

**Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt  
für Land- und Forstwirtschaft  
Berlin-Dahlem**



**100 Jahre Pflanzenschutzforschung**

**Wichtige Arbeitsschwerpunkte  
im Vorratsschutz**

100 Years Research in Plant Protection

Important areas of research in  
stored product protection

Zusammengestellt von

**Dr. Christoph Reichmuth**

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft  
Institut für Vorratsschutz, Berlin-Dahlem

Heft 342

Berlin 1998

*Herausgegeben  
von der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft,  
Berlin-Dahlem*

Parey Buchverlag Berlin  
Kurfürstendamm 57, D-10707 Berlin

ISSN 0067-5849

ISBN 3-8263-3196-6

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

**100 Jahre Pflanzenschutzforschung =**

One hundred years research in plant protection

Wichtige Arbeitsschwerpunkte im Vorratsschutz / zsgest. von Christoph Reichmuth. – Berlin: Parey, [in Komm.], 1998.

(Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem; H. 342)

ISBN 3-8263-3196-6

© Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrages, der Entnahme von Abbildungen, der Funksendung, der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der Fassung vom 24. Juni 1985 zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

1998 Kommissionsverlag Parey Buchverlag Berlin, Kurfürstendamm 57, 10707 Berlin Printed in Germany by Arno Brynda, Berlin

## Inhaltsverzeichnis

Titel	AUTOR(EN)	Seite
Vorwort -----	FRED KLINGAUF -----	5
Einführung -----	CHRISTOPH REICHMUTH -----	7
Pheromones and other semiochemicals of stored product insects - A historical review, current application, and perspective needs	-- RUDY PLARRE -----	13
Biologische Bekämpfung vorrats-schädlicher Arthropoden mit Räubern und Parasitoiden - Sammelbericht und Bibliographie (Mit 27 Abbildungen und 4 Tabellen)	----- MATTHIAS SCHÖLLER -----	85
Brommethan, Phosphorwasserstoff und andere Gase zur Schädlingsbekämpfung im Vorratsschutz (Mit 36 Abbildungen und 5 Tabellen)	--- CHRISTOPH REICHMUTH -----	191
Vorratsschutz mit Stickstoff und Kohlenstoffdioxid (Mit 8 Abbildungen und 4 Tabellen)	----- CORNEL ADLER -----	277
50 Jahre Rodentizide zur Bekämpfung von Ratten und Hausmäusen - Eine Analyse der Pflanzenschutzmittel-Verzeichnisse der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft der Jahre 1948 bis 1997 (Mit 6 Abbildungen und einer Karte)	----- HELMUT ROTHERT -----	295
Mittel zur Bekämpfung schädlicher Arthropoden in Vorratssgüter - ein Überblick zur Entwicklung der Zulassungen zwischen 1969 bis 1996 (Mit 5 Tabellen)	----- ERDMANN BODE -----	313
Verpackung zum Schutz von Vorräten gegen Insekten (Mit 2 Abbildungen und einer Tabelle)	----- RICHARD WOHLGEMUTH und CHRISTOPH REICHMUTH -----	325

## Content

Title	AUTHOR(S)	Page
Foreword -----	FRED KLINGAUF -----	5
Introduction -----	CHRISTOPH REICHMUTH -----	7
Pheromones and other semiochemicals --- of stored product insects - A historical review, current application, and perspective needs	RUDY PLARRE -----	13
Biological control of arthropod pests in----- stored product protection with predators and parasitoids - Review and bibliography	MATTHIAS SCHÖLLER -----	85
Methyl bromide, phosphine and----- other fumigants for pest control in stored product protection	CHRISTOPH REICHMUTH -----	191
Protection of stored products with ----- nitrogen and carbon dioxide	CORNEL ADLER -----	277
50 years rodenticides to control rats and --- house mice - Analysis of the registers of authorized plant protection products of the Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry of the years 1948 to 1997	HELMUT ROTHERT -----	295
Products for the control of ----- arthropod pests in stored plant products - A synopsis with respect to authorization from 1969 to 1996	ERDMANN BODE -----	313
Packaging to protect stored products ----- from insect infestation	RICHARD WOHLGEMUTH und ---- CHRISTOPH REICHMUTH	325

## Vorwort

Am 28. Januar 1998 begeht die *Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft* (BBA) die einhundertste Wiederkehr ihres Gründungstages. Sie entstand zunächst als *Biologische Abteilung für Land- und Forstwirtschaft* am Kaiserlichen Gesundheitsamt in Berlin. Das vorliegende Heft der „*Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft*“ ist Teil einer Sonderserie von Titeln, die anlässlich des 100jährigen Bestehens der BBA herausgebracht werden.

