwischen 10 und 15 Eiern, darunter die kommerziellen Stämme EVA Lager (*T. evanescens*) und BRA Da (*T. brassicae*). Weniger als 10 Eier wurden von den übrigen 19 Stämmen parasitiert, darunter mit der höchsten Anzahl parasitierter Wirtseier der kommerziell verwendete Stamm CAC D 90 O (*T. cacoeciae*). *Trichogramma*-Weibchen des Stammes SEM D 94 F (*T. semblidis*) parasitierten keine der angebotenen Kleidermotten-Eier.

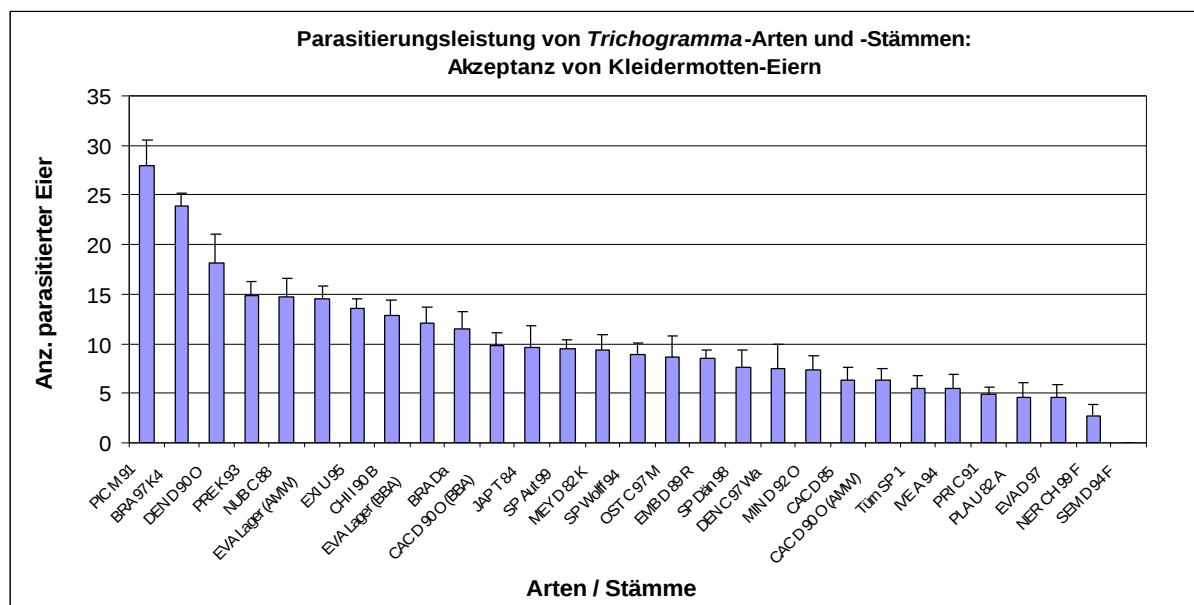


Abb. 70: Akzeptanztest zur Auswahl geeigneter *Trichogramma*-Stämme: Parasitierungsleistung bei *T. bisselliella* (Mittelwerte $\pm$ Standardfehler, bei 25 °C, 65-70 % rLF, 16:8 h Licht, n = 24, p < 0,05, Tukey, HDS-test)

Mit Eiern der Kleidermotte als Wirt wurden Schlupfraten zwischen 60-80% erreicht (Abb. 71). Die Daten zum Schlupf sind zum Vergleich in der Rangfolge der Parasitierungsrate angeordnet. Die unterschiedliche Akzeptanz von Kleidermotten-Eiern zeigte sich bei den Schlupfraten tendenziell ähnlich abgestuft wie es bei der Parasitierungsleistung der Fall war. Jedoch konnte für Parasitierungsrate und Schlupfrate keine signifikante Korrelation festgestellt werden. Die Schlupfrate lag bei mindestens bei über 60 %.

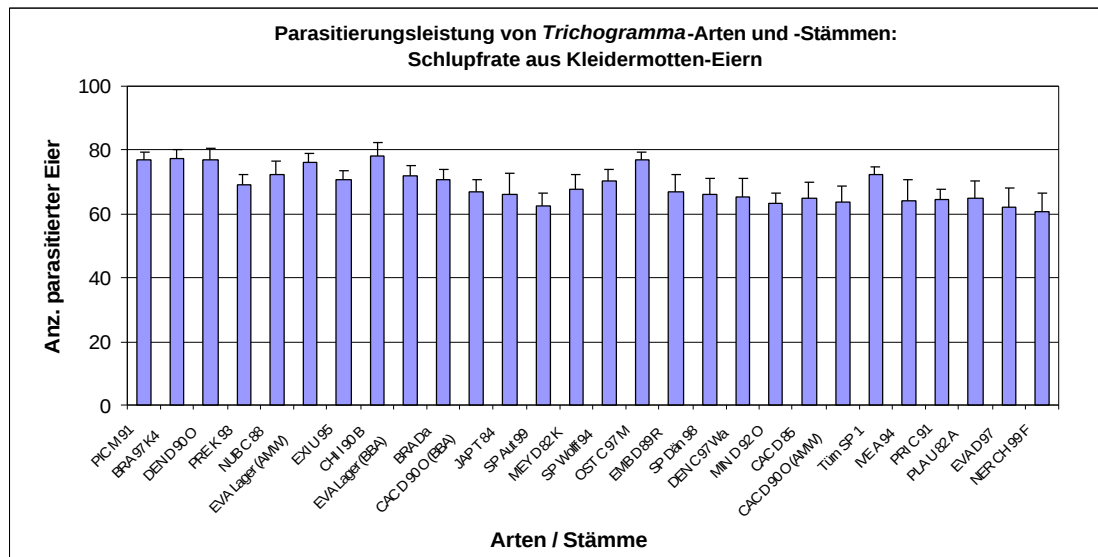


Abb. 71: Akzeptanztest zur Auswahl geeigneter *Trichogramma*-Stämme: Schlupfrate bei *T. bisselliella* (Mittelwerte $\pm$ Standardfehler, bei 25 °C, 65-70 % rLF, 16:8 h Licht, n = 24)

Im Vergleich der Geschlechterverhältnisse (Abb. 72) sind zunächst die acht thelytoken Stämme aufgeführt. Danach folgen die Stämme PIC M 91 und JAP T 84 mit einem Anteil an Weibchen von über 80%. Insgesamt variiert bei den nicht-thelytoken Stämmen der Anteil Weibchen zwischen 44,3 % und 84,0 %. CHI I 90B und DEN C 97 Wa produzierten mehr Männchen als Weibchen. Bei 19 der untersuchten Stämme wurden in der F1-Generation mehr als doppelt soviel Weibchen wie Männchen beobachtet.

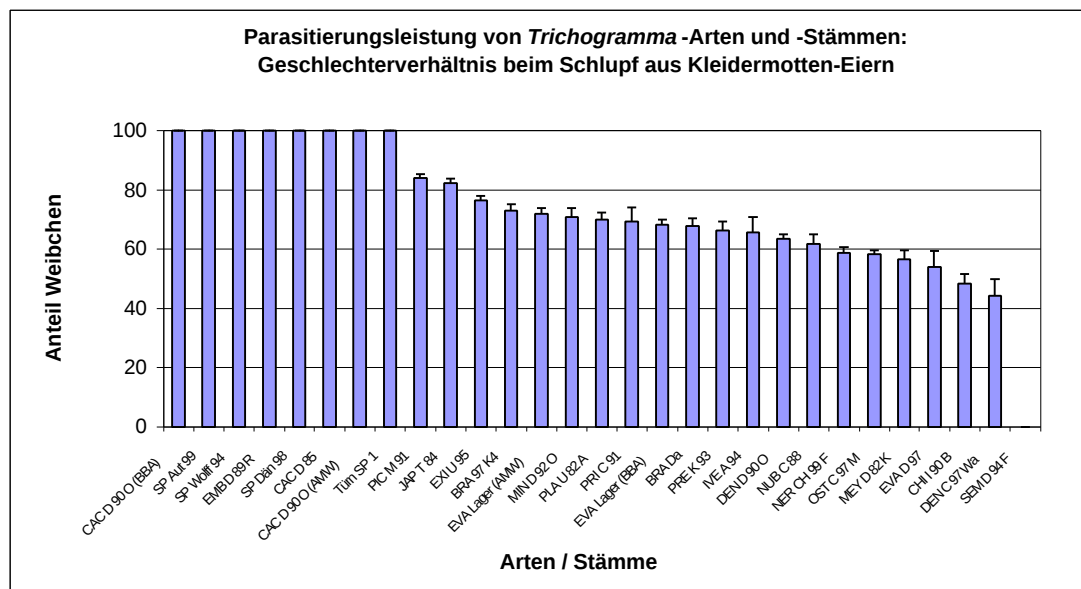


Abb. 72: Akzeptanztest zur Auswahl geeigneter *Trichogramma*-Stämme: Geschlechterverhältnisse beim Schlupf aus *T. bisselliella* (Mittelwerte $\pm$ Standardfehler, bei 25 °C, 65-70 % rLF, 16:8 h Licht, n = 24)

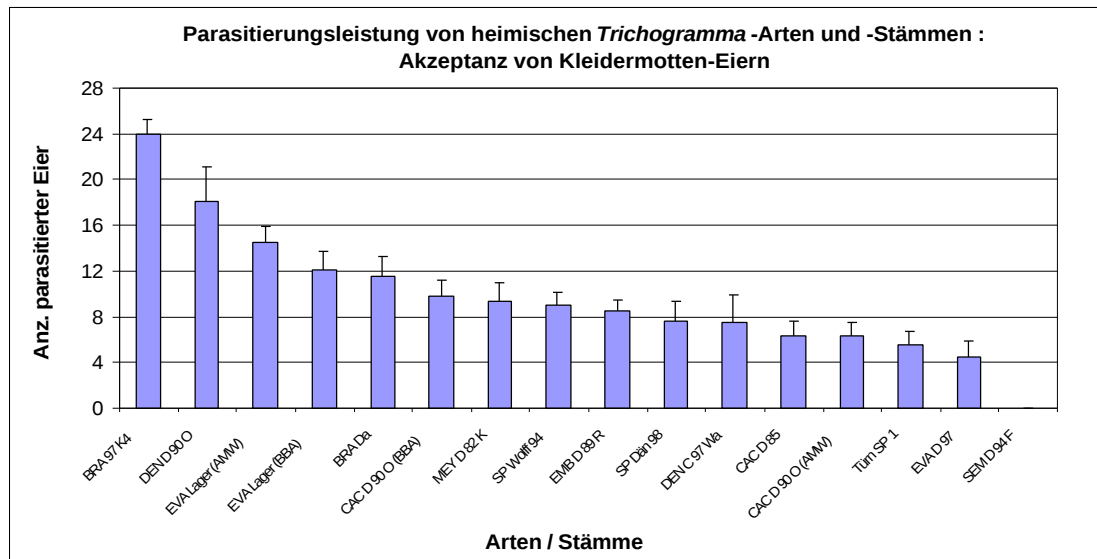


Abb. 73: Akzeptanztest zur Auswahl geeigneter *Trichogramma*-Stämme: Vergleich der Parasitierungsleistung heimischer *Trichogramma*-Stämme bei *T. bisselliella* (Mittelwerte $\pm$ Standardfehler, bei 25 °C, 65-70 % rLF, 16:8 h Licht, n = 24, p < 0,05, Tukey, HDS-test)

Die ausschließliche Betrachtung der bislang als heimisch bekannten Stämme (Abb. 73) zeigt, dass die thelytoken Stämme von *T. cacoeciae* (CAC und SP) sehr niedrige Parasitierungsraten aufwiesen. Von den bereits kommerziell verfügbaren Arten wiesen Stämme von *T. dendrolimi* (DEN D 90 O) und *T. evanescens* (EVA (Lager)) die höchsten Parasitierungsraten auf.

Die Kontaktaufnahme der Wirtseier durch die *Trichogramma*-Weibchen wurde über einen Zeitraum von vier Stunden halbstündig kontrolliert. Im Vergleich der verschiedenen Arten und Zuchtstämme zeigten sich deutliche Unterschiede in der Kontaktaufnahme innerhalb vier Stunden nach Versuchsbeginn (Abb. 74). Der kommerziell gegen Lebensmittelmotten angebotene Stamm EVA Lager (*T. evanescens*) zeigt mit fast 60% die höchste Kontakthäufigkeit. Für PIC M 91 (*T. piceum*), sowie SP Aut 99 (*T. cacoeciae*) wurden mit einer Kontaktaufnahme von mehr als 45 % ermittelt. Die kommerziell verwendeten Stämme BRA Da (*T. brassicae*), DEN D 90 O (*T. dendrolimi*) und CAC D 90 O (*T. cacoeciae*) lagen zwischen 30 und 42 %. Auffällig ist, dass unterschiedliche Stämme der gleichen Art unterschiedlich reagierten. So liegen Stämme von *T. cacoeciae* bei 40% (CAC D 90 O) und bei 20 % (CAC D 85 R) Kontaktaufnahme. Der geringe Anteil von nur 13% in der Kontaktaufnahme mit den Wirtseiern bei Stamm BRA 97 K4 entspricht nicht der zweithöchsten Parasitierungsleistung dieses *Trichogramma*-Stammes von allen Stämmen.

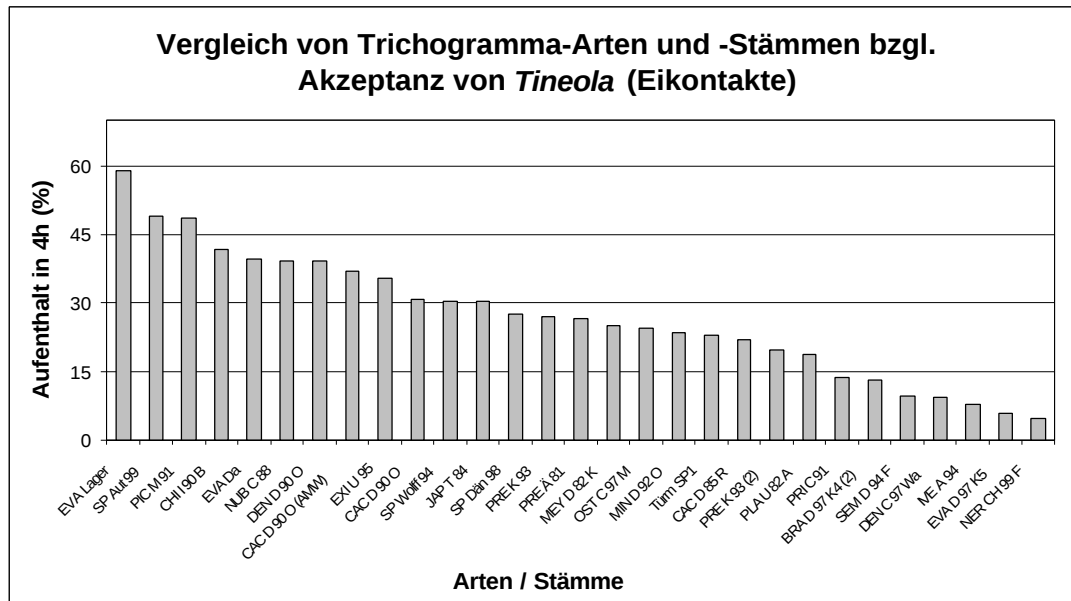


Abb. 74: Akzeptanztest zur Auswahl geeigneter *Trichogramma*-Stämme: Prozentualer Anteil der Kontaktaufnahme von *T. bisselliella* –Eiern innerhalb von 4 Stunden (bei 25 °C, 65-70 % rLF, 16:8 h Licht, n = 24)

Zur Akzeptanz der Wirtseier wird in Abb. 75 dargestellt, zu welchen Anteilen in den Versuchsröhrchen eine erfolgreiche Parasitierung erfolgte, unabhängig von der Anzahl parasitierter Eier. Lediglich bei sechs der Stämme wurden in über 90% der Gläschen Eier erfolgreich parasitiert. Bei über der Hälfte der untersuchten Stämme wurden in knapp 70% oder weniger Einzelgläschen Wirtseier parasitiert. Schließlich wurden bei sechs Stämmen in weniger als 50% der Gläschen durch die vereinzelt Weibchen Wirtseier parasitiert.

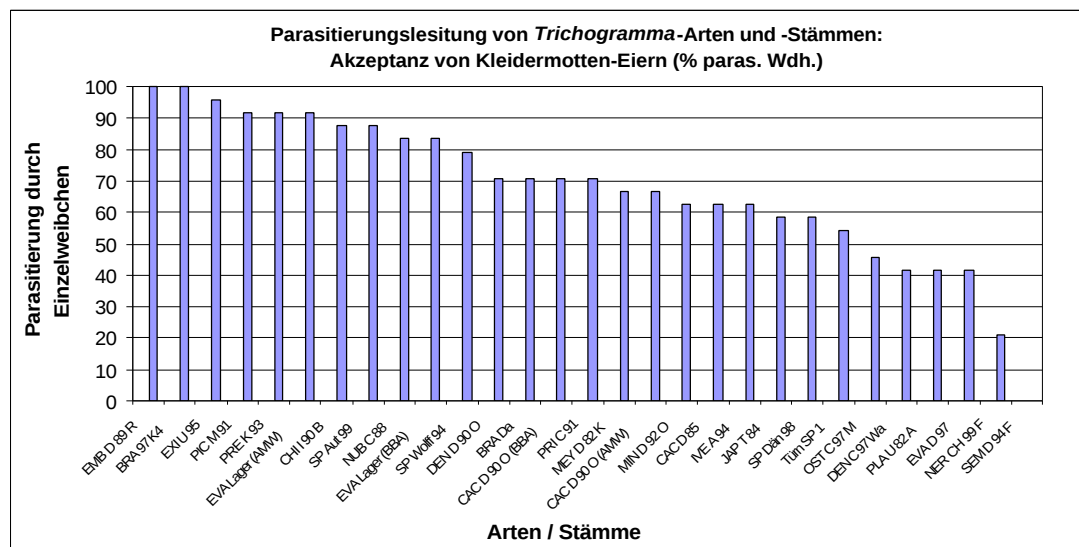


Abb. 75: Akzeptanztest zur Auswahl geeigneter *Trichogramma*-Stämme: Prozentualer Anteil der Parasitierung von *T. bisselliella* in den Versuchsgläschen (bei 25 °C, 65-70 % rLF, 16:8 h Licht, n = 24)

Tab. 22: Rangfolgen im Akzeptanztest: Vergleich von Parasitierungsleistung und Kontaktaufnahme der *Trichogramma*-Stämme bei Angebot von Kleidermotten-Eiern

Parasitierungsleistung			Kontaktaufnahme		
Rang	Stamm	par. Eier	Rang	Stamm	Kontakt
1	PIC M 91	28	1	EVA Lager	59 %
2	BRA 97 K4	25	2	PIC M 91	47 %
3	DEN D 90 O	18	3	SP Aut 99	47 %
4	PRE K 93	14	4	CHI I 90B	42 %
5	NUB C 88	14	5	BRA Da	41 %
6	EVA Lager	13	6	NUB C 88	41 %

Die Rangfolge der Stämme hinsichtlich der höchsten Parasitierungsleistung und Kontaktaufnahme mit den Wirtseiern im Akzeptanztest (Tab. 22) gibt die gleiche Tendenz der Ergebnisse aus der Untersuchung der absoluten Parasitierungsraten wieder. Insbesondere bei dem Stamm PIC M 91 wurde eine positive Tendenz dieser beiden Parameter beobachtet. Ebenso wurden für die Stämme EVA Lager und NUB C 88 jeweils eine Platzierung unter den ersten sechs Rängen ermittelt. BRA 97 K4 wurde zu einem hohen Masse parasitiert, steht jedoch im Vergleich aller Stämme auf Rang 24 der Kontaktaufnahme.

3.4.2.2 Einfluss des Wirtseialters auf die Akzeptanz

Die Parasitierung von Wirtseiern unterschiedlichen Alters wurde für den Stamm CAC D 90 O bei 25°C untersucht. Parasitiert wurden Kleidermotten-Eier mit einem Höchstalter von bis zu vier Tagen (Abb. 76). Ab dem fünften Tag waren in den Eiern die L1-Larven voll zum Schwarzkopfstadium der Larve entwickelt, ab dem sechsten Tag begann der Schlupf der L1-Larven. Die Parasitierung von jeweils zehn Kleidermotten-Eiern pro Wiederholung lag bei zwei und drei Tage alten Eiern bei 94 % und 74 %. Bei vier Tage alten Eiern sank die Parasitierungsrate stark ab auf 37 %. Ab dem fünften Tag wurden die Eier nicht mehr erfolgreich parasitiert.

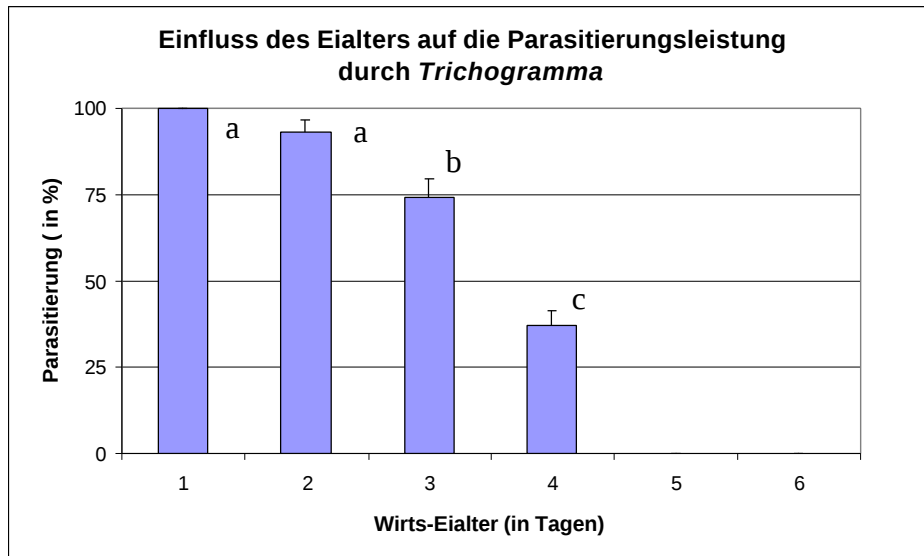


Abb. 76: Einfluss des Wirtseialters von *T. bisselliella* auf die Parasitierungsleistung durch *Trichogramma* (Mittelwerte $\pm$ Standardfehler, bei 25 °C, 65-70 % rLF, 16:8 h Licht, n = 24, Daten mit gleichen Buchstaben sind nicht signifikant unterschiedlich, $p < 0,05$, Tukey, HDS-test)

Die Schlupfrate (Tab. 23) zeigte im Verlauf des Versuchs an den ersten Tagen keine Beeinflussung durch das Alter der Wirtseier und lag zunächst bei etwa 80 %. Bei Wirtseiern mit einem Alter von vier Tagen wurde eine starke Reduktion der Schlupfrate auf deutlich unter 50 % beobachtet.

Tab. 23: Einfluss des Wirtseialters auf die Schlupfrate

Eialter (Tage)	Schlupfrate (%)
1	82,0 $\pm$ 4,76 a
2	79,6 $\pm$ 5,68 a
3	83,0 $\pm$ 6,71 a
4	42,2 $\pm$ 8,66 b

(Mittelwerte $\pm$ Standardfehler, bei 25 °C, 65-70 % rLF, 16:8 h Licht, n = 24, , Daten mit gleichen Buchstaben sind nicht signifikant unterschiedlich, $p < 0,05$, Tukey, HDS-test)

3.4.2.3 Präferenztests

Im Präferenztest wurden der Zielwirt *T. bisselliella* und der Ersatzwirt *S. cerealella* von den ausgewählten Stämmen unterschiedlich stark bevorzugt (Abb. 77). Im Auswahltest wurden durch die Art *T. piceum* mit insgesamt 80 Eiern in fünf Tagen deutlich mehr Eier insgesamt abgelegt als im Vergleich von Weibchen der anderen Stämme, die 25-45 Eier in fünf Tagen ablegten. Bei *T. piceum* und *T. brassicae* wurde eine Präferenz gegenüber dem Zielwirt festgestellt. Hingegen wurde bei den Stämmen der Arten *T. cacoeciae*, *T. embryophagum*, *T. nubilale* und *T. dendrolimi* der Massenzuchtwirt *S. cerealella* bevorzugt parasitiert.

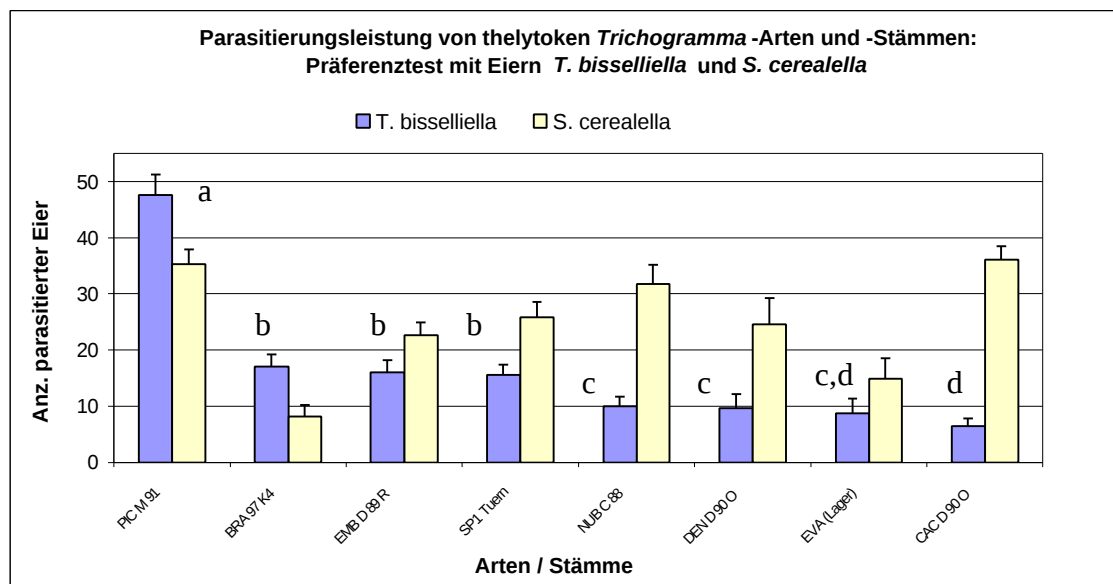


Abb. 77: Präferenztest, Parasitierungsleistung von *Trichogramma*-Arten und Stämmen bei gleichzeitigem Angebot von *T. bisselliella* und *S. cerealella* (Mittelwerte $\pm$ Standardfehler, 25 °C, 65-70 % rLF, 16:8 h Licht, n = 24, Daten mit gleichen Buchstaben sind nicht signifikant unterschiedlich, $p < 0,05$, Tukey, HDS-test)

Ein Vergleich der Schlupfraten (Abb. 78) zeigt, dass *Trichogramma* in den Präferenztests bei den thelytoken Stämmen EMB D 89 R und SP1 Tuern zu fast 90% aus *Tineola*-Eiern schlüpften, bei *Sitotroga*-Eiern als Wirt zu etwa 98%. Bei den anderen Stämmen lag die Schlupfrate aus *Tineola*-Eiern zwischen 64 % und 74 %. Bei *Sitotroga*-Eiern als Wirt lag die Schlupfrate bis auf den Stamm EVA (Lager) immer höher als bei *Tineola*-Eiern und erreichte zwischen 71% und 100 %.

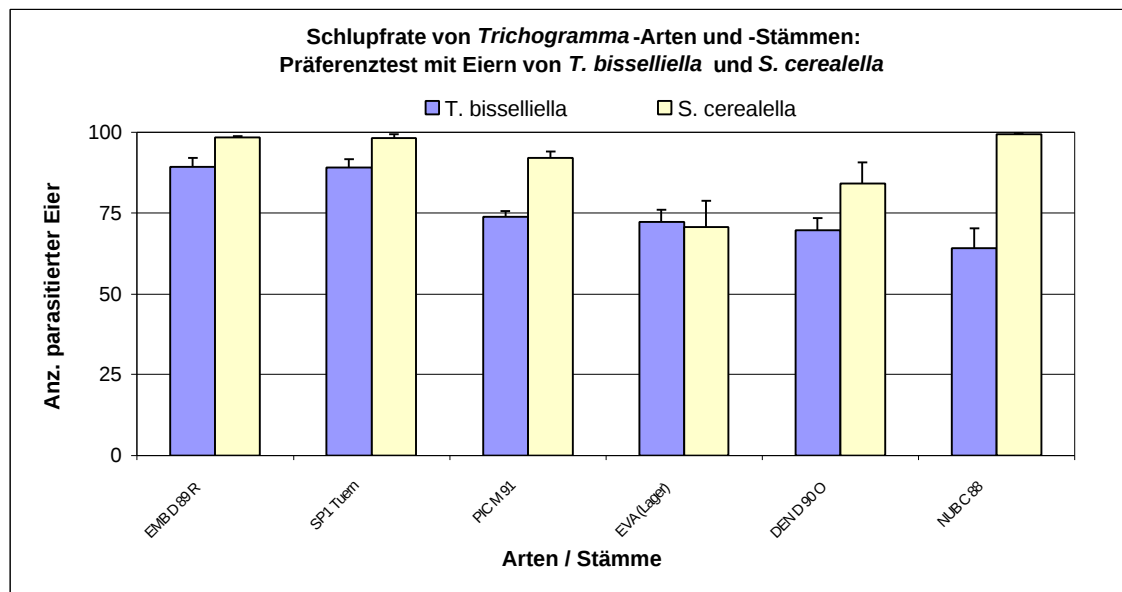


Abb. 78: Präferenztest, Schlupfrate von *Trichogramma*-Arten und -Stämmen bei gleichzeitigem Angebot von *T. bisselliella* und *S. cerealella* (Mittelwerte $\pm$ Standardfehler, 25 °C, 65-70 % rLF, 16:8 h Licht, n = 24)

3.4.2.3 Einfluss von Zuchtpassagen mit dem Zielwirt auf die Präferenz

Eine Dauerzucht von *Trichogramma*-Arten auf Eiern der Kleidermotten konnte die Parasitierungsleistung gegenüber diesem Zielwirt nur tendenziell erhöhen (Abb. 79). Bei dem Stamm EVA (Lager) wurden nach Zuchtpassagen auf Kleidermotten-Eiern höhere Parasitierungsraten mit beiden Wirten erzielt. Ohne Passagen lag die Parasitierung bei insgesamt 24 Wirtseiern, mit neun Eiern von *T. bisselliella* und 24 von *S. cerealella*. Nach fünf Zuchtgenerationen auf Eiern der Kleidermotte erhöhte sich die Parasitierung im Mittel auf insgesamt 73 Eier, anteilig 30 Eier der Kleidermotte und 43 Eier der Getreidemotte. Der thelytoke Stamm CAC D 90 O zeigte ohne Passagen eine deutliche Präferenz für Getreidemotten-Eier mit 36 Wirtseiern und nur sechs parasitierten Kleidermotten-Eiern. Nach bis zu 70 Zuchtpassagen reduzierte sich tendenziell die Parasitierungsrate insgesamt von zunächst 43 Wirtseiern auf 33 Wirtseier.

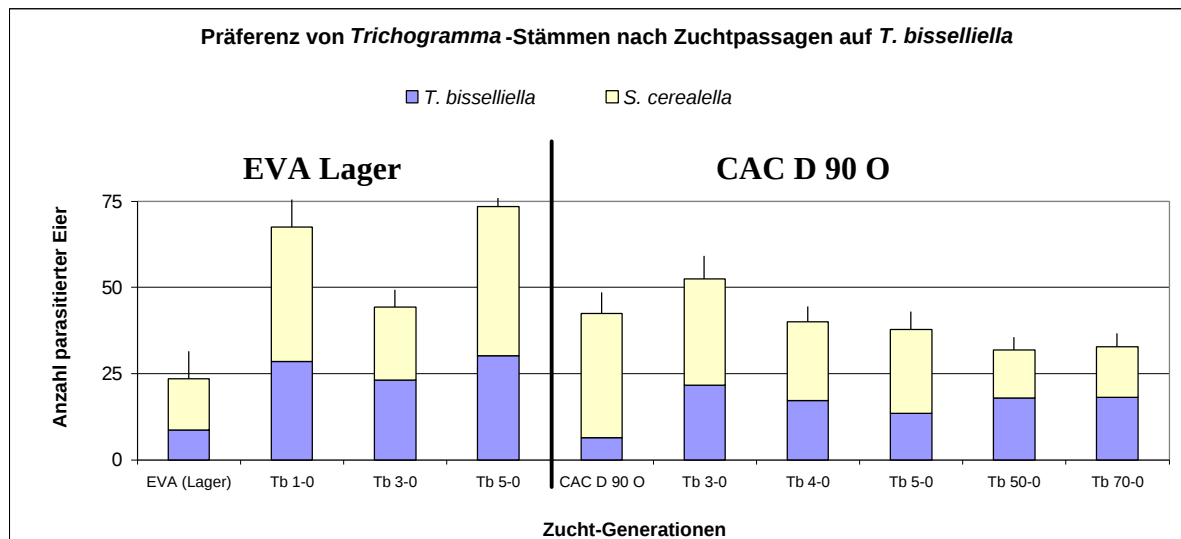


Abb. 79: Parasitierungsleistung und Präferenz von *Trichogramma*-Stämmen nach Dauerzucht auf *T. bisselliella* -Eiern (Mittelwerte $\pm$ Standardfehler, 25 °C, 65-70 % rLF, 16:8 h Licht, n = 24)

Nach 50 bzw. 70 Generationen Zucht auf Kleidermotten-Eiern zeigte sich bei CAC D 90 O eine tendenzielle Präferenz dieses Zielwirtes gegenüber der Getreidemotte. Nach allen Zuchtpassagen mit den beiden untersuchten *Trichogramma*-Stämmen wurde eine erhöhte Parasitierungsrate bei *T. bisselliella* als Wirtseier festgestellt. Die Parasitierungsraten bei EVA (Lager) der Art *T. evanescens* lagen deutlich höher als bei dem thelytoken Stamm CAC D 90 O der Art *T. cacoeciae*.

3.4.2.4 Daten der Lebensstafeln von ausgewählten *Trichogramma*-Arten

3.4.2.4.1 *T. cacoeciae* (CAC D 90 O)

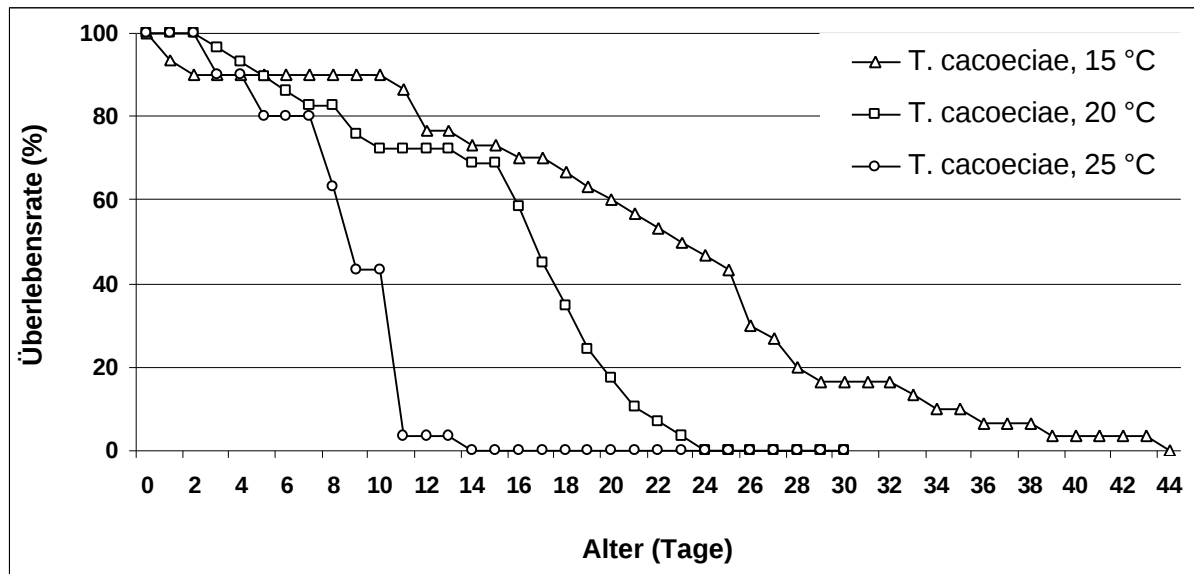


Abb. 80: Überlebensrate von *T. cacoeciae* (CAC D 90 O) bei 3 Temperaturen (tägliche Eigabe und Honigfutter, Wirt: *S. cerealella*, n = 30)

Versuche zu den Daten der Lebensstafel ('life-table') bei *T. cacoeciae* (Abb. 80) zeigten, dass die Individuen temperaturabhängig eine kürzere Überlebensrate bei 25°C mit maximal 15 Tagen und die höchste Lebensdauer von mehr als einem Monat (43 Tage) bei 15°C erreichten. 50% der Tiere wurden bei 25°C etwa 9,5 Tage alt, bei 20°C etwa 18,5 Tage alt und bei 15°C 24 Tage alt. Insgesamt ist der Verlauf der Überlebensraten bei den drei Temperaturen gleichmäßig. Innerhalb der ersten 9 Tage sind bei allen Temperaturen über 80 % der Tiere am Leben.

