



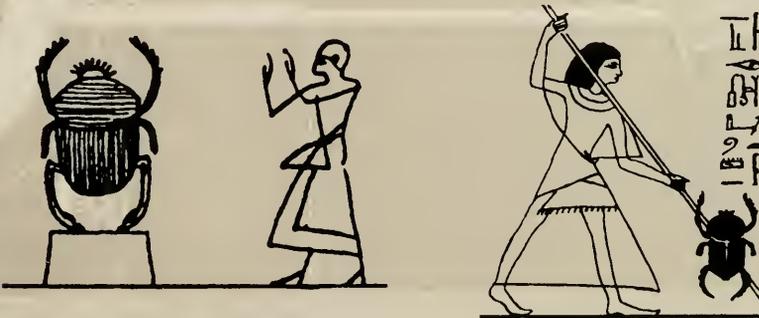
# SPIXIANA

Zeitschrift für Zoologie

Insekten als Symbole göttlicher Verehrung  
und Schädlinge des Menschen

Hermann Levinson und Anna Levinson

Max-Planck-Institut für Verhaltensphysiologie, Seewiesen



SPIXIANA	Supplement 27	107-119	München, 15. 12. 2001	ISSN 0341-8391	ISBN 3-931516-98-9
----------	---------------	---------	-----------------------	----------------	--------------------

## Steuerung vorratsschädlicher Insektenpopulationen mittels Insektistasis

Hermann Levinson & Anna Levinson

*“The philosophy of pest control based on eradication of the pest species is the antithesis of integrated pest control ...”*

R. F. Smith & H. T. Reynolds, 1966

Levinson, H. & A. Levinson (2001): Insectistasis as a means of controlling pest populations in the storage environment. – Spixiana Suppl. 27: 107-119

Predominant coleopteran storage pests include species of the families Anobiidae, Bostrychidae, Bruchidae, Cucujidae, Curculionidae, Dermestidae, Silvanidae and Tenebrionidae, while the most common lepidopterous storage pests comprise species pertaining to the Galleriinae, Gelechiidae and Phycitidae (Tab. 1). The larvae of these storage pests are often polyphagous and consume a variety of dried seeds, plant and animal tissues as well as processed foodstuffs, on which they build up dense populations and become serious competitors of man. The female-produced sex pheromones of ~15 coleopteran and ~7 lepidopterous species as well as the male-produced aggregation pheromones of ~16 coleopteran species infesting stored foodstuffs have been extensively studied and the molecular and chiral structures of their main components identified and synthesized (Tab. 2). Nanogram-amounts of these pheromones transmit “molecular messages” triggering the reproductive instinct of responsive insects, in which they induce mating, insemination and fecundation (Figs 1a,b, 2a,b).

Bearing in mind that the sensory responses to pheromones and food attractants, optical preference for certain geometrical forms, thigmotactic responses as well as a circadian periodicity of courtship behaviour are essential for mate finding and copulation in storage insects, highly efficient means to detect and to decimate populations of such pest species could have been designed (Figs 1c, 2c). Various types of pheromone-baited traps are presently employed for the surveillance and mass trapping of pest populations, causation of insectistasis, timing and checking of curative measures and combined administration of pheromones and insecticides in the storage environment (Tab. 3). Insectistasis can be readily achieved by considerably reducing the number of insects in a pest population due to continual insect captures in attractant traps

being provided with sex or aggregation pheromones and an immobilizing device (Figs 1c, 2c) or alternatively by inhibition of mating due to permeation of the storage atmosphere by overdosed pheromones.

In contrast to postponed control measures applied to exceedingly dense pest populations (Fig. 3), the use of an insecticidal treatment should be timed in accordance with the extent of trap catches (Fig. 4). As long as the pest population remains within the limits of insectistasis (Fig. 4), monitoring of the population density is performed at long time intervals (empty circles). When the pest population has increased to the level of intense growth (Fig. 4), as traced by larger and more frequent insect trappings (black circles), application of an insecticide is required to prevent a further increase of the pest population as well as to reduce its density to the level of insectistasis.

Another possibility of causing insectistasis is inhibition of mating in storage insects following permeation of the storage atmosphere by overdosed sex pheromones. Disrupted mating may either result from confused mate recognition or neural habituation by conspecific males or females, due to excessive availability of pheromone-releasing sources.

The main advantage of insectistasis is maintenance of a minimized pest population combined with considerable restriction of insecticidal applications, whereby the risk of ecological contamination and the development of insecticide-resistant strains would be diminished and the cost-benefit ratio of storage protection be improved.

Eine verhältnismäßig neue Strategie der Schädlingsmanipulation in Vorratslagern, bestehend aus einer Kombination von kurativen und präventiven Maßnahmen, bewirkt Insektistasis, d.h. einen Zustand, worin die Populationsdichte der vorratsschädlichen Insekten dermaßen vermindert ist, daß langfristige Nahrungsmittellagerung ohne nennenswerte Schädigung möglich wird. Insektistasis kann durch wiederholte Verdünnung einer Schädlingspopulation aufgrund massenhafter Insektenfänge an Köderfallen, die Sexual- bzw. Aggregationspheromone verströmen, hervorgerufen werden.

Prof. Dr. Hermann Levinson und Dr. Anna Levinson, Max-Planck-Institut für Verhaltensphysiologie, D-82319 Seewiesen bei Starnberg, Germany.

## Einleitung

Die Anfänge der Nahrungsspeicherung lassen sich besonders gut im alten Ägypten (hieroglyph. kmt) zurückverfolgen, wo diese vorsorgende Maßnahme durch öfters ausbleibende Nilüberflutung sowie nachfolgende Hungersnöte motiviert wurde. Bereits in neolithischer Zeit (ca. 6000-3000 v. Chr.) wurden in Unterägypten Schilfkörbe, die mit einem Deckel verschließbar und in den Boden eingelassen waren, als Nahrungsspeicher benutzt, während seit dem Alten Reich (ca. 2686-2181 v. Chr.) großangelegte und luftdurchlässige Vorratslager zur langfristigen Aufbewahrung großer Mengen getrockneter Samen, Früchte und anderer Nahrungsmittel dienten (Levinson & Levinson 1985, 1994).