Dabei wenden die einzelnen Beiträge ihren Blick nicht nur in die Vergangenheit, um die vielfältig geleisteten Aufgaben und Erfolge oder die wechselvolle Geschichte der Biologischen Bundesanstalt aufzuzeigen, vielmehr sollen aus dem Selbstverständnis der BBA-Mitarbeiterinnen und -Mitarbeiter heraus, die sich seit nunmehr 100 Jahren für die Land- und Forstwirtschaft einsetzen, auch Probleme des Pflanzenschutzes der Gegenwart angesprochen und Prognosen für die Zukunft gewagt werden. In gebotener Kürze werden die oft komplexen Zusammenhänge im phytosanitären Geschehen und die Suche nach Lösungsansätzen für eine „gesunde Pflanze“ aus der Sicht einzelner Fachrichtungen behandelt.

Für die Aktivitäten der BBA zum Pflanzenschutz sind – mit zwei Ausnahmen – heute noch die gleichen Zielrichtungen gültig, wie sie in der Gründungsdenkschrift von 1898 niedergelegt wurden. Es waren insbesondere:

1. Erforschung der Lebensbedingungen und Bekämpfung der tierischen und pflanzlichen Schädlinge der Kulturpflanzen;
2. Studium der Nützlinge aus dem Tier- und Pflanzenreich;
3. Studium der für die Landwirtschaft im allgemeinen nützlichen und schädlichen Mikroorganismen;
4. Beschäftigung mit den durch anorganische Einflüsse, z. B. durch Rauch- und Hüttengase, hervorgerufenen Schädigungen der Land- und Forstkulturen;
5. Forschungen auf den Gebieten der Bienenzucht und der Fischzucht;
6. Sammlung, Sichtung und Veröffentlichung statistischen Materials über das Auftreten der wichtigsten Pflanzenkrankheiten im In- und Ausland; Sammlung der internationalen Literatur und Erstellung eines „referierenden Organs“;
7. Veröffentlichung gemeinverständlicher Schriften und Flugblätter betreffend die wichtigsten Pflanzenkrankheiten, Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und praktischer Landwirtschaft mit alljährlich abzuhaltenden Konferenzen;
8. endlich könnten auch die deutschen Schutzgebiete in den Bereich der Tätigkeit eingeschlossen und Sachverständige, welche später an Ort und Stelle weiter zu arbeiten hätten, ausgebildet werden.

Die Punkte 5 und 8 verloren schon früh ihre Gültigkeit. An deren Stelle trat aber um so mehr die Zusammenarbeit der *Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft* mit dem *Deutschen Pflanzenschutzdienst*. Auch Aktivitäten zu tropischen und subtropischen Pflanzenschutzproblemen wurden mit neuen Fragestellungen fortgesetzt.

Die „*Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft*“, die bereits seit dem Jahre 1906 als Veröffentlichungsorgan zur Verfügung stehen, sollen auch nun wieder für die Jubiläumsbeiträge genutzt werden. Sind sie doch ein Spiegelbild der 1898 gegründeten Forschungsanstalt. Bereits zum 75jährigen Bestehen der BBA erschien in dieser Reihe eine kurze Chronik ihrer Geschichte. Für die Wahl der „*Mitteilungen*“ zur Veröffentlichung der BBA-Jubiläumsbeiträge gibt bereits ein Vorwort zum Heft 1 vom Mai 1906 eine zukunftssträchtige Deutung. Dort heißt es:

„ ... (Die Mitteilungen) werden in zwanglosen, fortlaufend nummerierten Heften erscheinen, die einzeln zu einem billigen Preise käuflich sind, und werden in allgemeinverständlicher Form über die Ergebnisse aller von der Anstalt durchgeführten Untersuchungen, gelegentlich aber auch über besonders wichtig erscheinende, dort noch nicht bearbeitete Fragen berichten.“

In dem zitierten Sinne sollen die vorliegenden Jubiläumsbeiträge in den „*Mitteilungen*“ helfen, bestehende Informationslücken zu schließen. Als Präsident der BBA wünsche ich hierzu viel Erfolg.

Braunschweig, den 28. Januar 1998

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'F. Klingauf', with a stylized flourish at the end.