Für die Parameter der Lebensstafeln wurden temperaturabhängig Unterschiede ermittelt (Tab. 24). Die Kenndaten für 25°C waren günstiger als bei 20°C und 15°C. Die Netto-Reproduktionsrate lag bei 25 °C mit 22,67 deutlich höher als bei 20°C (3,96) und 15°C (4,87). Ebenso waren die Vermehrungsrate und Vermehrungskapazität bei 25°C höher, die ermittelte Generationsdauer bei 25°C war mit 13,00 Tagen fast 3 Tage kürzer als bei 15°C. Die ermittelte Verdopplungszeit für *T. cacoeciae* (CAC D 90 O) war bei 25°C (2,88 Tage) deutlich niedriger als bei 20 °C (3,85 Tage) und 15°C (6,95 Tage).

Tab. 24: Vergleich der reproduktiven Eigenschaften und Daten der Lebensstadien von *T. cacoeciae* bei drei Temperaturen

<i>Trichogramma</i> -Arten Stammbezeichnungen	<i>T. cacoeciae</i> CAC D 90 O 15 °C, S.c.	<i>T. cacoeciae</i> CAC D 90 O 20 °C, S.c.	<i>T. cacoeciae</i> CAC D 90 O 25 °C, S.c.
mittlere Eiablageleistung / Weibchen	15,13 ? 1,72 a	22,37 ± 1,77 b	35,08 ± 2,53 c
% Schlupfrate	28,53 ? 3,49 a	67,39 ± 1,58 b	64,97 ± 2,58 b
% Weibchen	93,75 ? 4,16 a	100,00 ± 0,00 a	98,87 ± 0,33 a
Netto-Reproduktionsrate (R_0) (net reproduction rate)	4,87	13,96	22,67
artspezifische Vermehrungsrate (r_m), Tage ⁻¹ (intrinsic rate of increase)	0,10	0,18	0,24
diskrete Vermehrungskapazität (?) (finite rate of increase)	1,10	1,20	1,27
Generationsdauer (T_G), in Tagen (Mean generation time)	15,86	14,64	13,00
Verdopplungszeit (T_2), in Tagen (Doubling time)	6,95	3,85	2,88

(Mittelwerte ? Standardfehler, n = 30, Daten in Zeilen mit gleichen Buchstaben sind nicht signifikant unterschiedlich, p < 0,05, Tukey, HDS-test)

Die mittlere Eiablageleistung pro Weibchen lag bei 25°C mit 35,08 Eiern deutlich über der Leistung bei 20°C (22,37 Eier) und 15°C (15,13 Eier). Die Schlupfrate bei 20°C und 25°C lag bei 64,97 % und 67,39 %. Bei 15°C wurde ein geringerer Schlupf von 28,53 % beobachtet. Der Anteil Weibchen lag bei dem thelytoken *Trichogramma*-Stamm bei fast 100 %. Bei 15°C wurde ein Weibchen-Anteil von 93,75 % ermittelt (Abb. 83-89).

Die Reproduktivität der Weibchen (m_x) ist in Abb. 83 wiedergegeben. Bei 15°C parasitierte *T. cacoeciae* (CAC D 90 O) bis zum Tag 36 und zeigte eine unregelmäßige Aktivität. Nach hoher Reproduktivität an den ersten beiden Tagen sank das Aktivitätsniveau am 4. und 5. Tag. Vom 6. bis 8. Tag ist ein deutliches Maximum festzustellen. Danach ist nur wenig Reproduktivität nachzuweisen, von Tag 20 bis 24 ist ein kleines Aktivitätsniveau, an den Tagen 29 und 30 ein letztes hohes Niveau nachzuweisen. Im Vergleich liegt die Reproduktivität bei 20°C (Abb. 86) auf höherem Niveau. Ebenso wie bei 15°C ist hier nach einer hohen Aktivität der Parasitoide zu Beginn eine kurze Phase geringer Aktivität zu beobachten, daran anschließend wurde an den Tagen 4 und 5 erneut eine hohe Reproduktivität ermittelt. Bis zum Ende der Generation war bei 20°C eine gleichmäßige, stetig langsam reduzierte Aktivität festzustellen. Bei 25°C (Abb. 89) war nur am ersten Tag eine erhöhte Reproduktivität festzustellen. Danach fällt das Niveau stark ab. Nach einem kleinen Maximum an den Tagen 4 und 5 war eine stetig sinkende Reproduktivität zu beobachten.

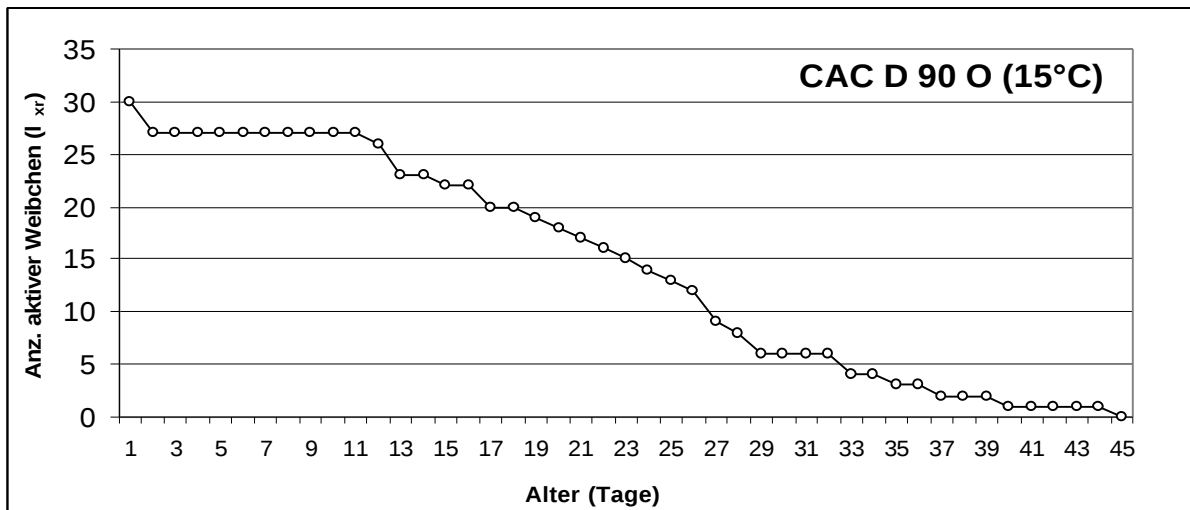


Abb. 81: Aktive Weibchen (l_{xr}) von *T. cacaoeciae* (CAC D 90 O) während einer Generation bei 15 °C (Wirt: *S. cerealella*, 65 % rh, 16:8 h Lichtregime)

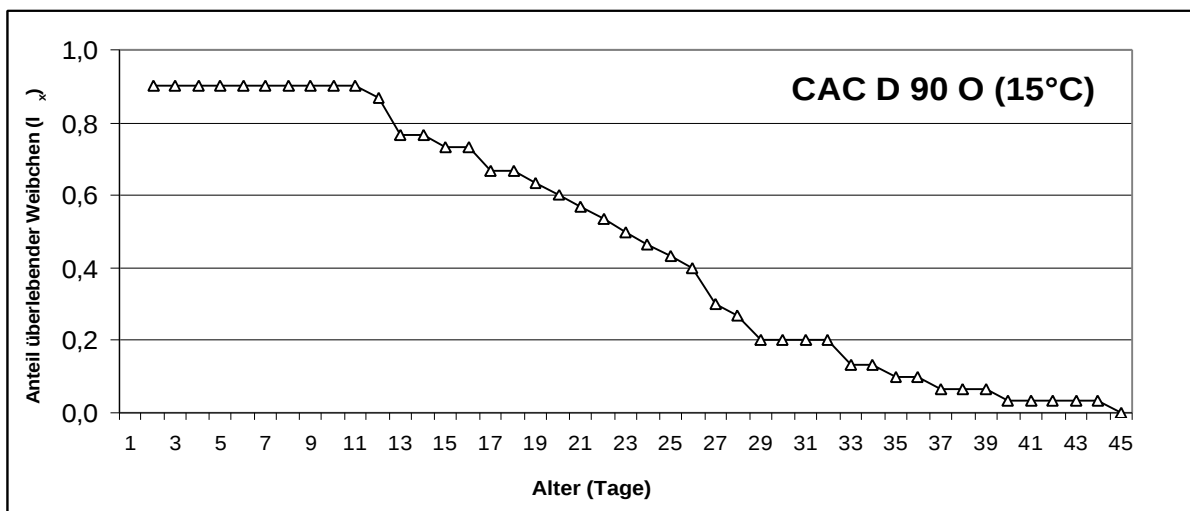


Abb. 82: Anteil überlebender Weibchen (l_x) von *T. cacaoeciae* (CAC D 90 O) während einer Generation bei 15 °C (Wirt: *S. cerealella*, 65 % rh, 16:8 h Lichtregime)

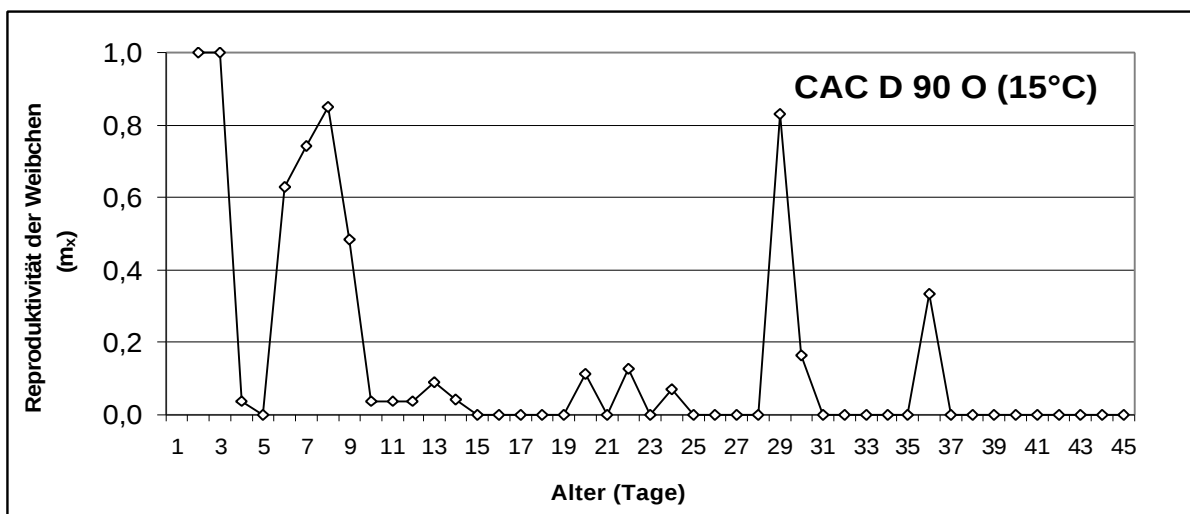


Abb. 83: Reproduktivität aktiver Weibchen (m_x) von *T. cacaoeciae* (CAC D 90 O) während einer Generation bei 15 °C (Wirt: *S. cerealella*, 65 % rh, 16:8 h Lichtregime)

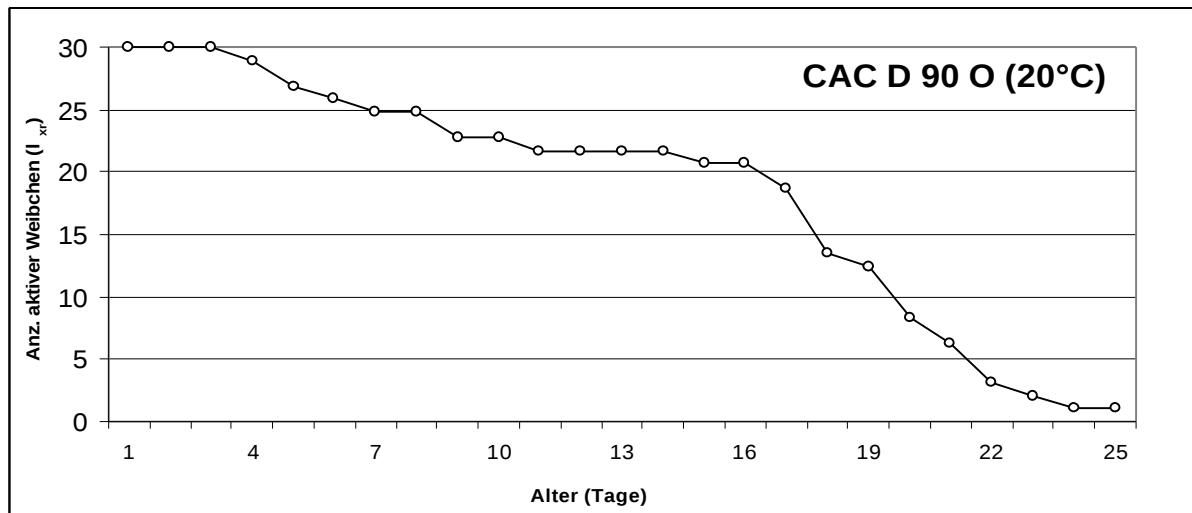


Abb. 84: Aktive Weibchen (l_{xr}) von *T. cacaoeciae* (CAC D 90 O) während einer Generation bei 20 °C (Wirt: *S. cerealella*, 65 % rh, 16:8 h Lichtregime)

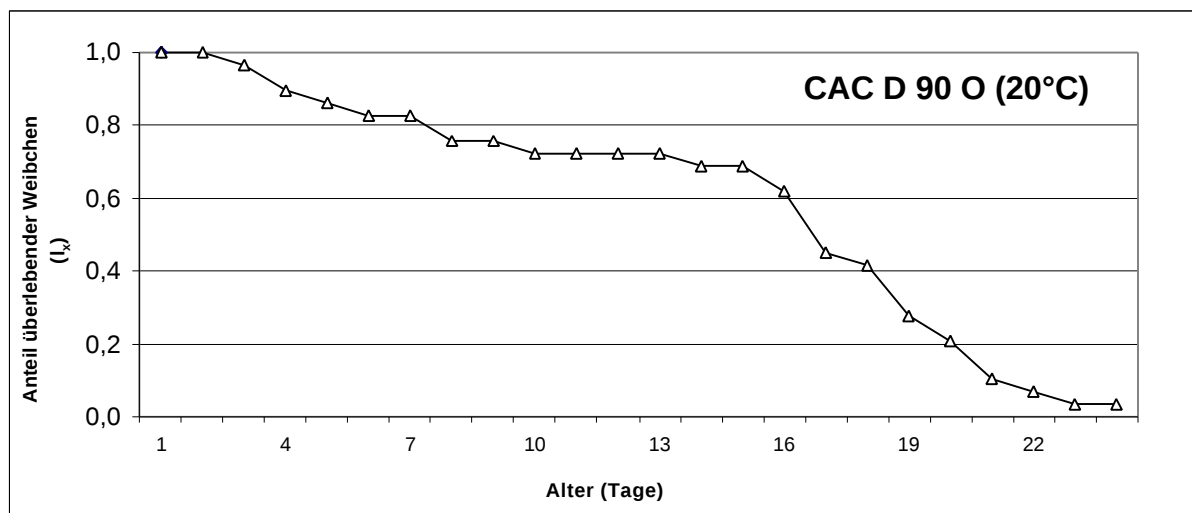


Abb. 85: Anteil überlebender Weibchen (l_x) von *T. cacaoeciae* (CAC D 90 O) während einer Generation bei 20 °C (Wirt: *S. cerealella*, 65 % rh, 16:8 h Lichtregime)

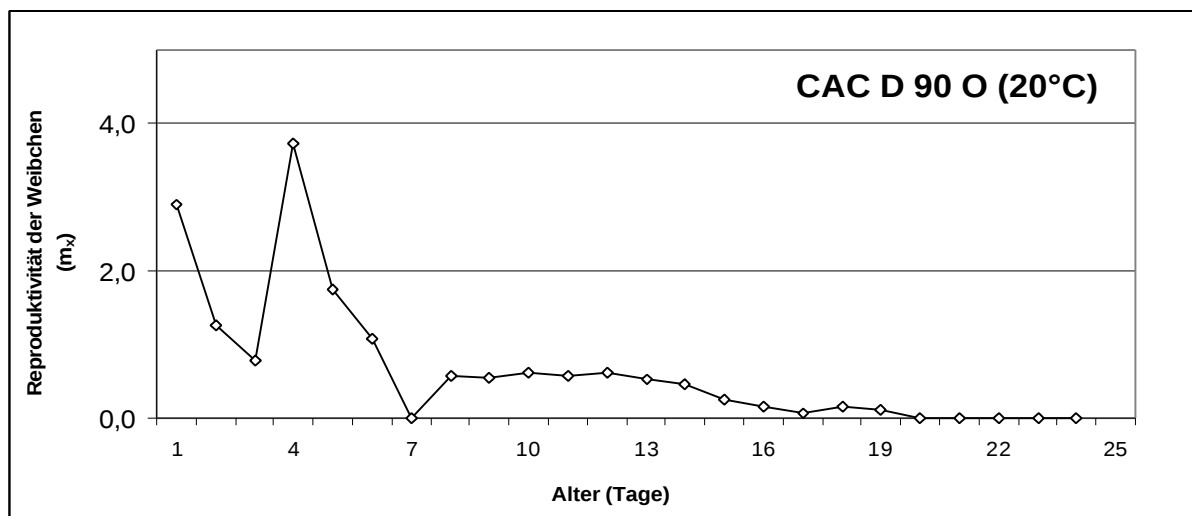


Abb. 86: Reproduktivität aktiver Weibchen (m_x) von *T. cacaoeciae* (CAC D 90 O) während einer Generation bei 20 °C (Wirt: *S. cerealella*, 65 % rh, 16:8 h Lichtregime)

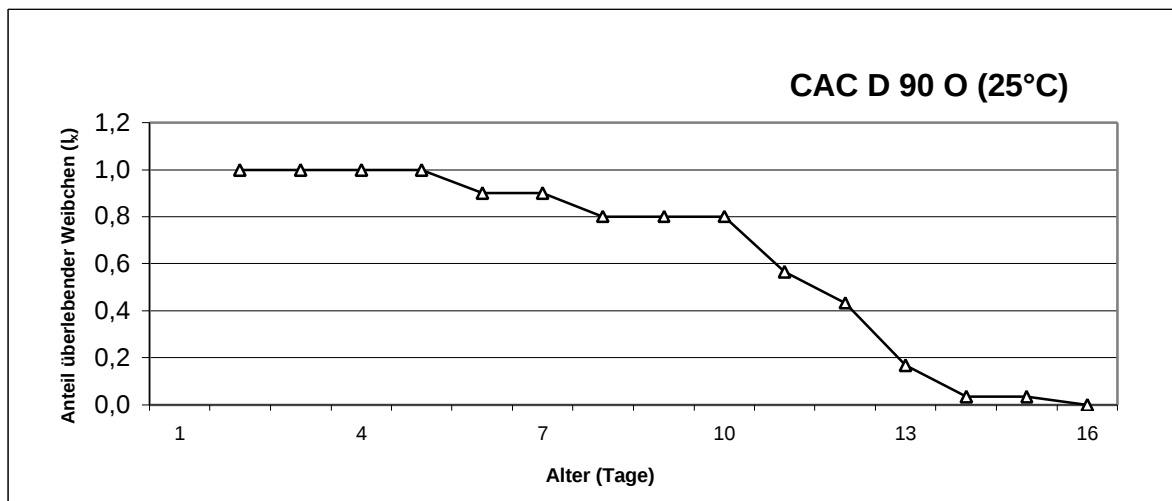


Abb. 87: Aktive Weibchen (l_{xr}) von *T. cacaoeciae* (CAC D 90 O) während einer Generation bei 25 °C (Wirt: *S. cerealella*, 65 % rh, 16:8 h Lichtregime)

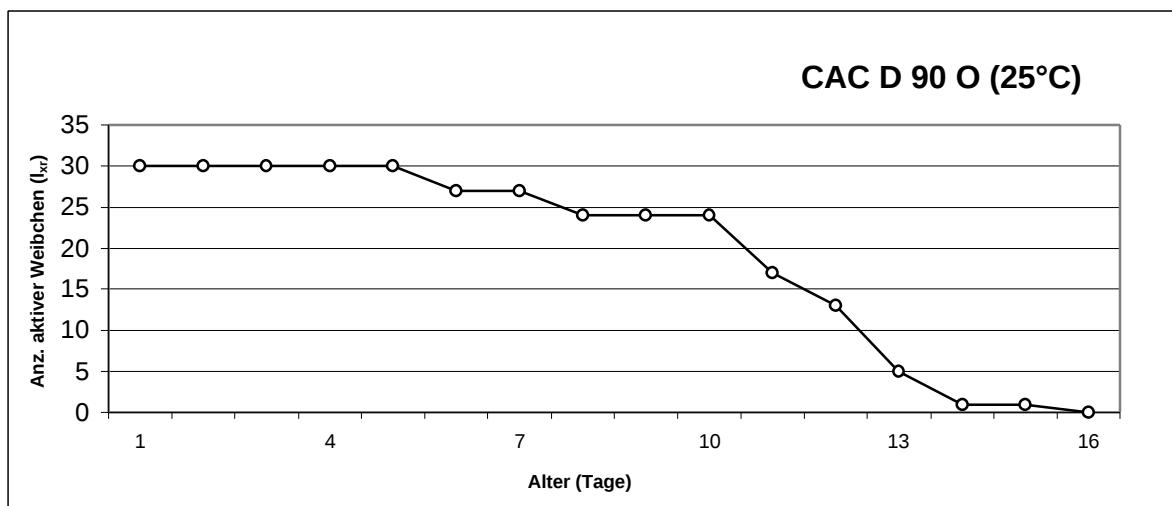


Abb. 88: Anteil überlebender Weibchen (l_x) von *T. cacaoeciae* (CAC D 90 O) während einer Generation bei 25 °C (Wirt: *S. cerealella*, 65 % rh, 16:8 h Lichtregime)

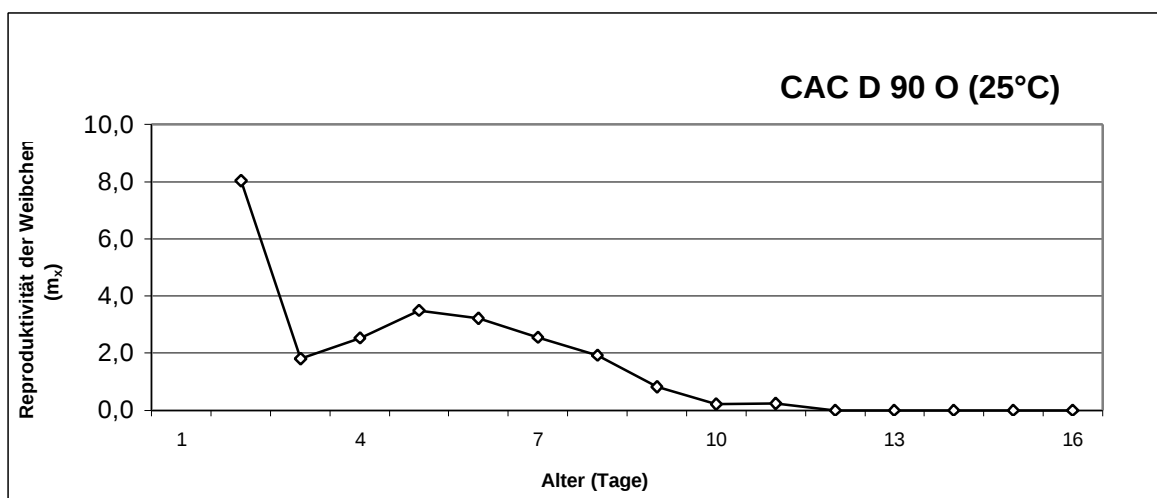


Abb. 89: Reproduktivität aktiver Weibchen (m_x) von *T. cacaoeciae* (CAC D 90 O) während einer Generation bei 25 °C (Wirt: *S. cerealella*, 65 % rh, 16:8 h Lichtregime)

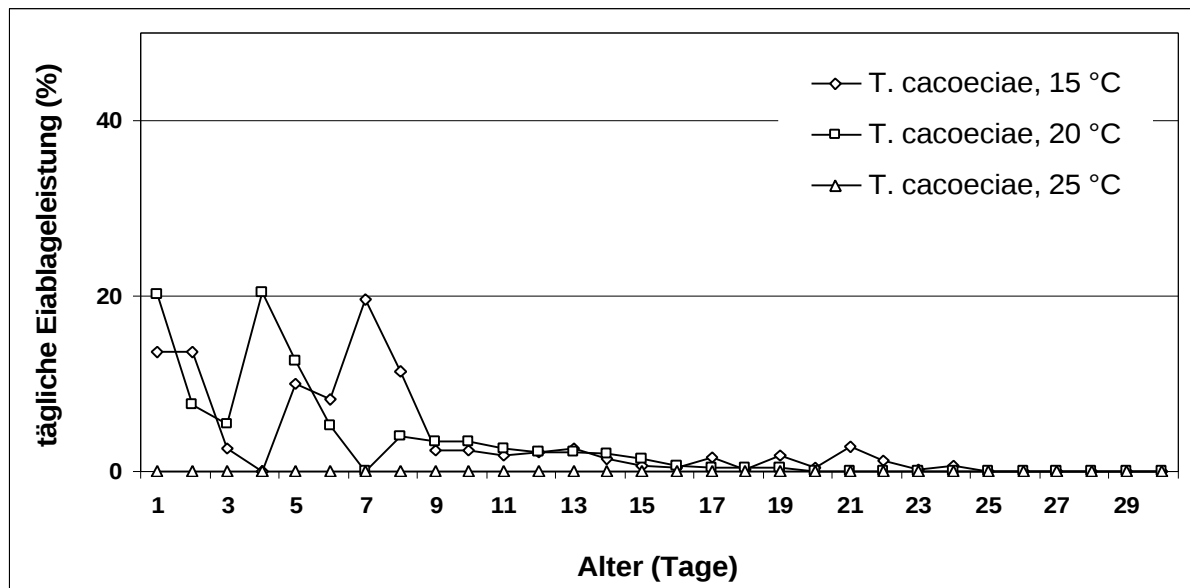


Abb. 90: Verteilung der Anteile der täglichen Eiablageleistung von *T. cacaoeciae* (CAC D 90 O) während einer Generation bei drei Temperaturen (Wirt: *S. cerealella*, 65 % rh, 16:8 h Lichtregime)

In der Verteilung des prozentualen Anteils der Eiablage pro Tag (Abb. 90) zeigte sich, dass *T. cacaoeciae* (CAC D 90 O) bei 15°C und 20°C in den ersten 8 Tagen nie mehr als 20 % der Gesamteiablageleistung aufwiesen. Bei 15°C zeigte sich eine verzögerte Eiablage, die ihr Maximum bei etwa 7 Tagen hatte, bei 20°C wurden zu Versuchsbeginn und nach 4 Tagen Maxima beobachtet. Nach 9 Tagen sank die Eiablageleistung auf ein niedrigeres Niveau, bei 15°C war von Tag 17 bis 21 noch einmal leicht erhöhte Eiablage-Aktivitäten zu beobachten.

3.4.2.4.2 *T. piceum* (PIC M 91)

Für die Art *T. piceum* wurde bei drei Temperaturen die Lebensstafel-Daten mit Wirtseiern von *S. cerealella* ermittelt (Abb. 91). Es zeigte sich bei 15°C eine deutlich erhöhte Lebensdauer im Vergleich zu 20°C und 25°C. Die maximale Lebensdauer lag bei 27 Tagen (15°C) im Vergleich zu 24 (20°C) und 13 Tagen (25°C). 50 % der Tiere wurden bei 25°C 7 Tage alt, bei 20°C etwa 12 Tage alt, bei 15 °C 13 Tage alt. Innerhalb der ersten 5 Tage sind bei allen Temperaturen etwa 75 % der Tiere am Leben.

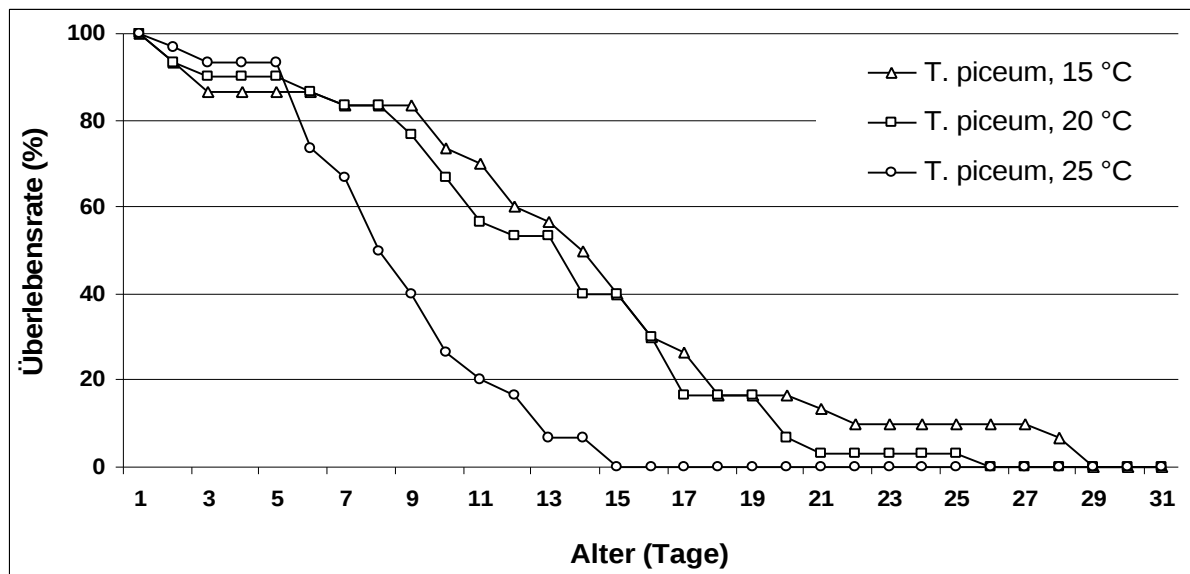


Abb. 91: Überlebensrate von *T. piceum* (PIC M 91) bei 3 Temperaturen (tägliches Futter und Honigfütter, Wirt: *S. cerealella*, n = 30)

Bei 15°C und 20°C überlebten 80 % der Individuen die ersten 8 Tage und 50 % der Parasitoide erreichten eine Lebensdauer von 13 Tagen. Bei einer Temperatur von 25°C sank die Überlebensrate ab dem 5. Tag stetig. Bis zu 8 Tage überlebten etwa 50% der Parasitoide bei 25 °C.

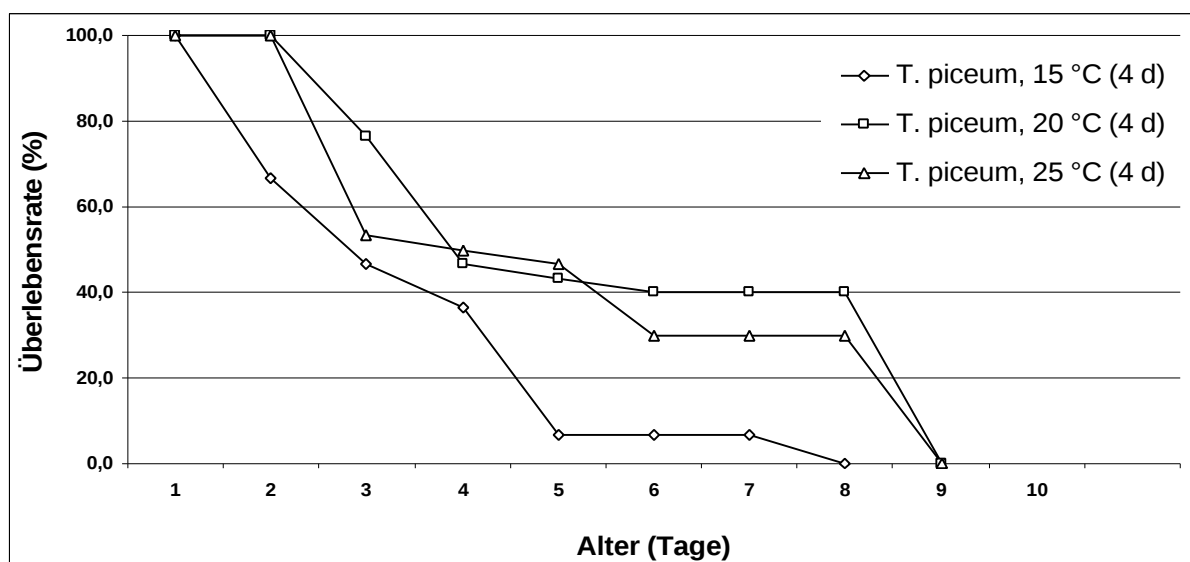


Abb. 92: Überlebensrate von *T. piceum* (PIC M 91) bei 3 Temperaturen, auf 4 Tage limitierte Fütterung und Honigfütter (Wirt: *T. bisselliella*, n = 30)

Die Überlebensrate bei einer limitierten Futtergabe und Angebot von Wirtseiern (*T. bisselliella*) bis zum vierten Tag, zeigte sich eine deutlich verkürzte Lebensdauer im Vergleich zum dauerhaften Futterangebot (Abb. 92). Insgesamt sank die Überlebensrate bei

allen drei Temperaturen nach 3-4 Tagen auf 50%. Bei 15 °C wurde ein maximales Alter von 7 Tagen, bei 20°C und 25 °C von jeweils 7 Tagen erreicht. Im Vergleich zu *S. cerealella* als Wirt und eine dauerhafte Futtergabe sank die maximale Lebensdauer bei 15°C um 21 Tage, bei 20°C um 18 Tage und bei 25°C um 7 Tage.

Für die Parameter der Lebenstafeln wurden temperaturabhängig Unterschiede ermittelt (Tab. 25). Die Kenndaten waren bei 25°C und 20°C günstiger als bei 15°C. Die Netto-Reproduktionsrate lag bei 25 °C (71,47) und 20°C (72,32) auf gleichem Niveau und deutlich höher als bei 15°C (36,16). Ebenso lagen die Vermehrungsrate und Vermehrungskapazität temperaturabhängig bei 25°C höher, die ermittelte Generationsdauer bei 25°C war mit 11,98 Tagen nur geringfügig kürzer als bei 20°C (12,87 Tage) und bei 15°C (12,49 Tage). Die ermittelte Verdopplungszeit für *T. piceum* (PIC M 91) war bei 25°C (1,95 Tage) und 20 °C (2,08 Tage) deutlich niedriger als bei 15°C (2,41 Tage).

Tab. 25: Vergleich der reproduktiven Eigenschaften und Daten der Lebenstafeln von *T. piceum* bei drei Temperaturen

<i>Trichogramma</i> -Arten Stammbezeichnungen	<i>T. piceum</i> PIC M 91 15 °C, S.c.	<i>T. piceum</i> PIC M 91 20 °C, S.c.	<i>T. piceum</i> PIC M 91 25 °C, S.c.
mittlere Eiablageleistung / Weibchen	43,96 ± 4,28 a	79,42 ± 4,10 b	84,63 ± 5,07 c
% Schlupfrate	83,45 ± 1,60 a	89,31 ± 0,92 b	86,12 ± 2,49 ab
% Weibchen	80,17 ± 2,04 a	84,13 ± 0,83 a	84,07 ± 1,06 a
Netto-Reproduktionsrate (R_0) (net reproduction rate)	36,16	72,32	71,47
artspezifische Vermehrungsrate (r_m), Tage ⁻¹ (intrinsic rate of increase)	0,29	0,33	0,36
diskrete Vermehrungskapazität (?) (finite rate of increase)	1,33	1,39	1,43
Generationsdauer (T_G), in Tagen (Mean generation time)	12,49	12,87	11,98
Verdopplungszeit (T_2), in Tagen (Doubling time)	2,41	2,08	1,95

(Mittelwerte ± Standardfehler, n = 30, Daten in Zeilen mit gleichen Buchstaben sind nicht signifikant unterschiedlich p < 0,05, Tukey, HDS-test)

Die mittlere Eiablageleistung pro Weibchen lag bei 25°C (84,63 Eier) und 20°C (79,52 Eier) deutlich über der Leistung bei 15°C (43,96 Eier). Die Schlupfrate lag bei allen drei Temperaturen bei über 80 %. Der Anteil Weibchen lag insgesamt über 80 % und erreichte bei 20°C und 25°C über 84 % (Abb. 93-101).