Eine Reihe polyphager Käfer- und Mottenarten, die man heutzutage als vorratsschädliche Insekten bezeichnet (Tab. 1), stammen höchstwahrscheinlich von dereinst

frei lebenden Arten ab, die sich an mehr oder weniger verwitterten und vertrockneten sowie teils nährstoffarmen Nahrungsmitteln entwickeln und fortpflanzen konnten. Die Anpassung dieser später äußerst schädlich gewordenen Insektenarten an die neu erworbenen Speicherbiotope dürfte mit Hilfe ihrer hochentwickelten Sinnesorgane – besonders ihrer geruchs- und geschmackswahnehmenden Sensillen, die der Nahrungswahl, der bisexuellen Aggregation und der Erkennung ihrer Geschlechtspartner dienen – stattgefunden haben (Levinson & Levinson 1995).

Von den zahlreichen an Vorratsgütern vorkommenden Arthropodenarten verursachen etwa 30 Käferarten, 12 Mottenarten und 3 Milbenarten beträchtlichen wirtschaftlichen Schaden an gespeicherten und getrockneten Nahrungsmitteln. Die häufigsten vorratsschädlichen Käferarten gehören den Familien der Bohrkäfer (Bostrychidae), Nagekäfer (Anobiidae), Plattkäfer (Cucujidae bzw. Silvanidae), Rüsselkäfer (Curculionidae), Samenkäfer (Bruchidae), Schwarzkäfer (Tenebrionidae) sowie der Speckkäfer (Dermestidae) an, während die verbreitetsten vorratsschädlichen Mottenarten zu den Familien der Fruchtzünsler (Phycitidae), Palpenmotten (Gelechiidae) und Wachsmotten (Galleriinae) zählen (Tab. 1). Die Larven dieser Speicherschädlinge sind großenteils polyphag und ernähren sich an verschiedenartigen trockenen Früchten, Samen, pflanzlichen und tierischen Geweben sowie an deren Verarbeitungsprodukten; daran entwickeln und vermehren sie sich zu verhältnismäßig dichten Schädlingspopulationen, die zu erheblichen Nahrungskonkurrenten des Menschen werden können.

Tab. 1. Häufig vorkommende vorratsschädliche Arthropodenarten.

Ordnung	Familie	Gattung	Art	Deutscher Name
<b>Coleoptera</b>	Anobiidae	<i>Lasioderma</i>	<i>serricorne</i>	Tabakkäfer
		<i>Stegobium</i>	<i>paniceum</i>	Brotkäfer
	Bostrychidae	<i>Rhyzopertha</i>	<i>dominica</i>	Getreidekapuziner
	Bruchidae	<i>Acanthoscelides</i>	<i>obtectus</i>	Speisebohnenkäfer
	Cucujidae	<i>Cryptolestes</i>	<i>ferrugineus</i>	Rotbrauner Leistenkopflattkäfer
			<i>turcicus</i>	Türkischer Leistenkopflattkäfer
	Curculionidae	<i>Sitophilus</i>	<i>granarius</i>	Kornkäfer
			<i>oryzae</i>	Reiskäfer
			<i>zeamais</i>	Maiskäfer
	Dermestidae	<i>Trogoderma</i>	<i>granarium</i>	Khaprakäfer
	Silvanidae	<i>Oryzaephilus</i>	<i>surinamensis</i>	Getreideplattkäfer
			<i>mercator</i>	Erdnussplattkäfer
Tenebrionidae	<i>Tribolium</i>	<i>confusum</i>	Amerikanischer Reismehlkäfer	
			<i>castaneum</i>	Rotbrauner Reismehlkäfer
<b>Lepidoptera</b>	Galleriinae	<i>Corcyra</i>	<i>cephalonica</i>	Reismotte
	Gelechiidae	<i>Sitotroga</i>	<i>cerealella</i>	Getreidemotte
	Phycitidae	<i>Anagasta</i>	<i>kuehniella</i>	Mehlmotte
		<i>Cadra</i>	<i>calidella</i>	Rosinenmotte
<b>Acarina</b>	Acaridae	<i>Acarus</i>	<i>siro</i>	Mehlmilbe
	Carpoglyphidae	<i>Carpoglyphus</i>	<i>lactis</i>	Backobstmilbe
	Glycyphagidae	<i>Glycyphagus</i>	<i>domesticus</i>	Hausmilbe

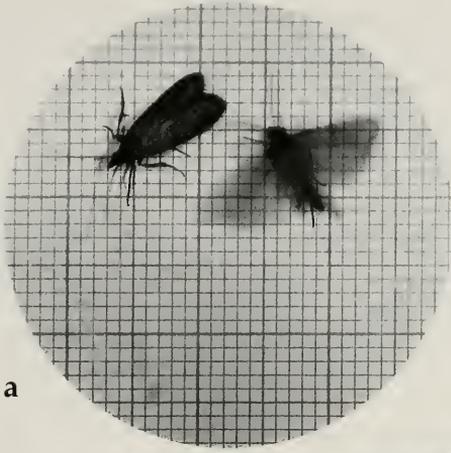
## Kurative und präventive Maßnahmen zur Schädlingsbekämpfung