Prof. Dr. F. Klingauf

## Einführung

Anlässlich des hundertjährigen Bestehens der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft und etwa 80 Jahren Vorratsschutz-Forschung und Prüfung von Vorratsschutzmitteln bei dieser Einrichtung sollen mit diesem Jubiläumsband einige Schwerpunkte der Forschungsthemen des Instituts für Vorratsschutz vertieft dargestellt werden. Seit Beginn der Arbeiten zum Schutze gelagerter Vorräte in den zwanziger Jahren dieses Jahrhunderts liegen inzwischen umfangreiche Detailkenntnisse über die biologischen, chemischen und physikalischen Grundlagen zum Verhalten und der Widerstandsfähigkeit der Schadinsekten vor.

Nachdem der Autor dieser Zeilen 1975 in das Institut für Vorratsschutz der Biologischen Bundesanstalt eingetreten war, erfolgte eine sehr fruchtbare Zusammenarbeit mit dem Ehepaar Professor Dr. HERRMANN LEVINSON und Frau Dr. ANNA LEVINSON vom Max-Planck-Institut für Verhaltensphysiologie in Seewiesen. Die Kooperation umfaßte zahlreiche erste Anwendungsversuche pheromonbeköderter Klebefallen in Berliner Getreideschüttlagern und Lebensmittelabriken. Die Pheromone der vorratsschädlichen Motten waren gerade aufgeklärt und synthetisiert worden und kamen in Berlin erstmalig mit Erfolg in der Praxis zum Einsatz. Die Versuche gipfelten im ersten deutschen Patent zu dieser neuen Strategie der Früherkennung und des Monitorings dieser Tiere. 15 Jahre später nahm unser italienischer Kollege Prof. Dr. PASQUALE TREMATERRA und ein Anwender in USA auf Hawaii, LARRY PIERCE sowie in Indianapolis DAVID MUELLER, die Ideen aus Berlin auf und führten sie mit Engagement weiter. Die Position von Pheromonfallen im Integrierten Früherkennungs- und Bekämpfungskonzept bei der Schädlingsbekämpfung ist heute gefestigt und gewinnt an Bedeutung. Dr. RÜDIGER PLARRE wandte sich in seiner Arbeit den bis dato wenig erforschten Rüsselkäfern und deren Pheromonen zu. Prof. Dr. WENDELL BURKHOLDER wirkte dabei als einer seiner Mentoren, die ihn unterstützten und die Arbeiten interessiert begleiteten. PLARRE, früher Doktorand über das geschilderte Thema am Institut für Vorratsschutz unter meinem Vorgänger als Leiter des Instituts, Herrn Direktor und Professor a. D. Dr. RICHARD WOHLGEMUTH, stellt hiermit erstmalig und aktuell alle Arbeiten über Pheromone im Bereich Vorratsschutz vor. Nach seinem längeren USA-Aufenthalt am Institut von Prof. BURKHOLDER entschieden wir uns, seinen Beitrag in englischer Sprache aufzunehmen, weil sein umfangreiches englisches Manuskript bereits fast abgeschlossen war, als er vor kurzem nach Berlin zurückkehrte.

Prof. Dr. ALBRECHT HASE gehört mit Dr. WOLFGANG QUEDNAU zu den ersten Wissenschaftlern, die an der Biologischen Reichsanstalt für Land und Forstwirtschaft in Berlin-Dahlem - damals in der Abteilung für Zoologie - bahnbrechende Versuche mit parasitierenden Wespen der Gattung *Trichogramma* gegen vorratsschädliche Motten unternahmen. Entsprechend den bekannten Zyklen in der Wissenschaft verstrichen etwa 60 Jahre, bevor WOHLGEMUTH, REICHMUTH, SABINE PROZELL und MATTHIAS SCHÖLLER am Institut für Vorratsschutz in Zusammenarbeit mit Dr. SHERIF HASSAN und Dr. BERND GERALD WÜHRER vom Institut für Biologische Schädlingsbekämpfung der BBA in Darmstadt ein umfangreiches weiterführendes Forschungs- und Entwicklungsprogramm über den möglichen Einsatz dieser Tiere zum Vorratsschutz in Angriff nahmen. Zahlreiche Publikationen belegen den Erfolg dieser Bemühungen. Mit den Kollegen in Amerika vom damaligen Stored-Product Insect Research & Development Laboratory (SPIRDL) des United States Department of