Die Reproduktivität der Weibchen (m_x) ist in Abb. 96 wiedergegeben. Bei 15°C parasitierte *T. piceum* (PIC M 91) bis zum Tag 12 und zeigte eine regelmäßige Aktivität. Nach hoher

Reproduktivität an den ersten vier Tagen sank das Aktivitätsniveau ab dem 5. Tag auf ein niedriges Niveau. Im Vergleich hierzu lag die Reproduktivität bei 20°C (Abb. 99) auf höherem Niveau. Ebenso wie bei 15°C war hier nach einer hohen Aktivität der Parasitoide bis zum Tag 4 eine längere Phase geringer Aktivität zu beobachten. Bei 25°C (Abb. 102) schließlich folgte einer sehr hohen Reproduktivität an den ersten beiden Tagen eine Aktivität auf niedrigerem Niveau, das jedoch deutlich höher lag als im Vergleich zur Reproduktivität bei 20°C und 15°C.

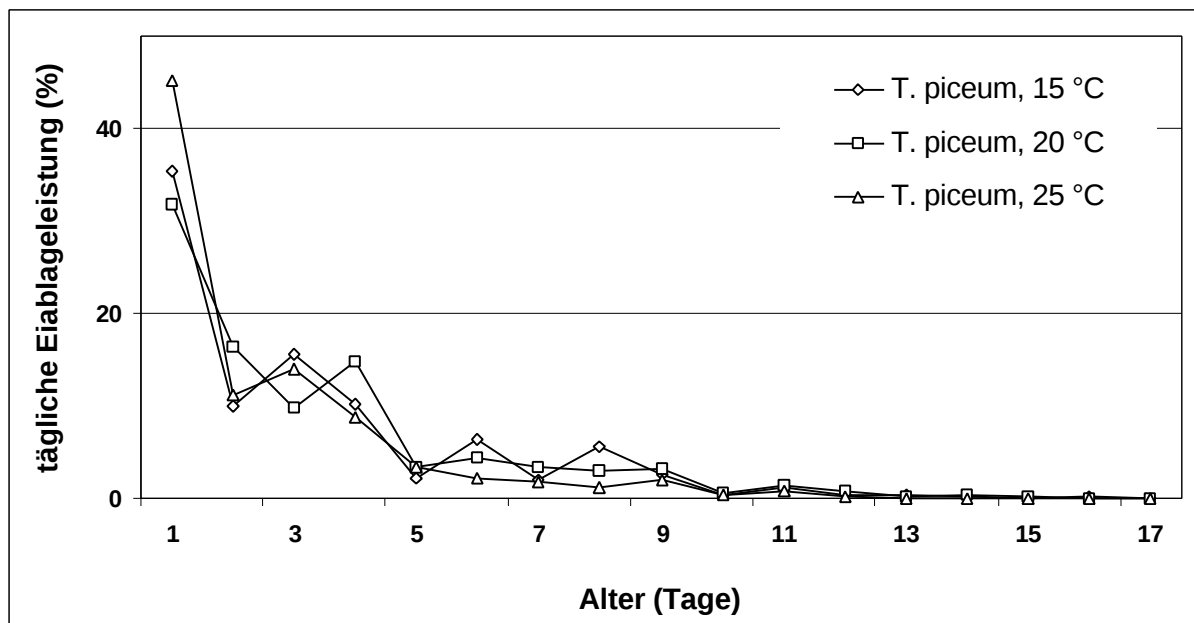


Abb. 93: Verteilung der Anteile der täglichen Eiablageleistung von *T. piceum* (PIC M 91) während einer Generation bei drei Temperaturen (Wirt: *S. cerealella*, 65 % rh, 16:8 h Lichtregime)

Die tägliche Eiablageleistung (Abb. 93) verlief für *T. piceum* (PIC M 91) bei allen drei Temperaturen fast deckungsgleich, jedoch mit unterschiedlichen Anfangsniveaus. Bei 25°C wurde am ersten Tag bereits 45 % der Eiablageleistung erbracht im Vergleich zu 20°C mit 32% und 15°C mit 35%. Bis Tag 4 variierte die Leistung zwischen 16 % - 9 % und fiel schließlich ab Tag 8 auf ein niedriges Niveau von deutlich weniger als 5%.

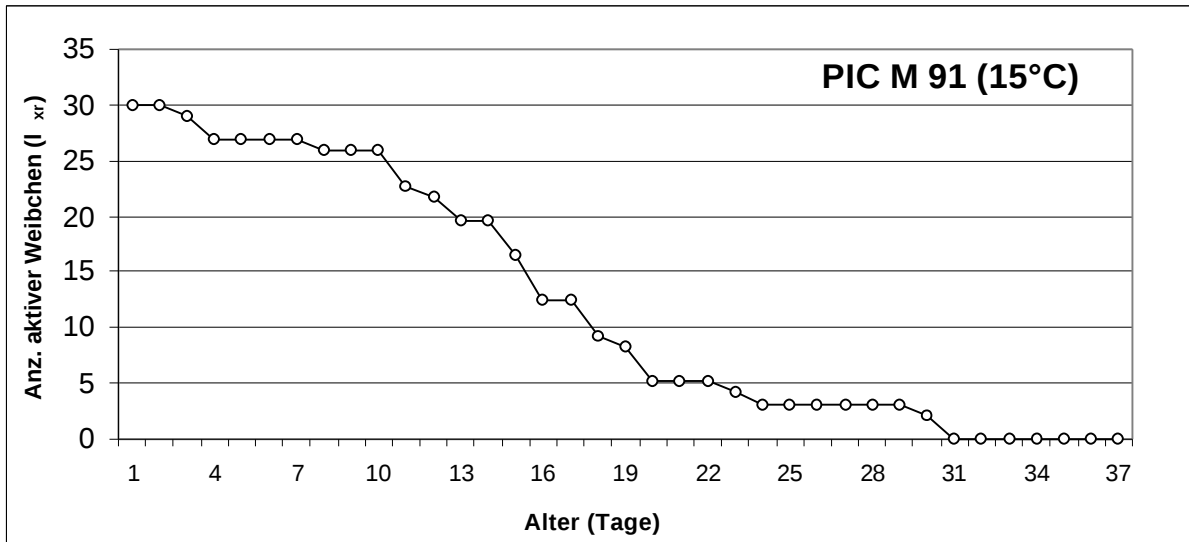


Abb. 94: Aktive Weibchen (l_{xr}) von *T. piceum* (PIC M 91) während einer Generation bei 15 °C (Wirt: *S. cerealella*, 65 % rh, 16:8 h Lichtregime)

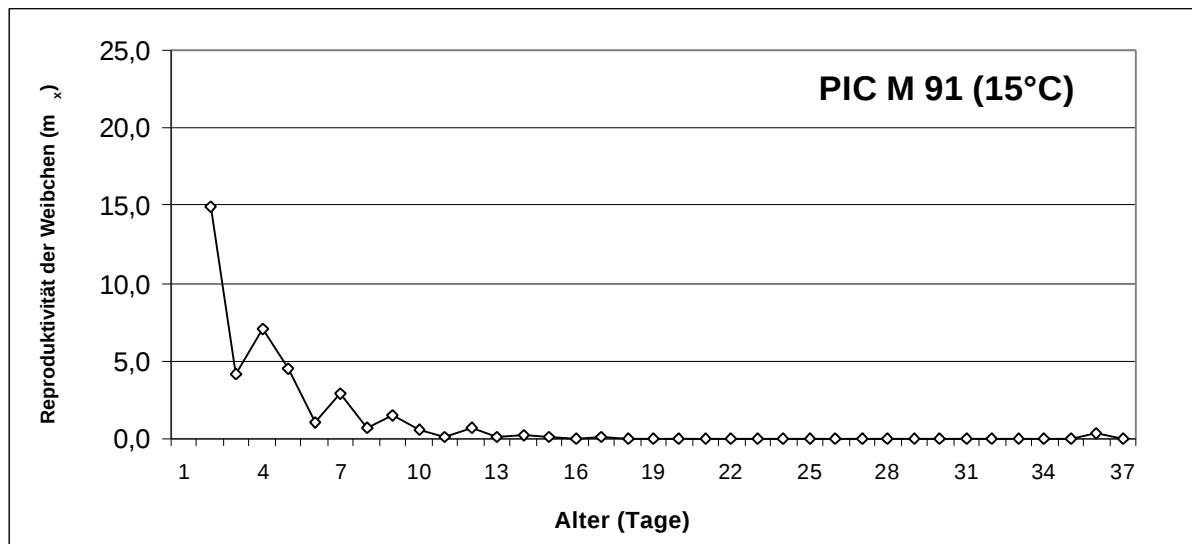


Abb. 95: Anteil überlebender Weibchen (l_x) von *T. piceum* (PIC M 91) während einer Generation bei 15 °C (Wirt: *S. cerealella*, 65 % rh, 16:8 h Lichtregime)

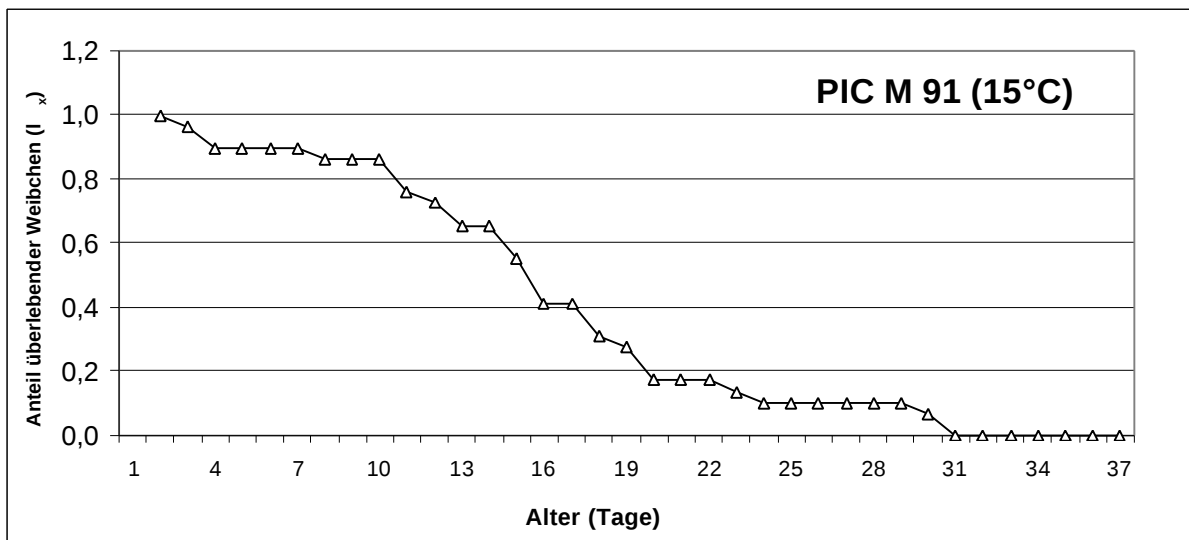


Abb. 96: Reproduktivität aktiver Weibchen (m_x) von *T. piceum* (PIC M 91) während einer Generation bei 15 °C (Wirt: *S. cerealella*, 65 % rh, 16:8 h Lichtregime)

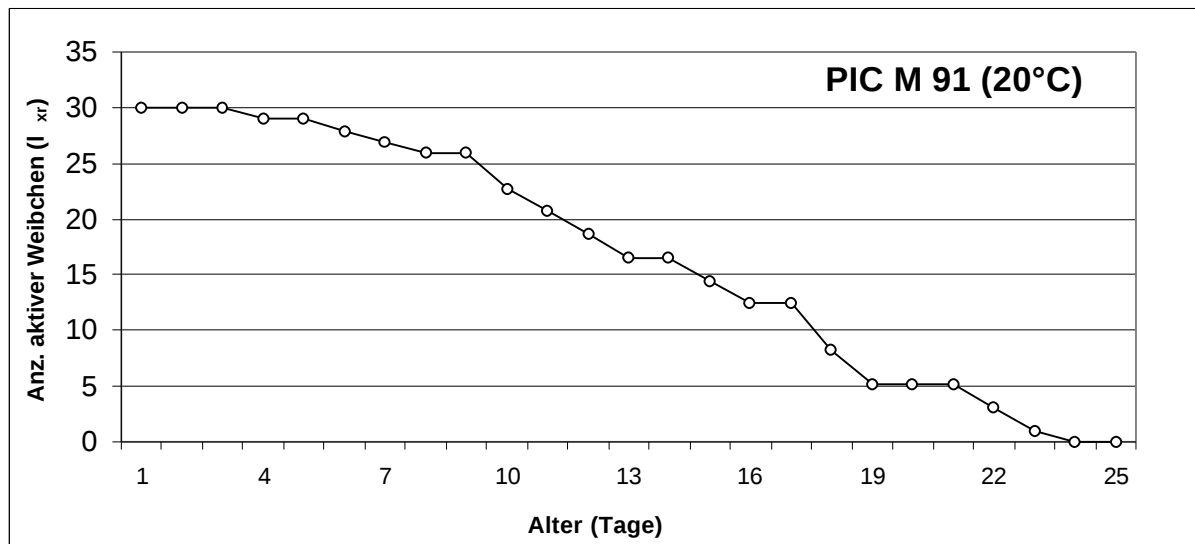


Abb. 97: Anzahl aktiver Weibchen (l_{xr}) von *T. piceum* (PIC M 91) während einer Generation bei 20 °C (Wirt: *S. cerealella*, 65 % rh, 16:8 h Lichtregime)

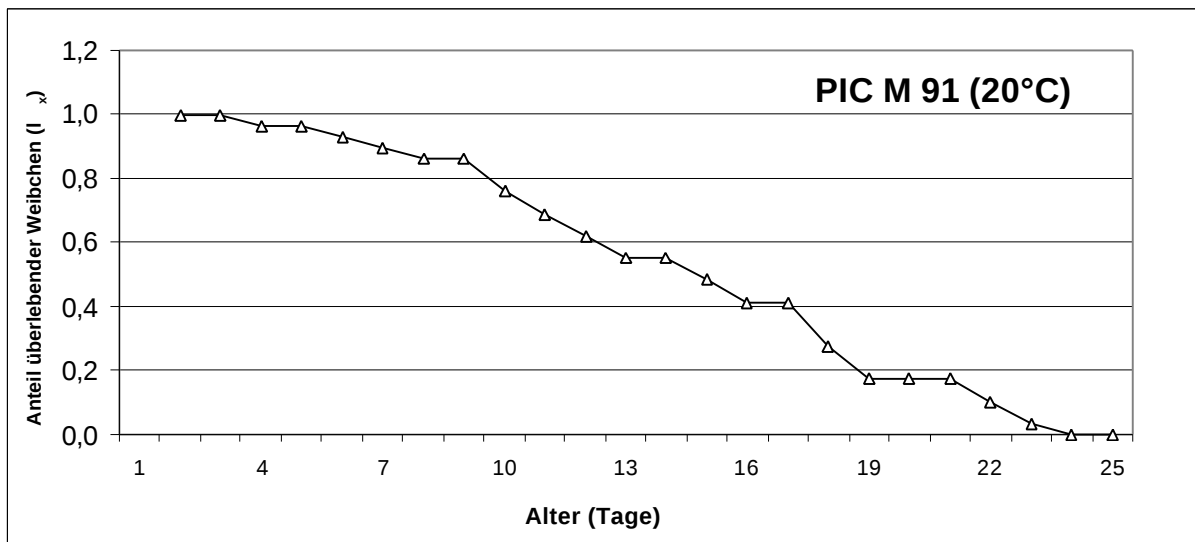


Abb. 98: Anteil überlebender Weibchen (l_x) von *T. piceum* (PIC M 91) während einer Generation bei 20 °C (Wirt: *S. cerealella*, 65 % rh, 16:8 h Lichtregime)

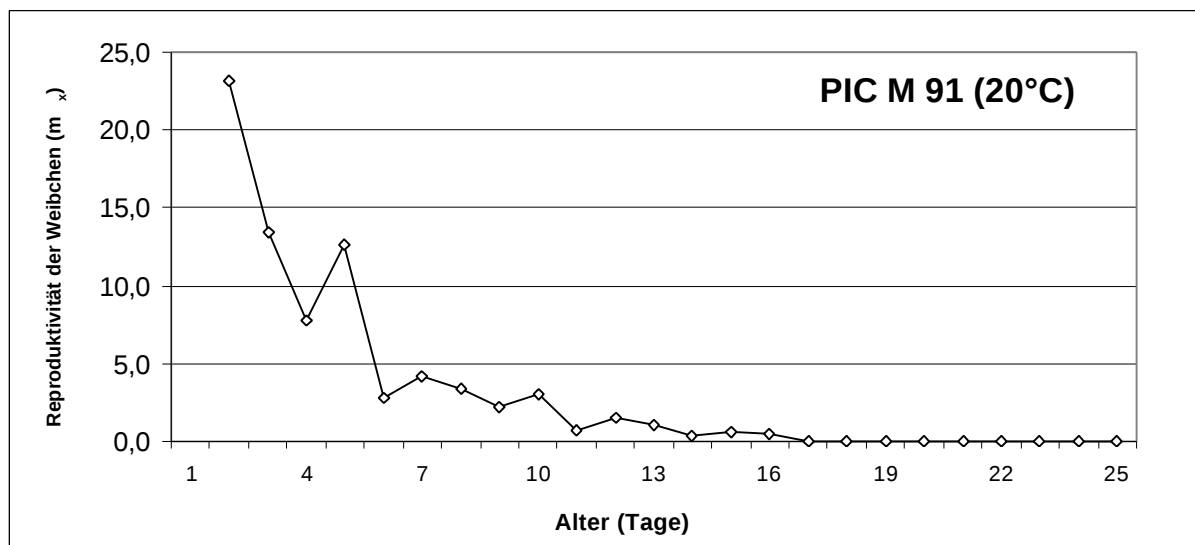


Abb. 99: Reproduktivität aktiver Weibchen (m_x) von *T. piceum* (PIC M 91) während einer Generation bei 20 °C (Wirt: *S. cerealella*, 65 % rh, 16:8 h Lichtregime)

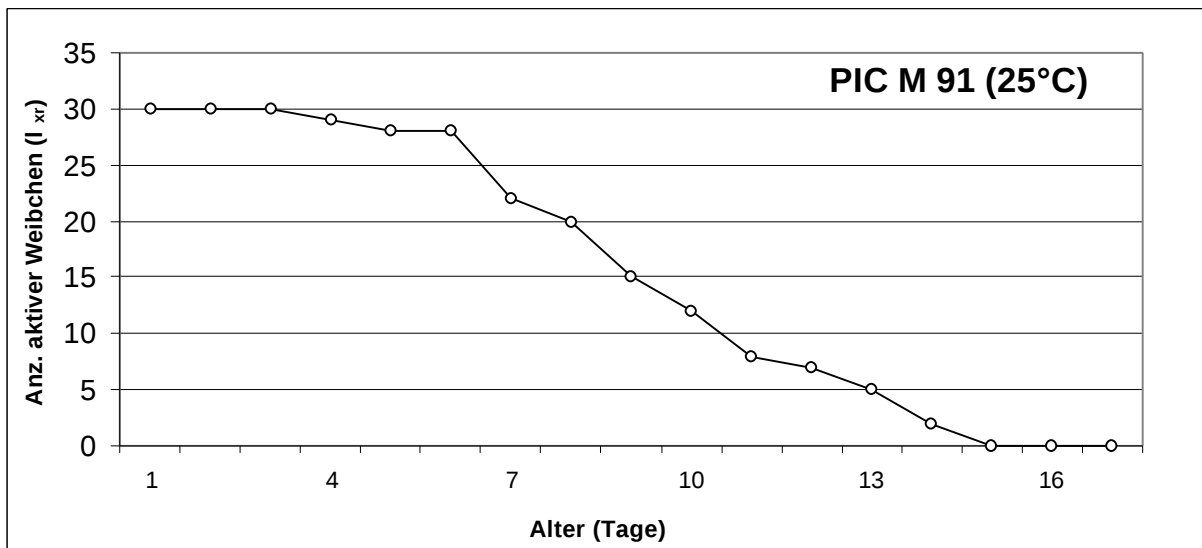


Abb. 100: Anzahl aktiver Weibchen (l_{xr}) von *T. piceum* (PIC M 91) während einer Generation bei 25 °C (Wirt: *S. cerealella*, 65 % rh, 16:8 h Lichtregime)

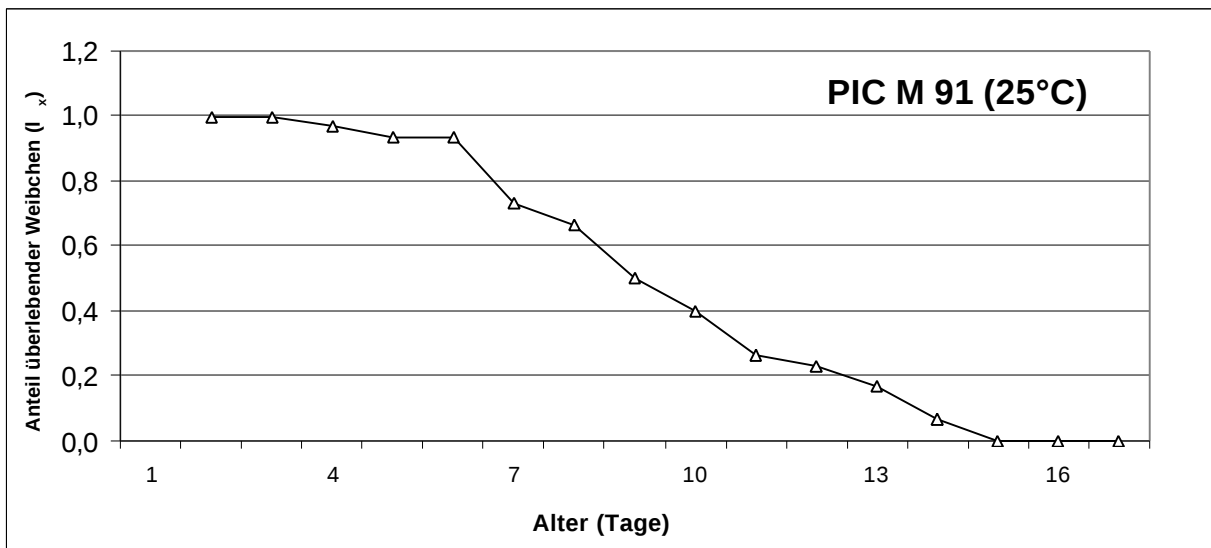


Abb. 101: Anteil überlebender Weibchen (l_x) von *T. piceum* (PIC M 91) während einer Generation bei 25 °C (Wirt: *S. cerealella*, 65 % rh, 16:8 h Lichtregime)

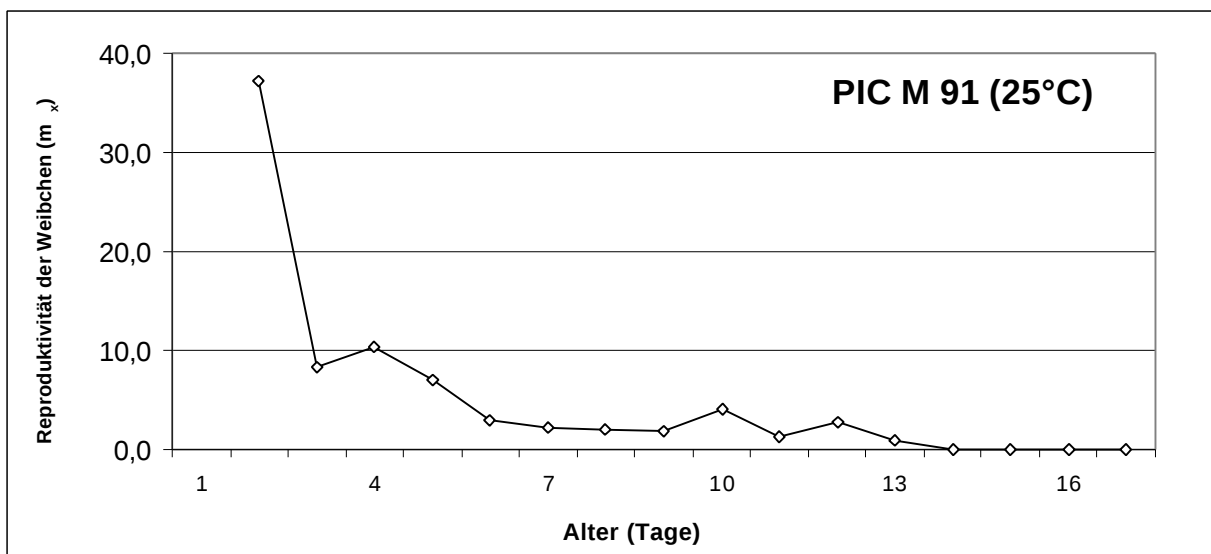


Abb. 102: Reproduktivität aktiver Weibchen (m_x) von *T. piceum* (PIC M 91) während einer Generation bei 25 °C (Wirt: *S. cerealella*, 65 % rh, 16:8 h Lichtregime)

3.4.2.4.3 Parasitierung der Kleidermotte *T. bisselliella* durch *T. piceum*

Über einen Zeitraum von vier Tagen wurde bei 25 °C die Parasitierungsleistung von *T. piceum* auf den Zielwirt-Eiern der Kleidermotte *T. bisselliella* überprüft. Maximal wurden von einem Einzelweibchen 117 Motteneier über einen Zeitraum von vier Tagen parasitiert. Die Schlupfrate erwies sich bei diesem Versuch mit durchschnittlich 39 % (minimal 9%, maximal 91%) als relativ niedrig. Der Verlauf der Eiablage auf dem Zielwirt verläuft nach einer höheren Parasitierung an den ersten beiden Tagen auf gleichbleibendem Niveau.

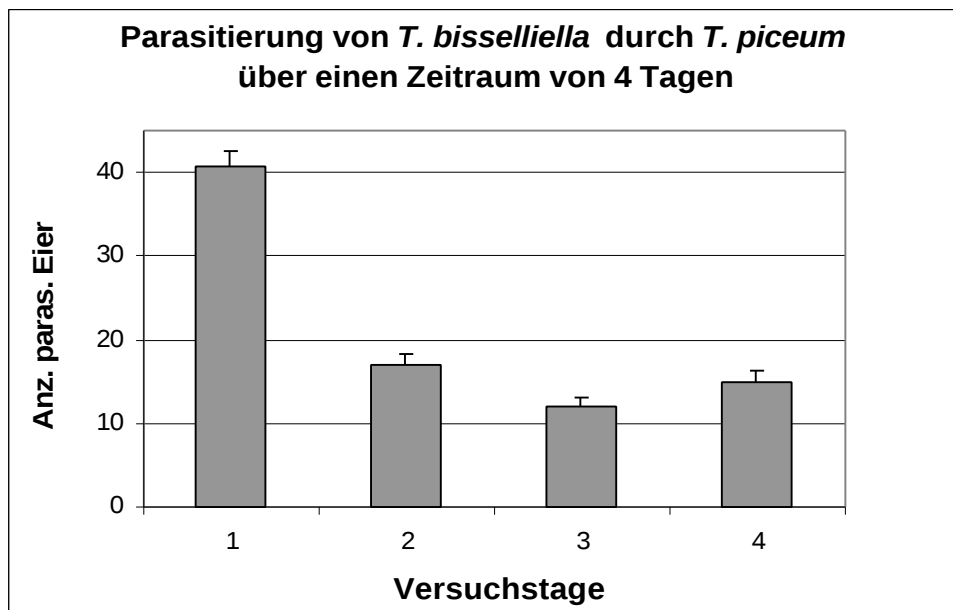


Abb. 103: Parasitierungsleistung von Kleidermotten-Eiern durch *T. piceum* (PIC M 91) über einen Zeitraum von 4 Tagen (Mittelwert mit Standardfehler, n = 30, bei 25°C, 65-70 rLF, 16:8 h Licht)

Die Parasitierung von *T. piceum* über einen Zeitraum von 4 Tagen (Abb. 103) lag am ersten Tag bei durchschnittlich 41 parasitierten Kleidermotteneiern, die maximale Anzahl parasitierter Eier lag bei 52. Die Parasitierung nahm an den folgenden Tagen ab und erreichte jeweils 17, 12 und am vierten Tag 15 Eier pro Tag. Insgesamt wurden innerhalb der ersten vier Tage im Mittel 83 Eier der Kleidermotte durch den Stamm PIC M 91 parasitiert.

3.4.2.4.4. Parasitierung der Pelzmotte *T. pellionella* durch *T. piceum*

Die Kontaktaufnahme wurde über die ersten vier Stunden des Versuchs auf allen Stoffstücken beobachtet (Abb. 104). Die Eier der Pelzmotte wurden weitgehend von den Weibchen des Stammes PIC M 91 akzeptiert. Während eine Kontaktaufnahme innerhalb der ersten zwei Stunden mit den Eiern in allen Röhrchen beobachtet wurde, resultierte dies in einer 80%igen

Parasitierung bei 20 Versuchstieren. Im Durchschnitt wurden sieben von zehn Eiern parasitiert. Für die Akzeptanz von Pelzmotteneiern durch *T. piceum* ergab sich somit eine Parasitierung von 70% des Eiangebotes innerhalb einer Versuchsdauer von 24 Stunden.

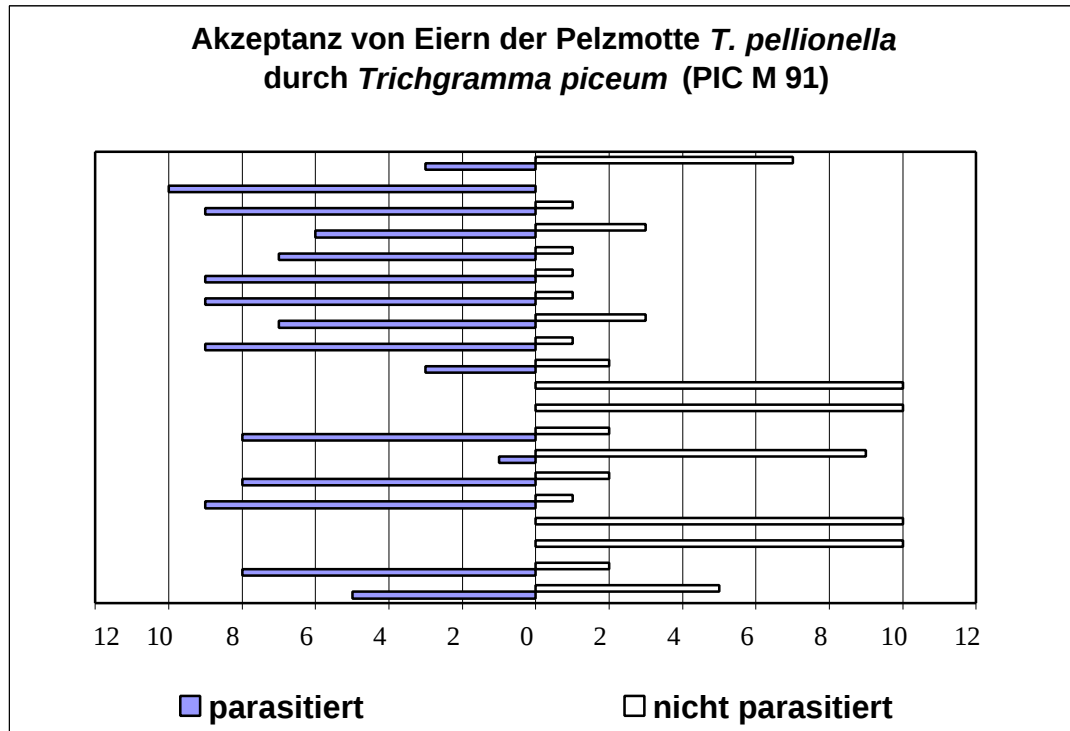


Abb. 104: Akzeptanztest mit Eiern der Pelzmotte: Parasitierungsleistung von 20 Einzelweibchen im Vergleich (24 Stunden, 25°C, 65 % rLF, 16:8 h Licht)

Tab. 26: Schlupfrate und Geschlechterverhältnis von *T. piceum* (PIC M 91): Parasitierung der Pelzmotte *Tinea pellionella*

Art: <i>T. piceum</i> (PIC M 91) Wirtseier: <i>Tinea pellionella</i>	
Schlupfrate (%)	57,47 ± 6,21
Weibchen (%)	78,83 ± 3,96

(n = 20, Mittelwert mit Standardfehler, 25 °C, 65 % rLF, 16:8 h Lichtregime)

Das Geschlechterverhältnis wurde bei einer Parasitierung von Pelzmotten ein Anteil Weibchen von über 75 % ermittelt und der hohe Anteil von Weibchen bei dem Stamm PIC M 91 bestätigt (Tab. 26). Die Schlupfrate bei der Parasitierung der Pelzmotte *T. pellionella* lag bei 57 %.

3.5 Halbfreilandtests zur Suchaktivität von *Trichogramma* spp.

3.5.1. Erweiterte Käfigversuche zur Suchaktivität

Für einige ausgewählte Arten, *T. piceum*, *T. cacoeciae*, *T. evanescens* und *T. brassicae* wurde in Halbfreilandtests die Aktivität der Parasitoide auf Stoffbahnen untersucht.

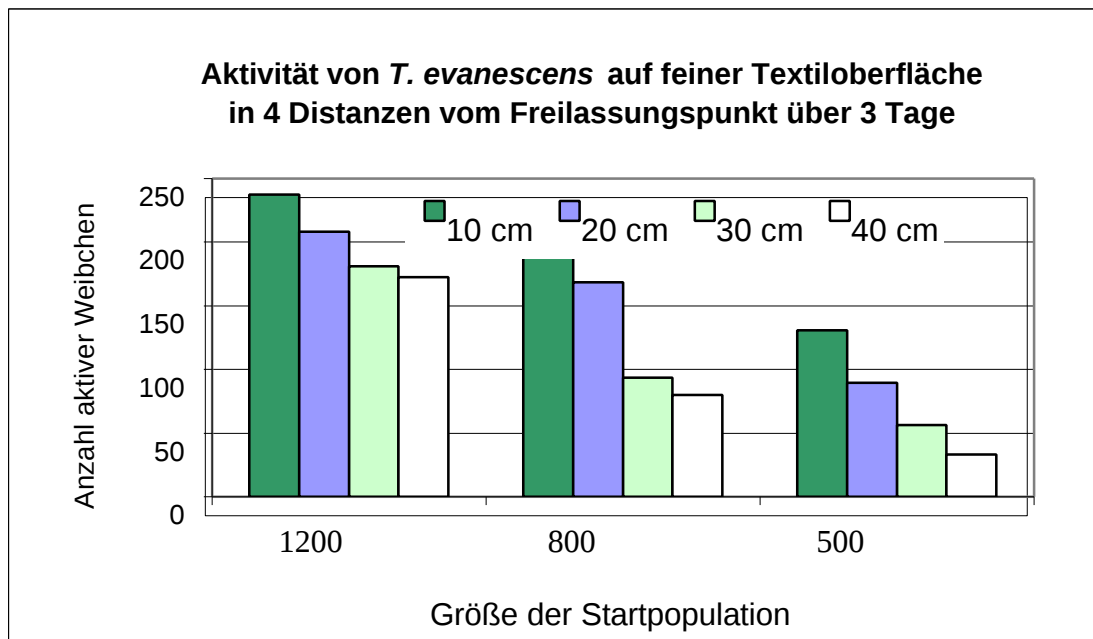


Abb. 105: Vergleich der Aktivität von *T. evanescens* (Lager) im Halbfreilandtest auf feiner Textiloberfläche mit verschiedene Ausgangspopulationen (Gesamtanzahl der Weibchen mit Eikontakten)

Ein Vergleich der Aktivität der *Trichogramma*-Weibchen bei unterschiedlichem **Wirt-Parasitoid-Verhältnis** (Abb. 105) zeigt bei allen Varianten eine Aktivität über die Versuchsdauer von 3 Tagen, ohne zusätzliche Futtergabe und bei vergleichsweise niedriger Luftfeuchte von nur 45 %. In Relation zu den Startpopulationen konnte ein hoher Anteil der Startpopulation bei Eikontakten auf den Köder-Eikreisen beobachtet werden. Bei geringerer Größe der Startpopulation, d.h. niedriger Dichte der Parasitoide, ist die Ausbreitung langsamer.

Bei der Untersuchung der Durchdringung von **drei unterschiedlichen Textiloberflächen** durch *T. piceum* wurde bei allen Varianten eine hohe Suchaktivität der weiblichen Tiere festgestellt. Der Vergleich der Eikontakte von Weibchen der Art *T. piceum* auf den drei Stoffoberflächen über den Versuchszeitraum von drei Tagen (Abb. 106-109) zeigt deutlich die Abhängigkeit der Suchleistung von der Beschaffenheit der Stoffoberfläche.