Die gegenwärtig verfügbaren Verfahren zur Eindämmung von Schadinsekten in Vorratslagern können generell in kurative und präventive Maßnahmen eingeteilt werden. Herkömmliche kurative Verfahren beruhen zumeist auf dem Einsatz gasförmiger oder rückstandsbildender Insektizide, beispielsweise auf kontinuierlicher Abgabe von Phosphorwasserstoff (Phosphin), gewonnen aus Phosphiden (z.B. Aluminiumphosphid und Magnesiumphosphid) in Gegenwart von Feuchtigkeit, Verdampfung von Methylbromid (Monobrommethan)<sup>1</sup>, Dichlorvos (DDVP)<sup>2</sup> bzw. Malathion (Cythion)<sup>3</sup> sowie Versprühung von Pyrethroiden<sup>4</sup> oder auch Anreicherung hermetisch begrenzter Lufträume mit Kohlendioxyd. Hemmung der Fortpflanzungsfähigkeit vorratsschädlicher Insekten, verursacht durch sterilisierende Gamma-Strahlen bzw. chemische Stoffe, Erschütterung der Schadinsekten in Prallmaschinen (Entoleter) sowie Ansteckung der Schadinsekten mit spezifischen Krankheitserregern, zählen ebenfalls zu den kurativen Maßnahmen, die jedoch bisher keine breite Anwendung fanden. Der kurative Vorteil adsorbierender Stäubemittel (z.B. Calciumcarbonat, Calciumphosphat, Kaolin sowie Silika-Aerogele) als Getreideschutz gegen vorratsschädliche Insekten wird durch die vermutlich schädliche Wirkung auf die menschliche Gesundheit sowie den abreibenden Einfluß dieser feinen Pulver auf Maschinenteile abgewertet.

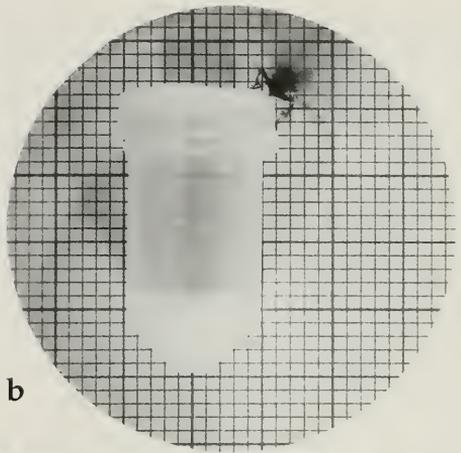
Vorratslagerung bei erniedrigten Temperaturen, bedingt durch andauernde Luftzirkulation oder unmittelbare Kühlung sowie der Schutz trockener Nahrungsmittel mit Hilfe von Insekten-undurchdringlichem Verpackungsmaterial sind nutzbringende Präventivmaßnahmen. Hormon-nachahmende und fraßabschreckende Wirkstoffe sowie

- 
- 1 Soll wegen seines umweltgefährdenden Einflusses in Zukunft nicht mehr benutzt werden.
  - 2 O-(2,2-Dichlorvinyl)-O, O-dimethylphosphat.
  - 3 S-[1,2-bis-(ethoxycarbonyl)-ethyl]-O, O-dimethyldithiophosphat.
  - 4 Synthetische Insektizide, die den Pyrethrinen aus *Chrysanthemum cinerariaefolium* nachgebildet wurden.
- 

**Abb. 1a-c.** Die Lockwirksamkeit einer weiblichen Dörrobstmotte (*Plodia interpunctella*), einer Polyäthylenkapsel, die mit synthetisch hergestelltem Sexuallockstoff – Hauptkomponente: (Z,E)-9,12-Tetradecadien-1-yl acetat (TDA) – imprägniert ist, sowie einer streifenförmigen, pheromonbeköderten Klebefalle für mehrere Fruchtzünsler-Arten (Phycitidae, Tab. 2). **a.** Das von der ausgestülpten Pheromondrüse einer weiblichen Dörrobstmotte (Flügelspannweite ~ 18 mm) abgegebene Sexualpheromon verbreitet sich als Duftwolke in der Umgebung, wo es von den olfaktorischen Sensillen einer männlichen Dörrobstmotte (Flügelspannweite ~ 17 mm) wahrgenommen wird. Diese wird von dem Duftreiz erregt und läuft unter heftigem Flügelschwirren zu dem paarungsbereiten Weibchen. **b.** Die mit synthetischem Sexuallockstoff imprägnierte Polyäthylenkapsel verströmt den Duftstoff langfristig und lockt damit zahlreiche männliche Dörrobstmotten in die Nähe der Pheromonkapsel. Ein angelocktes Männchen hat sich auf dem Kapselverschluss niedergelassen, schwirrt erregt mit seinen Flügeln und macht vergebliche Paarungsversuche. **c.** Wenn man eine Sexualpheromon-enthaltende Polyäthylenkapsel (b) einem beiderseits klebstoffbezogenen Papierstreifen (~ 75 × 5 cm) zuordnet und mehrere dieser Vorrichtungen, ~ 1 m von den Speicherwänden entfernt, senkrecht aufhängt, erhält man äußerst wirksame Köderfallen für männliche Phycitidenarten. Die abgebildete Pheromonfalle kann zahlreiche Männchen verschiedener Zünslerarten, z.B. *Anagasta kuehniella*, *Cadra cautella*, *Ephestia elutella* und *Plodia interpunctella* (Tab. 1, 2) fangen und festhalten. ▷



a



b



c

Abb. 1a-c

Nährstoff-Gegenspieler könnten ebenfalls zur Entwicklung präventiver Maßnahmen für den Vorratsschutz genutzt werden.