Agriculture (USDA), Agricultural Research Service (ARS) in Savannah, Georgia, unter Dr. ROBERT DAVIS - hier ist insbesondere Dr. JOHN BROWER zu nennen, der biologische Gegenspieler in mottenbefallenen Erdnüssen erfolgreich einsetzte - ist die Berliner Forschergruppe wohl besonders erfolgreich und richtungsweisend. Es soll nicht verkannt werden, daß im Bereich der Entwicklungshilfe Kollegen der Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ: LABORIUS, HARNISCH und BELL) und von der GTZ finanzierte Doktoranden (BOYE, HELBIG, HENNIG, DETMERS, LELIVELDT und PÖSCHKO; die letzten drei am Institut für Vorratsschutz) sowie des heutigen Natural Resources Institute (NRI) in Kent, UK, (REES, HODGES, MARKAM und GOLOB) großen Anteil am Durchbruch der Technik des Einsatzes biologischer Gegenspieler haben. Sie alle erforschten die Bekämpfung des Großen Kornbohrers *Prostephanus truncatus*, nachdem er in Afrika als neuer Schädling auf geerntetem Mais gefunden worden war. MATTHIAS SCHÖLLER unternahm den Versuch, das Themenfeld der Verwendung biologischer Gegenspieler für den Vorratsschutz umfassend darzustellen. Seine Literatursammlung erstreckt sich bereits über mehrere Jahre und fand in einer bemerkenswerten Übersichtstabelle und grafischen Darstellungen der räuberischen Arthropoden ihren Niederschlag, die für die Fortsetzung der Arbeiten auf diesem Gebiet für interessierte Kollegen von großem Nutzen sein werden. Schöller ist Doktorand am Institut über ein Thema zum Einsatz dieser Technik bei der Lagerung von Getreide. Auf dem von ihm geschilderten Gebiet lassen sich in den kommenden Jahren umfangreiche Fortschritte erwarten, die zur rückstands- freien und gezielten Bekämpfung vorratsschädigender Insekten und Milben innerhalb eines integrierten Konzeptes beitragen werden. Die von SABINE PROZELL, ebenfalls Doktorandin am Institut, und SCHÖLLER bereits erzielten Ergebnisse deuten auch in diese Richtung.

Ein umfangreicher Beitrag behandelt die Geschichte und Bedeutung der toxischen Gase im Vorratsschutz. Aus dieser Stoffgruppe stammen wichtige Schädlingsbekämpfungsmittel, ohne die eine schnelle und durchgreifende Entwesung großer Mengen gelagerter pflanzlicher Vorräte oder großer Lagerräume mit wirtschaftlich vertretbarem Aufwand kaum möglich wäre. Die Giftigkeit dieser Chemikalien auch für den Menschen erfordert besondere Sicherheitsmaßnahmen und Sorgfalt beim Umgang. Das Institut begutachtet die biologische Wirksamkeit von Vorratsschutzmitteln und -verfahren gegen die Schadtiere. Am Rande werden auch Fragen der Rückstandsbildung in behandelten Produkten, Arbeitssicherheit für den Anwender sowie der Umweltverträglichkeit bearbeitet. Vieljährige Begleitung von Neuentwicklungen durch Begasungsfirmen versetzen das Institut in die Lage, in Deutschland als die führende wissenschaftliche Institution Maßstäbe auf dem ausgefallenen Fachgebiet der Schädlingsbekämpfung mit Gasen zu setzen. Abdichtungsmaßnahmen vor Begasungen wurde detailliert beschrieben und mit Einführung eines Dichtigkeitstests technisch nachvollziehbar gestaltet. Vom Verfasser stammt die Idee, in großen Räumen durch Einsatz gasdichter Kunststoffblasen oder anderer gasundurchlässiger Einbauten das zu begasende Volumen und damit die erforderliche Wirkstoffmenge zu vermindern, auch um geringere Emission zu erreichen. Die Firmen BINKER und GROLI haben dies aufgegriffen und in die Begasungspraxis eingeführt. Zusammen mit Dr. FRANZISKUS HORN, dem Geschäftsführer der Firma DEGESCH DE CHILE, gelang die Entwicklung eines neuartigen Phosphorwasserstoffgenerators, der in Lateinamerika bereits vielfach zur Entwesung von Mühlen und Getreide Verwendung findet. Das Gerät bestand auch in Deutschland bereits einen ersten Feldversuch in einer Getreidesilozelle der Berliner Hafen- und Lagerhausgesellschaft (BeHaLa).