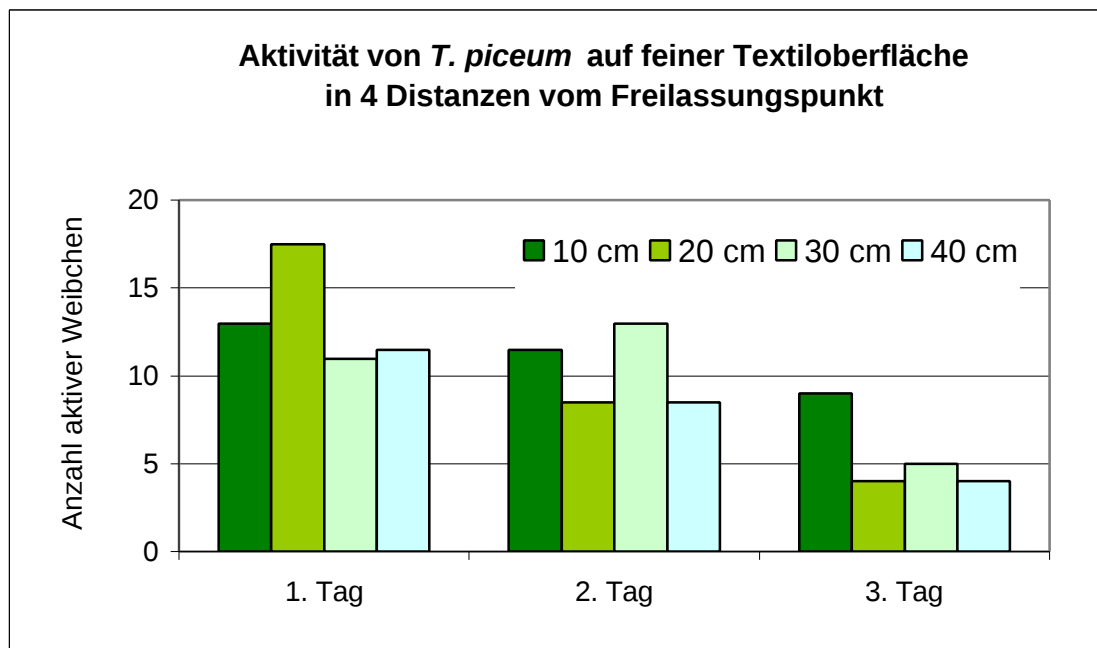


Abb 106: Eikontakte von *Trichogramma piceum* auf feiner Stoffoberflächen über einen Beobachtungszeitraum von drei Tagen (Gesamtanzahl der Weibchen mit Eikontakt)

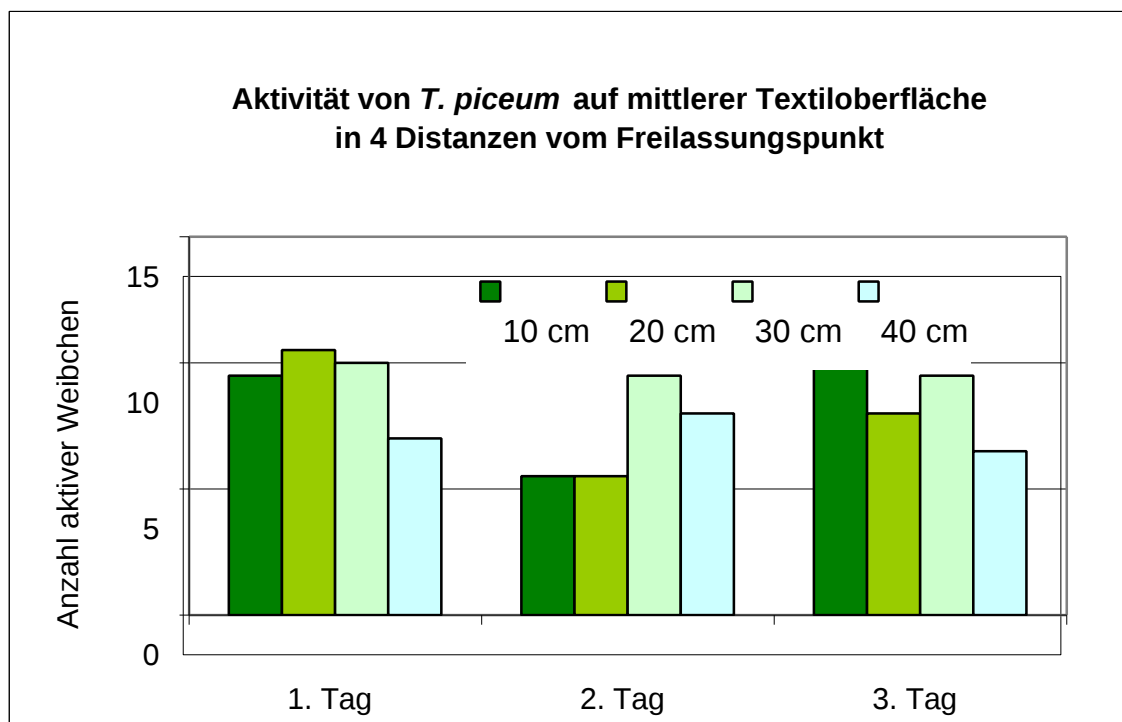


Abb 107: Eikontakte von *Trichogramma piceum* auf mittlerer Stoffoberflächen über einen Beobachtungszeitraum von drei Tagen (Gesamtanzahl der Weibchen mit Eikontakt)

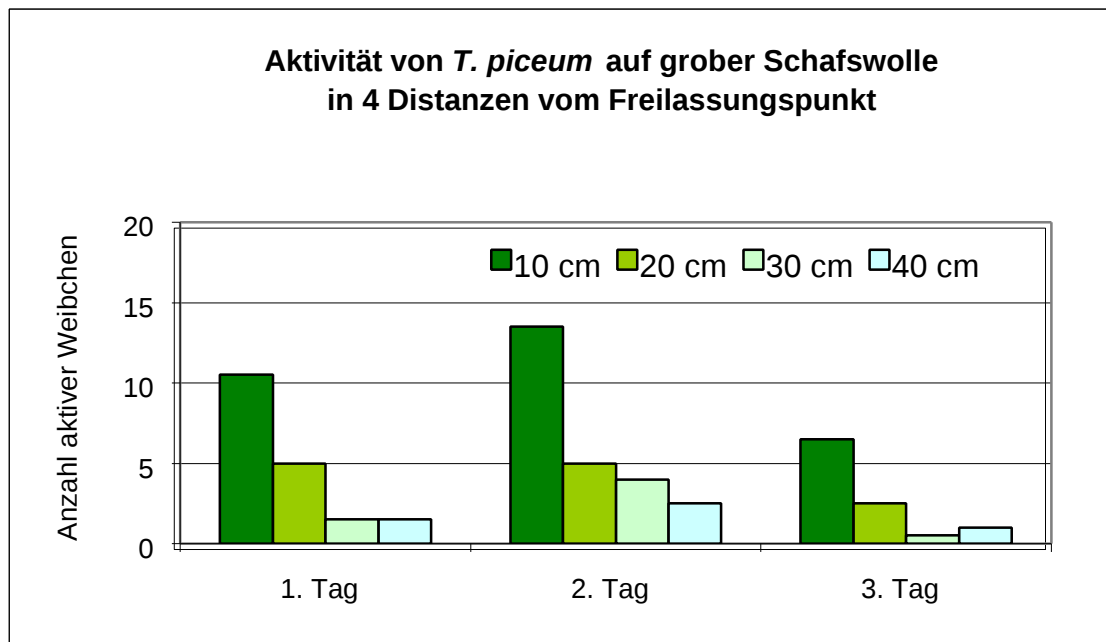


Abb 108: Eikontakte von *Trichogramma piceum* auf grober Schafswolle über einen Beobachtungszeitraum von drei Tagen (Gesamtanzahl der Weibchen mit Eikontakt)

Auf feinem Stoff konnten über einen Zeitraum von drei Tagen regelmäßig weibliche Tiere an den Eikärtchen beobachtet werden. Schon am ersten Tag wurde der angebotene Stoff auf einer Länge von bis zu 40 cm durchdrungen. Die Aktivität der Tiere war nach zwei Tagen auf etwas abgeschwächtem Niveau ebenfalls nachweisbar. Am dritten Tag reduzierte sich der Nachweis aktiver Tiere, die jedoch insgesamt in allen Entfernungen von der Startpopulation nachgewiesen werden konnten. In der Nähe der Startpopulation war weiterhin die Aktivität von *T. piceum* festzustellen. Auf mittlerer Oberfläche, mit deutlich erhöhtem Anteil abstehender Fasern konnte *T. piceum* ebenfalls über den gesamten Versuchszeitraum in allen vier Entfernungen von der Startpopulation nachgewiesen werden. Es ergab sich ein gleichbleibendes Niveau der Aktivität, die auch am dritten Tag weiterhin deutlich die Anwesenheit der Tiere bestätigte. Auf Schafswolle als Oberfläche mit starker Faserung wurde über den Versuchszeitraum Tiere in allen Entfernungen von der Startpopulation nachgewiesen. Mit zunehmender Entfernung werden jedoch deutlich weniger Tiere nachgewiesen. Distanzen bis zu 20 cm von der Startpopulation entfernt wurden auch am zweiten und in geringerem Masse für den dritten Tag in Schafswolle nachgewiesen.

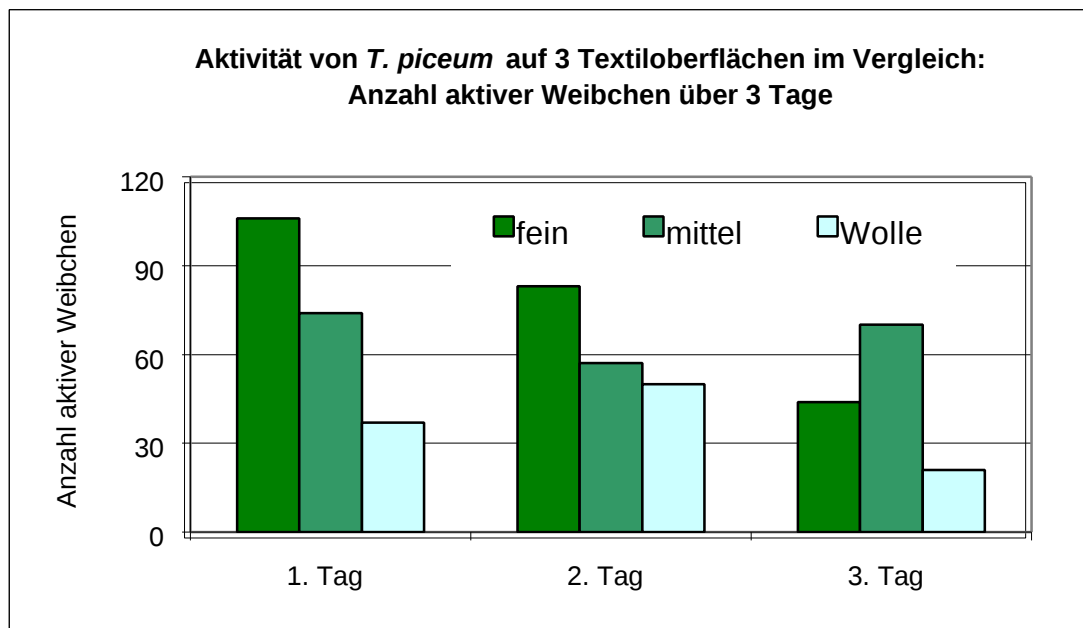


Abb 109: Eikontakte von *Trichogramma piceum* auf drei verschieden stark verfaserten Stoffoberflächen über einen Beobachtungszeitraum von drei Tagen (Gesamtanzahl der Weibchen mit Eikontakt)

Der Nachweis von aktiven *Trichogramma*-Weibchen im direkten Vergleich über drei Tage (Abb. 109) zeigt einen deutlichen Unterschied zwischen den verschiedenen Stoffoberflächen. Der feine Stoff wird in kürzerer Zeit durchdrungen als mittlerer Stoff oder Schafwolle. Jedoch nimmt die Anzahl nachgewiesener Tiere über drei Tage stetig ab (110, 82, 42 Weibchen / Eikreis). Bei mittlerer Oberfläche verteilt sich der Nachweis auf drei Tage, wobei am zweiten Tag die Aktivität etwas geringer ist, jedoch am dritten Tag den Nachweis auf glattem Stoff überragt (70, 55, 21 Weibchen / Eikreis). Auf Schafwolle ist das Niveau gegenüber den Stoffen mit weniger behaarter Oberfläche insgesamt deutlich geringer. Am zweiten Tag ist der Nachweis vergleichbar der Aktivität auf dem mittleren Stoff (38, 55, 21 Weibchen / Eikreis). Der Nachweis aktiver *Trichogramma*-Weibchen liegt insgesamt betrachtet anteilig mit 43 % auf dem feinen Stoff deutlich höchsten, auf dem mittleren, stärker verfaserten Stoff bei 37 % und auf Schafwolle bei noch 20 %.

Die Rolle der **Position der Startpopulation** wurde mit *T. piceum* untersucht und wird in den Abb. 110 dargestellt. Die Aktivität von *Trichogramma*-Weibchen wurde bei Kontakt der Startpopulation mit einem Textilstück auf ebener Fläche in einer Entfernung von 30 cm, als auch in 25 cm und 35 cm Höhe auf dem hängenden Stoffstück nachgewiesen. Ohne Kontakt zum Stoff wurden ebenfalls Tiere in allen Entfernungen nachgewiesen und parasitierten angebotene Wirtseier. Jedoch ist der Nachweis bei 25cm und 35 cm Distanz ohne Kontakt

gering. Auf ebener Fläche ist die Aktivität deutlich höher als in 25 cm und 35 cm Distanz ohne Kontakt der Startpopulation mit dem Stoffstück. Ab dem dritten Versuchstag wurden keine Tiere mehr in 35 cm Höhe nachgewiesen. Nach fünf Tagen waren insgesamt keine Tiere mehr nachzuweisen. Ohne Kontakt der Startpopulation zum Stoffstück wurden über den gesamten Versuchszeitraum Tiere auf ebener Fläche im Käfig häufiger Tiere nachgewiesen als bei der Variante mit Kontakt zum Stoffstück. Insgesamt nahm die Anzahl festgestellter *Trichogramma*-Weibchen mit zunehmender Versuchsdauer ab. Mit zunehmender Entfernung und Höhe vom Ausbringungsort nahm die Anzahl beobachteter Tiere ab.

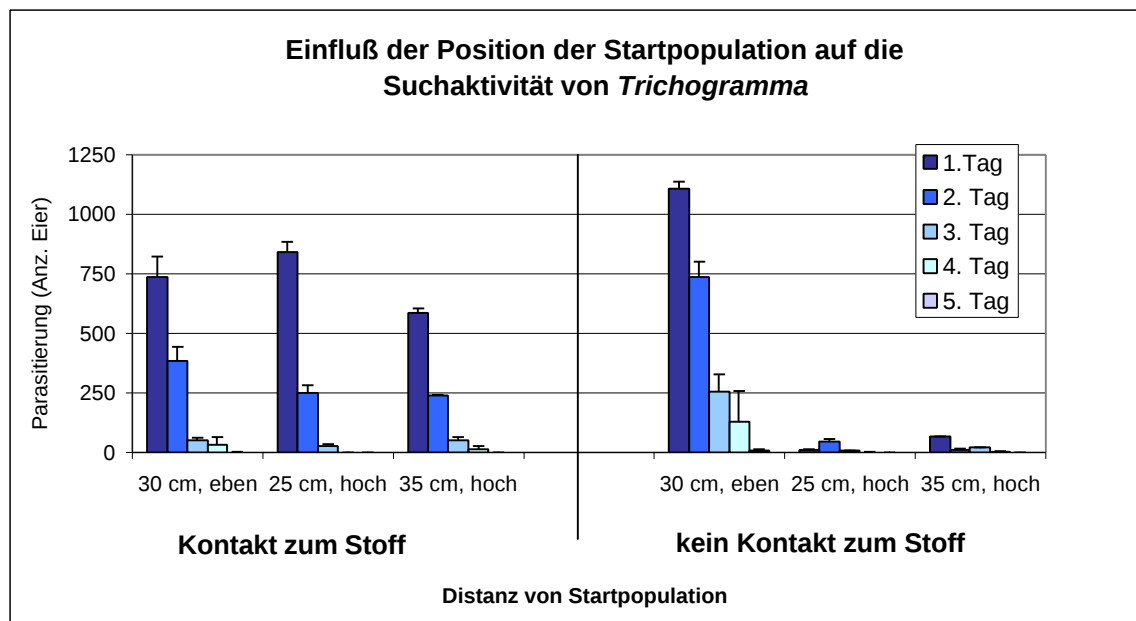


Abb 110: Parasitierung von Ködereiern durch *T. piceum* PIC M 91 mit und ohne Kontakt der Startpopulation zur Textiloberfläche (über einen Beobachtungszeitraum von fünf Tagen mit tägl. Wechsel der Wirtseier (täglich 1500 Eier) in 2x3 Käfigen, Mittelwerte $\pm$ SF)

Eine Betrachtung der Parasitierung und damit als aktiv nachgewiesene Weibchen pro Entfernung zeigt, dass in einer Distanz von 30 cm auf ebener Fläche mehr Tiere nachgewiesen wurden als in 25 cm und 35 cm Höhe. Mit Kontakt zum Stoff wurden über den gesamten Versuchszeitraum mehr Tiere nachgewiesen als auf der Ebene. Insgesamt wurden bei einer Startpopulation mit Kontakt zum Stoff mehr aktive Tiere beobachtet als bei der Variante ohne Kontakt zur Textiloberfläche.

Die Parasitierung von Kleidermotten-Eiern **natürlicher Eiablage** ist in Abb. 111 dargestellt. Der Stamm PIC M 91 zeigt gegenüber den Stämmen BRA D 97 K4 und EVA (Lager) eine höhere Parasitierungsleistung der angebotenen Kleidermotten-Eier. Deutlich am geringsten ist die Parasitierung durch den Stamm CAC D 90 O.

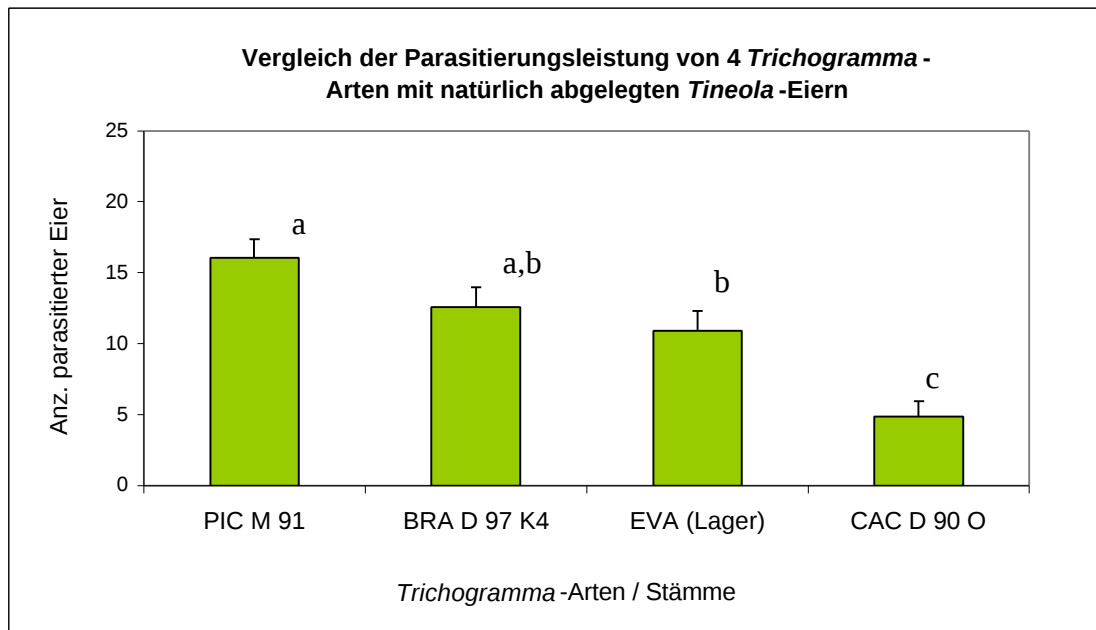


Abb. 111: Parasitierung von Eiern der Kleidermotte aus natürlicher Eiablage durch 4 verschiedene *Trichogramma*-Stämme (n = 30, Mittelwerte $\pm$ SF, Daten mit gleichen Buchstaben sind nicht signifikant unterschiedlich, $p < 0,05$, Tukey, HDS-test)

3.6 Untersuchungen zur Kombination von Nützlingsfreilassungen mit biologischen Bekämpfungsmitteln

1.6.1 Nebenwirkungstests mit Repellents und Niem

Die Reduktion der Parasitierung wurde nach den internationalen Richtlinien der IOBC, analog zur Prüfung von Pflanzenschutzmitteln, in Kategorien der Schadwirkung klassifiziert: 1 = unschädlich (<30%), 2 = schwach schädigend (30-79%), 3 = mittelstark schädigend (80-99%), 4 = stark schädigend (>99%).

Im Vergleich von drei Repellents nach einer Expositionszeit von sechs Stunden, zeigt die mit Lavendelöl getränkte Watte die stärkste Reduktion der Parasitierungsleistung (Tab. 27). Es wurden in dieser Variante auch auffällig viele tote *Trichogrammen* beobachtet, die an der offen zugänglichen Watte festklebten. Getrocknete Lavendel-Blüten und getrocknete Patchouli-Blätter wirkten sich tendenziell weniger stark auf die Leistung von *Trichogramma* aus. Ein Stück Holzscheibe von Zedern war signifikant verschieden zu den anderen Varianten weniger schädigend für die Parasitoide und liegt tendenziell im Bereich der Kontrolle.

Tab. 27: Nebenwirkungstest 1 (6 Stunden Expositionszeit, auf Glasplatten)

Variante	Anz. par. Eier / Weibchen	% red. Paras.	Schadklasse
Kontrolle	22,51	a	
Lavendel-Öl, Watte	3,46	b	3
Lavendel, getrocknet	6,18	b	2
Patchouli, getrocknet	6,89	b	2
Zeder, Holzscheibe	16,84	a	1

* Zahlen gefolgt von gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant (p=0.05, Tukey Multiple Range Test)

Im zweiten Versuch zum Vergleich von drei Repellents nach einer längeren Expositionszeit von 24 Stunden, ermöglicht die Variante mit getrockneten Lavendel-Blättern die signifikant höchste Parasitierungsrate von *Trichogramma* (Tab. 28). Sie liegt tendenziell im Bereich der Kontrolle. Lavendel-Öl als Spray reduziert die Parasitierungsleistung fast völlig. Es wurden in dieser Variante auffällig viele tote *Trichogrammen* in den Käfigen beobachtet, die am Honigfutter festklebten. Auch die Niem-Spray® Getrocknete Lavendel-Blüten und getrocknete Patchouli-Blätter wirkten sich tendenziell weniger stark auf die Leistung von *Trichogramma* aus. Sie sind jedoch als schädigend zu klassifizieren. Ein Stück Holzscheibe von Zedern wirkte auffällig stark schädigend auf die Parasitoide. Die harmlose Wirkung von Zedernholz im ersten Test mit sechs Stunden Expositionszeit konnte nach der Expositionszeit von 24 Stunden in diesem zweiten Test nicht bestätigt werden.

Tab. 28: Nebenwirkungstest 2 (24 Stunden Expositionszeit, auf Glasplatten)

Variante	Anz. par. Eier / Weibchen	% red. Paras.	Schadklasse
Kontrolle	43,92	a	
Lavendel-Öl, Spray	0,23	b	3
Lavendel, getrocknet	28,82	a	2
Patchouli, getrocknet	7,75	b	3
Zeder, Holzscheibe	1,37	b	3
Niem-Spray®	3,91	b	3

* Zahlen gefolgt von gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant (p=0.05, Tukey Multiple Range Test)

Im dritten Versuch zum Vergleich von Lavendel als Repellent in unterschiedlichen Formulierungen nach einer Expositionszeit von 24 Stunden, zeigen die Varianten mit getrockneten Lavendel-Blättern im Stoffsäckchen und mit Lavendel-Öl auf Watte im geschlossenen Plastik-Döschen die signifikant höchste Parasitierungsrate von *Trichogramma* (Tab. 29). Lavendel-Blätter sind hierbei signifikant weniger schädigend als Lavendel-Öl auf

Watte. Sie liegt tendenziell im Bereich der Kontrolle. Lavendel-Öl als Spray reduziert die Parasitierungsleistung wiederum fast völlig. Es wurden in dieser Variante wieder auffällig viele tote Trichogrammen in den Käfigen beobachtet, die bereits unmittelbar nach dem Schlupf aus der Startröhre tot in dem Versuchskäfig lagen, ohne dass sie das Honig-Futter erreichten. Auch die Produkte Niem-Spray® und Niem-Öl hatten in dieser Versuchsanordnung eine stark reduzierende Wirkung auf die Parasitierungsleistung der Parasitoide.

Tab. 29: Nebenwirkungstest 3 (24 Stunden Expositionszeit, auf Stoffstücken)

Variante	Anz. par. Eier / Weibchen		% red. Paras.	Schadklasse
Kontrolle	42,80	a		
Lavendel-Öl, Spray	0,22	d	99,50	3
Lavendel-Öl, Watte	18,19	c	57,51	2
Lavendel, getrocknet	30,44	b	28,87	1
Niem-Spray®	1,05	d	97,56	3
Niem-Öl	3,36	d	92,15	3

* Zahlen gefolgt von gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant ($p=0.05$, Tukey Multiple Range Test)

Eine Auflistung der untersuchten Repellents und Niem-Produkte nach ihrer ermittelten Schadklasse (Tab. 30) zeigt bezüglich der Versuchparameter, dass eine kürzere Expositionszeit tendenziell eine weniger schädigende Wirkung aufweist.

Tab. 30: Zusammenfassung der ermittelten Schadklassen der Repellents und Niem-Produkte

Variante / Formulierung	Expositionszeit	Träger	Kontakt	% red. Paras.	Schadklasse
Lavendel-Öl, Spray	24 h	Stoff	+	99,50	3
Lavendel-Öl, Spray	24 h	Glas	+	99,48	3
Niem-Spray®	24 h	Stoff	+	97,56	3
Zeder, Holzscheibe	24 h	Glas	+	96,88	3
Niem-Öl	24 h	Stoff	+	92,15	3
Niem Spray®	24 h	Glas	+	91,09	3
Lavendel-Öl, Watte	6 h	Glas	+	84,63	3
Patchouli, getrocknet	24 h	Glas	+	82,37	3
Lavendel, getrocknet	6 h	Glas	+	72,55	2
Patchouli, getrocknet	6 h	Glas	+	69,41	2
Lavendel-Öl, Watte	24 h	Stoff	-	57,51	2
Lavendel, getrocknet	24 h	Glas	+	34,39	2
Lavendel, getrocknet	24 h	Stoff	-	28,87	1
Zeder, Holzscheibe	6 h	Glas	+	25,21	1

Stoff als Trägersubstanz wirkte sich bei den Sprays tendenziell negativ auf die Parasitierungsleistung der Parasitoide aus. Die Repellents ohne Kontakt zu den Parasitoiden

waren am wenigsten schädigend. Eine Zusammenfassung der vertretenen Schadklassen bezüglich der Repellents als Spray, sowie Repellents mit und ohne direkte Kontaktmöglichkeiten für die Parasitoiden (Tab. 31) bestätigt dieses Ergebnis. Niem-Produkte zeigten unter diesen strengen Versuchsbedingungen eine schädigende Wirkung auf *Trichogramma*.

Tab. 31: Übersicht der vertretenen Schadklassen bei Repellents und Niem-Produkten

Schadklassen:	1	2	3	4
Repellent-Spray	0	0	1	1
Repellents mit Kontakt	1	1	1	0
Repellents ohne Kontakt	1	1	0	0
Niem-Öl	0	1	1	0
Niem-Spray®	0	1	1	0

Die Repellents hatten sehr unterschiedliche Wirkungen. In Tabelle 32 wurden die Ergebnisse der ermittelten Schadklassen für Lavendel und seine verschiedenen Dosierungen und Formulierungen gegenübergestellt. Tendenziell wirkte sich eine längere Expositionszeit negativ auf die Parasitierung aus. Stoff als Träger des Sprays wirkte schädlicher als Spray auf Glas, jedoch war die Parasitierung bei Stoff in den Nicht-Spray-Varianten tendenziell höher. Insgesamt war bei Lavendel deutlich vom Öl-Spray über die Formulierung von mit Öl getränkter Watte bis hin zu getrockneten Blüten die schädigende Wirkung gegenüber *Trichogramma* geringer und schien unmittelbar mit der Dosierung zusammenzuhängen, die im konzentrierten Öl-Extrakt am höchsten war. Zudem war die Variante ohne Kontaktmöglichkeit für die Parasitoide mit der Test-Substanz am höchsten parasitiert.

Tab. 32: Zusammenfassung der vertretenen Schadklassen der Lavendel-Varianten

Variante / Formulierung	Expositionszeit	Träger	Kontakt	% red. Paras.	Schadklasse
Lavendel-Öl, Spray	24 h	Stoff	+	99,50	3
Lavendel-Öl, Spray	24 h	Glas	+	99,48	3
Lavendel-Öl, Watte	6 h	Glas	+	84,63	3
Lavendel-Öl, Watte	24 h	Stoff	-	57,51	2
Lavendel, getrocknet	6 h	Glas	+	72,55	2
Lavendel, getrocknet	24 h	Glas	+	34,39	2
Lavendel, getrocknet	24 h	Stoff	-	28,87	1

Die untersuchte Persistenz bei den Niem-Produkten (Tab. 33) zeigte bei einer Wartezeit von 14 Tagen eine geringere Reduktion der Parasitierung im Vergleich zur Kontrolle. Bei Niem-Öl war die Reduktion der Parasitierung etwa doppelt so hoch wie bei der Niem-Spray-

Formulierung. Eine zusätzliche Wartezeit von 30 Tagen zeigte bei reinem Niem-Öl keine weitere Erhöhung der Parasitierungsleistung, sondern sogar eine signifikante Verringerung.

Tab. 33: Nebenwirkungstest 4 (Persistenz von Niem-Produkten auf Stoffstücken)

Variante	Wartezeit	Anz. par. Eier / Weibchen		% red. Paras.	Schadklasse
Kontrolle		31,24	a		
Niem-Spray [®]	14 Tage	23,58	b	31,12	2
Niem-Spray [®]	30 Tage	22,60	b	33,99	2
Niem-Öl	14 Tage	11,31	c	66,96	2
Niem-Öl	30 Tage	7,86	d	77,02	2

* Zahlen gefolgt von gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant (p=0.05, Tukey Multiple Range Test)

Ein Vergleich der bestimmten Schadklassen für die untersuchten Varianten der Niem-Produkte zeigte, dass sie im Glasplattenkäfig eine stärker schädigende Wirkung auf *Trichogramma* von mehr als 88-90% reduzierte Parasitierung gegenüber der Kontrolle (Tab. 34) aufwiesen. Die Prüfung der Persistenz von Niem-Spray und Niem-Öl von 14 und 30 Tagen reduzierte die Parasitierung um etwa ein Drittel (Niem-Spray[®]) bzw. mehr als zwei Drittel (Niem-Öl).

Tab. 34: Zusammenfassung der vertretenen Schadklassen bei Niem-Produkten

		Schadklassen			
	Wartezeit	1	2	3	4
Glasplattentest:					
Niem-Öl	0	0	0	1	0
Niem-Spray [®]	0	0	0	1	0
Persistenz-Test:					
Niem-Spray [®]	14	0	1	0	0
Niem-Spray [®]	30	0	1	0	0
Niem-Öl	14	0	1	0	0
Niem-Öl	30	0	1	0	0

Bei dem **erweiterten Käfigtest mit Niem-Präparaten** zeigten die *Trichogramma*-Schlupfwespen eine deutliche Bevorzugung der unbehandelten Stoffstücke (Abb. 112). Die Auswertung der Ködereikreisen, die die Parasitoide nur erreichen konnten, in dem sie über die Stoffstücke liefen, zeigte auch auf den Eikreisen der mit Niem-Spray behandelten Varianten Kontakte der *Trichogramma*-Weibchen mit den Wirtseiern. Die Anzahl der ermittelten Tiere auf den Köderkärtchen und die ermittelte Parasitierung waren vergleichsweise gering, da die

Versuchskäfige nicht völlig geschlossen waren, sodass ein Teil der Tiere die Käfige durch den Deterrent-Effekt des Niem abgeschreckt verlassen konnte.

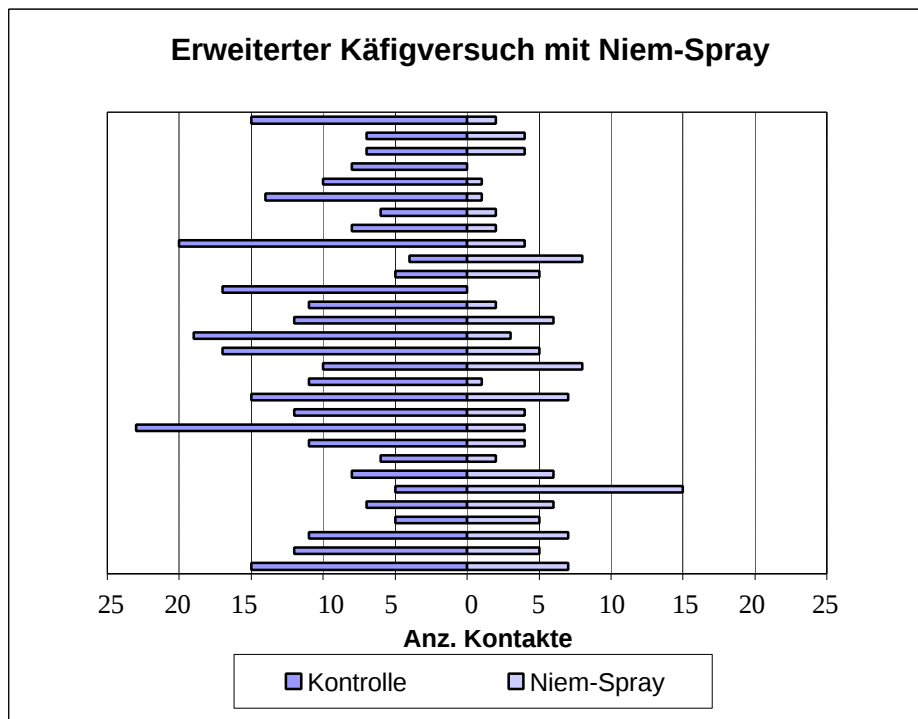


Abb. 112: Wahlversuch für *T. piceum* mit Niem-Spray und unbehandelter Kontrolle auf Stoffstücken: Anzahl der Eikontakte in den einzelnen Wiederholungen (n = 30)

Bestätigt werden diese Ergebnisse durch die Auswertung der Parasitierung der angebotenen Eikreise mit Getreidemotten-Eiern (Tab. 35). Die Parasitierung auf den unbehandelten Stoffstücken war deutlich höher als bei Stoffstücken mit Niem-Behandlung, die ebenfalls parasitiert wurden.

Tab. 35: Vergleich der Parasitierungsleistung (Anz. parasitierter Eier) im Wahlversuch

Variante	1. Eigabe	SF	2. Eigabe	SF
unbehandelte Kontrolle	469,00 a	$\pm 20,76$	173,67 a	$\pm 10,02$
Niem-Spray	244,33 b	$\pm 8,22$	66,67 b	$\pm 5,56$

(Mittelwerte $\pm$ Standardfehler, n = 30, Zahlen einer Spalte gefolgt von gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant (p=0.05, Tukey Multiple Range Test))

3.7 Praxisversuche zur Bekämpfung von textilschädigenden Motten

3.7.1 Beobachtung der Nützlinge und Monitoring der Befallsentwicklung

Die ersten Praxisfreilassungen konnten zur Befallsreduktion beim Befall mit Textilmotten beitragen. Die erzielten Bekämpfungserfolge und eine Einschätzung der Anwender sind in Tab. 36 wiedergegeben.

Tab. 36: Erste Praxisfreilassungen: Erfolg und Bewertung der Nützlingsfreilassungen

	Befallsreduktion	Zufriedenheit der Kunden
Hausdämmung, Schafwolle	+	+
Textillager, Berlin	-	(-)
Textillager, Bielefeld	+	+
Teppichsammlung	-	(+)

Die Bekämpfung von Kleidermotten in der **Dämmwolle** eines Holzhauses war möglich. Nach der Freilassung von *A. carpatus* wurden in den Pheromonfallen deutlich weniger Motten gefangen. Etwa drei Wochen nach der Freilassung waren die Pheromonfallen-Fänge bis auf Einzelfunde stark verringert (HERION mdl. Mitt. 2002). Die Anwender waren mit der Nützlingsanwendung zufrieden und waren von einzelnen Parasitoiden, die sie in der Wohnung antrafen, nicht unangenehm beeinflusst. Die untersuchte Schlupfprobe im Labor (Abb. 113) zeigt einen relativ gleichmäßigen Schlupf über fast 14 Tage. Mit einer Verzögerung von einem Tag waren bis zu einem Schlupfhöhepunkt an den Tagen 5 und 6 nach der Freilassung Parasitoide vorhanden. Ab Tag 7 sank die Anzahl schlüpfender Tiere auf ein niedriges Niveau von wenigen Einzeltieren. Im Mittel waren insgesamt 28,60 ($\pm$ 2,14 SF) Parasitoide pro Einheit geschlüpft.