### Pheromone vorratsschädlicher Insektenarten

Die Verwendung synthetisch nachgebildeter Sexuallockstoffe zur Eindämmung vorratsschädlicher Insektenpopulationen ist zweifellos ein bedeutsamer Beitrag der insektenphysiologischen Forschung zur angewandten Entomologie. Die nach außen abgegebenen und flüchtigen Botenstoffe erwiesen sich als hochwirksames Fanginstrument zur Populationsverminderung verschiedener Insektenarten, die gespeicherte Nahrungsmittel befallen und konsumieren. Sexualpheromone der Weibchen von ~15 Käferarten und ~7 Mottenarten sowie Aggregationspheromone der Männchen von ~16 Käferarten, die gefürchtete Vorratsschädlinge sind, wurden aus chemischer sowie physiologischer Sicht eingehend untersucht, die molekulare und chirale Struktur ihrer Hauptkomponenten aufgeklärt und synthetisch nachgebildet (Tab. 2, Levinson & Levinson 1995).

**Tab. 2.** Vorratsschädliche Insektenarten, deren Lockstoffe isoliert und synthetisch nachgebildet wurden.

Pheromone, die von Weibchen bzw. Männchen abgegeben werden, sind mit "W" bzw. "M" bezeichnet und können als Sexualpheromon "S" für den entsprechenden Geschlechtspartner oder als Aggregationspheromon "Agg" für beide Geschlechter wirken.

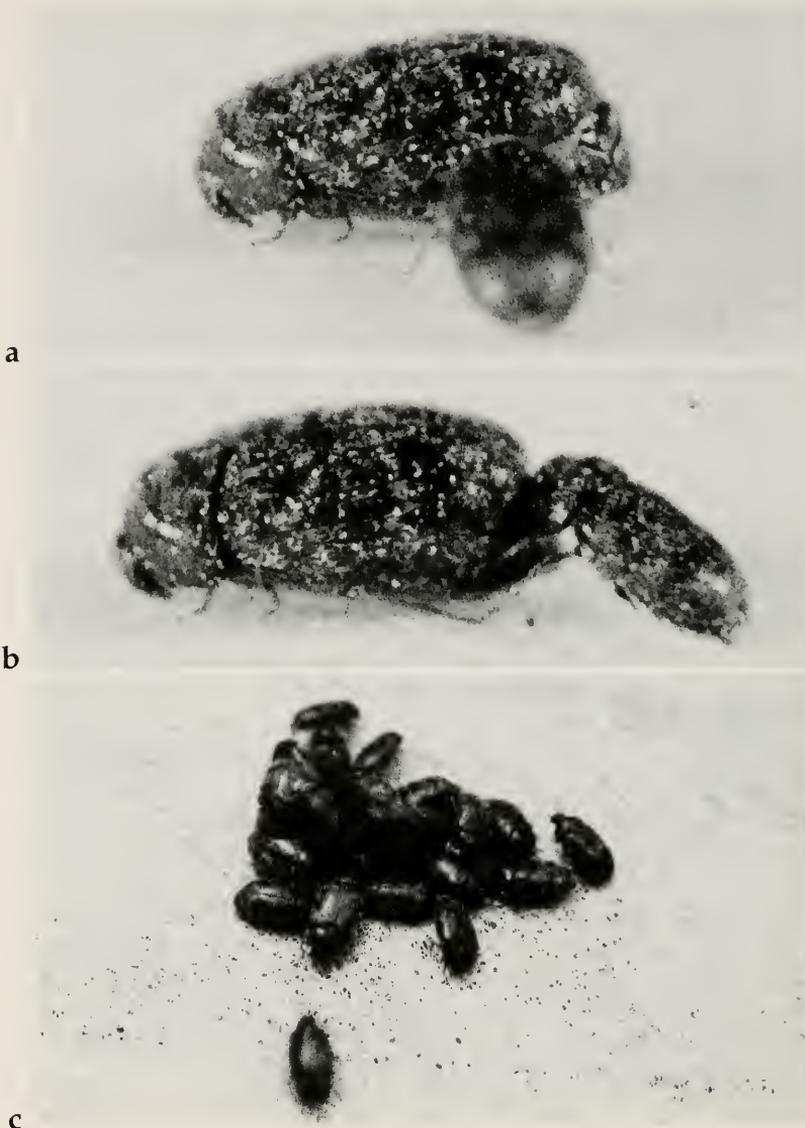
Ordnung/ Familie	Gattung	Art	Art	Art	Abgabe	Pheromontyp
<b>Coleoptera</b>						
Anobiidae	<i>Lasioderma</i>	<i>serricornе</i>			W	S
	<i>Stegobium</i>	<i>paniceum</i>			W	S
Bostrychidae	<i>Prostephanus</i>	<i>truncatus</i>			M	Agg
	<i>Rhyzopertha</i>	<i>dominica</i>			M	Agg
Bruchidae	<i>Acanthoscelides</i>	<i>obtectus</i>			M	S
	<i>Callosobruchus</i>	<i>chinensis</i>	<i>maculatus</i>		W	S
Cucujidae	<i>Cryptolestes</i>	<i>ferrugineus</i>	<i>pusillus</i>	<i>turcicus</i>	M	Agg
Curculionidae	<i>Sitophilus</i>	<i>granarius</i>	<i>oryzae</i>	<i>zeamais</i>	M	Agg
Dermestidae	<i>Anthrenus</i>	<i>flavipes</i>	<i>verbasci</i>		W	S
	<i>Attagenus</i>	<i>elongatulus</i>	<i>megatoma</i>		W	S
	<i>Dermestes</i>	<i>maculatus</i>			M	Agg
	<i>Trogoderma</i>	<i>granarium</i>	<i>glabrum</i>	<i>inclusum</i>	W	S, Agg
Silvanidae	<i>Oryzaephilus</i>	<i>mercator</i>	<i>surinamensis</i>		M	Agg
Tenebrionidae	<i>Tribolium</i>	<i>castaneum</i>	<i>confusum</i>		M	Agg
<b>Lepidoptera</b>						
Galleriinae	<i>Corcyra</i>	<i>cephalonica</i>			M	S
Gelechiidae	<i>Sitotroga</i>	<i>cerealella</i>			W	S
Phycitidae	<i>Anagasta</i>	<i>kuehniella</i>			W	S
	<i>Cadra</i>	<i>cautella</i>	<i>figulilella</i>		W	S
	<i>Ephestia</i>	<i>elutella</i>			W	S
	<i>Plodia</i>	<i>interpunctella</i>			W	S