Einwirkzeiten können damit verkürzt, die Entsorgung ausgegaster Präparate vereinfacht und die Begasung selbst sicherer gestaltet werden. Umfangreiche zitierte und bibliographierte Literatur zu Brommethan und Phosphorwasserstoff gibt einen Überblick über die Anwendungsfelder dieser Gase. Die Problematik der ozonzerstörenden Wirkung des Brommethan wird diskutiert.

Seit Ende der 70er Jahre ist das Institut intensiv in die Rückbesinnung auf den Einsatz inerte Gase zur Schädlingsbekämpfung eingebunden. WOHLGEMUTH nahm zu diesem Thema an der ersten internationalen Fachkonferenz 1980 in Castelgandolfo teil, die inzwischen zu einer sehr erfolgreichen Serie gewachsen ist. Der Autor dieser Zeilen ist Mitglied des Organisationskomitees. Ein von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) bewilligtes Forschungsprojekt ermöglichte die vertiefte Bearbeitung der Wirksamkeitsfragen sauerstoffarmer Atmosphären auf verschiedene Stadien wirtschaftlich bedeutender vorratsschädlicher Insekten. Im Anschluß an Arbeiten, die zum Teil gemeinsam mit den israelischen Kollegen SHLOMO NAVARRO, MOSHE CALDERON und JONATHAN DONAHAYE am VOLCANI CENTER in Bet Dagan bei Tel Aviv erfolgten, ergaben sich mit den deutschen Firmen LINDE und BUSE GASE Möglichkeiten der Patentierung neuer Techniken, die auf elektronisch geregelte niedrige Restsauerstoffgehalte in behandelten Gütern sowie die kombinierte Anwendung von Kohlenstoffdioxid und erhöhter Temperatur zielten. Darüber hinaus nahmen WOHLGEMUTH, REICHMUTH und PROZELL an der praktischen Einführung der Hochdruck-Kohlenstoffdioxid-Behandlung in den Vorratsschutz teil, die von den beiden letztgenannten immer noch betreut wird. Dr. CORNEL ADLER berichtet in seinem Artikel über die Möglichkeiten der Anwendung Inerte Gase. ADLER promovierte am Institut mit einem Thema über den Kornkäfer *Sitophilus granarius* und inerte Gase und führt als Mitarbeiter im Institut die Arbeiten zum Einsatz dieser rückstandsfreien Bekämpfungsmittel fort.

Direktor und Professor Dr. HELMUT ROTHERT, Leiter der Fachgruppe Biologische Mittelprüfung (FB) der Abteilung für Pflanzenschutzmittel und Anwendungstechnik (AP) der BBA, ist dem Institut für Vorratsschutz langjährig verbunden. Zwischen ihm, der früher das Thema Vorratsschutz bei FB vertreten hat und seinem Vertreter und auch Nachfolger in dieser Tätigkeit, Herrn Wissenschaftlichen Direktor Dr. ERDMANN BODE, und dem Institut für Vorratsschutz bestehen intensive fachliche Kontakte. Das Fachinstitut hat den wissenschaftlichen Kontakt zur Praxis, die Abteilung bewertet und prüft die von den Firmen vorgelegten Unterlagen. Naturgemäß erleichtern Fachgespräche mit gegenseitigem Austausch die jeweilige Arbeit. Herr ROTHERT hat selbst viele Versuche mit Nagern im Freiland betreut. Er beschreibt mit Hinweisen auf Toxikologie und Wirkung ausführlich die Situation der Nagertierbekämpfung und der entsprechenden zugelassenen Mittel von 1948 bis heute, für deren Beurteilung er selbst über viele Jahre zuständig war.

Dr. BODE betreut zur Zeit in Zulassungsfragen das Fach Vorratsschutz bei AP. Wegen der bevorstehenden Umstellung des deutschen auf das europäische Zulassungssystem von einer Vertriebszulassung auf eine Anwendungszulassung werden sich viele Details der Anwendung von Mitteln in Deutschland grundlegend ändern. Entsprechende diesbezügliche Anfragen von Firmen und Ämtern sowie auch durch die Problematik der ozonzerstörenden Wirkung des Brommethans binden Herrn BODE intensiv in Stellungnahmen ein. Er gibt in seinem Beitrag einen guten Überblick über die Palette der zugelassenen Vorratsschutzmittel und ihrer Wirkstoffe zur Arthropodenbekämpfung bis zurück in das Jahr 1969. Ein effektiver Vorratsschutz