Die Bekämpfung von Kleidermotten in einem **Textillager** konnte den Befall nicht nachhaltig reduzieren. Eine mögliche Etablierung von *A. carpatus* konnte durch die Köderung mit gekäfigten Kleidermottenlarven nicht beobachtet werden. Der Schlupfverlauf aus den Freilassungseinheiten war etwas ungleichmäßiger als bei der Freilassung "Dämmwolle" (Abb. 114). Es wurden an Tag 5 und 7 zwei Schlupfhöhepunkte beobachtet. Die Parasitoide schlüpften bis einschließlich dem 12. Tag nach der Freilassung. Im Mittel schlüpften aus den Einheiten 23,00 ($\pm$ 2,66 SF) Parasitoide pro Einheit. Die Kunden schätzen die Nützlingsanwendung als prinzipiell sinnvoll ein, bemängelten aber den fehlenden Bekämpfungserfolg.

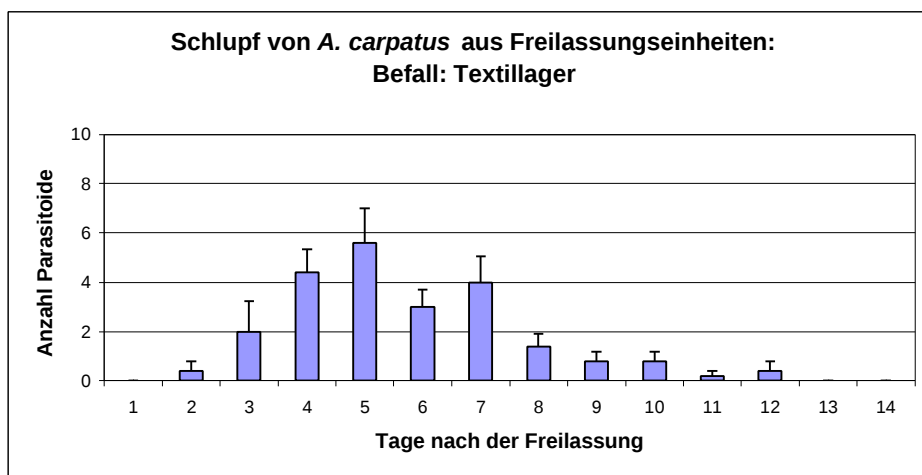
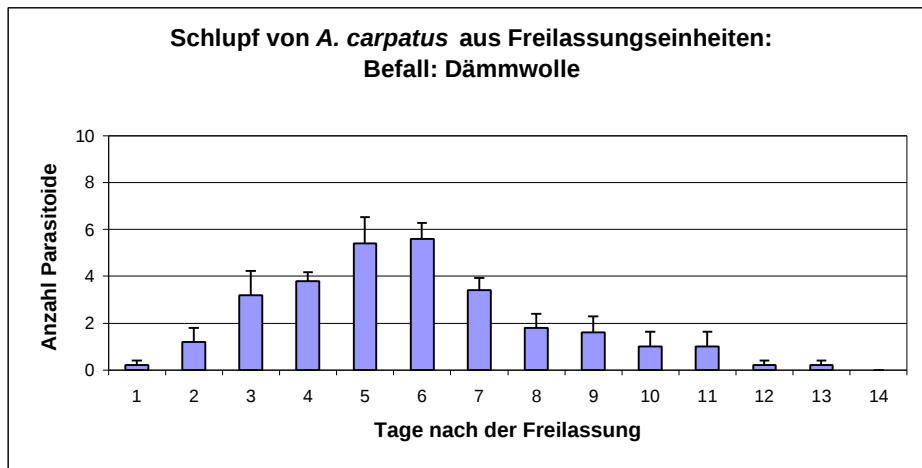


Abb.113 + 114: Schlupfverlauf von *A. carpatus* aus Freilassungseinheiten
(22 °C, 50 % rLF und 16:8 Stunden Lichtregime, n = 5, Mittelwert ± Standardfehler)

Der Einsatz von *T. evanescens* (Stamm: Lager) in einem **Textillager** in Kombination mit Hygienemaßnahmen reduzierte den Befall mit Pelzmotten. Eine begleitende Befallskontrolle mit Pheromonfallen zeigte, dass die Fänge während des Freilassungszeitraumes reduziert wurden (BIEBL mdl. Mitt. 2000). Die Anwender waren mit der Nützlingsanwendung zufrieden.

In einem privaten **Teppichlager** konnte der Befall nicht durch die Freilassung von *Trichogramma* reduziert werden. Bei einer Rückköderung freigelassener Tiere ergab sich nur eine vereinzelte Parasitierung, auch bei kürzesten Distanzen von den ausgebrachten Parasitoiden von nur 10-15 cm. Der Anwender stand der Nützlingsanwendung prinzipiell offen gegenüber, jedoch konnten begleitende Hygienemaßnahmen nicht in ausreichendem Masse durchgeführt werden, und der betroffene Teppichsammler führte trotz Bedenken die Anwendung von Pyrethroiden weiter.

Die ersten Freilassungsversuche in der Praxis zeigten das breite Spektrum möglicher Anwendungen von Parasitoiden gegen textilschädigende Motten. Trotzdem eine Befallsreduktion durch einmalige Freilassungen nicht in allen Fällen möglich war, wurde der Nützlingseinsatz positiv bewertet.

4. Diskussion

4.1 Köderung von Parasitoiden

4.1.1 Laborprüfung der Ködereinheiten

Durch die Laborprüfung der Ködereinheiten konnte belegt werden, dass mit den verschiedenen Typen eine erfolgreiche Köderung möglich ist. Die zusätzliche Attraktivität in Form einer Gelbtafel erhöhte die Wirkung bei dem Gelbtrichter-Köder im Vergleich zur Köderung nur mit Glasröhrchen. Die Ergebnisse der Köderung von Parasitoiden mit Hilfe optischer Reize stimmt überein mit Untersuchungen bei Braconiden (SHAW 1994) und *Trichogramma* (ROMEIS *et al.* 2000, KUSKE *et al.* 2003) überein. In den genannten Untersuchungen wurden die Parasitoide jedoch auf Klebfallen gefangen. Die Anwendung von Ködereinheiten mit optischen Reizen und den olfaktorischen Reizen der Wirte in Form von lebenden Wirtslarven oder Wirtseiern, wurde bislang nur wenig in der Praxis untersucht. Der geprüfte Gelbtrichter kombinierte diese beiden Reize und erwies sich in der Laborprüfung als geeignet, Larvalparasitoide anzulocken. Die Wirtslarven könnten dadurch direkt im Köderglas parasitiert werden, analog zur Parasitierung von lebenden Wirtseiern bei *Trichogramma*-Köderung mit kleinen Käfigen (ZIMMERMANN 1996, IBRAHIM 2001, SAKR 2003). Aufgrund der räumlich eingeschränkten Bedingungen, war eine hohe Parasitierung der Bodenköder zu beobachten, was unter Freilandbedingungen nicht zu erwarten ist. Diese Bodenköder mit Köderlarven wurden bereits im Lagerbereich erfolgreich eingesetzt, um Parasitoide, die ausgesetzt wurden, zurück zu fangen (SCHÖLLER mdl. Mitt. 2002). Da unter Lagerbedingungen kaum konkurrierende Reize vorliegen, ist dieser Ködertyp insbesondere für die Anwendung in geschlossenen Innenräumen geeignet.

4.1.2 Köderung von Parasitoiden an natürlichen Standorten

Die Köderversuche mit Parasitoiden an natürlichen Standorten zeigten, dass die Köder prinzipiell geeignet sind, um Parasitoide anzulocken und in Laborzuchten zu überführen. Trotzdem keine relevanten hymenopteren Parasitoide von Tineiden geködert werden konnten, wurden regelmäßig Parasitoide von Dipteren angelockt, die sich hauptsächlich in feuchten Ködereinheiten ansiedelten. Aufgrund der vergleichsweise geringen Anzahl geködeter Parasitoide konnte kein saisonabhängiger Aktivitätsnachweis abgeleitet werden. Ein zoologischer Garten, wie im vorliegenden Versuch, sollte für tineide Motten und ihre Parasitoide von besonderer Attraktivität sein, da Haare und Federn in Tierlagern in größeren Mengen anfallen und entsprechende chemische Reize vorliegen. Zudem ist für diese

kleinräumigen Biotope im stadtnahen Bereich eine sehr große Vielfalt parasitoider Hymenopteren nachgewiesen (SIMON 1999). Da keine erfolgreiche Köderung von Parasitoiden der tineiden Motten durchgeführt werden konnte, jedoch die Köder prinzipiell für andere Parasitoide funktionierten, ist von einer sehr geringen Dichte der natürlichen Populationen von Parasitoiden an Tineiden, wie beispielsweise *A. carpatus*, auszugehen. Von einer geringen natürlichen Häufigkeit von *T. bisselliella* als potentiell Wirt berichtete auch POPENDICKER (1955). Möglicherweise sind langfristige Köderungen mit kompletten Zuchtansätzen von Kleidermotten in großen Käfigen und beispielsweise auf Hühnerfarmen (ABLES & SHEPARD 1974) als Standorte oder das Auslegen von Tierkadavern mit Kleidermottenbefall erfolgversprechender, indem man einen noch stärker attraktiven Köder (TAKACS 1997) verwendet. Zudem könnte der Einsatz von Lichtfallen oder UV-Licht in zukünftige Ködermethoden mit einbezogen werden.

4.2 Zucht der Versuchstiere

4.2.1 Zucht von *T. bisselliella*

Die Zucht der Kleidermotte *T. bisselliella* konnte gegenüber bisher bekannten Zuchtsystemen (ZACHER 1933, WYINIGER 1975) wesentlich verbessert werden. Es war möglich, eine mehrjährige, dauerhafte Zucht ohne Schädlingsbefall oder Krankheiten aufzubauen. Das neue Zuchtsystem für die Kleidermotte zeigte deutliche Vorteile gegenüber üblichen Laborzuchten, die meist lediglich der Gewinnung von adulten Motten für Pheromonfallentests dienen. Die Gewinnung von Larven oder Eiern ist nun einfach möglich und war in herkömmlichen Zuchtsystemen sehr aufwändig.

Untersuchungen zum **Futtersubstrat** haben gezeigt, dass sich die untersuchte Federn-Hefe-Cholesterin-Mischung bewährt hat. Sie wird auch bei Zuchten von PLARRE et al. (1998) genutzt. Die Verwendung von Fischmehl-Wolltextilien stellte zudem eine wirtschaftlich günstige Alternative und Ergänzung dar. Die ermittelte Verlängerung der Entwicklungszeit bei Verwendung von Fischmehl-Wolltextilien als Futter von etwa zwei Wochen beeinflusste die Durchführung der Versuche nicht wesentlich. Die Möglichkeiten der Variation verschiedener Zuchtmedien, wie Wolltextilien, Fischmehl und Hefe-Cholesterin-Federn, sichern den Zuchterfolg zusätzlich ab. Federn sind als Futtersubstrat leichter zu standardisieren und bewirken eine kürzere Entwicklungsdauer. Sie sind wirtschaftlich gesehen jedoch relativ teuer. Im Gegensatz dazu sind Wolle-Textilien aus Kleidersammelstellen, die nicht mehr als Kleidung geeignet sind, bedeutend günstiger oder umsonst zu erwerben. Allerdings mußten Proben der Textilien in Vorversuchen jeweils auf

möglichen “Mottenschutz“ durch chemische Vorbehandlungen geprüft werden. Mit Fischmehl als Zusatz ließ sich eine komplette Entwicklung und Dauerzucht erfolgreich durchführen. Diese Ergebnisse stimmen überein mit Untersuchungen von GRISWOLD (1954) und HINTON (1959). Allerdings hatte sich während der Durchführung der Arbeiten eine Diskussion um Tiermehl und deren Rolle bei der Übertragung von BSE-Erregern entwickelt. In der Futtermittelindustrie führte dies zur drastischen Reduktion der Verwendung von Tiermehl geführt. Obwohl Fischmehl von der Problematik nur am Rande betroffen ist, wurden generell Tiermehle als Bestandteile in Tierfutter negativ eingeschätzt. Daraufhin war es deutlich schwieriger, Fischmehl als Zuchtfutter-Zusatz für Kleidermotten zu erhalten. Dennoch ist es als Futterkomponente für eine Dauerzucht von Kleidermotten zu empfehlen. Weitere Futtermischungen und Diäten wie Rinderhaar, Seide oder reine Schafwolle, die von WUDTKE (2002) in ähnlichen Untersuchungen verglichen wurden, erbrachten keine Alternativen als Futtersubstrat. Auf Seide ist eine Entwicklung nicht möglich, auf Schafwolle verzögerte sich nach WUDTKE (2002) die Entwicklung auf über drei Monate. In der vorliegenden Untersuchung konnte dies bestätigt werden. Ungewaschene Schafwolle und Hasenfell waren nicht geeignet, eine Laborzucht der Kleidermotten dauerhaft zu erhalten.

Eine Methode zur **Ernte der Eiablage** der Kleidermotten wurde innerhalb des neuen Zuchtsystems erarbeitet. Sie eignete sich insbesondere für die Versuche mit den *Trichogramma*-Arten und -Stämmen. Angaben in der Literatur zur Eiernte von Kleidermotten-Eiern gibt es bislang nicht. Meist wurde die Eiablage innerhalb des Zuchtsystems unmittelbar zur Weiterzucht verwendet (PROKOPP & KREKL mdl. Mitt. 1997). Es wurde in den Versuchen deutlich, dass in Behältern ohne Textilien die Eiablage deutlich geringer war, da taktile Reize der Stoffoberfläche und möglicherweise der Geruch des Futtersubstrates der Mottenlarven fehlten. Die höhere Eiablage auf synthetischem Textil in Form eines T-Shirt-Stoffes ohne Keratin im direkten Vergleich mit fein gewobenen Wolltextilien wies zudem darauf hin, dass außer volatilen Substanzen vor allem der taktile Reiz der Oberfläche für eine erfolgreiche Eiablage durch Kleidermotten attraktiver ist. In der vorliegenden Arbeit konnte eindeutig nachgewiesen werden, dass der taktile Reiz des keratinfreien T-Shirt-Stoffes attraktiver für eine Eiablage war als der eines gröberen keratinhaltigen Textilstoffes. Übereinstimmende Ergebnisse erzielten KANN & WAKU (1985). Für die Vorratsschutzpraxis bedeutet dies, dass eine Eiablage durch Tineiden auch an Textilien ohne Keratinanteil, also ohne Nahrungswert für die Mottenlarven, erfolgen kann. Hier könnten dann möglicherweise Schäden durch Fraßversuche der L1-Larven entstehen.

Die **Hygiene zur Vermeidung von Schädlingen** in der Mottenzucht, beispielsweise die einfach durchführbare Kontrolle der Kleidermottenzucht auf schädliche Milben in den Paraffin-Migrationbarrieren, erwies sich als erfolgreich. Da für den Parasitoiden *A. carpatus* kein Ersatzwirt zur Verfügung stand, wäre bei einem Zuchtausfall der Kleidermotte die Zucht dieses Nützlings ebenfalls sehr stark gefährdet. Auf die Vorteile der Verwendung von milbendichtem Drahtgewebe aus Kupfer wurde bereits von BALLARD & DAVIDSON (1954) hingewiesen. Trotzdem diese Schutzmöglichkeit in neuen Zuchtssystemen meist keine Anwendung mehr findet, stellte sie im untersuchten Zuchtssystem für Milben ein nicht zu überwindendes Hindernis dar und begrenzte sehr effektiv mögliche Schäden in den Zuchten.

4.2.2 Zucht von *T. pellionella*

Die Etablierung einer dauerhaften Zucht der Pelzmotte *T. pellionella* ist trotz mehrfacher Ansätze von natürlichem Ausgangspopulationen in der vorliegenden Arbeit nicht gelungen, obwohl PLARRE *et al.* (1998) und CHEEMA (1956) auf Analogien zur Kleidermottenzucht hinwiesen. WINIGER (1974) und SINGH & MOORE (1985) unterschieden die Zuchtmethode für Pelzmotten nicht von der für Kleidermotten. Es war jedoch möglich, mit der für die Kleidermotte erarbeiteten Zuchtmethode, Larven der Pelzmotte aus natürlichem Befall bis zur vollständigen Entwicklung der Adulten weiter zu züchten und die Eiablage für Versuche mit *Trichogramma*-Arten zu gewinnen. Eine erfolgreiche Laborzucht von *T. pellionella* stellte sich möglicherweise aufgrund der erforderlichen hohen Luftfeuchtigkeit als problematisch dar. Die vergleichsweise geringe Anzahl von Individuen als Ausgangsbasis könnte ebenfalls ein Grund für die nicht erfolgreiche Zucht von *T. pellionella* sein. Hier sind zukünftig weitere Zuchtversuche erforderlich.

4.2.3 Sterilisation von tineiden Wirtseiern durch UV-Bestrahlung

Durch eine UV-Bestrahlung der *Tineola*-Eier als Vorbehandlung wurde bereits bei einer sehr geringen Bestrahlungsintensität eine völlige Sterilisation der tineiden Wirtseier erreicht. Ein Schlupf der L1-Larven und ein möglicher Kannibalismus (TITSCHAK 1921) wurde verhindert. Die Wirtseier waren nach der UV-Bestrahlung immer noch attraktiv genug, um erfolgreich von *Trichogramma* parasitiert zu werden. Die Parasitoide waren in den bestrahlten Eiern voll entwicklungsfähig und zeigten eine sehr hohe Schlupfrate. Dies wurde auch von SENGONCA & SCHADE (1991) und WÜHRER (1994) beobachtet. Ohne Parasitierung starben die bestrahlten Kleidermotten-Eier ab und trockneten ein. Daher wurden für die vorliegenden Selektionsversuche nur frische Wirtseier verwendet, die unmittelbar vor dem Versuch UV-

bestrahlt worden waren. Für die Auswertung ergab sich der Vorteil, dass diese nicht parasitierten Wirtseier charakteristisch eintrockneten. Sie konnten bei der Bonitur vor dem Auftreten der charakteristischen Schwarzfärbung deutlich von den prall gefüllten, parasitierten Eiern unterschieden werden. Somit war nach bereits zwei bis drei Tagen eine erste Prognose hinsichtlich einer erfolgreichen Parasitierung möglich. Eine Abhängigkeit der Schlupfrate von der Intensität der UV-Bestrahlung konnte beobachtet werden. Jedoch wurde die Schlupfrate selbst bei 45minütiger Bestrahlung nur tendenziell reduziert und lag deutlich über 90 %. Auch die stärkste beobachtete Reduktion der Schlupfrate auf 93,8 % durch Bestrahlung der Wirtseier lag deutlich im Rahmen der IOBC-Empfehlungen für die Qualität von Nützlingszuchten (HASSAN 2002).

Die auffallende Empfindlichkeit der *Tineola*-Eier gegenüber UV-Licht erklärt sich aus der versteckten Lebensweise der Tineiden. In Vogelnestern, an Kadavern oder ursprünglich an vermoderndem Holz benötigten tineide Eier keinen ausgeprägten UV- Schutz (POPENDICKER 1955, WEIDNER 1971, HÄUSLER 1998). Dem entgegen erhöht sich die Bestrahlungsdauer bei Eiern beispielsweise der Getreidemotte *Sitotroga cerealella*, die natürlicherweise an sonnenexponierten Standorten vorkommt und daher einen UV-Schutz entwickelt hat, auf mindestens 90 Minuten bei 30 cm Abstand, um einen Schlupf der L1-Larven zu verhindern (HASSAN 1993). Ebenso sind Traubenwickler deutlich unempfindlicher gegenüber UV-Licht (SENGONCA & SCHADE 1991). Die einfache klassische Bekämpfungsmethode, Textilien in die Sonne zu legen, um einen etwaigen Mottenbefall zu reduzieren, bestätigt sich hiermit bezüglich einer Bekämpfung der lichtempfindlichen Eier. Jedoch ist diese Methode in modernen Haushalten aus Zeit- und Platzgründen nicht praktikabel. Aufgrund der hohen Empfindlichkeit der Motteneier könnten Schädigungen von Textilien durch die UV-Bestrahlung, z.B. hinsichtlich der Farbstoffe, weitgehend ausgeschlossen werden, da nur eine kurze Bestrahlungsdauer notwendig ist. Die Nutzung von UV-Lampen schließt sich für die Praxis im Haushalt allerdings weitgehend aus, da eine Gefährdung von Verbrauchern durch den unsachgemäßen Umgang mit UV-Licht nicht ausgeschlossen werden kann. Jedoch könnte die Nutzung von UV-Bestrahlung zum Abtöten der Motteneier unter fachlicher Aufsicht in eine Bekämpfungsstrategie mit einbezogen werden. Die Bekämpfung der tineiden Motteneier durch UV-Licht, hätte wie bei der Freilassung von *Trichogramma*-Schlupfwespen, den großen Vorteil den potentiellen Schädling bereits in einem Stadium zu bekämpfen, in dem noch kein Fraßschaden erfolgt ist.

4.2.4 Prüfung von *Plodia interpunctella* als potentielltem Textilschädling

Die Dörrobstmotte *Plodia interpunctella* entwickelte sich nachweislich nicht an keratinhaltigen Textilien. Widersprüchliche Angaben aus der Vorratsschutzpraxis und Anfragen von Verbrauchern, die die auftretenden Motten-Arten leicht verwechseln, sind somit geklärt. Bei der Wanderung der letzten Larvenstadien vor der Verpuppung kann ein Aufspinnen von Kokons auf Textiloberflächen beobachtet werden. Jedoch haben die vorliegenden Laborversuche und direkte Beobachtungen unter dem Mikroskop gezeigt, dass dabei kein Fraßschaden durch die Larven von *Plodia interpunctella* erfolgt. Damit stellt sich die Dörrobstmotte lediglich als Hygieneschädling oder Lästling im Bereich von Textilprodukten durch zufällig eingewanderte und sich verpuppende Larven dar. Ihre große Bedeutung als Schädling liegt ausschließlich im Lebensmittelbereich (REICHMUTH 1998, WEIDNER & SELLENSCHO 2003).

4.2.5 Zucht von *Apanteles carpatus*

Das neu entwickelte Doppelbox-System konnte erfolgreich zur Erhaltungszucht und für die Massenvermehrung von *A. carpatus* genutzt werden. Die Voraussetzung, dass eine grundsätzliche Suchaktivität erforderlich war, um in den oberen Teil der Zuchtbehälter zu gelangen, selektierte ausschließlich Tiere mit positiven Sucheigenschaften in der Zucht. Ein solches Zuchtverfahren besteht erstmals für *Apanteles*-Arten. Bisherige Zuchtsysteme erfordern ein Umsetzen der Parasitoide (LIM & CHAN 1986, VERMA & DESH RAJ 1998) und sind nur für kleinere Laborzuchten geeignet. VERMA & DESH RAJ (1998) beispielsweise verwenden in der Zucht einfache Haushaltsgläser ohne weitere Modifikationen, so dass ein Umsetzen der Parasitoide sehr aufwändig ist.

Die Prüfung verschiedener Zuchtbehälter-Typen zeigte, dass zylindrische, runde Kunststoffbehälter am besten geeignet waren. In ihnen konnten die Tiere schonend und hinsichtlich der parallel geführten Kleidermottenzucht, sicher vor flüchtigen Parasitoiden gezüchtet werden. Neu an dem Zuchtsystem war, dass die Parasitoide, die in der unteren Box schlüpften, durch eine dunkle Manschette unter Nutzung der positiven Phototaxis der Tiere diese in die obere Box gelockt wurden. Damit trennten sie sich aktiv von den adulten Motten, die aus nicht parasitierten Larven in der unteren Box schlüpften. Damit war eine besonders schonende Zuchtführung gelungen, die zudem einen deutlich geringeren Zeitaufwand bedeutete als dies in der ursprünglichen Zuchtmethode durch Betäubung mit Kohlendioxid und Umsetzen mit Pinzette oder Glasröhrchen der Fall war. Auch nach mehrjähriger Nutzung der Zuchtbehälter zeigte sich kein Verschleiß der mit Metallgaze präparierten Zuchtbehälter.

Das neu entwickelte Zuchtsystem für *A. carpatus* war für den Aufbau einer Massenzucht für den praktischen Einsatz im Vorratsschutz geeignet und kann als Zuchtsystem auf weitere Larvalparasitoide übertragen werden.

4.2.6 Entwicklung einer Freilassungseinheit für *Apanteles carpatus*

In der Praxis waren die umgebauten Filmdosen gut geeignete Freilassungseinheiten. Da sie völlig abgedunkelt waren, lockten sie die Parasitoide ideal zum Schlupfloch und führen mit einem minimalen Schlupfloch von etwas mehr als 1mm² zu fast 100 % Schlupf. Da kein Ersatzwirt für *A. carpatus* zur Verfügung stand, war es notwendig, den Nützling auf dem Zielwirt Kleidermotte in Massen zu vermehren. ISLAM & NARGIS (1992) und ISLAM & KABIR (1995) erwägen den Einsatz der adulten Parasitoide gegen Vorratsschädlinge. Aufgrund der kurzen Lebensdauer der Adulten des untersuchten Stammes von *A. carpatus* wäre es in der Praxis nicht effektiv, die Nützlinge als Vollinsekt zu verschicken. Daher wurden in der vorliegenden Arbeit parasitierte Mottenlarven verschickt. Dies war aufgrund der Gefahr einer zusätzlichen künstlichen Infektion von Befallsräumen mit Mottenlarven während der Freilassung der Nützlinge eine ungünstige Voraussetzung für den Nützlingseinsatz (SCHÖLLER 1998). Eine Vermeidung dieser Problematik gelang durch die gezielte hohe Parasitierung der Zielwirte und die geringe Öffnung in der Ausbringungseinheit. Maßnahmen zur Reduktion dieses Risikos sind das gezielte Abfliegen lassen geschlüpfter Adulte unmittelbar vor der Verschickung der Einheiten und eine ausreichende Futtergabe. Ein Transport adulter *A. carpatus* könnte im Einzelfall und nur in Kooperation mit geschultem Fachpersonal durchgeführt werden.

Die Größe der Freilassungseinheiten bedeutet bei einer Verschickung in der Vorratsschutzpraxis ein höheres Porto als bei flachen Einheiten, beispielsweise in der Größe von Streichholzschachteln, die zur Verschickung von Parasitoiden-Kokons von *Habrobracon hebetor* verwendet werden (SCHÖLLER mdl. Mitt. 2003). Dies ist allerdings ein ökonomisches Problem, das hinsichtlich der sehr guten Eignung der Filmdosen in den Versuchen, der geringen Kosten für eine solche Einheit, ihre Sicherheit beim Transport der Nützlinge und die anwenderfreundliche Handhabung abgewogen werden muss.

4.3 Untersuchungen mit *Apanteles carpatus*

4.3.1 Lebensstafel-Daten von *Apanteles carpatus*

Die Lebensstafel-Daten von *A. carpatus* aus der vorliegenden Untersuchung zeigen, dass die höchste Gesamtparasitierungsleistung nur bei zusätzlicher Futtergabe und ausreichendem Angebot von Wirtslarven erreicht wird. Bei dem ausführlichen Life-table-Test in größeren Versuchsbehältern mit täglichem Umsetzen der Parasitoide in eine neue Dose mit Larven, Tropfen von Honig-Gelatine und einer feuchten Watterolle wurde eine Lebensdauer von 14 Tagen beobachtet. Diese liegt im Vergleich zu dem amerikanischen Stamm von *A. carpatus* von PLARRE (2003) deutlich unter der dort ermittelten Lebensdauer von 27 Tagen. In den verschiedenen Versuchsreihen der vorliegenden Arbeit wurden jeweils unterschiedliche Ergebnisse zur Lebensdauer für *A. carpatus* abhängig von zusätzlichen Futtergaben ermittelt. In Rollrandgläschen mit Leinendeckel ohne Futter wurden die Parasitoide nur vier Tage alt und entsprechend reduzierte sich die Anzahl ihrer Nachkommen. Dabei wurde in etwa der Anteil für vier Tage der möglichen Gesamtleistung erreicht, die im Life-table-Test ermittelt wurde. Mit Honig-Futter und Wirtslarven lebten die Weibchen von *A. carpatus* sieben Tage lang.

Die auffälligen Unterschiede zu der ermittelten langen Lebensdauer von *A. carpatus* nach PLARRE (2003) lässt sich möglicherweise mit der unterschiedlichen Herkunft der untersuchten *A. carpatus*-Stämme erklären, die aus Deutschland und den USA stammten. Im Vergleich beider Stämme wurde für den Stamm aus Deutschland in der vorliegenden Untersuchung eine hohe Parasitierungsleistung mit durchschnittlich 55 Nachkommen und maximal 71 Nachkommen ermittelt. Für den Stamm aus den USA beobachteten PLARRE *et al.* (1999) maximal 60 Nachkommen.

4.3.2 Überlebensrate von *Apanteles carpatus* mit und ohne Futtergabe

Die Lebensdauer der Parasitoide nahm bei Futtergabe und einem ausreichenden Angebot von Wirtslarven bereits nach vier Tagen deutlich unter 50% ab und war deutlich geringer als in Versuch 5.3.1. Der optimale tägliche Wechsel frischer Wirtslarven und Honigfutter geben das theoretische Optimum der Parasitoide wieder. Für die Praxis bedeutet dies, dass eine genaue Kenntnis der Befallssituation notwendig ist. Eine möglichst effiziente Verteilung der Parasitoide im Bekämpfungsraum sollte die relativ kurze Lebensdauer ausgleichen. Eine Mischung verschiedener Entwicklungsstadien wie dies für die Eiparasitoiden der Gattung *Trichogramma* üblich ist (HASSAN 1993) und somit die Überschneidung verschiedener

Schlupftermine kann zusätzlich absichern, dass über einen längeren Zeitraum aktive Parasitoide zur Bekämpfung im Vorratslager vorhanden sind.

4.3.3 Einfluß der Temperatur auf die Leistung von *Apanteles carpatus*

Die Parasitierungsleistung von *A. carpatus* bei unterschiedlichen Temperaturen zeigt deutlich, dass sich mit zunehmender Temperatur die Anzahl der Nachkommen erhöhte. Im Vergleich zu PLARRE *et al.* (1999), die bei 28 °C eine durchschnittliche Nachkommenzahl von 30 (minimal 3, maximal 65) ermittelten, lag die Nachkommenzahl mit 24 bei 25 °C etwas niedriger, ist aber aufgrund der unterschiedlichen Ausgangstemperatur vergleichbar. Es handelt sich zudem um Stämme unterschiedlicher Herkunft und somit möglicherweise unterschiedlicher biologischer Anpassung. Der *A. carpatus* - Stamm von PLARRE stammt aus Madison, USA aus *T. pellionella* als natürlichem Wirt und wurde auf *T. bisselliella* weitergezüchtet, hingegen wurde der Stamm der vorliegenden Untersuchung in Deutschland gefunden und aus *T. bisselliella* gezüchtet. Ein direkter Laborvergleich der beiden *Apanteles*-Stämme wäre daher erforderlich. Die Entwicklungsdauer von *A. carpatus* variiert sehr stark mit dem Alter der Wirtslarven. PLARRE *et al.* (1999) zeigten, dass für *A. carpatus*, je nach Alter der Wirtslarven, eine Entwicklungsdauer von 25 bis zu 59 Tagen zu erwarten ist. In der vorliegenden Untersuchung erhöhte sich die Entwicklungsdauer mit Verringerung der Temperatur und lag bei 25°C bei nur 23 Tagen unter Verwendung von vier bis fünf Wochen alten Larven. Die Entwicklungsdauer lag damit deutlich unter der von PLARRE *et al.* (1999) ermittelten Dauer von 34 Tagen. FALLIS (1942) gibt für 27°C durchschnittlich 26 Tage Entwicklungszeit an, ohne dass er das genaue Wirtsalter zuordnet. Er gibt aber für 20°C eine mehrmonatige Entwicklungsdauer an. Das kann durch die vorliegende Studie nicht bestätigt werden. Hier wird deutlich, dass ein Vergleich verschiedener *A. carpatus*-Stämme von hohem Interesse wäre. Bei dem vorliegenden Stamm verlängerte sich die Entwicklung bei 20°C auf fast 39 Tage. Bei kühlen Lagerungsverhältnissen ist daher mit 40-50 Tagen Entwicklungsdauer zu rechnen. Eine Ansiedlung der Nützlinge im Lager ist daher im Vorratsschutz nur sehr eingeschränkt möglich. Eine Mischung verschiedener Entwicklungsstadien und eine mindestens zweiwöchige Freilassung wären in diesem Fall für die Praxis notwendig.

4.3.4 Untersuchungen zur Zucht von *Apanteles carpatus* auf Ersatzwirten

Die Untersuchungen zu Ersatzwirten haben ergeben, dass außer Larven von tineiden Motten keine der angebotenen Ersatzwirte für *A. carpatus* geeignet waren. Larven von *P.*

interpunctella wurden auch unter Zwangsbedingungen nicht akzeptiert. Die Parasitierung von Dipteren war ebenfalls trotz mehrfacher Versuchsansätze nicht möglich. Der Nachweis von *M. domestica* nach RUTZ & SCOLES (1963) konnte daher durch die vorliegenden Parasitierungsversuche nicht bestätigt werden. Bei zukünftigen Wirtsnachweisen für *A. carpatus* sind unbedingt Referenzexemplare zu sichern, um die Identität von Parasitoid und Wirt abzusichern. Damit steht für eine Massenzucht des Parasitoiden *A. carpatus* derzeit kein Ersatzwirt zur Verfügung, wie dies bei *Trichogramma* mit Vorratsmotten, z.B. der Getreidemotte, der Fall ist. Eine Zucht der Nützlinge ist daher weiterhin auf die natürlichen Wirte, die Kleidermotte und die Pelzmotte, angewiesen. Dies ist keine Ausnahme. Eine Reihe von *Apanteles*-Arten sind relativ eng an ihren Wirtskreis gebunden. So waren auch UCKAN & GULEL (2001) bei Untersuchungen zu einer Massenzucht von *A. galleriae* gegen die Wachsmotte auf diesen Zielwirt als Massenzuchtwirt angewiesen.

4.3.5 Halbfreilandtests zur Suchleistung von *Apanteles carpatus*

Die ausgebrachten Köder in Halbfreilandtest wurden von *A. carpatus* gefunden und in hohem Masse parasitiert. In den Käfigversuchen mit den Parasitoiden wurde festgestellt, dass jedoch die Lebensdauer aus den durchgeführten Laborversuchen nicht erreicht werden konnte. Mit maximal drei Tagen wurde im Vergleich zu den Laborversuchen mit fünf Tagen Alter ´ohne Futtergabe´ und sieben Tagen ´mit Futtergabe und Wirtslarven´ deutlich geringere Überlebensraten ermittelt. Damit sind die Suchleistungszeit und die Möglichkeiten einer Parasitierung in der Praxis eingeschränkt. In dem abgegrenzten Käfig war es den Parasitoiden allerdings auch nicht möglich, aktiv nach Feuchtigkeit und möglichen Nahrungsquellen zu suchen.

Die Parasitierungsraten sind vergleichbar mit den Leistungen in den Laborversuchen mit Einzelweibchen, jedoch insgesamt niedriger. Möglicherweise gab es negative Einflüsse auf die Parasitoide beim Versuchsaufbau. Auffällig war, dass die Tiere unmittelbar nach der Freilassung am diffus beleuchteten Käfigdach nach Lücken suchten, durch die sie flüchten könnten. Diese Aktivitäten hielten sie möglicherweise zunächst von der Wirtssuche ab. SCHÖLLER (2000) untersuchte die Parasitoiden *Habrobracon hebetor* und *Trichogramma evanescens* direkt im Lager, wodurch unmittelbar Aussagen zur praktischen Anwendung erarbeitet werden konnten. Ein Halbfreilandversuch stellt in diesem Fall einen Kompromiss dar, die Parasitoide direkt beobachten zu können und wird meist für Eiparasitoide eingesetzt (WÜHRER 1994). Die maximale Überlebensrate von *A. carpatus* von 14 Tagen im Versuch mit Einzelweibchen wurde im Käfigversuch nicht erreicht. Allerdings wurde auch im Versuch

mit Einzelweibchen beobachtet, dass die Eiablage sich auf die ersten neun Tage beschränkte. Im Vergleich zu der Prüfung der Ködereinheiten (Kap. 5.1.1) im Käfigversuch werden diese Ergebnisse bestätigt. Eine unterstützende Futtergabe, wie dies auch im Freiland bei der Freilassung von Nützlingen im Obstanbau diskutiert und untersucht wurde (WÜHRER mdl. Mitt. 2001), sind nicht in der Praxis in Lagerräumen durchführbar. Jedoch können die Freilassungseinheiten mit feuchten Wattesticks und Tropfen von Honig-Agar versehen werden, um eine möglichst optimale Ausgangssituation für die Nützlinge zu schaffen.