Minimale Mengen solcher Lockstoffe (im Nanogramm-Bereich) übermitteln empfindlichen Insekten "molekulare Botschaften", die ihren Fortpflanzungstrieb anstoßen und damit die Anlockung, Paarung und Befruchtung artgleicher Geschlechtspartner herbeiführen (Abb. 1a,b; 2a,b). Aufgrund der Sinnesreaktionen vorratsschädlicher Insektenarten entsprechend ihrer Pheromone bzw. Fraßlockstoffe, ihrer optischen und taktilen Reize, einschließlich ihrer Verhaltensperiodizität, konnten wirkungsvolle Fangvorrichtungen zur Entdeckung und Eindämmung von Insektenbefall hergestellt werden (Burkholder 1976, Fleurat Lessard et al. 1976, Levinson 1974). Schließlich kamen verschiedenartige zwei- oder dreidimensionale, kegel- oder prismenförmige sowie multi-tubuläre Fallen oder andere Fangvorrichtungen mit kontinuierlicher Abgabe von Sexual- bzw. Aggregationspheromonen für die Köderung und Festhaltung der Männchen bzw. Männchen und Weibchen vorratsschädlicher Insektenarten zu weltweiter Anwendung (Abb. 1c, 2c; Barak et al. 1990; Buchelos & Levinson 1993; Trematerra 1994; White et al. 1990). In einer kürzlichen Rückschau der Thematik gab Plarre (1998) die nachstehend genannten Einsatzmöglichkeiten von Pheromonen zur Manipulation vorratsschädlicher Insekten an (Tab. 3).

Männchen der Speichermotten *Anagasta*, *Cadra*, *Ephestia* und *Plodia* spp. (Phycitidae) reagieren auf das Sexualpheromon ihrer Weibchen meist zusammen mit figürlichen Reizen, während beide Geschlechter der vorratsschädlichen Käfer *Cryptolestes*, *Dermestes*, *Oryzaephilus*, *Prostephanus*, *Rhyzopertha*, *Sitophilus* und *Tribolium* spp. auf das Aggregationspheromon artgleicher Männchen, zumeist in Gegenwart spezifischer Fraßlockstoffe, ansprechen. Männliche Speichermotten haben bei geringer Helligkeit eine beträchtliche Sehstärke und fliegen auf Pheromon-abgebende und in "Lockstellung" befindliche Weibchen zu, wobei sie auch von optischen Merkmalen geleitet werden. Während der Lockstellung richten die Mottenweibchen ihren Hinterleib aufwärts (optisches Merkmal), um daraus ihre Legeröhre und Pheromondrüse rhythmisch auszustülpen (Pheromonfreisetzung). Die Pheromonabgabe weiblicher Speichermotten sowie die entsprechende Reaktion der Männchen unterliegen einer artspezifischen Rhythmik. So locken weibliche *Anagasta kuehniella* ihre Männchen üblicherweise in der Morgendämmerung (~ 05.00–07.00 h), wogegen weibliche *Cadra cautella* artgleiche Männchen während der ersten Nachthälfte (~ 22.00–24.00 h) und weibliche *Cadra figulilella* ihre Männchen erst kurz vor oder nach Mitternacht (~ 23.00–01.00 h) anlocken. Andererseits kann man das Lockverhalten weiblicher *Ephestia elutella* und *Plodia interpunctella* fast die ganze Nacht hindurch (~ 22.00–05.00 h) beobachten. Die Zeitspanne der Flugaktivität männlicher Speichermotten entspricht annähernd den Lockperioden artgleicher Weibchen (Traynier 1970, Takahashi 1973).

**Tab. 3.** Anwendungsmöglichkeiten von Pheromonen zur Steuerung vorratsschädlicher Insektenpopulationen.

- 
- |     |  |
|-----|--|
| (a) | Frühentdeckung und Überwachung von Insektenbefall in Vorratslagern.            |
| (b) | Massenfang von Schadinsekten sowie Verursachung von Insektistasis.             |
| (c) | Bestimmung des geeigneten Zeitpunktes für kurative Behandlungen.               |
| (d) | Erfolgsüberprüfung von kurativen Behandlungen.                                 |
| (e) | Paarungsunterbrechung von Schadinsekten mittels hochdosierter Sexualpheromone. |
| (f) | Gleichzeitige Verabreichung von Pheromonen und Insektiziden (Attraktizide).    |
-



**Abb. 2a-c.** Anlockung eines männlichen Khaprapkäfers, *Trogoderma granarium* (Körperlänge ~1,5 mm) zur Begattung eines artgleichen Weibchens (Körperlänge ~3,2 mm) sowie Aggregation zahlreicher Khaprapkäfer in einer Pappfalle, die mit synthetisch hergestelltem Weibchenpheromon, einer 9:1-Mischung von (R,Z):(R,E)-14-Methyl-8-hexadecenal imprägniert ist.

**a.** Das Khaprapkäferweibchen bildet das oben genannte Pheromon in einer exokrinen Drüse des letzten Abdominalsegments und entlässt den Duftstoff in die Umgebungsluft, um artgleiche Männchen anzulocken. **b.** Nachdem ein männlicher Khaprapkäfer ein artgleiches und paarungsbereites Weibchen geruchlich erkannt hat, betastet er mit Fühlern und Palpen dessen Hinterleibsende und Geschlechtsöffnung und begattet dieses Weibchen. **c.** Vergrößerte Teilansicht einer aus gefalteter Wellpappe gefertigten Kontaktfalle (~8 × 8 cm), die mit synthetisch hergestelltem Pheromon weiblicher Khaprapkäfer imprägniert ist. Eine solche Köderfalle lockt zahlreiche Khaprapkäfer beider Geschlechter in die engen Kanälchen der Vorrichtung und hält sie dort aufgrund ihrer thigmotaktischen Reizbarkeit zurück.

Die Weibchenpheromone der oben genannten Speichermottenarten enthalten (Z,E)-9,12-Tetradecadien-1-yl acetat (TDA) als gemeinsame Hauptkomponente, die als Sexuallockstoff für die Männchen dieser sympatrisch vorkommenden Arten wirkt. Das Weibchenpheromon von *Cadra cautella* enthält neben TDA noch (Z)-9-Tetradecen-1-yl acetat (TA), das die Lockwirksamkeit von TDA für artgleiche Männchen erhöht und diese für Männchen von *Anagasta kuehniella* und *Plodia interpunctella* herabsetzt. (Z,E)-9,12-Tetradecadien-1-ol (TDO), eine zusätzliche Nebenkomponekte der Weibchenpheromone von *Anagasta kuehniella*, *Cadra cautella*, *Ephestia elutella* und *Plodia interpunctella*, verstärkt die Lockwirksamkeit von TDA für männliche *Ephestia elutella* und *Plodia interpunctella* und unterdrückt das Anlockungsvermögen von TDA und TA für männliche *Cadra cautella*. Das Weibchenpheromon von *Sitotroga cerealella* (Gelechiidae) enthält (Z,E)-7,11-Hexadecadien-1-yl acetat als Hauptbestandteil, der artgleiche Männchen während der gesamten Skotophase zur Paarung lockt.

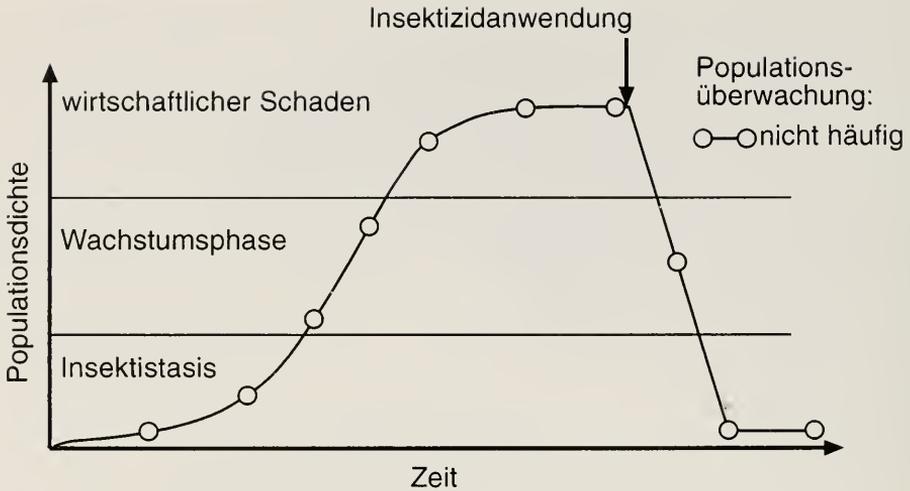
Wie wirken nun die Pheromonkomponenten auf die Riechorgane der Speichermotten? Die Reizung einzelner Riechsensillen an den Fühlern männlicher *Anagasta kuehniella*, *Ephestia elutella* und *Plodia interpunctella* mit den oben genannten Pheromonbestandteilen (die synthetisch hergestellt wurden), führte zu charakteristischen Rezeptorpotentialen und Nervenimpulsen. Die registrierten Meßwerte erlauben die Schlußfolgerung, daß zwei unterschiedliche Rezeptorzellentypen in den Riechsensillen der Speichermottenarten vorhanden sind, wovon der eine auf TDA sowie TA und der andere auf TDO selektiv anspricht (Levinson & Levinson 1982, 1995).

Diese scheinbar geringen Wahrnehmungs- und Verhaltensunterschiede tragen außer den gegenseitigen morphologischen Abweichungen zu einer gesicherten Artentrennung dieser in beschränkten und dunklen Lufträumen fliegenden Speichermotten bei.