4.4 Laboruntersuchungen mit *Trichogramma*-Arten und -Stämmen

4.4.1 Identifikation der verwendeten *Trichogramma*-Arten

Zur Identifikation von *Trichogramma* hat sich die Analyse der ITS2-Region bewährt (STOUTHAMER *et al.* 2001, SILVA 1999). Die Anzahl Basenpaare von *T. piceum* ist nach STOUTHAMER (mdl. Mitt. 2000) die höchste im Vergleich der bislang untersuchten Arten weltweit. Die in der vorliegenden Arbeit gegen Tineiden effektivste *Trichogramma*-Art *T. piceum* lässt sich daher im Vergleich mit anderen Arten relativ leicht identifizieren. Eine standardisierte ITS2-Datenbank für *Trichogramma* besteht noch nicht. Zum internationalen Vergleich der ITS2-Sequenzen sollte eine einheitliche Datenbank mit Kriterien der Qualitätskontrolle und Referenz-Stämmen angestrebt werden, da sich gezeigt hat, dass Gen-Datenbanken im Internet ohne Qualitätskontrolle falsche Angaben enthalten können (QUICKE pers. Mitt. 2003).

Eine Untersuchung der Färbung der parasitierten Wirtseier nach Graustufen in Abhängigkeit von den parasitierenden *Trichogramma*-Arten erwies sich in der vorliegenden Arbeit als weiteres, geeignetes Unterscheidungskriterium. QUEDNAU (1957) zeigte, dass in Abhängigkeit von den Klimabedingungen, insbesondere der Luftfeuchtigkeit, die Färbung von adulten *Trichogramma* variiert und somit nur unter kontrollierten Zuchtbedingungen als Identifikationsmerkmal geeignet ist. Die deutlich heller gefärbten Wirtseier durch eine Parasitierung von *T. piceum* waren in der vorliegenden Arbeit ein klimatisch unabhängiges, sicheres Merkmal, um unmittelbar nach der Parasitierung die Identität von *T. piceum* gegenüber anderen *Trichogramma*-Arten abzugrenzen. Die Schwarzfärbung der parasitierten Eier wird als Tarnung der parasitierten Eier gegenüber Räubern interpretiert, was aber angesichts der hellen, durchscheinenden Färbung der frischen, nicht parasitierten Eier angezweifelt werden kann. Wahrscheinlicher ist die These, dass die Schwarzfärbung eine Erwärmung der Wirtseier begünstigt und somit die Entwicklung von *Trichogramma*

beschleunigt wird (NORDLUND 1999). Die eher silbrige Färbung der Wirtseier bei *T. piceum* würde dem widersprechen und kann auch bei der Weißen Fliege *T. a.* beobachtet werden. Die parasitierten Puparien von *T. a.* variieren in der Färbung ebenfalls je nach Parasitoid von schwarz bei *Encarsia formosa* bis silbrig bei mediterranen Parasitoiden (HASSAN pers. Mitt. 2002). Zur Klärung der Gründe der Schwarzfärbung parasitierter Wirtseier und Puparien besteht daher weiterhin Forschungsbedarf. Die silbrige Färbung der Wirtseier nach einer Parasitierung durch *T. piceum* kann einen neuen Untersuchungsansatz darstellen.

4.4.2 Selektion von *Trichogramma*-Stämmen gegenüber der Kleidermotte

4.4.2.1 Akzeptanztests mit Eiern der Kleidermotte

Die Art *T. piceum* (Stamm: PIC M 91) erwies sich bei der Selektion von 29 *Trichogramma*-Stämmen als insgesamt am besten zum Einsatz gegen tineide Textilschädlinge geeignet. Eine Übereinstimmung der Kontaktaufnahme und Parasitierungsleistung wurde nur für PIC M 91 ermittelt. BRA 97 K4 wurde zu einem hohen Masse parasitiert, jedoch während der direkten Beobachtungen selten bei der Kontaktaufnahme festgestellt. SAKR (2003) und IBRAHIM (2004) haben diese Parameter ebenfalls verglichen, mit dem Ziel durch die Daten der Kontaktaufnahme eine Eignung der Wirtseier zusätzlich zur Parasitierung in Form einer langen Aufenthaltsdauer (WÜHRER & HASSAN 1996) nachzuweisen. Jedoch hat SCHÖLLER (1998) gezeigt, dass hier nur in einigen wenigen Fällen ein Zusammenhang besteht. Die Beobachtung der Einzelweibchen bedeutet einen erheblichen Zeitaufwand, trotzdem sie nur zu acht Zeitpunkten stattfindet. Es wäre zu empfehlen, die Beobachtung der Kontaktaufnahme in veränderter Form, beispielsweise durch den Einsatz von Videotechnik, in zukünftigen Selektionstests zu untersuchen. Dadurch würde eine lückenlose Beobachtung der Kontaktaufnahme möglich und eine Korrelation von Kontaktaufnahme und Parasitierungsleistung könnte detaillierter untersucht werden.

Die untersuchten *Trichogramma*-Arten zeigten eine unterschiedlich starke Akzeptanz der angebotenen Wirtseier von *T. bisseliella*. *Trichogramma*-Weibchen des Stammes SEM D 94 F (*T. semblidis*) parasitierten keine der angebotenen Kleidermotten-Eier. Dies widerspricht dem Befund von QUEDNAU (1954), der eine Parasitierung von Kleidermotten-Eiern mit *T. semblidis* nachwies. Aufgrund der unsicheren Taxonomie bei *Trichogramma*, ist allerdings eine exakte Differenzierung insbesondere der thelytoken Arten *T. cacoeciae*, *T. embryophagum*, *T. semblidis* und *T. cacoeciae* nur schwer möglich. Damit kann nicht klar bestimmt werden, welche Art QUEDNAU definitiv untersucht hatte.

4.4.2.2 Einfluss des Wirtseialters auf die Akzeptanz

Das zunehmende Alter der angebotenen Wirtseier beeinflusste die Akzeptanz durch *Trichogramma* hinsichtlich der Parasitierungsleistung und der Schlupfrate und bestätigt Untersuchungen von PAK (1988) und WÜHRER (1994). Wirtseier, die älter als vier Tage waren, wurden nicht mehr zur Parasitierung akzeptiert. Die Schlupfrate zeigte im Verlauf des Versuchs an den ersten drei Tagen zunächst keine Beeinflussung durch das Alter der Wirtseier. Bei Wirtseiern mit einem Alter von vier Tagen wurde eine starke Reduktion der Schlupfrate beobachtet. Der Einfluß des Wirtsalters wurde auch von WÜHRER (1996) und SCHÖLLER (1998) nachgewiesen. Es wird deutlich, dass eine erfolgreiche Parasitierung in Labortests nur durch Berücksichtigung der Alterung der Wirtseier realistisch auf die Praxis übertragen werden kann. Zusammen mit den Ergebnissen aus den Suchleistungstests läßt sich abschätzen, ob eine *Trichogramma*-Art die Wirtseier möglichst innerhalb der ersten drei Tage nach der Eiablage findet. Eine Erhöhung der Anzahl freigelassener Parasitoide und eine höhere Ausbringungsdichte können hier ein mögliches Defizit kompensieren.

4.4.2.3 Präferenztests

Im Präferenztest war der Stamm PIC M 91 der Art *T. piceum* klar von den anderen *Trichogramma*-Arten abzugrenzen. Obwohl die Eier der Kleidermotte nicht deutlich bevorzugt wurden, lag jedoch bei PIC M 91 die Anzahl parasitierter Wirtseier beider Wirtsarten im Präferenztest insgesamt deutlich höher als bei den Vergleichsarten. Diese unterschiedlichen Eignungen hinsichtlich bestimmter Wirte wurden in dieser Versuchsreihe als Ausgangspunkt für eine Auswahl geeigneter Arten (WÜHRER & HASSAN 1996) zur Bekämpfung tineider Motten durch *Trichogramma*-Schlupfwespen bestätigt. Die gleichzeitig gute Parasitierung des Ersatzwirtes *S. cerealella* weist PIC M 91 als geeigneten Stamm für eine Massenzucht auf der Getreidemotte aus.

4.4.2.4 Einfluss von Zuchtpassagen mit dem Zielwirt auf die Präferenz

Zuchtpassagen auf dem Zielwirt konnten in den vorliegenden Versuchen nicht die Präferenz für *T. bisselliella* als Zielwirt erhöhen. Für die Qualitätssicherung der kommerziellen Zuchtstämme von *Trichogramma* werden regelmäßige Zuchtpassagen auf dem Zielwirt empfohlen, um einer Degeneration der Laborzucht entgegen zu wirken. Zuchten von *T.*

brassicae auf Eiern des Maiszünslers *O. nubilalis* (HASSAN 1993) oder den Arten *T. dendrolimi* und *T. cacoeciae* auf Eiern des Apfelwicklers *Cydia pomonella* (SAKR 2003) dienten dieser Zielsetzung. Jedoch konnte in der vorliegenden Arbeit auch nach 70 Generationen Dauerzucht keine deutliche Bevorzugung der Kleidermotte als Zielwirt-Art gegenüber der Getreidemotte ermittelt werden. Dies stimmt überein mit Untersuchungen bei den Traubenwicklern *L. botrana* und *E. ambiguella* durch NIKOLAJEW & HOLST (unpubl. 2001). Eine Dauerzucht über mehr als 150 Generationen erbrachte im Präferenztest keine Bevorzugung der Zielwirtseier gegenüber dem Massenzuchtwirt. Dennoch spielen die Zuchtpassagen eine wichtige Rolle in der Qualitätssicherung kommerzieller Zuchten. KÖLLICKER-OTT *et al.* (2003) wiesen nach, dass Freilandfänge von *Trichogramma* aus Mais keine besseren Parasitierungsraten erzielten als die langjährige Laborzucht. Die grundsätzliche Akzeptanz des Zielwirtes und die Suchleistung sind für die Praxis möglicherweise die stärker entscheidenden Kriterien in der Qualitätsfrage bei Nützlingszuchten.

4.4.2.5 Daten der Lebens tafeln von ausgewählten *Trichogramma*-Arten

Die Lebens tafeln-Daten bestätigen die **Leistungsfähigkeit von *T. piceum***, die sich in den Auswahlversuchen zeigte. Die verminderte Aktivität der Tiere bei 15°C im Vergleich zu 25°C gleicht sich durch eine höhere Lebensdauer zum Teil aus. Jedoch bleibt für eine hohe Parasitierungsleistung eine Temperatur von 20-25°C erforderlich. Die hohe Eiablagekapazität ist vergleichbar mit den kommerziell in Deutschland verfügbaren Arten *T. dendrolimi*, *T. cacoeciae* und *T. evanescens* (Lager) (HANSEN *et al.* 2002, SCHÖLLER 2002, SAKR 2003). Für *T. piceum* bemerkenswert ist der Anteil Weibchen von über 80%, der mehrfach bestätigt werden konnte. Bei 25°C wurden 85 Eier der Getreidemotte *S. cerealella* parasitiert und zeigt die Eignung des Stammes PIC M 91 für eine Massenzucht auf diesem Wirt.

Die Parasitierung der **Kleidermotte *T. bisselliella*** durch *T. piceum* wurde erstmals in dieser Untersuchung detailliert betrachtet. In nur 4 Tagen wurde eine maximale Parasitierungsrate von 117 Eiern ermittelt, mit durchschnittlich 83 parasitierten Kleidermotten-Eiern. Zusammen mit den Ergebnissen aus den Auswahltests bestätigte sich im vorliegenden Versuch mit einer täglichen Eigabe das hohe Potential von *T. piceum* (Stamm: PIC M91) zur Bekämpfung der Kleidermotte.

In einem Einzelweibchen-Versuch mit der Art *T. piceum* wurde die Akzeptanz der Eier der **Pelzmotte *T. pellionella*** durch *Trichogramma* erstmals nachgewiesen. Trotzdem die Dauerzucht der Pelzmotte *Tinea pellionella* nicht gelang, wurde ein Zuchtansatz zur Eiablage

gebracht und im Laborversuch getestet. Die Schlupfrate lag bei der Parasitierung von Pelzmotten-Eiern bei etwa 79 %. Bestätigt werden konnte die Eignung der Pelzmotten-Eier für *Trichogramma* durch die beobachtete 100%ige Kontaktaufnahme. In zukünftigen Versuchen könnte bei ausreichendem Zuchtangebot der Pelzmotte ein direkter Vergleich bei gleichzeitigem Angebot von Kleidermotten- und Pelzmotten-Eiern überprüft werden. Für die Praxis ist *T. piceum* als geeigneter Parasitoid der beiden wichtigsten textilschädigenden Tineiden nachgewiesen. Die Eier dieser wirtschaftlich wichtigen Motten-Arten werden durch die Eiparasitoide akzeptiert, und eine vollständige Entwicklung ist in beiden Wirten möglich.

4.5 Halbfreilandtests zur Suchaktivität von *Trichogramma* spp.

4.5.1 Erweiterte Käfigversuche zur Suchaktivität

In den Versuchen zur Suchaktivität wurde gezeigt, dass insbesondere die *T. piceum* ein geeigneter Kandidat für einen praktischen Einsatz darstellt. Im Vergleich mit kommerziell verfügbaren Arten, war ihre Suchleistung auf Oberflächen am höchsten. Bestätigt wurde die Auswahl schließlich durch das gute Suchleistungsvermögen von PIC M 91 im Halbfreilandtest im direkten Vergleich mit Zuchtlinien, die ihrerseits durch positive Eigenschaften gekennzeichnet sind: BRA 97 K4 (Bevorzugung der Eier der Kleidermotte im Präferenztest), CAC D 90 O (thelytok: nur Weibchen, kommerziell für den Obstbau verfügbar), EVA Lager (kommerziell für den Vorratsbereich verfügbar). PIC M 91 zeigte deutlich bessere Suchleistung als alle anderen Stämme. Insbesondere ist bemerkenswert, dass CAC D 90 O, der aufgrund des Vorkommens im Forstbereich und ihres Einsatzes im Obstbau gute Klettereigenschaften nachgesagt werden, schlecht abgeschnitten hat. Ähnliche Ergebnisse wurden bei Suchleistungstests auf Lauchpflanzen beschrieben (ZIMMERMANN, LORENZ & HASSAN 2004). Bei SAKR (2003) zeigte sich ebenfalls, dass die Ausbreitung von CAC D 90 O in Apfelanlagen schlechter war als von DEN D 90 O.

Im Vergleich der sehr unterschiedlichen Stoffoberflächen konnte auf Stoff und grobem Schaffell eine Aktivität von *Trichogramma*-Weibchen in Distanzen bis zu 40 cm von Freilassungsort nachgewiesen werden konnte. Die Versuche liefen bei 24°C und etwa 40% Luftfeuchte ohne Lichteinfluss und ohne Nahrungsgabe unter zur Praxis vergleichbaren Bedingungen ab. Die Aktivität auf der schon deutlich erhöhten Oberfläche ist für die Tiere mit stark behaarten Pflanzen zu vergleichen. VAN LENTEREN (1991) hat hierzu mit dem Parasitoiden *Encarsia formosa* einen deutlichen negativen Einfluß auf die Parasitierung nachgewiesen. Zunehmende Behaarung auf Blättern schränkt die Suchaktivität der

Schlupfwespen stark ein. Kulturen wie Tomaten benötigen daher aufgrund der starken Behaarung eine hohe Aufwandmenge an Parasitoiden, um einen Schädling effektiv zu bekämpfen (WÜHRER 1996). Die vorliegenden Versuche zeigen, dass trotz dieser starken Behinderung der Suchaktivität eine erfolgreiche Parasitierung durch *Trichogramma* auf Textilien ohne zusätzliche Nahrungsquellen möglich ist. In der Praxis müsste die jeweilige Oberfläche der zu schützenden Textilien hinsichtlich der notwendigen Aufwandmenge und Verteilung der Parasitoide berücksichtigt werden. Die Durchdringung von Schafwolle zeigt, dass diese zwar gering ist, aber dennoch bis zu mindestens 40 cm nachgewiesen werden konnte. In Anbetracht der deutlich vergrößerten Oberfläche, die mit Bedingungen auf Pflanzen kaum vergleichbar schwieriger für die Parasitoide ist, hebt sich die Lauf- und Suchleistung von *T. piceum* positiv hervor. Vergleichbare Suchleistungen sind im Vorratsschutz, beispielsweise an geschüttetem Getreide erforderlich (SCHÖLLER 1998). Der prozentuale Anteil insgesamt nachgewiesener Weibchen in den vorliegenden Versuchen zeigt, dass zwischen dem feinen und schon erheblich stärker strukturiertem Stoff kein sehr deutlicher Unterschied besteht. Lediglich die Oberfläche des reinen Schaffells stellt ein Hindernis dar, in dem sich die Tiere auf größerer Oberfläche verteilen und somit in geringerer Anzahl nachzuweisen sind. Damit zeigt sich, dass durchschnittliche Textilprodukte im Vergleich zur Rohwolle von *Trichogramma*-Weibchen einfacher abzusuchen und zu durchwandern sind. Die Untersuchungen zur Position der Startpopulation haben deutlich gemacht, dass die Ausbringungseinheiten mit den Eiparasitoiden unmittelbaren Kontakt mit den befallenen Textilien haben müssen. Distanzen von 25 cm Luftraum konnten nur von Einzeltieren überbrückt werden.

4.6 Untersuchungen zur Kombination von Nützlingsfreilassungen mit biologischen Bekämpfungsmitteln

4.6.1 Nebenwirkungstests mit Repellents und Niem

Die untersuchten Repellents und Niem-Produkte wirkten sehr unterschiedlich auf *Trichogramma*.. Repellents als pflanzliche Extrakte gegen tineide Motten (REICHMUTH et al. 1997) und Niem-Produkte für den Vorratsschutz wurden in dieser Arbeit erstmals auf ihre Nebenwirkungen gegen parasitoide Hymenopteren untersucht. Die Prüfrichtlinie zu den Nebenwirkungen von Pflanzenschutzmitteln gegenüber Nützlingen (HASSAN 1989) konnte auf diese Fragestellung übertragen und für den Vorratsschutz leicht modifiziert werden.

In Form getrockneter Pflanzenteile zeigte Lavendel in Säckchen die geringsten Auswirkungen auf *Trichogramma*. Konzentrierte ätherische Öle hatten stark toxische Effekte, insbesondere

100 % Lavendelöl. Für die Praxis ist daher eine Kombination von Lavendel-Säckchen mit einem Einsatz von Parasitoiden möglich.

Die Nebenwirkungen von Niem-Produkten im Pflanzenschutz auf *Trichogramma* sind untersucht (SCHMUTTERER 1994). Gegenüber Braconiden wurde Niem als weitgehend unbedenklich getestet (SCHMUTTERER 1994, NIEMANN & HILBIG 2000). Die zunächst nachgewiesene Toxizität von Niem-Präparaten auf *Trichogramma* im strengen Glasplatten-Test wurde analog zum Test von Pflanzenschutzmitteln durch einen erweiterten Versuch ergänzt, um in Annäherung an Verdünnungseffekte in der Praxis eine realistische Aussage treffen zu können. Schon eine Überprüfung der Persistenz mit Wartezeiten von zwei bis vier Wochen ergab eine geringere Reduktion der Parasitierungsrate von *Trichogramma*. Da Niem bis zu einem halben Jahr nachgewiesene Wirkungsdauer gegen tineide Motten besitzt, besteht hier ein guter Ansatz für eine kombinierte Anwendung mit Parasitoiden. Der größere Luftraum und die Wahlmöglichkeit entsprechen im Glaskäfig eher den praktischen Bedingungen. Die Behandlung von Textilien mit Niem-Spray hat in diesen Versuch gezeigt, dass die *Trichogramma*-Weibchen bei Wahlmöglichkeit die unbehandelte Fläche bevorzugen und Niem einen Deterrent-Effekt auf *Trichogramma* hat. Es lässt sich aus diesen Versuchen schließen, dass unter Praxisbedingungen durchaus eine ergänzende Kombination des Einsatzes von *Trichogramma* und Niem-Spray möglich ist. Versteckte Stellen, die hierbei nicht mit Niem behandelt werden konnten, würden nach vorliegenden Ergebnissen bevorzugt von *Trichogramma* abgesucht, eine Wartezeit bis zum Einsatz der Schlupfwespen reduziert mögliche Nebenwirkungen auf ein geringes Maß. Selbst direkt mit Niem behandelte Flächen können, wie in der vorliegenden Arbeit nachgewiesen wurde, über einige Zentimeter überwunden und dort vorgefundene Wirtseier erfolgreich parasitiert werden.

4.7 Praxisversuche zur Bekämpfung von textilschädigenden Motten

4.7.1 Erste Praxisfreilassungen von Nützlingen gegen tineide Motten

Die ersten Freilassungen der untersuchten Nützlinge in unterschiedliche Befallssituationen mit Kleider- oder Pelzmottenbefall waren insgesamt erfolgreich. Zusammen mit PLARRE (2002) ergeben sich dadurch erste praktische Erfahrungen mit parasitoiden Hymenopteren gegen Tineiden. Die Praxisfreilassungen wurden anhand von Pheromonfallenfängen in den befallenen Räumlichkeiten nach den Nützlingsfreilassungen und der Reaktion der Kunden beurteilt. Bei keiner Freilassung wurden neagative Reklamationen registriert. Im Gegensatz zu Freilandversuchen in Pflanzenkulturen ist es bei einem Befall mit Textilschädlingen nicht möglich, eine unbehandelte Kontrolle anzulegen. Die Rückköderung von *A. carpatus* in

einem Textillager und der damit verbundene Nachweis der möglichen Ansiedlung war nicht möglich. Im Gegensatz zur Laborpüfung der Ködereinheiten im Käfig zeigen sich hier bei der vergleichsweise geringen Dichte der Parasitoide im Lager methodische Nachweisgrenzen.

Es konnten durch die ersten Freilassung eine Reihe von Erfahrungen mit den Praxisbedingungen erarbeitet werden. Mit dem Einsatz von *Trichogramma* und *A. carptatus* konnte bei den untersuchten Befallsstellen auf ein Einsatz chemischer Bekämpfungsmittel vermieden werden.

4.8 Bekämpfungskonzepte mit parasitoiden Hymenopteren gegen textilschädigende Tineiden im Vorrats- und Materialschutz

4.8.1 Geeignete parasitoide Hymenopteren zur Bekämpfung von Tineiden

Die *Trichogramma*-Art *T. piceum* (Stamm PIC M 91) ist nach den durchgeführten Auswahlversuchen ein geeigneter Kandidat für eine praktische Anwendung zur Bekämpfung tineider Motten als Textilschädlinge. Die festgestellten positiven Eigenschaften umfassen eine hohe Parasitierungsleistung, eine sehr gute Suchleistung und einen hohen Anteil Weibchen im Geschlechterverhältnis. Die höchsten Parasitierungsleistungen in der Untersuchung sowohl der Kleidermotte *T. bisselliella*, als auch des Massenzuchtwirtes *S. cerealella* und der hohe Anteil Weibchen sind für eine kommerzielle und effektive Zucht dieser Art von großer Bedeutung. *T. piceum* wurde anhand eines Stammes aus Moldawien untersucht (PIC M 91), der mit Eiern der Getreidemotte *S. cerealella* geködert wurde. Ein weiterer Nachweis dieser Art für Europa stammt aus dem Forst in Nord-Italien, wo *T. piceum* in Eiern von Bärenspinnern (Arctiidae) nachgewiesen wurde. Ein Nachweis von *T. piceum* für Deutschland steht noch aus, ist aber nach den vorliegenden Angaben zur Verbreitung möglich, wenn nicht sogar wahrscheinlich. Diese Frage hängt unmittelbar mit einer immer noch ausstehenden Untersuchung der *Trichogramma*-Fauna in Deutschland zusammen.

Nach dem Vorsorgeprinzip sollten keine nicht-heimischen Arten als Nützlinge in Deutschland eingesetzt werden, wenn nicht ausgeschlossen ist, dass sie keine ökologischen Risiken für die heimische Natur darstellen. Bei einem Einsatz von *Trichogramma* in Textillagern oder in Privathaushalten ist eine Ansiedlung von *T. piceum* im Freiland sehr unwahrscheinlich, da innerhalb der kurzen Lebensdauer der Schlupfwespen geeignete Wirtseier gefunden und parasitiert werden müssten. Damit stellt eine Anwendung von *T. piceum* im Vorratsschutz in Deutschland nur eine geringe Gefährdung einheimischer Ökosysteme dar.

In der Praxis wird die Art *T. piceum* noch nicht gegen Textilmotten eingesetzt. Da in größerem Umfang ein Stamm der Art *T. evanescens* (EVA (Lager)) kommerziell gezüchtet

und regelmäßig gegen Lebensmittelmotten eingesetzt wird, wird dieser Stamm zunächst auch gegen tineide Motten angeboten (WÜHRER mdl. Mitt. 2003, SCHÖLLER & PROZELL mdl. Mitt. 2003). Der geringere Marktanteil einer biologischen Kleidermottenbekämpfung mit Schlupfwespen muss mit den höheren Kosten der separaten Zucht einer weiteren *Trichogramma*-Art abgestimmt werden. Nach den vorliegenden Untersuchungen ist der Stamm EVA (Lager) auch zur Bekämpfung von Tineiden geeignet, jedoch deutlich weniger effektiv als der Stamm PIC M 91 der Art *T. piceum*.

Die erfolgreiche mehrjährige Zucht von *A. carpatus* und erste erfolgreiche Freilassungen gegen tineide Motten machen diesen Parasitoiden zu einem geeigneten Kandidaten für den Vorratsschutz. Für die Praxis erfordert die beobachtete geringe Lebensdauer von *A. carpatus* in den Käfigversuchen eine Mischung verschiedener Entwicklungsstadien in einer Freilassungseinheit und eine möglichst genaue Lokalisation des Mottenbefalls, um die Suchdauer für die Parasitoiden zu reduzieren. Die hohe Parasitierungsleistung kann ebenfalls nur unter optimalen Bedingungen erzielt werden, die im Vorratslager deutlich ungünstiger sind als für Parasitoide im Pflanzenschutzinsatz (SCHÖLLER 2002, ADLER 2003), da im Lager keine zusätzlichen Nahrungsquellen wie Nektarien oder freies Wasser verfügbar sind.

Ein Vergleich der Lebensdaten der zwei Stämme von *A. carpatus* in der vorliegenden Arbeit mit denen des Stammes von PLARRE *et al.* (1999) zeigte, dass ein Vergleich mit weiteren Stämmen erforderlich ist. PLARRE (1998) berichtet von einer Lebensdauer bei *A. carpatus* (Stamm Madison, USA 1998, gesammelt von Larven der Pelzmotte *T. pellionella*) bis zu 27 Tagen im Vergleich zu maximal 14 Tagen in der vorliegenden Arbeit (Stamm Deutschland 1998, gesammelt von Larven der Kleidermotte *T. bisselliella*). Hingegen lag die Parasitierungsleistung bei dem USA-Stamm bei maximal 60, dem Stamm aus Deutschland bei 71 Nachkommen. Diese innerartlichen Unterschiede bei Arten, die für den kommerziellen Einsatz geeignet sind, macht zukünftig eine gezielte Sammlung und Köderung von weiteren Stämmen dieser Art erforderlich. Bei einer Nützlingsanwendung, die langfristig von Zufallsfunden abhängig bleibt, werden durch Inzucht und Adaption der Tiere an die oft gleichmäßig optimalen Zuchtbedingungen langfristig zusätzliche Probleme in der Qualität der angebotenen Nützlinge entstehen. Es sind durch eine kontinuierliche Verbesserung der Ködereinheiten und routinemäßige Sammlung an geeigneten Standorten in Zukunft gezielte Funde neuer Nützlinge gegen tineide Motten durchaus möglich.

4.8.2 Strategien zur biologischen Bekämpfung tineider Motten

Zur Kontrolle von Vorrats- und Materialschädlingen stehen Maßnahmen zur Befallsvermeidung an erster Stelle. Eine regelmäßige Befallskontrolle und eine Bestimmung der beobachteten Schädlingsart sind insbesondere für den Einsatz biologischer Methoden sehr wichtig. Genaue Kenntnisse zur Biologie des Schädlings vereinfachen eine Lokalisation des Befalls. Die Feststellung der Größe des Befallsherdes und die Bestimmung der Befallsstärke sind letztlich grundlegende Daten für einen potentiellen Nützlingseinsatz. Erste Angaben zur Ausbringungsdichte der Parasitoide sind aufgrund der vorliegenden Untersuchungen und den ersten Praxisfreilassungen möglich, jedoch sind die Befallssituationen zu vielfältig, um pauschale Anwendungshinweise geben zu können. Gegen die abgelegten Eier der Tineiden kann *Trichogramma piceum* als Eiparasitoid empfohlen werden, wobei TrichoKarten mit einer Belegung von 2000 Parasitoiden auf etwa 0,5 - 1 m² Befallsfläche eingesetzt werden können. *Apanteles carpatus* sind gegen auftretende Larven als Parasitoide geeignet und sollten in Einheiten mit etwa 20-30 Tieren auf 5-10 m² in unmittelbarer Nähe der Befallsstellen eingesetzt werden. Pheromone zur Beobachtung der Befallsentwicklung der Motten können nebenwirkungsfrei zusammen mit den Parasitoiden eingesetzt werden. Ein zusätzlicher Einsatz von Niem-Spray bei zugänglichen Befallsstellen oder zur dauerhaften Prävention kann die Bekämpfung mit den Parasitoiden ergänzen. Ein gleichzeitiger Einsatz von Niem-Präparaten und *Trichogramma*-Schlupfwespen ist nicht zu empfehlen und schließt sich auch aus wirtschaftlichen Gründen meist aus. Nach den Ergebnissen der Nebenwirkungstests sollte im Einzelfall zumindest eine räumliche Trennung der Einsätze vorgenommen werden. Der weit verbreitete Einsatz von Repellents in Form von Lavendel-Säckchen oder ähnlichen Wirkstoffen getrockneter Pflanzenteile kann in geringer Dosierung mit dem Nützlingseinsatz kombiniert werden. Eine hohe Dosierung der ätherischen Öle schädigt die Nützlinge, besonders die Verwendung des reinen Öls. In hoher Konzentration sind ätherische Öle auch für den Verbraucher im Haushalt aus gesundheitlichen Gründen nicht zu empfehlen. Eine kommerzielle Massenzucht und eine praktische Anwendung der untersuchten Parasitoide, sowie die Optimierung der Kombination biologischer Bekämpfungsmaßnahmen gegen tineide Textilschädlinge wird von den kooperierenden Nützlingsproduzenten über den Versuchszeitraum hinaus weitergeführt.

5. Literatur

- Anonym (2002): Giftgas aus Kirche tötet Familienvater. Dpa-Meldung vom 18.10.2002, Allgemeine Zeitung.
- ABERA, T.H., HASSAN, S.A., OGOL, C.K.P.O., BAUMGÄRTNER, J., SITHANANTHAM, S., MONJE, J.C., ZEBITZ, C.P.W. (2002): Temperature-dependent development of four egg parasitoid *Trichogramma* species (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Biocontrol Science & Technology* 12: 555-567.
- ABBOTT, W.S. (1925): A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.* 18: 265-267.
- ABLES J. R. & SHEPARD M. (1974): Hymenopterous parasitoids associated with poultry manure. *Environmental Entomology* 3 (5): 884-886.
- ADLER, C. (1996): Befallsfrüherkennung mit Pheromonfallen - Einsatz im Vorratslager und Betrieb. *Der praktische Schädlingsbekämpfer* 48: 19-22.
- ADLER, C. (1999): Vorratsschutz mit Stickstoff und Kohlenstoff. *Mitt. Bio. Bundesanst. Land.-Forstwirtschaft.* 342: 277-295.
- ADLER, C., WUDTKE, A. (1998): Zur Wirksamkeit des Eiparasitoiden *Trichogramma evanescens* Westwood bei der Bekämpfung der Kleidermotte *Tineola bisselliella* (Hummel). 51. Dt. Pflanzenschutztagung Halle, Mitt. Biol. Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft 357: 332-333.
- ADLER, C. & STEIDLE, J. (2003): Biologische Bekämpfung vorratsschädlicher Insekten in Getreide. *DGaaE Nachrichten* 17 (1): 20-21.
- ALBERT, R., DANNEMANN, & HASSAN, S.A. (2003): 25 Jahre biologische Maiszünslerbekämpfung. *Mais* 29 (1): 106-109.
- ANONYM (2002): Giftgas aus Kirche tötet Familienvater. Insektizide gelangten in benachbarte Wohnung. dpa-Meldung, Allgemeine Zeitung, Mainz vom 18.10.2002.
- ARBOGAST, R.T. (1978): The biology and impact of the predatory bug *Xylocoris flavipes* (Reuter). *Proceedings, 2nd International Conference on Stored-Product Entomology*, 10.-16.Sept. 1978, Ibadan, Nigeria: 91-105.
- ARBOGAST, R.T. (1984 a): Natural enemies as control agents for stored-product insects. *Proceedings 3rd International Working Conference on Stored-Product Entomology*, 23.-28.Okt. 1984, Kansas State University, Manhattan, KS: 360-374.
- ARBOGAST, R.T. (1984 b): Biological control of stored-product insects: Status and prospects. In: BAUR, F.J.: *Insect Management for Food Storage and Processing*. American Association of Cereal Chemists: 226-238.
- ASKEW, R.R. (1973): *Parasitic Insects*. Heineman Educationary Books Ltd., London, 316 S.
- BABENDREIER, D., KUSKE, S. & BIGLER, F. (2003a): Non-target habitat exploitation by *Trichogramma brassicae* (Hym. Trichogrammatidae): what are the risks for endemic butterflies? *Agricultural and Forest Entomology* 5: 199-208.
- BABENDREIER, D., ROSTAS, M., HÖFTE, M.C.J., KUSKE, S., BIGLER, F. (2003b): Effects of mass releases of *Trichogramma brassicae* on predatory insects in maize. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 108: 115-124.
- BADER, C. (1989): Milben (Acari). *Veröffentlichungen aus dem Naturhistorischen Museum Basel*, Nr. 22, 47 S.
- BALLARD, R.C. & DAVIDSON, R.H. (1954): Control of mites in clothes moth cultures. *J. Econ. Entomol.* 47: 93.
- BATHON, H. (1999): Biologische Pflanzenschutz mit Nützlingen. 1. In Deutschland angebotene Nützlingsarten. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.*, 51 (2), 25-31.
- BATHON, H. (2003): Invasive Nützlingsarten, ein Problem für den biologischen Pflanzenschutz. *DGaaE Nachrichten* 17 (1): 8.

- BARTOS, J. & VERNER, P.H. (1990): Vorratschädlinge. Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin, 232 S.
- BEATHALTER, M. (1995): Untersuchungen zur Dispersion von *Trichogramma cacoeciae* Marchal (Hymenoptera, Trichogrammatidae) in einer Zwetschgenanlage. Diplomarbeit, Institut für Phytomedizin / Fachhochschule Wiesbaden, Forschungsanstalt Geisenheim. 112 S.
- BECKAGE, N.E. & RIDDIFORD, L.M. (1982): Effects of parasitism by *Apanteles congregatus* on the endocrine physiology of the tobacco hornmoth *Manduca sexta*. Gen. Com. Endocrinol. 47: 308-322.
- BECKER, G. (1983): Materialschädlinge. In: HEINZE, K. (Hrsg): Leitfaden der Schädlingsbekämpfung, Bd. IV: Vorrats- und Materialschädlinge. - Wissenschaftl. Verlagsgesellschaft, Stuttgart: 269-330.
- BENDER-LINDEN, W. & HELBIG, J. (2000): Untersuchungen zur Wirkung von NeemAzal/TS® und Nutzarthropoden auf Schadinsekten im Vorratsschutz. 52. Pflanzenschutz-Tagung, Freising, Mitt. Biol. Bundesanst. Land- Forstwirtschaft. 376: 427.
- BERLINER, E. (1915): Über die Schlafsucht der Mehlmottenraupe (*Ephestia kuehniella* Zell.) und ihren Erreger *Bacillus thuringiensis* n. sp. . Z. angew.Ent. 2: 29-56.
- BETBEDER-MATIBET (1990): Rearing of some species of the genus *Chilo* and of some of their parasites for biological control of borers of the Gramineae in Africa. Insect Science and its Application, 11 (4-5): 617-623.
- BIGLER, F. (1994): Quality control in *Trichogramma* production. In: E. WAJNBERG & S.A. HASSAN (eds.): Biological control with egg parasitoids. CAB International, Wallingford, U.K. S. 93-110.
- BIRCH, L.C. (1948). The intrinsic rate of natural increase of an insect population. J. Anim. Ecol. 17: 15-26.
- BISCHOFF, K., GUALE, F. (1998): Australean tee tree oil posioning in three purebred cats, Journal of Veterinary Investigation 10(2): 208 – 210.
- BISCHOFF, R. (1998): Untersuchungen zur Wirksamkeit insektenpathogener Pilze gegen die vorratsschädlichen Motten *Ephestia kuehniella* und *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae). Humboldt - Universität Berlin, 138 S.
- BLUM, S. (1998): What should you do when webbing clothes moths "materialize" in an account ? Pest Control 66: 70-73.
- BODE, E. (1999): Mittel zur Bekämpfung schädlicher Arthropoden in Vorratssgütern – ein Überblick zur Entwicklung der Zulassung zwischen 1969-1996. Mitt. Bio. Bundesanst. Land.-Forstwirtschaft. 342: 313-325.
- BÖRNER, H. (1983): Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz. Ulmer Verlag, Stuttgart, 406 S.
- BOUREL B., HUBERT N., HEDOUIN V., et al (2000): Forensic entomology applied to a mummified corpse. Entomologie medico-legale appliquee a un cas de momification. Annales de la Societe Entomologique de France 36 (3): 287-290.
- BRAUNS, A. (1964): Tachenbuch der Waldinsekten. Fischer Verlag, Stuttgart.
- BRIAN, M. (1998): Schädlingsbekämpfungsmittel. Öko-Test-Magazin 8: 40-52.
- BROKERHOF, A.W., MORTON, R., BANKS, H.J. (1993): Time-mortality relationships for different species and developmental stages of clothes moths (Lepidoptera: Tineidae) exposed to cold. Journal of Stored Products Research 29: 227-282.
- BROWER, J.H. & MULLEN, M.A. (1990): Effects of *Xylocoris flavipes* (REUTER) (Hemiptera: Anthocoridae) releases on moth populations in experimental peanut storages. J. Entomol. Sci 25: 268-276.
- BROWER, J.H. & PRESS, J.W. (1990): Interaction of *Bracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae) and *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) in surpressing stored product moths populations in small inshell peanut storages. J. Econ. Entom. 83: 1096-1101.