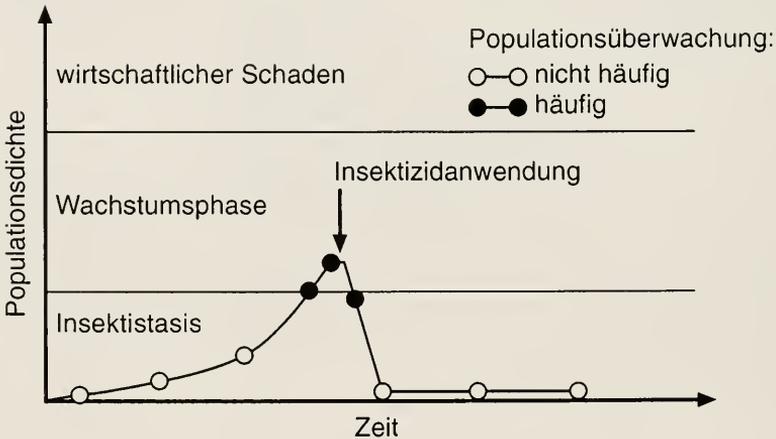
### Insektistasis

Die Populationsdynamik der schädlichen Insekten in einem Vorratslager offenbart sich in periodischen Schwankungen zwischen Bereichen niedriger und hoher Bevölkerungsdichte, die vorwiegend von dem Fortpflanzungspotential einer Art, dem Vorhandensein ungenügender bzw. reichhaltiger Nahrungsquellen, dem Vorherrschen eines ungünstigen bzw. optimalen Raumklimas sowie von unvorhersehbaren Ursachen abhängig sind. Die in regelmäßigen Zeitabständen an Pheromonfallen registrierten Insektenfänge veranschaulichen die Zunahme, Beständigkeit und Abnahme der Populationsdichte einer schädlichen Insektenart in einem räumlich begrenzten und klimatisch gemäßigten Nahrungsspeicher. Die in Abbildung 3 dargestellte Kurve zeigt die dreistufige Einteilung einer Population vorratsschädlicher Insekten in die Bereiche Insektistasis (niedrige Populationsdichte), Wachstumsphase (mittlere Populationsdichte) sowie wirtschaftlicher Schaden (übermäßige Populationsdichte). Eine Insektizidbehandlung erfolgt zumeist erst, nachdem die Insektenpopulation das Ausmaß wirtschaftlichen Schadens erreicht hat (siehe Pfeil). Danach wird die Insektenpopulation, falls sie nicht Insektizid-resistent ist, bis in den Bereich der Insektistasis verdünnt und kann letztlich wieder zu ihrem früheren Ausmaß anwachsen.

Im Gegensatz zu dem verspäteten Einsatz kurativer Maßnahmen gegen eine schon überaus dichte Schädlingspopulation sollte man Insektizidanwendungen am besten mit der Anzahl der Insektenfänge an Pheromonfallen zeitlich koordinieren (Abb. 4). Solange sich die Populationsdichte im Bereich der Insektistasis bewegt, führt man die



**Abb. 3.** Herkömmlicher Vorratsschutz mittels Insektizidanwendung. Die drei offensichtlichen Bereiche einer Schädlingpopulation – Insektistasis, Wachstumsphase und wirtschaftlicher Schaden – werden anhand von quantitativen Insektenfängen an Pheromonfallen in längeren Intervallen überwacht (leere Kreise). Insektizideinsatz erfolgt erst, nachdem wirtschaftlicher Schaden stattgefunden hat. Der Zeitpunkt der Insektizidbehandlung ist durch einen Pfeil oberhalb des Kurvenplateaus angedeutet.



**Abb. 4.** Vorratsschutz basierend auf Insektistasis. Solange die Schädlingpopulation im Bereich der Insektistasis bleibt, wird die Populationsdichte aufgrund der quantitativen Insektenfänge an den Pheromonfallen in längeren Zeitabständen (leere Kreise) überwacht; geht jedoch die Populationsdichte in die der Wachstumsphase über, erhöht man die Überwachungsfrequenz (volle Kreise). Der Insektizideinsatz sollte rechtzeitig und in Übereinstimmung mit steigenden Insektenfängen an den Pheromonfallen spätestens in der Phase des Populationswachstums erfolgen (Pfeil oberhalb des Kurvengipfels).

Populationsüberwachung regelmäßig in größeren Zeitabständen (leere Kreise) aus. Falls sich die Schädlingspopulation über den Bereich der Insektistasis hinaus vermehrt hat, wie dies aufgrund von größeren und häufigeren Insektenfängen an den Pheromonfallen ersichtlich ist (volle Kreise), ist der geeignete Zeitpunkt für eine Insektizidbehandlung gegeben, um damit die Populationsdichte der Insektistasis wieder zu erreichen. Fortwährende Insektenfänge an Pheromonfallen könnten gegebenenfalls auch ohne Insektizidanwendung genügen, um langfristig Insektistasis aufrechtzuerhalten, besonders wenn die Fortpflanzungsbedingungen für vorratsschädliche Insekten weniger günstig sind (cf. Levinson & Buchelos 1988, Trematerra 1994).

Eine andere Möglichkeit der Verursachung von Insektistasis einer vorratsschädlichen Insektenpopulation beruht auf Paarungshinderung infolge von Anreicherung des Luftraumes mit hochdosiertem Sexualpheromon. Höchstwahrscheinlich resultiert die diesem Vorgang zugrundeliegende Orientierungshemmung der männlichen Geschlechtspartner aus deren gestörtem olfaktorischen Erkennungsvermögen bzw. aus deren neuraler Gewöhnung an übermäßig vorhandene Quellen des weiblichen Sexualpheromons. Adaptation der Pheromonrezeptoren an häufig wiederholte Reize des weiblichen Sexualpheromons führt schließlich zu einem Verlust der Weibchen-Lockwirkung für die männlichen Geschlechtspartner. So konnte eine sehr dichte Population von *Cadra cautella* zur Stufe der Insektistasis vermindert werden, nachdem mikroverkapseltes Sexualpheromon in dem befallenen Nahrungsmittelspeicher überall reichlich verteilt wurde (Prevett et al. 1989), während eine überdichte Population von *Anagasta kuehniella* in einem Süßwarenlager mittels Überschwemmung des Lagerraumes mit TDA (aus zahlreichen Quellen stammend) gleichermaßen eingedämmt werden konnte (Süss et al. 1997).

## Epilog

Seit mehr als einem Jahrhundert wurde die Bekämpfung von schädlichen Insekten auf rasche Vernichtung der meisten Einzeltiere einer Schädlingspopulation mit Hilfe von nachhaltigen bzw. flüchtigen Insektiziden ausgerichtet (Shepard 1947). Wahllose Insektenvertilgung, einschließlich harmloser und nützlicher Arten, Auslese Insektizid-resistenter Stämme sowie Umweltverseuchung mit Pestiziden sind als unerwünschte Nebenwirkungen dieses Verfahrens bekannt. Eine verhältnismäßig neue Strategie der Schädlingsmanipulation (bestehend aus der Verbindung zwischen kurativen und präventiven Maßnahmen) bezweckt die Verursachung von Insektistasis (griech. stasis = Stillstand), d.h. einem Zustand, worin die Populationsdichte vorratsschädlicher Insekten in ein Ausmaß vermindert wird, das langfristige Nahrungsmittellagerung ohne nennenswerte Schädigung zuläßt (Levinson & Levinson 1985).

Insektistasis entsteht also nach erheblicher Verdünnung einer Schädlingspopulation infolge von massenhafter Insektenanlockung an artspezifische Köderfallen, die Sexual- bzw. Aggregationspheromone kontinuierlich abgeben sowie eine Insekten-immobilisierende Vorrichtung enthalten. Die wesentlichen Vorteile dieser Strategie bestehen in der langfristigen Erhaltung einer maximal verdünnten Schädlingspopulation (Abb. 3, 4) verbunden mit stark eingeschränkter Pestizidanwendung und daher geringfügiger Umweltbelastung sowie einem günstigen Kosten/Nutzen-Verhältnis dieser Vorratsschutzstrategie.

## Danksagung

Die Anfertigung der graphischen Darstellungen (Abb. 3, 4) verdanken wir Herrn Dr. Theo Weber, Max-Planck-Institut für Verhaltensphysiologie, Seewiesen.

## Literatur

- Barak, A. V., W. E. Burkholder & D. L. Faustini 1990. Factors affecting the design of traps for stored-product insects. – J. Kans. Ent. Soc. **63**: 466-485
- Buchelos, C. T. & A. R. Levinson 1993. Efficacy of multisurface traps and Lasio-traps with and without pheromone addition, for monitoring and mass-trapping of *Lasioderma serricornis* F. (Col., Anobiidae) in insecticide-free tobacco stores. – J. Appl. Ent. **116**: 440-448
- Burkholder, W. E. 1976. Application of pheromones for manipulating insect pests of stored products. In: Kono, T. & S. Ishii (eds.) Proceedings of a symposium on insect pheromones and their applications, pp. 111-122. – Nagaoka & Tokyo
- Fleurat Lessard, F., M. F. Pimaud & H. Cangardel 1976. Effets de doses élevées de Zeta sur *Plodia interpunctella* Huebner (Lépidoptère: Pyralidae) dans les stocks de pruneaux d'agen. In: Les phéromones sexuelles des lépidoptères. – Centre de Recherches INRA de Bordeaux, pp. 163-169
- Levinson, A. R. & C. T. Buchelos 1988. Population dynamics of *Lasioderma serricornis* F. (Col. Anobiidae) in tobacco stores with and without insecticidal treatments: a three-year survey by pheromone and unbaited traps. – J. Appl. Ent. **106**: 201-211
- & H. Levinson 1995. Reflections on structure and function of pheromone glands in storage insect species. – Anz. Schädlingkunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz **68**: 99-118
- Levinson, H. & A. Levinson 1994. Origin of grain storage and insect species consuming desiccated food. – Anz. Schädlingkunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz **67**: 47-60
- Levinson, H. Z. 1974. Possibilities of using insectistics and pheromones in the control of stored product pests. – Eppo Bull. **4**: 391-416
- & A. R. Levinson 1982. Attractifs, répulsifs et phéromones en tant qu'insectostatiques dans le milieu de stockage. – Les Cahiers Rech. Agron. (Maroc) **39**: 189-216
- & -- 1985. Use of pheromone traps for the proper timing of fumigation in the storage environment. – Eppo Bull. **15**: 43-50
- Plarre, R. 1998. Pheromones and other semiochemicals of stored product insects – a historical review, current application and perspective needs. – Mitt. Biol. Bundesanst. Land-Forstwirtschaft. **342**: 13-83
- Prevett, P. F., F. P. Benton, D. R. Hall, R. J. Hodges & R. Santos Serodio Dos 1989. Suppression of mating in *Ephesia cautella* (Walker) (Lepidoptera: Phycitidae) using microencapsulated formulations of synthetic sex pheromone. – J. Stored Prod. Res. **25**: 147-154
- Shepard, H. H. 1947. The Chemistry and Toxicology of Insecticides. 8<sup>th</sup> Printing. 383 pp. – Burgess Publ. Co., Minneapolis, Minn.
- Smith, R. F. & H. T. Reynolds 1966. Principles, definitions and scope of integrated pest control. – Proc. FAO Symposium Integrated Control, FAO, Rome, pp. 11-17
- Süss, L., D. P. Locatelli & R. V. Marrone 1997. Ulteriori conoscenze sulle possibilità di attuare la "Tecnica confusionale" nei riguardi di *Ephesia kuehniella* (Zeller). – Atti del 6. Simposio Difesa antiparassitaria nelle Industrie Alimentari (Piacenza), pp. 135-142
- Takahashi, F. 1973. Sex pheromones, are they really species-specific? – Mem. Coll. Agric. Kyoto Univ. **104**: 13-21
- Traynier, R. M. M. 1970. Sexual behavior of the Mediterranean flour moth *Anagasta kuehniella*: Some influences of age, photoperiod and light intensity. – Can. Ent. **102**: 534-540

- Trematerra, P. 1994. The use of sex pheromones to control *Ephestia kuehniella* Zeller (Mediterranean flour moth) in mills by mass trapping and attracticide (lure and kill) methods. – Proc. 6<sup>th</sup> Intern. Working Conf. Stored Prod. Prot., Canberra, pp. 375-382
- White, N. D. G., R. T. Arbogast, P. G. Fields, R. C. Hillmann, S. R. Loschiavo, B. Subramanyam, J. E. Thorne & V. F. Wright 1990. The development and use of pitfall and probe traps for capturing insects in stored grain. – J. Kans. Ent. Soc. **63**: 506-525

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Spixiana, Zeitschrift für Zoologie, Supplement](#)

Jahr/Year: 2001

Band/Volume: [027](#)

Autor(en)/Author(s): Levinson Hermann, Levinson Anna

Artikel/Article: [Steuerung vorratsschädlicher Insektenpopulationen mittels Insektistasis 107-119](#)