- BRUCE, W. & LECATO, G.L. (1983): *Pyemotes tritici*: Potential biological control agents for stored product insects. In: RODRIGUEZ, J.G. (ed.): Rec. Adv. Acarol. 1, 213-220. Academic Press, New York.
- BURKHOLDER, W.E. (1981): Biological suppression of stored-product insect pests. In: PAPAIVAS, G.C. (ed.): Biological control in crop production. Beltsville Symp. Agr. Res. (BARC), Allandheld, Osmun, Totowa, 5: 391-399.
- CABELLO, T. (1989): Natural enemies of noctuid pests (Lep., Noctuidae) on alfalfa, corn, cotton and soybean crops in southern Spain. J. Appl. Ent. 108: 80-88.
- CASTANEDA-SAMAYOA, O. (1990): Untersuchungen zur Parasitierung der Traubenwickler durch Eiparasitoiden der Gattung *Trichogramma*. Dissertation, Universität Hohenheim und Forschungsanstalt Geisenheim, 113 S.
- CHAUVIN, G. & VANNIER, G. (1997): Supercooling of *Tineola bisselliella* (Hummel) (Lepidoptera: Tineidae): Ist implication for desinfestation. J. Stored Product Res. 33 (4): 283-287.
- CHEEMA, P.S. (1956) Studies on the binomics of the case-bearing clothes moth, *Tinea pellionella* (L.). Bulletin of Entomological Research 47, 167-182.
- CHOI H.S., YU Y.S., KANG H.C. (1996): Studies on biology and susceptibility of silverfish (*Lepisma saccharina*) and common clothes moth (*Tineola bisselliella*) to vaporthrin, naphthalene, and paradichlorobenzene. Korean Journal of Entomology (Korea Republic). 26 (2): 149-158.
- CLAUSEN, C.P. (1940): Entomophagous Insects. McGraw-Hill, London, 688 S.
- COOMBS, C.W. & WOODROFFE, G.E. (1968): Changes in the arthropod fauna of an experimental bulk of stored wheat. J. Appl. Ecol. 5: 563-574.
- COX, P.D. & BELL, C.H. (1981): A review of the biology of moth pests of stored products. ADAS Publ. Slough Lab. Berks: 224 S..
- COX, P.D. & BELL, C.H. (1991): Biology and ecology of moth pests of stored foods. In: GORHAM, J.R. (ed.) (1991): Ecology and management of food-industry pests. FDA Tech. Bull. 4: 181-193.
- COX, P.D., PINNIGER, D.B., MUELLER, D. (1996): Monitoring populations of the webbing clothes moth *Tineola bisselliella* using pheromone lures. In: WILDEY, K.B. (ed.), Proceedings of the 2nd International Conference on Insect Pests in the Urban Environment: 541-545.
- CROFT, B.A (1990): Arthropod Biological Control Agents and Pesticides. John Wiley and Sons, Somerset, NJ.
- DATHE, H.H., A. TAEGER & S.M. BLANK (2001): Verzeichnis der Hautflügler Deutschlands (Entomofauna Germanica 4). Entomologische Nachrichten und Berichte (Dresden), Beiheft 7, 1-178.
- DELUCCHI, V. & REMAUDIERE, G. (1962): Index of entomophagous insects: Palearctic Tetrastichinae (Hym., Eulophidae). Le Francois, Paris: 51.
- DEBACH, P. (1974): Biological control by natural enemies, Cambridge University Press, London.
- DETMERS, H.B., WOHLGEMUTH, R., SCHNEIDER, E. (1992): Über die Wirkung von Steinkleekekrut und Patschouliölgranulat auf die Kleidermotte *Tineola bisselliella* HUM. (Lepidoptera: Tineidae). Anz. Schädlingskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz 65: 81-88.
- DETTNER, K. & ZWÖLFER, H. (1999): Biologische, chemische und biotechnische Schädlingsbekämpfung. In: DETTNER, K & PETERS, W. (1999): Lehrbuch der Entomologie. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 921 S.
- VAN DIJKEN, M.J., KOLE, M., VAN LENTEREN, J.C. & BRAND, A.M. (1986): Host-preference studies with *Trichogramma evanescens* Westwood (Hym.: Trichogrammatidae) for *Mamestra brassicae*, *Pieris brassicae* and *Pieris rapae*. Z. Angew. Entomol. 101: 64-85.

- EL-NAHAL, A.M., TAWFIK, M.F.S. & AWADALLAH, K.T. (1985): Biology and ecology of the principal natural enemies of stored-product insects in Egypt. Final Rept EG-SEA-103, Cairo University, Giza, Egypt.
- EPP, P., GALLI, P. (1990): Methodik und erste Ergebnisse der Prüfung von Präparaten des alternativen Obstbaus hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf Raubmilben. 3. Internationaler Erfahrungsaustausch über Forschungsergebnisse zum Ökologischen Obst- und Weinbau, 8.-9.11.1990, Weinsberg, 126 S.
- FALLIS, A.M. (1942): The life cycle of *Apanteles carpatus* (Say) (Hymenoptera: Braconidae), a parasite of the webbing clothes moth, *Tineola bisselliella* HUM. .Canadian Journal of Research 20: 13-19.
- FINNEY, D.J. (1971): Probit analysis. 3rd edn. Cambridge. Cambridge Univ. Press. 333 S.
- FLANDERS, S.E. (1926): The mass production of *Trichogramma minutum* Riley and observations on the natural and artificial parasitism of the codling moth egg. Transact. 4th Internat. Congr. Entomol., 110-130.
- FLEURAT-LESSARD, F. (2001a): Control of insects in post-harvest: Radio waves and microwave heating. In: Physical control methods in plant protection. INRA, Paris; Springer-Verlag, Berlin., p 162-173.
- FLEURAT-LESSARD, F. (2001b): Control of insects in post-harvest: High temperatures and atmospheres. In: Physical control methods in plant protection. INRA, Paris; Springer-Verlag, Berlin., p 74-94.
- FLOATE, K.D. (2002): Production of Filth Fly parasitoids (Hymenoptera: Pteromalidae) on fresh and on freeze-killed and stored House Fly pupae. Biocontrol Science & Technology 12: 595-603.
- FORSSE, E., SMITH, S.M., BOURCHER, R. (1992): Flight initiation in the egg parasitoid *Trichogramma minutum*: effect of temperature, mates, food, and host eggs. Entomologia Experimentalis et Applicata 62, 147-154.
- FORTMANN, M. (1993): Das große Buch der Nützlinge. Franckh-Kosmos, Stuttgart, 320 S.
- FRITZSCHE, R. & KEILBACH, R. (1994): Die Pflanzen-, Vorrats- und Materialschädlinge Mitteleuropas. Gustav Fischer Verlag, Jena und Stuttgart, 458 S. .
- FUGMANN, B.[Hrsg.] (1997): RÖMPP Lexikon Naturstoffe. Stuttgart New York, 735 S. .
- GAEDIKE, R. & HEINICKE, W. (1999) (Hrsg.): Entomofauna Germanica 3: Verzeichnis der Schmetterlinge Deutschlands. Entomologische Nachrichten und Berichte. Dresden, Beiheft 5: 1-216.
- GEIGY, R. & ZINKERNAGEL, R. (1940): Beobachtungen beim Aufbau einer technischen Großzucht der Kleidermotte (*Tineola biselliella*), Mitt. Schw. Ent. Ges. 18, 213-232
- GERARD (1995): An infestation of *Monopis crocicapitella* Clemens (Lepidoptera Tineidae) in wool carpet. New Zealand Entomologist; 18: 55-61.
- GIRAULT, A.A. (1913): Some chalcidoid hymenoptera from North Queensland. Archiv f. Naturgeschichte (A) 79 (6): 70-90.
- GODFRAY, H.C.J. (1994): Parasitoids. Behavioural and evolutionary ecology. Princeton University Press , New Jersey: 447 S.
- GOULET, H. & J.T. HUBER (Hrsg.) (1993): Hymenoptera of the world: An Identification Guide to Families. Agriculture Canada, Research Branch, Ottawa, 668 S.
- GRENIER S.; GOMES S. M.; PINTUREAU B.; et al. (2002): Use of tetracycline in larval diet to study the effect of *Wolbachia* on host fecundity and clarify taxonomic status of *Trichogramma* species in cured bisexual lines. Journal of Invertebrate Pathology 80 (1): 13-21.
- GRISWOLD, G.H. (1944): Studies on the biology of the webbing clothes moth (*Tineola bisselliella* HUM.). Cornell University Agricultural Experiment Station Memoir 262: 1-59.

- GRÜTZMACHER, A. D., ZIMMERMANN, O. & HASSAN, S.A. (2004): The side-effects of pesticides used in integrated production of peaches in Brazil on the egg parasitoid *Trichogramma cacoeciae* Marchal (Hym., Trichogrammatidae). J. Appl. Entomol. (im Druck).
- HABIB, M.E.M. & FAGUNDES, G.G. (1996): Sensitivity of *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1879) (Lepidoptera: Pyralidae) and its natural ectoparasite *Habrobracon hebetor* (Say, 1836) to microwaves (2450 Mhz). Proceedings of the 20th International Congress of Entomology, Firenze, Italy August 25-31: 581.
- HAGSTURM, D.W. & FLINN, P.W. (1996): Integrated pest management. In: SUBRAMANYAM, B.H. & SAUER, D.B. (Hrsg.): Integrated Management of insects in stored products. Marcel Dekker, New York: 399-408.
- HANNEMANN, H.J. (1977): Kleinschmetterlinge oder Microlepidoptera 3, Echte Motten Tineidae, G. Fischer, Stuttgart, 273 S.
- HANSEN, L.S. & JENSEN, K.-M.V. (2002): Effect of temperature and host-feeding of *Trichogramma turkestanica* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) on *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae). J. Econ. Ent. 95 (1): 50-56.
- HARDE, K.W. (1964): Nützliches Ungeziefer – Nutzinsekten im Heim. Kosmos Franckh Stuttgart. 75 S.
- HARVEY J. A., KADASH K., STRAND M. R. (2000): Differences in larval feeding behaviour correlate with altered developmental strategies in two parasitic wasps: implications for the size-fitness hypothesis. Oikos 88 (3): 621-629.
- HASE, A. (1925): Beiträge zur Lebensgeschichte der Schlupfwespe *Trichogramma evanescens* Westwood. Biolog. Reichsanst. Land- Forstwirtschaft Berlin-Dahlem 14: 171-224.
- HASSAN, S.A. & KRIEG, A. (1975): Über die schonende Wirkung von *Bacillus thuringiensis*-Präparaten auf den Parasiten *Trichogramma cacoeciae* (Hym., Trichogrammatidae). PflKrankh. 8: 515-521.
- HASSAN, S.A. & GRÖNER, A. (1977): Die Wirkung von Kernpölyedern (*Baculovirus spec.*) aus *Mamestra brassicae* auf *Trichogramma cacoeciae* (Hym.: Trichogrammatidae) und *Chrysopa carnea* (Neur.: Chrysopidae). Entomophaga 22: 281-288.
- HASSAN, S.A. (1981): Massenproduktion und Anwendung von *Trichogramma*: 1. Produktion des Wirtes *Sitotroga cerealella*. Entomophaga 26 (4), 339-348.
- HASSAN, S.A. (1984): Mass-production and utilization of *Trichogramma* in Germany and in the Philippines. Trichogramma News 2: p 10.
- HASSAN, S.A. (1989): Selection of suitable *Trichogramma* strains to control the codling moth *Cydia pomonella* and the summer fruit tortrix moths *Adoxophyes orana*, *Pandemis heparana* (Lep.: Tortricidae). Entomophaga 34: 19-27.
- HASSAN, S.A. (1990): A simple method to select effective *Trichogramma* strains for use in biological control. *Trichogramma* and other egg parasitoids. Les Colloques de l'INRA 56: 201-204.
- HASSAN, S.A. (1998): Die Anwendung von Eiparasiten der Gattung *Trichogramma* im biologischen Pflanzenschutz in Deutschland - Geschichte, Erfolge und Aussichten für die Zukunft. Mitt. Biol. Bundesanst. Land-Forstwirtsch., 346: 83-109
- HASSAN, S.A. & GUO, M.F. (1991): Selection of effective strains of egg parasites of the genus *Trichogramma* (Hym., Trichogrammatidae) to control the European corn borer *Ostrinia nubilalis* Hübner (Lep., Pyralidae). Z. Angew. Entomol. 111: 335-341.
- HASSAN, S.A. (1991): A simple method to select effective *Trichogramma* strains for use in biological control. Les Colloques d'INRA 56: 201-204.

- HASSAN, S.A. (1993): The mass rearing and utilization of *Trichogramma* to control lepidopterous pests: Achievements and outlook. *Pesticide Sci.* 37: 387-391.
- HASSAN, S.A., ALBERT, R. & W.M. ROST (1993): Pflanzenschutz mit Nützlingen - im Gewächshaus und im Freiland. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- HASSAN, S.A. (1994): Strategies to select *Trichogramma* species for use in biological control. In: WAJNBERG, E. & HASSAN, S.A. (eds.): Biological control with egg parasitoids. CAB International, Wallingford, U.K., S. 55-71.
- HASSAN, S.A. & WÜHRER, B.G. (1997): Present status of research and commercial utilisation of egg parasitoids of the genus *Trichogramma* in Germany. *Gesunde Pflanzen* 3: 68-75.
- HASSAN, S.A. (1998 a): The suitability of *Trichogramma cacoeciae* as an indicator species for testing the side effects of pesticides on beneficial arthropods, compared to other hymenopterous parasitoids. In: *Pesticides and Beneficial Organisms. Bulletin IOBC / WPRS* 21 (6) INRA, Dijon: 89-92.
- HASSAN, S.A. (1998 b): Guideline for the evaluation of side effects of plant protection products on *Trichogramma cacoeciae* Marchal (Hym., Trichogrammatidae). *IOBC/WPRS Bulletin*, 21 (6): 119-128.
- HASSAN, S.A. (1998 c): Die Anwendung von Eiparasiten der Gattung *Trichogramma* im biologischen Pflanzenschutz in Deutschland - Geschichte, Erfolge und Aussichten für die Zukunft. *Mitt. Biol. Bundesanst. Land-Forstwirtsch.*, 346: 83-109.
- HASSAN, S.A., HALSALL, N., GRAY, A.P., KUEHNER, C., MOLL, M., BAKKER, F.M., ROEMKE, J., YOUSIF, A., NASR, F. & ABDELGADER, H. (2000): A laboratory method to evaluate the side effects of plant protection products on *Trichogramma cacoeciae* Marchal (Hym., Trichogrammatidae). Guidelines to evaluate side-effects of plant protection products to non-target arthropods (ed. by CANDOLFI, M.P.; BLÜMEL, S.; FORSTER, R. et al.), S.107 – 119. IOBC/WPRS, Gent.
- HASSAN, S.A. & ZHANG, W.Q. (2001): Variability in quantity of *Trichogramma brassicae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) from commercial suppliers in Germany. *Biological Control* 22: 115-121.
- HASSEL, M.P. (1982): What is searching efficiency? *Annals Appl. Biol.* 101: 170-175.
- HÄUSLER, R. (1998): Vogelnistkästen: Ein Entwicklungsherd für Material- und Vorratsschädlinge ? *DGaaE-Nachrichten* 12 (3): 83.
- HAYHURST, H. (1942): Insect pests in stored products. London, Chapman & Hall, 108 S.
- HERFS, A. & STÖTTER, H. (1968): Wollschädlinge und ihre moderne Bekämpfung. Farbenfabriken Bayer AG, Leverkusen, 78 S.
- HERRICH-SCHÄFFER, G.A. (1853): Systematische Bearbeitung der Schmetterlinge von Europa. Regensburg, 394 S.
- HESLOP-HARRISON, G. (1946): The evaluation of DDT as a mothproofing agent. *National Research Council Abst. Bull.* 5: 222-223.
- HIRSCHMANN, W. (1966): Milben (Acari). Kosmos Frankch, Stuttgart.
- HOCKIN, D.C. (1980): The invertebrate fauna of birds' nests with special reference to Micolepidoptera and stored product coleoptera. *Entomologists Monthly Magazine* 115: 139-144.
- HOKKANEN, H.M.T., LYNCH, J.M. & ROBINSON, J. (1995): Biological Control – Benefits and risks. Cambridge University Press, Cambridge.
- HÖPLI, H.-U., GRAF, B., HÖHN, H. (1992): Einsatz von Schmierseifen-Produkten zur Schädlingsbekämpfung im Obstbau. 5. Internationaler Erfahrungsaustausch über Forschungsergebnisse zum Ökologischen Obstbau, 19. und 20.11.1992, Weinsberg, 133 S. .

- HOSCHELE, W. & TANIGOSHI, L.K. (1993): *Pyemotes tritici* (Acari: Pyemotidae), a potential biological control agent of *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae). *Exp. Appl. Acarology* 17: 781-792.
- HUIGENS M. E. (2003): On the evolution of *Wolbachia*-induced parthenogenesis in *Trichogramma* wasps. 183 S.
- HUMMEL, A.D. (1823): LA TEIGNE DES MEUBLES. ESSAIS ENT. 3, ST. PETERSBURG, S. 6-13.
- HUNTER D.K.; D.F. HOFFMANN; S.J. COLLIER (1973): The histology and ultrastructure of a nuclear polyhedrosis virus of the webbing clothes moth, *Tineola bisselliella*. *J. Invert. Pathol.*, 21 (1): 91-100.
- HUNTER, D.K. (1973): Viruses of stored-product insects and their potential control agents. *Prakt. Schädlingsbekämpfer*, 22 (5): 70-76.
- IBRAHIM, R. (2004): Biological control of grape berry moths *Eupoecilia ambiguella* Hb. And *Lobesia botrana* Schiff. (Lepidoptera: Tortricidae) by using egg parasitoids of the genus *Trichogramma*. Dissertation Universität Gießen, Fachverlag Köhler, Gießen ISBN 3-935713-78-9. 97 S.
- IBRAHIM, R., HOLST, H., BASEDOW, T. (2004): Natural occurrence and distribution of *Trichogramma* spp. in vineyards of Rheingau (Hessia, Germany) [Das natürliche Auftreten und die Verteilung von *Trichogramma*-Arten in Rebanlagen im Rheingau (Hessen, Deutschland)]. *Entomologen-Tagung, Halle, März 2003, Mitt. Dtsch. Ges. Allg. Angew. Ent. (im Druck)*.
- ISLAM, W. & KABIR, S.M.H. (1995): Mass culture and production of *Dinarmus basalis* (Rond) (Hymenoptera, Pteromalidae), a larval parasitoid of the pulse beetle, *Callosobruchus chinensis* (L.). *Pakistan J. Zool.* 24: 172-174.
- ISLAM, W. & NARGIS, A. (1992): Mass rearing technique for a pteromalid parasitoid, *Anisopteromalus calandrae* (How.) (Hymenoptera: Pteromalidae) *Annals of Entomology (Dehra Dun)*: 10: 33-36.
- IVA (Hrsg.) (2002): Industrieverband Agrar, IVA Jahresbericht 2001. 187 S.
- JAY, E., DAVIS, R. & BROWN, S. (1968): Studies on the predacious habits of *Xylocoris flavipes* (REUTER) (Hemiptera: Anthocoridae). *J. Georgia Entomol. Soc.* 3: 126-130.
- KALTENBACH, T. & KÜPPERS, P.V. (1987): Kleinschmetterlinge. Neumann-Neudamm Verlag, Melsungen, 288 S.
- KAN, E. & WAKU, Y. (1985): Analysis of oviposition preference in the webbing clothes moth *Tineola bisselliella* Hum. (Lepidoptera: Tineidae). *Appl. Ent. Zool.* 20 (3): 322-330.
- KE, L.S., MOORE, D. & WAAGE, J.K. (1991): Selection for fenitrothion resistance in *Apanteles plutellae* Kurdj. (Hym. Braconidae). *J. Appl. Entomol.* 112: 107-110.
- KELLER, M.A., LEWIS, W.J. & STINNER, R.E. (1985): Biological and practical significance of movement by *Trichogramma* species; a review. *Southw. Entomol. (Suppl.)* 8: 138-153.
- KEMPER, H. (1935): Die Pelz- und Textilschädlinge und ihre Bekämpfung. *Kleintier und Pelztier*, 11: 123-187.
- KLINGAUF, F., BESTMANN, H. J., VOSTROWSKY, O., MICHAELIS, K. (1983): Wirkung von ätherischen Ölen auf Schadinsekten, *Mitt. dt. Ges. allgem. Angew. Ent.* 4: 123-126.
- KÖLLIKER-OTT, U., BIGLER, F. & HOFFMANN, A. (2003): Does mass rearing of field collected *Trichogramma brassicae* influence acceptance of European corn borer eggs ? *Entomol. Exp. Appl.*, 109: 197-203.
- KOT, J. (1979): Analysis of factors affecting the phytophage reduction by *Trichogramma* WESTW. Species. *Polish Ecol. Studies* 5: 5-59.
- KRIEG, A., HASSAN, S. & PINSDORF, W. (1980): Comparison of the effect of the variety israelensis with other varieties of *B. thuringiensis* on non-target organisms of the order Hymenoptera: *Trichogramma cacoeciae* and *Apis mellifera*. *Anzeiger für Schädlingkunde, Pflanzenschutz und Umweltschutz*, 53: 81.

- KRIEG, A. & FRANZ, J.M. (1989): Lehrbuch der biologischen Schädlingsbekämpfung. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg, 302 S.
- KUHLMANN, U. & MILLS, N.J. (1999): Comparative analysis of the reproductive attributes of three commercially-produced *Trichogramma* species (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Biocontrol Science & Technology* 9 (3): 335-346.
- KURSTAK, E.S. (1966): Le rôle de *Nemeritis canescens* Gravenhorst dans l'infection à *Bacillus thuringiensis* Berliner chez *Ephestia kuehniella* Zeller. *Ann. Epiphyties* 17: 335-383.
- KUSKE, S., WIDMER, F., EDWARDS, P.J., TURLINGS, T.C.J., BABENDREIER, D., BIGLER, F. (2003): Dispersal and persistence of mass released *Trichogramma brassicae*. *Biological Control* 27: 181-193.
- LARSEN, K.S. & MUNK, T. (1989): *Chremylus elaphus* HALIDAY, 1838 (Braconidae, Doryctinae) – en ny danesk syltehesp. *Danish Pest Inf. Lab. Ann. Rep.*, p. 86 (in dänisch).
- VAN LENTEREN, J.C. (1986): Evaluation, mass production, quality control and release of entomophagous insects. In: J.M. FRANZ (ed.), *Biological plant and health protection*. G. Fischer Verlag, Stuttgart, S. 31-56.
- VAN LENTEREN, J.C. (1991): Quality control of natural enemies: hope or illusion? In: F. Bigler (ed.), *Proc. 5th IOBC, workshop on quality control of mass reared arthropod*. Wageningen, The Netherlands, S. 1-14.
- LEWIS, W.J. & NORDLUND, D.A. (1985): Behavior-modifying chemicals to enhance natural enemy effectiveness. In M.A. HOY AND D.C. HERZOG (eds.), *Biological control in agricultural IPM systems*. Academic Press, Orlando, Florida, S. 80-101.
- LI, L. (1994): Worldwide use of *Trichogramma* for biological control on different crops: a survey. In: Wajnberg, E. and Hassan, S.A. (eds.), *Biological control with egg parasitoids*. CAB International, Wallingford, S. 37-53.
- LIM, G.S., CHAN, H.F. (1986): A simple rearing unit for diamond back moth and its parasitoid (*Apanteles plutellae* Kurdj.). *Mardi Res. Bull.* 14: 154-157.
- LONG S. J. (1975): *Niditinea fuscipunctella* (Haworth), a moth of public health importance from poultry manure in southern California. *Proceedings and Papers of the Forty-third Annual Conference of the California Mosquito Control Association, Inc.* January 26-29, 1975, held at the Hilton Inn, Redding, California. 145-148.
- MALLIS, A. (1990): *Handbook of Pest Control*. Franzak & Foster Company, Cleveland.
- marktgängiger Verpackungen für Lebensmittel auf Widerstandsfähigkeit gegen Insekteninvasion, *Neue Verpackung* 46 (3): 84-89.
- MANSFIELD, S. & MILLS, N.J. (2002): Host eggs characteristics, physiological host range, and parasitism following inundative releases of *Trichogramma platneri* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) in walnut orchards. *Environ. Entomol.* 31 (4): 723-731.
- MARSH, P.M. (1979): Family Braconidae. In: KROMBEIN, K.V., HURD, P.D. JR., SMITH, D.R. & BURKS, D.B. (eds.): *Catalog of Hymenoptera in America North of Mexico*. Smithsonian Institution, Washington, D.C., S. 144-295.
- MASON, W.R.M. (1981): The polyphyletic nature of *Apanteles* Foerster (Hymenoptera: Braconidae): a phylogeny and reclassification of Microgastrinae. *Memoirs of the Entomological Society of Canada* 115: 1-147.
- MCGAUGHEY, W.H. (1985): Insect resistance to the biological insecticide *Bacillus thuringiensis*. *Science* 229: 193-195.
- MCGAUGHEY, W.H. & JOHNSON, D.E. (1992): Indian Meal Moth (Lepidoptera: Pyralinae) resistance to different strains and mixtures of *Bacillus thuringiensis*. *J. Econ. Entomol.* 85: 1594-1600.

- MOHYUDDIN, A.I. (1971): Comparative biology and ecology of *Apanteles flavipes* (CAM.) AND *A. sesamiae* CAM. As parasites of graminaceous borers. Bull. Ent. Res. 61: 33-39
- MONJE, J.C. & C.P.W. ZEBITZ (2003): Characterization of *Trichogramma* species (Hymenoptera: Trichogrammatidae) occurring in South West Germany. Entomologen-Tagung, Halle, März 2003, Mitt. Dtsch. Ges. Allg. Angew. Ent. (Tagungsband mit Kurzfassungen).
- MOSER, J.C. (1975): Biosystematics of the straw itch mite with special reference to nomenclature and dermatology. - Trans. R. ent. Soc. Lond. 127 (2), 185-191.
- NAGEL, W. (1920): Beitrag zur Biologie der Kleidermotte (*Tineola bisselliella*) und ihrer Bekämpfung mittels Cyanwasserstoff. Z. angew. Ent. 7: 164-171.
- NAGARKATTI, S. & NAGARAJA, H. (1971): Biosystematics of *Trichogramma* and *Trichogrammatidae* species. Annu. Rev. Entomol. 22: 157-176.
- NIEMANN, L. & HILBIG, V. (2000): Die gesundheitliche Bewertung des Einsatzes von Naturstoffen im Pflanzenschutz am Beispiel von Neemkernextrakten. Gesunde Pflanzen 52 (5): 135-141.
- NIXON, G.E.J (1965): A reclassification of the tribe Micogasterini (Hymenoptera: Braconidae). Bulletin of the British Museum (Natural History) (Entomology) Supplement 2: 1-284.
- NIXON, G.E.J (1976): A revision of the north-western European species of the merula, lacteus, vipio, ultor, ater, butalidis, popularis, carbonarius and validus-groups of *Apanteles* Förster (Hymenoptera: Braconidae). Bulletin of Entomological Research 65: 687-732.
- NOLDUS, L.P.J.J. (1989): Semiochemicals, foraging behaviour and quality of entomophagous insects for biological control. J. Appl. Entomol. 108: 425-451.
- NOLDUS, L.P.J.J. & VAN LENTEREN, J.C. (1983): Kairomonal effects on searching for eggs of *Pieris brassicae*, *Pieris rapae* and *Mamestra brassicae* of the parasite *Trichogramma evanescens* Westwood. Meded. Fac. Landbouwe., Rijksuniv. Gent 48: 183-194.
- NOLDUS, L.P.J.J. (1989): Chemical espionage by parasitic wasps. How *Trichogramma* species exploit moth sex pheromone systems. Dissertation, Universität Wageningen, 235 S.
- NORDLUND, D.A. (1981): Semiochemicals; a review of terminology. In: D.A. NORDLUND, R.L. JONES & W.J. LEWIS (eds.): Semiochemicals, their role in pest control. Wiley, New York, S. 13-28.
- NOYES, J. (1994): The reliability of published host-parasitoid records: a taxonomist's review. In: HAGVAR, E.B. & HOFVANG, T. (Hrsg.): Proceedings from the 5th European Workshop on Insect Parasitoids, Biri, Norway 24-28 May 1994, Norwegian Journal of Agricultural Sciences 16: 59-69.
- NOYES, J. (1998): Catalogue of the Chalcidoidea of the world. ETI / The Natural History Museum Springer Verlag, Berlin (CD-ROM).
- NYE, I., FLETCHER, D. (1991): Generic Names of Moths of the World Vol. 6: Microlepidoptera. Trustees of the British Museum (Natural History), London, 368 S.
- OATMAN, E.R. & G.R. PLATNER (1972): Colonization of *Trichogramma evanescens* and *Apanteles rubecola* on the imported Cabbageworm on cabbage in Southern California. - Env. Ent. 1 (3): 347-351.
- OCHIEL, G.R.S. (1989). Biology of *Trichogramma* species near *exiguum* Pinto & Platner (Hymenoptera - Trichogrammatidae) on some lepidopterous hosts in South Nyanza, Kenya. M.Phil. Thesis, Rivers State University of Science and Technology, Port Harcourt, Nigeria, 140 S.
- OLIVEIRA, C.R., FARONI, L.R.D'A, GUEDES, R.N.C., PALLINI, A. (2003): Parasitism by the mite *Acarophenax lacunatus* on beetle pests of stored products. BioControl 48: 503-513.

- OLKOWSKI, W., DAAR, S., OLKOWSKI, H. (1991): Common-sense Pest Control. Tamton Press.
- PAK, G.A. (1988): Selection of *Trichogramma* for inundative biological control. Ph.D. Thesis, Wageningen Agricultural University, The Netherlands, 244 S.
- PAK, G.A., & DE JONG, E.J. (1987): Behavioural variation among strains of *Trichogramma* spp.: host recognition. Neth. J. Zool. 37: 137-166.
- PAK, G.A., KASKENS, J.W.M. & DE JONG, E.J. (1990): Behavioural variation among strains of *Trichogramma* spp.: host species selection. Entomol. Exp. Appl. 56: 91-102.
- PARKER, T.A. (1990): Clothes moths. In: MALLIS, A. (Hrsg.): Handbook of Pest Control. Franzak & Foster Company, Cleveland: 347-375.
- PAUL, A.V.N., MOHANASUNDARAM, M., & SUBRAMANIAM, T.R. (1976): Effect of insecticides on the survival and emergence of the egg parasite, *Trichogramma* spp.. Madras Agricult. J. 63: 557-560.
- PAVLIK, J. (1990): The oviposition activity of *Trichogramma* spp.: the effect of temperature. *Trichogramma* and other egg parasitoids. Les Colloques de l'INRA 56: 85-87.
- PECK, O. (1963): A catalogue of the Nearctic Chalcidoidea (Insecta; Hymenoptera). Canadian Entomologist (Supplement) 30: 1-1092.
- PEMBERTON, C.E. & WILLARD, H.F. (1917): New parasite cages. J. Econ. Entomol. 10: 525-527.
- PETERSEN, G. (1957): Die Genitalien der paläarktischen Tineiden. Beiträge zur Entomologie 7: 55-176.
- PINNIGER, D. (2001): Pest Management in Museums, Archives and Historic Houses. Archetype Publications Ltd., London, 115 S.
- PINTO, J. D. (1998): Systematics of the North American species of *Trichogramma* Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Mem. Entomol. Soc. Washington 22, 287 Seiten.
- PINTO, J.D. & STOUTHAMER, R. (1994): Systematics of Trichogrammatidae with emphasis on *Trichogramma*. In: E. Wajnberg and S.A. Hassan (eds.), Biological Control with Egg Parasitoids. CAB International. UK, S. 1-36.
- PINTUREAU, B. (1987): Systématique évolutive du genre *Trichogramma* Westwood en Europe. Thesis, Université Paris VII. 311 Seiten.
- PINTUREAU, B. & BABAUT, M. (1982): Comparaison des enzymes chez 10 souches de *Trichogramma* (Hym., Trichogrammatidae). Les Trichogrammes. Les Colloques de l'INRA, 9: 31-44.
- PINTUREAU B., GRENIER S., HEDDI A., et al. (2002): Biodiversity of *Wolbachia* and of their effects in *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Annales de la Societe Entomologique de France 38 (4): 333-338.
- PITCHER, S.A., HOFFMANN, M.P., GARDNER, J., WRIGHT, M.G. & KUJAR, T.P. (2002): Cold storage of *Trichogramma ostrinae* reared on *Sitotroga cerealella* eggs. BioControl 47: 525-535.
- PLARRE, R. (1992): Repellent-Wirkung von Nelkenöl und Citral auf die Kleidermotte. Mitt. deutsch. Phytomed. Ges. 3 (22): 24-25
- PLARRE, R., PÖSCHKO, M., PROZELL, S., FRANK, A., WOHLGEMUTH, R. & PHILLIPS, J.K. (1997): Effects of oil of cloves and citronellol, two commercially available repellents, against the webbing clothes moth *Tineola bisselliella* Hum. (Lepidoptera: Tineidae). Anz. Schädlingsskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz 70: 45-50.
- PLARRE, R. (1999): Pheromones and other semiochemicals of stored product insects – a historical review, current application, and perspective needs. Mitt. Bio. Bundesanst. Land.-Forstwirtschaft. 342: 13-85.

- PLARRE, R., LIEBER, K., BURKHOLDER, W., PHILLIPS, J. (1999): Host and host instar preference of *Apanteles carpatus* (SAY) (Hymenoptera: Braconidae) a possible parasitoid for biological control of clothes moth (Lepidoptera: Tineidae). *Journal of Stored Products Research* 35: 197-213.
- PLARRE, R., LIEBER, K., BURKHOLDER, W. (2000): Semaphorontenpräferenz von *Apanteles carpatus* (SAY) (Hymenoptera: Braconidae). Eine Parasitoide von *Tineola bisselliella* (HUMMEL) (Lepidoptera: Tineidae). *Mitt.Dtsch.Ges.Allg.Angew.Ent.* 12: 499-504.
- PLARRE R. (2002): Parasitierungsbiologie von *Apanteles carpatus* (Hymenoptera: Braconidae), eines Parasitoiden an Textilmotten (Lepidoptera: Tineidae). *DGaaE Nachrichten* 16 (1):11.
- PLARRE R. & BALNUWEIT O. (2002): Biology of *Apanteles carpatus* (Hymenoptera: Braconidae), a parasitoid of tineid moths (Lepidoptera: Tineidae). *Advances in stored product protection. Proceedings of the 8th International Working Conference on Stored Product Protection, York, UK, 22-26 July 2002*, 169-172.
- POPENDIKER, K. (1956): Die in Vogelnestern lebenden Insekten unter besonderer Berücksichtigung der als Haus- und Vorratsschädlinge auftretenden Arten. *Mitt. Hamburger Zool. Museums-Institut* 54: 49-127.
- POSPISCHL, R. (1998): Vorratsschutz – Bekämpfungsstrategien weltweit. *DGaaE-Nachrichten*. 12 (3): 82-83.
- PROZELL, S. (1989): Untersuchungen über die insektizide Wirkung ätherischer Öle. Diplomarbeit, Freien Universität Berlin, 154 S.
- PROZELL, S., SCHÖLLER, M., REICHMUTH, CH., WÜHRER, B. & HASSAN, S. (1995): Akzeptanz von *Trichogramma*-Freilassungen im Einzelhandel – Monitoring und Erfolgskontrolle. *DGaaE-Nachrichten* 9: 121.
- PROZELL, S., SCHÖLLER, M., REICHMUTH, CH., WÜHRER, B. & HASSAN, S. (1996): From research to practice: biological control of stored product pest moths (Lepidoptera: Pyralidae) in organic food processing industry with *Trichogramma evanescens* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *IOBC wprs Bulletin* 19: 256.
- PROZELL, S. & SCHÖLLER, M. (1997): Die Insektenfauna einer Großbäckerei nach Massenfreilassungen von *Trichogramma evanescens* Westwood und Verzicht auf synthetische chemische Insektizide. *Mitt. DGaaE* 11: 293-296.
- PROZELL, S. & SCHÖLLER, M. (2004a): Vorratsschutzkonzepte für den ökologischen Landbau. *DGaaE-Nachrichten* 1 (18): 14.
- PROZELL, S., REICHMUTH, CHR., ROSSBERG, D., SCHÖLLER, M., STEIDLE, J.L.M. (2004b): Vorratsschutz im ökologischen Landbau. Entscheidungshilfe, Lexikon, Expertise. CD-Rom, Berlin (Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft).
- PUPLAN, J. & VERNER, P.H. (1965): Control of tyroglyphoid mites in stored grain by the predatory mite *Cheyletus eruditus* (Schränk). *Can. J. Zool.* 43 : 417-432.
- QUEDNAU, W. (1955): Über einige neue *Trichogramma*-Wirte und ihre Stellung im Wirt- Parasit-Verhältnis. Ein Beitrag zur Analyse des Parasitismus bei Schlupfwespen. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzbd., Braunschweig*, 7: 145-148.
- QUEDNAU, W. (1956 a): Die biologischen Kriterien zur Unterscheidung von *Trichogramma*- Arten. *Z. Pflanzenkrankh., Pflanzensch.* 63: 333-344.
- QUEDNAU, W. (1956 b): Der vollständige Parasitismus bei *Trichogramma* als biologisches Phänomen (Hymenoptera Chalcididae). - *Z. f. Parasitenkunde* 17, 360-364.
- QUEDNAU, W. (1957): Über den Einfluß von Temperatur und Luftfeuchtigkeit auf den Eiparasiten *Trichogramma cacoecia* Marchal (Eine biometrische Studie). *Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem* (90): 1-59.

- QUEDNAU, W. (1958): Über einige Orientierungsweisen des Eiparasiten *Trichogramma* (Hym. Chalcididae) auf Grund von Licht- und Schwerereizen. *Anzeiger für Schädlingskunde Pflanzenschutz Umweltschutz*: 83-85.
- QUICKE, D. (1997): *Parasitic Wasps*. Chapman & Hall, London. 470 S.
- RATZEBURG, J.T.C. (1848): *Die Ichneumoniden der Forstinsekten in entomologischer und forstlicher Beziehung*. 2:vi Berlin, 238 S.
- REAUMUR, M. DE (1728): Suite de l'histoire des teignes ou des insectes qui rongent les laines et les pelleteries. Seconde Partie (Où l'on cherche principalement les moyens de défendre les étoffes & les poils de peaux contre leurs attaques. - *Memoires de l'academie royale* 1727, 11-338.
- REICHMUTH, CH. (1995): Bekämpfung von Vorratsschädlingen in Durummühlen und Teigwarenfabriken. *Getreide, Mehl und Brot* 49: 415-416.
- REICHMUTH, CH., SCHÖLLER, M., ULRICH, CH. (1997): *Vorratsschädlinge im Getreide*. Verlag Thomas Mann, Gelsenkirchen, 199 S.
- REICHMUTH, CH. (1999): Brommethan, Phosphorwasserstoff und andere Gase zur Schädlingsbekämpfung im Vorratsschutz. *Mitt. Bio. Bundesanst. Land.-Forstwirtschaft*. 342: 191-277.
- RISBEC, J. (1951): 1. Les Chalcidoïdes de l'Afrique occidentale française. *Mémoires de l'Institut Français d'Afrique Noire, Ifan-Dakar* 13: 7-409.
- RODANI, C. (1868): Larva e parassito della *Tischeria companella*. *Annuario della Società Naturalisti e Matematici, Modena* 3: 20-23.
- ROMEIS, J., SHANOWER, T.G. & ZEBITZ, C.P.W. (1998): Response of *Trichogramma* egg parasitoids to colored sticky traps. *BioControl* 43: 17-27.
- ROST, W. M. & HASSAN, S. A. (1988): Bekämpfung von Apfelwicklern und Apfelschalenwicklern mit Eiparasiten - ein praxisreifes umweltfreundliches Verfahren. *Gesunde Pflanzen* 40 (5): 194-196.
- RUTZ, D.A. & SCOLES, G.A. (1989): Occurrence and seasonal abundance of parasitoids attacking muscoid flies (Diptera: Muscidae) in cage-layer poultry facilities in New York. *Environm. Entomol.* 22: 225-230.
- SAKR, H.E.A., HASSAN, S.A. & ZEBITZ, C.P.W. (2000): A new device to capture and monitor the activity of *Trichogramma* in the field. *Mitt. Bio. Bundesanst. Land.-Forstwirtschaft*. 376: 578-579.
- SAKR, H.E.A. (2003): Use of egg parasitoids of the genus *Trichogramma* to control the codling moth *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae); selection of effective parasitoid species. Dissertation, Universität Stuttgart-Hohenheim, Verlag Grauer, Beuren und Stuttgart, 123 S.
- SALAMA, H.S., ABOUL-ELA, R., ABDEL-RAZEK, A. (1996): Persistence of *Bacillus thuringiensis* delta-endotoxin and beta-exotoxin on stored grains and their potency against *Plodia interpunctella* and *Sitotroga cerealella*. *J. Appl. Ent.* 120: 249-254.
- SALT, G. (1935): Experimental studies in insect parasitism. III. Host selection. *Proc. Royal Soc.* 117: 413-435.
- SALT, G. (1940): Experimental studies in insect parasitism. IV. The effects of different hosts on the parasite *Trichogramma evanescens* WESTW. (Hymenoptera: Chalcidoidea). *Proc. Royal Soc.* 15: 81-95.
- SAS INSTITUTE (1996): *SAS's user guide: Statistics*. SAS Institute, Cary, N.C.
- SATO, Y. (1980): Experimental studies on parasitization by *Apanteles glomeratus* V: Relationships between growth rate of parasitoid and host age at the time of oviposition. *Entomophaga* 25: 123-128.
- SATO, Y., TANAKA, T., IMAFUKU, M. & HIDAOKA, T. (1983): How does diurnal *Apanteles kariyai* parasitize and egress from a nocturnal host larva? *Kontyu* 51: 128-139.

- SAUCKE, H., BREDE, U., RAMA, F., KRATT, A., LORENZ, N., ZIMMERMANN, O. (2003): Perspektiven ökologischer Regulierungsverfahren für den Erbsenwickler *Cydia nigricana*, Lep. Tortricidae) in Saat- und Gemüseerbsen mit Sexualpheromonen und Granuloseviren. In: FREYER, B. (Hrsg.): Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum ökologischen Landbau - Ökologischer Landbau der Zukunft, 24.-26. Februar 2003. Institut für ökologischen Landbau der Universität für Bodenkultur, Wien, 2003: 129-132.
- SCHEURER, S. (1998): Vorratsschädigende Lepidoptera und Coleoptera in Berlin während der Jahre 1991-1996 - Überblick und Tendenzen. DGaE-Nachrichten 12 (3): 81-82.
- SCHICK-PLÄTKE, A., SIGGELKOW, C. & RAßMANN, W. (1998): Zur Wirkung verschiedener Mottenrepellents auf die Kleidermotte *Tineola bisselliella*. 51. Dt. Pflanzenschutztagung Halle, Mitt. Biol. Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft 357: 330.
- SCHIEFERDECKER, H. (1969): Zur Eignung von Lepidoptereniern als Wirte der Eiparasiten *Trichogramma cacoeciae* Marchal und *Trichogramma evanescens* Westwood [Hym.: Trichogrammatidae]. Bericht 10. Wanderversammlung Deutscher Entomol., Dresden, 3: 495-511.
- SCHILCHER, H. (1984): Ätherische Öle - Wirkungen und Nebenwirkungen. Deutsche Apotheker Zeitung, 1433-1442.
- SCHIRRA, K.-J. & LOUIS, F. (2000): *Trichogramma*-Einsatz zur biologischen Bekämpfung von Traubenwicklern an Hausreben. Deutsches Weinbau-Jahrbuch 51: 79-84.
- SCHLISSKE, J. (1999): Zur gutachtlichen Feststellung des Zeitpunktes eines Insektenbefalls an vegetabilen Importgütern aus Übersee. Mitt. dt. Ges. allgem. Angew. Ent., Entomologentagung in Göttingen 1995, 10: 255-258.
- SCHLISSKE, J. (1997): Zum Spektrum und zur wirtschaftlichen Bedeutung der mit Rohkakao und Rohkaffee importierten Insektenfauna auf den Lägern des Hamburger Hafens. Mitt. dt. Ges. allgem. Angew. Ent., 11: 227-231.
- SCHMID, W. (1987): Permethrin-Resistenz beim Teppichkäfer *Anthrenus flavipes* CASEY (Col., Dermestidae). Anz. Schädlingskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz 60: 9-15.
- SCHMIDT, H., HACCUS, M. (1994): EG-Verordnung "Ökologischer Landbau" - Eine juristische und agrarfachliche Kommentierung. Ökologische Konzepte Bd. 81 (vorm. Alternative Konzepte), Bad Dürkheim, 2. vollständig überarbeitete Auflage.
- SCHMIDT, J.M. & SMITH, J.J.B. (1985): Host volume measurement by the parasitoid wasp *Trichogramma minutum*: the roles of curvature and surface area. Entomol. Exp. Appl. 39: 213-221.
- SCHMIDT, J.M. (1994): Host recognition and acceptance by *Trichogramma*. In: E. Wajnberg and S.A. Hassan (eds.), Biological control with egg parasitoids. CAB International, Oxon, UK, S. 245-273.
- SCHMUTTERER, H. (1999): Side effects of neem products on insect pathogens and natural enemies of spider mites and insects. In: SINGH, R. P. & R. C. SAXENA (Eds): *Azadirachta indica*. A. Juss. Oxford & IBH Publishing Co Pvt. Ltd. New Delhi & Calcutta: 147-162.
- SCHÖLLER, M. (1998): Biologische Bekämpfung vorratsschädlicher Arthropoden mit Räubern und Parasitoiden – Sammelbericht und Bibliographie. Mitt. Bio. Bundesanst. Land.-Forstwirtsch. Mitt. Bio. Bundesanst. Land.-Forstwirtsch. 342: 85-191.
- SCHÖLLER, M. (2000): Biologische Bekämpfung der Speichermotte *Ephesia elutella* (Hübner) in gelagertem Getreide. Bern, Hannover: vaö-Verlag Agrarökologie. Dissertation Universität Frankfurt, 143 S.

- SCHÖLLER, M., HASSAN, S.A. & REICHMUTH, CH. (1996): Efficacy assessment of *Trichogramma evanescens* and *T. embryophagum* (Hym. Trichogrammatidae), for control of stored products moth pests in bulked wheat. *Entomophaga* 41: 125-132.
- SCHÖLLER, M. & PROZELL, S. (2001): Biologische Bekämpfung der Wachsmotte mit Parasitoiden ? Labor- und Praxisversuche. *DGaaE-Nachrichten* 15 (1): 18.
- SCHÖLLER, M. & PROZELL, S. (2003): Five years of biological control of stored-product moths in Germany. In: *Advances in stored product protection. Proceedings of the 8th International Working Conference on Stored Product Protection*, York, UK, 22-26 July 2002, 322-324.
- SELLENSCHO, U. (1990): Kleidermotten in Backwaren. *Der Praktische Schädlingsbekämpfer* 3: 34-35.
- SENGONCA, C. & LUI, B. (1991): Influence of mixed GCsG-BtA on the pupae and adult stages of *Apanteles plutellae* Kurd. (Hym., Braconidae) and its host, *Plutella xylostella* (L.) (Lep., Plutellidae). *J. Pest Science* 74: 145-149.
- SENGONCA, C. & PETERS, G. (1993): Laboruntersuchungen zu Biologie und Parasitierungserfolg von *Apanteles rubecula* Marsh. (Hym., Braconidae) als solitärer Larvenparasitoid von *Pieris rapae* (L.) (Lep., Pieridae). *J. Appl. Entomol.* 115 (1): 85-89.
- SENGONCA, C. & SCHADE, M. (1991): Sterilisation von Traubenwicklereiern durch UV-Strahlung und deren Eignung für die Parasitierung durch *Trichogramma semblidis* (Auriv.) (Hym., Trichogrammatidae). *J. Appl. Entomol.* 111 (4): 321-326.
- SHARPE, P.J.H. & DE MICHELE, D.W. (1977). Reaction kinetics of poikilotherm development. *J. Theoret. Biol.* 70: 649-670.
- SHAW, M.R. & HUDDLESTON, T. (1991): Classification and biology of braconid wasps (Hymenoptera: Braconidae). *Handbk. Ident. Br. Insects. Vol. 7. Part 11*, 126 S.
- SIMON, H.-R., ZIMMERMANN, O. (2002): Die ökologische Vielfalt parasitoider Hymenopteren in einer Apfelbaumkrone. 53. Pflanzenschutz-Tagung, Bonn. *Mitt. Biol. Bundesanst. Land- Forstwirtschaft.* 390: 535.
- SILVA, I.M.M.S. (1999): Identification and evaluation of *Trichogramma* parasitoids for biological pest control. Ph.D. Thesis. Wageningen Agricultural University, 151 S.
- SMITH, S.M. (1996): Biological control with *Trichogramma*: Advances, successes, and potential of their use. *Annu. Rev. Entomol.* 41: 375-406.
- STANENITE A.P., IVINSKIS P.P., IONAITIS V.P., & S.A. PAKAL'NISHKIS (1984): Lepidoptera recorded as hosts of parasitic Diptera for the first time in Lithuania. *Acta Entomologica Lituanica* 7: 118-121.
- STEIDLE, J.L.M., REPPCHEN, A., PROZELL, S. & SCHÖLLER, M. (2001): Der Einsatz des Parasitoiden *Lariophagus distinguendus* als Nützling zur Bekämpfung des Kornkäfers *Sitophilus granarius* (Coleoptera: Curculionidae) im Getreidelager. *DGaaE-Nachrichten* 15 (1): 18-19.
- STEIN, W. (1960): Untersuchungen über die Möglichkeiten einer Bekämpfung von Raubmilben in Zuchten der Getreidemotte (*Sitotroga cerealella* (Oliv.)) durch Anwendung von Akariziden. *Z. Pflanzenkrankh.* 67: 77-87.
- STEININGER, F.F. (1997): Biodiversitätsforschung: Ihre Bedeutung für Wissenschaft, Anwendung und Ausbildung; Fakten, Argumente und Perspektiven. Frankfurt am Main, Kramer. *Kleine Senckenberg-Reihe* Nr. 26, 68 S.
- STSCHEPTILNIKOWA, V.A. (1976): Der Einsatz von Entomophagen der Gattung *Trichogramma* in der UdSSR. In: SCHUMAKOW, I.M., FEDORINTSCHIK, N.S. & GUSSEW, G.W. (eds.): *Biologische Pflanzenschutzmittel*. VEB Landw. Verlag, Berlin: 92-109.

- STOUTHAMER, R. & LUCK, R.F. (1993): Influence of microbe-associated parthogenesis on the fecundity of *Trichogramma deion* and *T. pretiosum*. Entomol. Exp. Appl., 67: 183-192.
- STOUTHAMER, R., HU, J., VAN KAHN, F.J.P.M., PLATNER, G.R. & PINTO, J.D. (2001): Molecular identification of microorganisms associated with parthogenesis. Nature 361: 66-68.
- Stouthamer R., Tilborg M. van, Jong J. H. de, et al. (2001): Selfish element maintains sex in natural populations of a parasitoid wasp. Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences 268 (1467): 617-622.
- TAGAMI Y., MIURA K., STOUTHAMER R. (2002): Positive effect of fertilization on the survival rate of immature stages in a *Wolbachia*-associated thelytokous line of *Trichogramma deion* and *T. kaykai*. Entomologia Experimentalis et Applicata 105 (2/3): 165-167.
- TAKÁCS, S., GRIES, G., GRIES, R. (1997): Semiochemical-mediated location of host habitat by *Apanteles carpatus* (SAY) (Hymenoptera: Braconidae), a parasitoid of clothes moth larvae. Journal of Chemical Ecology 23: 459-472.
- TAKÁCS, S.; GRIES, G., GRIES, R. (2001): Communication ecology of webbing clothes moth: 2. Identification of semiochemicals mediating attraction of adults to larval habitat. Journal of Chemical Ecology 27 (8): 1547-1560.
- THANGAVELU, K. (1993): Natural enemies of muga silkworm, *Antheraea assama* Westwood (Lepidoptera: Saturniidae). Journal of Insect Science 6 (1): 57-59.
- THOMPSON, W.R. (1947) (ed.): A catalogue of the parasites and predators of insect pests. Sect. 1 Parasite host catalogue. Part 9: Parasites of Lepidoptera (Q-Z), Belleville, Ont. Imp. Bur. Biol. Contr., 580 S.
- TITSCHAK, E. (1922) Beiträge zu einer Monographie der Kleidermotte, *Tineola bisselliella*. Zeitschrift für Technische Biologie 10, 1-168.
- TITSCHAK, E. (1925): Untersuchungen über den Temperatureinfluß auf die Kleidermotte (*Tineola bisselliella* Hum.). Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie 127, 213-251.
- TITSCHAK, E. (1926) Untersuchungen über das Wachstum, den Nahrungsverbrauch und die Eierzeugung. II. *Tineola bisselliella* Hum. Gleichzeitig ein Beitrag zur Klärung der Insektenhäutung. Zeitschrift für Wissenschaftliche Zoologie 128, 509-569.
- TITSCHAK, E. (1927) Die Bedeutung der Temperatur für Haus- und Speicherschädlinge. Mitteilungen der Gesellschaft für Vorratsschutz 3, 12-14.
- TOBIAS, V.I. (1986): Bestimmungsschlüssel der Insekten von Europa und der UdSSR. Part III, Hymenoptera (ed. G.S. MEDVEDEV) (in russisch).
- TRAYNIER, R.M.M. & SCHUMACHER, R.K. (1995): Yeast odours localize oviposition by *Tinea translucens* and *T. pellionella* (Lepidoptera: Tineidae). J. Stored Product Res. 31 (4): 301-305.
- TREMATERRA, P. & FONTANA, F. (1996) Monitoring of webbing clothes moth, *Tineola bisselliella* (Hummel), by sex pheromone. Anzeiger für Schädlingskunde, Pflanzenschutz und Umweltschutz 69, 119-121.
- TREMATERRA, P. (1994): The use of sex pheromones to control *Ephestia kuehniella* Zeller (Mediterranean flour moth) in flour mills by mass trapping and attracticide methods. In: Proceedings of the 6th International Working Conference on Stored Product Protection Canberra: 375-382.
- UCKAN, F. & ERGIN, E. (2003): Temperature and food source effects on adult longevity of *Apanteles galleriae* Wilkinson (Hymenoptera: Braconidae). Environmental Entomology 32 (3): 441-446.
- UCKAN, F. & GULEL, A. (2001): The effects of cold storage on the adult longevity, fecundity and sex ratio of *Apanteles galleriae* Wilkinson (Hym.: Braconidae). Turkish Journal of Zoology 25 (3): 187-191.

- VAN BRONSWIJK, E.M.H. (1981): House dust biology for allergists, acarologists and mycologists. NIB Publ., Zeist.
- VERMA, S. C. & DESH RAJ (1998): Mass production of wax moths and economics of parasitoid, *Apanteles galleriae* Wilkinson production. Journal of Biological Control 12 (2): 123-129.
- VETTER, C. (1999): Zur Habitatbindung baumpilzbesiedelnder Schmetterlinge der Familie Tineidae (Latreille, 1810). Aspekte der Habitatselektion, Besiedlungsdynamik und der Parasitenkomplexe an verschiedenen Standorten. Dissertation, Aachen, Shaker-Verlag. 231 S.
- VILLAR, D., KNIGHT, M.J., HANSEN, S.R., BUCK, W.B. (1994): Toxicity of melaleuca oil and related essential oils applied topically on dogs and cats. Vet. Hum. Toxicol 36(2):139-42.
- VINSON, S.B. (1984) : How parasitoids locate their hosts: a case of insect espionage. In: T. LEWIS (ed.) 1984: Insect communication. Acad. Press, London, pp. 325-348.
- VOEGELE, J. (1982): Decouverte et description de deux nouvelles especes de Trichogrammes du groupe Euproctidis, *Trichogramma brassicae* et *T. pinto* (Hym. Trichogrammatidae). Anns. Soc. Ent. Fr. 18: 163-166.
- VOUKASSOVITCH, H. & VOUKASSOVITCH, P. (1931): Sur la ponte des Hyménoptères parasites entomophages. C. R. Soc. Biol. 107: 695-697.
- WAAGE, J. & GREATHEAD, D. (1986) (eds.): Insect parasitoids. Academic Press, London.
- WAAGE, J. (1991): Biological control: the old and the new. In: MCCLAY, A.S.: Proceedings of the Workshop on Biological Control of Pests in Canada. 11-12 Oct 1990, Calgary, Alberta AECV91-P1: 105-112.
- WÄCKERS, F.L., DE GROOT, I.J.M., NOLDUS, L.P.J.J. & HASSAN, S.A. (1987): Measuring host preference of *Trichogramma* egg parasites: An evaluation of direct and indirect methods. Meded. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent 52: 339-348.
- WAJNBERG, E. & HASSAN, S.A. (1994): Biological control with egg parasitoids. CAB International, Oxon, UK, 286 S.
- WALKER, F. (1843): Description of Chalcidites found near Lima by C. Darwin Esq. . Annals and Magazine of Natural History 11: 115-117.
- WALTER, S. (1983): Zur Biologie und Ökologie von Eiparasitoiden aus der Gattung *Trichogramma* WESTWOOD (Hym., Chalc.) Teil 2: Untersuchungen unter Laborbedingungen. Zool. Jahrbuch (Abt. Syst. Ökol. Geogr. Tiere), 110: 419-441.
- WANI, M., IWABUCHI, K. & MITSUHASHI, J. (1994): Development responses (*Galleria mellonella* (Lepidoptera, Pyralidae) larvae to parasitism by a braconid parasitoid, *Apanteles galleriae* (Hymenoptera, Braconidae). Appl. Entomol. Zool. 29 (2): 193-201.
- WEIDNER, H. (1930): Die Kleidermotte *Tineola bisselliella* (Hummel, 1823): Der praktische Schädlingsbekämpfer 22 (5): 70-76.
- WEIDNER, H. (1961) Die Niststätten verwilderter Tauben als Reservoir für Ungezieferplagen. Städtehygiene 12: 91-94.
- WEIDNER, H. & SELLENSCHO, U. (2003): Vorratsschädlinge und Hausungeziefer. Bestimmungstabellen für Mitteleuropa, 6. Aufl., G. Fischer, Stuttgart, 320 S.
- WERNER, A. (1984): Wie giftig ist unsere Kleidung ? Wohnung und Gesundheit 12: 24-26.
- WETZEL, C., DICKLER, E. (1992): The effects of NAB and Spruzit on *Trichogramma dendrolimi* (Hym., Trichogrammatidae) tested in field trials. 5. Internationaler Erfahrungsaustausch über Forschungsergebnisse zum Ökologischen Obstbau, 19. und 20.11.1992, Weinsberg, 133 S.

- WILSON, E.O. (1988): Biodiversity. National Academic Press, Washington D.C.
- WILSON, H.F. (1940): Lures and traps to control clothes moths and carpet beetles. J. Econ. Ent. 33: 651-653.
- WOHLGEMUTH, R. & REICHMUTH, CH. (1999): Verpackung zum Schutz gegen Insekten. Mitt. Bio. Bundesanst. Land.-Forstwirtschaft. 342: 325-341.
- WUDTKE, A., HENNLICH, W., REICHMUTH, CH, RASSMANN, W. (1993): Untersuchungen marktgängiger Verpackungen für Lebensmittel auf Widerstandsfähigkeit gegen Insekteninvasion, Neue Verpackung 46 (3): 84-89
- WUDTKE, A. & REICHMUTH, CH. (1994): Control of the common clothes moth *Tineola bisselliella* (HUMMEL) (Lepidoptera: Tineidae) and other museum pests with nitrogen. In: HIGHLEY, E., WRIGHT, J.E., BANKS, H.J. & CHAMP, B.R. (Hrsg): Proceedings of the 6th International Working Conference of Stored-Product Protection, Canberra, Australia: 251-254.
- WUDTKE, A. (1994): Untersuchungen zur Wirksamkeit des neu synthetisierten der biologischen Arbeitsmethoden, Parey Verlag Hamburg, 92 S. .
- WUDTKE, A. (1995): Pheromon-Köder für die Kleidermotte. Der Praktische Schädlingsbekämpfer (4): 22-25.
- WUDTKE, A. (1996): Integrierte Schädlingsbekämpfung in Museen, Mitt. dt. Ges. allgem. Angew. Ent., Entomologentagung in Göttingen 1995, 10: 251-253.
- WUDTKE, A. (1997): Einsatz von Neem als Wachstumsinhibitor – Use of Neem as a growth inhibitor, in: Proc. of 5th Workshop "Practice Oriented Results on Use and Production of Neem-Ingredients and Pheromons" in Wetzlar 1996, 175-176.
- WUDTKE, A., REICHMUTH, CH., HENNLICH, W. (1998): Schutz von Lebensmittelverpackungen gegen Invasoren vorratsschädlicher Insekten - Protection of food packages against invasion of stored product pest insects, Jb. Biolog. Bundesanstalt, 261-263.
- WUDTKE, A. (2002): Möglichkeiten des Methodentransfers vom Vorratsschutz zum Materialschutz - Bekämpfung von Museumsschädlingen am Beispiel der Kleidermotte *Tineola bisselliella* (HUM. 1823), Lepidoptera: Tineidae. Dissertation, Humboldt-Universität Berlin, 139 S.
- WÜHRER, B. (1994): Auswahl wirksamer *Trichogramma*-Stämme zur Bekämpfung von Schadlepidopteren im tropischen Gemüsebau. Dissertation, Universität Darmstadt 156 S.
- WÜHRER, B. (2002): Fortschritte in der Zünslerbekämpfung: Maschinelle Ausbringung von *Trichogramma brassicae*. Mais (No.2): 80-83.
- WÜHRER, B.G. & HASSAN, S.A. (1993). Selection of effective species / strains of *Trichogramma* (Hym.: Trichogrammatidae) to control the diamondback moth *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae). J. Appl. Entomol. 116: 80-89.
- WÜHRER, B. & ZIMMERMANN, O. (2002): First results of the aerial release of *Trichogramma* capsules TichoKugel[®] for the commercial use in Germany. In: ZIMMERMANN, O., HERZ, A., HASSAN, S.A. (Hrsg.) (2002): Egg Parasitoid News No. 14. IOBC International Organisation for Biological Control. Biol. Bundesanst. Land- Forstwirtschaft. 14, 25.
- WÜHRER, B. (1994): Auswahl wirksamer *Trichogramma*-Stämme zur Bekämpfung von Schadlepidopteren im tropischen Gemüsebau. Dissertation, Universität Darmstadt 156 S.
- WÜHRER, B.G. & HASSAN, S.A. (1993). Selection of effective species / strains of *Trichogramma* (Hym.: Trichogrammatidae) to control the diamondback moth *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae). J. Appl. Entomol. 116: 80-89.

- WYNIGER, R. (1974): Handbuch der Insektenzucht. Verlag Eugen Ulmer.
- VINSON, S.B. & IWANTSCH, G.F. (1980): Host suitability for insect parasitoids. Annual Review of Entomology 25: 397-419.
- ZACHER, F. & LANGE, B. (1964): Vorratsschutz gegen Schädlinge. Parey, Berlin und Hamburg, 125 S.
- ZACHER, F. (1926): Das Kälteverfahren zur Pelz-Konservierung. Neue Pelzwaren- und Kürschnerzeitung, 23, Nr. 803.
- ZACHER, F. (1933): Haltung und Züchtung von Vorratsschädlingen. Ein Handbuch, Berlin.
- ZDÁRKOVÁ, E. (1997): Susceptibility of different strains of *Cheyletus eruditus* (Acarina: Cheyletidae) to organophosphate acaricides. Exp. Appl. Ent. 21: 259-264.
- ZHANG, G.R., ZIMMERMANN, O., HASSAN (2004): Pollen as a Source of Food for egg parasitoids of the genus *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Biocontrol Science and Technology (im Druck).
- ZIMMERMANN, O. (1997): Untersuchungen zum Einsatz von *Trichogramma cacoeciae* MARCHAL (Hym., Trichogrammatidae) zur Bekämpfung der Traubenwickler *Eupoecilia ambiguella* HB. und *Lobesia botrana* SCHIFF. im Weinbau. Diplomarbeit, Universität Mainz, 128 S.
- ZIMMERMANN, O. (2004): Der Einsatz von *Trichogramma*-Schlupfwespen in Deutschland: Zum aktuellen Stand der Forschung und Nutzung von Eiparasitoiden gegen Schadlepidopteren im biologischen Pflanzen- und Vorratsschutz. Gesunde Pflanzen (56): 157-166.

6. Zusammenfassung

Nach den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit ist eine biologische Bekämpfung von Kleider- und Pelzmotten durch die gezielte Freilassungen von parasitoiden Hymenopteren als deren natürliche Gegenspieler möglich. Es wurden erstmalig ausführliche Versuche zur Parasitierung der Kleider- und Pelzmotte, insbesondere durch Eiparasitoide der Gattung *Trichogramma*, durchgeführt. Für die braconide Schlupfwespe *Apanteles carpatus* wurde eine Zucht- und Freilassungsmethode entwickelt. Sie kann nun als neuer Nützlinge gegen textilschädigende Mottenlarven eingesetzt werden.

Eine natürliche Parasitierung textilschädigender Motten durch Eiparasitoide ist bislang nicht nachgewiesen worden. Die Tineiden erwiesen sich im Laborversuch für *Trichogramma* als gut geeignete Wirte. Hinsichtlich der praktischen Anwendung von Eiparasitoiden der Gattung *Trichogramma* konnte aus einer Auswahl von 29 Arten und Stämmen aus einer Laborzucht mit *T. piceum* (Stamm: PIC M 91) eine besonders geeignete Art selektiert werden. Dieser Stamm zeigte die höchste Parasitierungsrate mit über 80 Eiern bei Temperaturen von 20-25°C und einer Lebensdauer von bis zu 17 Tagen. Im Präferenztest wurden sowohl Eier der Kleidermotte als auch der Getreidemotte, dem Massenzuchtwirt, von allen Stämmen mit Abstand am besten parasitiert. Das Geschlechterverhältnis von *T. piceum* lag bei über 80%.

Der untersuchte Stamm von *Apanteles carpatus* zeigte bei 25°C eine durchschnittliche Nachkommenzahl von 55 pro Weibchen. Die Parasitoide erreichten jedoch nur unter optimalen Bedingungen eine Lebensdauer von bis zu 14 Tagen. In den Käfigversuchen ohne zusätzliche Nahrungsquellen wurden die Tiere nicht älter als 4 Tage. Es war nicht möglich, für *A. carpatus* Ersatzwirte für eine Massenzucht zu finden, da sie offensichtlich auf Tineiden spezialisiert sind, jedoch konnte ein Zuchtsystem mit Kleidermotten als Zuchtwirte etabliert werden.

Die ausgewählten *Trichogramma*-Arten wurden in Käfigversuchen ausführlich untersucht und im Hinblick auf ihre Suchleistung auf verschiedenen Stoffoberflächen geprüft. Es wurde festgestellt, dass die getesteten Arten sehr unterschiedlich geeignet sind, um Textilien nach Eiern abzusuchen. Die Arten *T. evanescens* (Stamm: Lager) und *T. piceum* (PIC M 91) erwiesen sich als in der Suchleistung als am besten geeignet. Im Vergleich dazu zeigte *T. cacoeciae* (CAC D 90 O) sehr wenig Suchleistungsvermögen auf Textilien. Die geeigneten Arten durchdrangen außer verschiedenen Textilien auch grobe Schafwolle bis zu 0,4 m vom Freilassungsort.

Das Ködern von Larvalparasitoiden von tineiden Motten im Freiland erwies sich als nicht erfolgreich. Trotzdem in der Literatur eine Reihe parasitoider Hymenopteren als Gegenspieler von Tineiden beschrieben sind und in Innenräumen beobachtet wurden, war es nicht möglich, weitere freilebende Arten zu ködern. Sowohl für das Ködern im Freiland als auch für die Rückköderung in Lagern wurden Ködermethoden getestet und optimiert.

Nebenwirkungstests haben ergeben, dass die Nützlinge ergänzend zum Einsatz von Niem-Präparaten an schlecht zugänglichen Befallsstellen eingesetzt werden können. Ebenso wurde ermittelt, dass eine Kombination des Nützlingseinsatzes mit Repellents möglich ist. Bei zu hoher Konzentration der Wirkstoffe, den reinen Niem-Öl und konzentriertem Lavendel-Öl, in geschlossenen Glaskäfigen, wurden starke Nebenwirkungen auf *Trichogramma* festgestellt. In größerem Raumvolumen oder geringerer Dosierung der Wirkstoffe parasitierte *Trichogramma* allerdings auch Ködereier, die sich auf Niem-behandeltem Stoff befanden.

Erste Freilassungsversuche in der Praxis ergaben unterschiedliche Erfolge. Nach einer Freilassung von *Apanteles carpatus* in einem Wohnhaus, das mit Schafwolle gedämmt wurde, reduzierte sich Fang von adulten Motten auf Pheromon-Klebfallen deutlich. In einem Textillager hingegen war es mit einer einmaligen Freilassung jedoch nicht möglich, die Gegenspieler zu etablieren und den Mottenbefall zu kontrollieren. Hier zeigten sich Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes von parasitoiden Schlupfwespen gegen Textilmotten gleichermaßen. Die mehrwöchige Freilassung von *Trichogramma* in einem Textillager konnte dazu beitragen, einen Pelzmottenbefall zu reduzieren.

Die Untersuchungen und Ergebnisse dieser Arbeit wurden in folgenden Veröffentlichungen und auf Tagungen vorgestellt und diskutiert:

ZIMMERMANN, O., WÜHRER, B., SEITZ, A. & HASSAN, S.A. (2004): Biologische Bekämpfungsmethoden zur Kontrolle textilschädigender Motten, insbesondere der Kleidermotte *Tineola bisselliella* und der Pelzmotte *Tinea pellionella* (Lep.: Tineidae). 54. Pflanzenschutz-Tagung, Bonn. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- Forstwirtschaft. 396, 2004, 438.

ZIMMERMANN, O., SCHOELLER, M., PROZELL, S. (2003): Investigations on the biological control of the Common Clothes Moth *Tineola bisselliella* (Lep.: Tineidae) with *Trichogramma* species (Hym.: Trichogrammatidae). In: Advances in stored product protection. Proceedings of the 8th International Working Conference on Stored Product Protection, York, UK, 22-26 July 2002, 319-321.

ZIMMERMANN, O. & HASSAN, S.A. (2002): Screening of different *Trichogramma* species for their acceptance, preference and searching behaviour to control the Common Clothes Moth *Tineola bisselliella* (Lep.: Tineidae). Abstracts 6th IOBC Symposium "Egg parasitoids for biological control of insect pests", 15.-18.09.2002, Perugia, Italy, 68-69.

ZIMMERMANN, O., B. WÜHRER & HASSAN, S.A. (2002): Biologische Bekämpfung der Kleidermotte *Tineola bisselliella* (Lep.: Tineidae) durch den kombinierten Einsatz von *Trichogramma* spp. (Hym.: Trichogrammatidae) und *Apanteles carpatus* (Hym. Braconidae). 53. Pflanzenschutz-Tagung, Bonn. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- Forstwirtschaft. 390, 2002, 234.

ZIMMERMANN, O., WÜHRER, B., SEITZ, A. & HASSAN, S.A. (2002): Zuchtmethoden zur Massenvermehrung von *Apanteles carpatus* und ihrem Wirt, der Kleidermotte *Tineola bisselliella*. DGaE-Nachrichten 16 (1): 18-19.

ZIMMERMANN, O., HASSAN, S.A. & B. WÜHRER (2001): Selection of *Trichogramma* spp. against the Common Clothes Moth *Tineola bisselliella*. In: ZIMMERMANN, O., HERZ, A., HASSAN, S.A. (eds.) (2001): Egg Parasitoid News No. 13. IOBC International Organisation for Biological Control. Biol. Bundesanst. Land- Forstwirtschaft. 13: 19.

ZIMMERMANN, O. WÜHRER, HASSAN, S.A. (2000): Untersuchungen zur Eignung von *Trichogramma*-Arten als Parasitoide der Kleidermotte *Tineola bisselliella* hinsichtlich einer biologischen Bekämpfungsstrategie. 52. Pflanzenschutz-Tagung, Freising, Mitt. Biol. Bundesanst. Land- Forstwirtschaft. 376: 426-427.

ZIMMERMANN, O., HASSAN S.A. & WÜHRER, B. (1999): Untersuchungen von *Trichogramma*-Arten und -Stämmen und *Apanteles carpatus* als Parasitoide der Kleidermotte *Tineola bisselliella* hinsichtlich ihrer Präferenz, Suchleistung und Reproduktionsrate. DGaE-Nachrichten 13 (4): 104.