beruht auch auf der Anwendung hinreichend wirksamer Vorratsschutzmittel. Die von den jeweiligen Zulassungsvoraussetzungen abhängige Entwicklung der in Deutschland zur Verfügung stehenden Mittel und Wirkstoffe wird dargestellt, aufgeteilt nach den Anwendungstechniken „Begasen“, „Nebeln“, „Spritzen“, „Stäuben/Streuen“ und „Verdunsten“. Diese Aufteilung bietet sich an, weil die jeweils zugehörigen Mittel auf Grund ihrer kurz dargestellten Besonderheiten von unterschiedlichen Anwenderkreisen genutzt werden. Die Darstellung belegt, daß die Möglichkeiten für einen wirksamen Vorratsschutz im Laufe der Zeit bedrohlich gering geworden sind. Die zugelassenen Vernebelungs-, Spritz- und Stäubemittel beruhen auf jeweils zwei Wirkstoffen, Verdunstungsmittel auf einem Wirkstoff. Die Situation bei Begasungsmitteln erscheint zwar insgesamt günstiger, doch steht für eine Vielzahl wichtiger vorrats-schutzlicher Anwendungen lediglich Phosphorwasserstoff zur Verfügung. Cyanwasserstoff und Brommethan sind derzeit nur in Leerräumen und Mühlen anzuwenden, wobei Brommethan zudem wegen seines ozonschädigenden Potentials vermutlich nicht mehr lange zur Verfügung stehen wird. Lange Einwirkungszeiten oder die Anwendung in Druckkammern erlauben eine wirtschaftliche Anwendung von Kohlenstoffdioxid und Stickstoff nur in speziellen Anwendungsgebieten oder bei hochwertigen Vorratsgütern. Ohne einen wirksamen Vorratsschutz werden die Erfolge des Pflanzenschutzes bei der Erzeugung ausreichender und qualitativ hochwertiger Nahrungsmittel zunichte gemacht; eine nachhaltige Ernährungssicherung der Bevölkerung scheint auf Dauer gefährdet. Es wird deutlich, daß die BBA bestrebt war und ist, pyrethroide Wirkstoffe aus der Liste der Mittel herauszuhalten, da die Rückstandsbildung auf behandelten Produkten, die sich kurz vor dem Inverkehrbringen befinden, nicht in einem guten Verhältnis mit der meist unvollständigen Wirkung steht. Bemerkenswert ist die Zunahme der Anzahl der Zulassungen mit inerten Gasen als Wirkstoff in der Mittelliste. Trotz der geringen Anzahl der zugelassenen Mittel besteht in Deutschland ein hoher Standard bei der Schädlingsbekämpfung im Vorratsschutz. Dies ist sicherlich auch der Einhaltung der strikten, in der Zulassung festgelegten Sicherheitsauflagen zu danken, worum sich Schädlingsbekämpfer und insbesondere die Begasungsleiter bemühen müssen. Das System der Prüfung und Zulassung im Vorratsschutz hat sich bewährt. Man darf gespannt sein, wie sich die Situation mit voranschreitender europäischer Harmonisierung entwickelt.

Ein weiterer Beitrag behandelt die Bedeutung des Verpackungsschutzes zur Verhinderung des Insektenbefalls frisch gefertigter Nahrungsmittel im Zuge der Vermarktung. Seit ZACHERS ersten Bemerkungen zu diesem Thema gewinnt der Themenkomplex Verpackungsschutz wachsendes Gewicht und auch Verständnis bei den Verantwortlichen der Industrie. Begegneten wir 1975 bei Industrievertretern noch weitgehend einer tabuisierenden Einstellung zu Reklamationen wegen Insektenbefall in Lebensmittelpackungen, wandelte sich das Bild bis hin zur Bereitschaft, mit verbesserten Verpackungstechniken die Weiterentwicklung insektendichter Verschlüsse von Lebensmittelpackungen zu fördern. HOLGER-ULRICH SCHMIDT, zeitweilig Mitarbeiter im Institut für Vorratsschutz und heutiger Leiter des Berliner Pflanzenschutzamtes, faßte 1980 vorbildlich die damals verfügbare Fachliteratur zu diesem Thema zusammen. Wichtige Fortschritte erzielten auch Dr. MUHAMMAD KHAN und Dr. SIEGFRIED NOACK sowie Diplom-Biologe ALEXANDER WUDTKE im Rahmen von Forschungsaufträgen am Institut für Vorratsschutz. Der Beitrag versucht, den aktuellen Stand der Forschung des Institutes auf diesem Gebiet wiederzugeben. Partner bei der Arbeit sind nach wie vor Dr. WERNER HENNLICH vom Fraunhofer Institut für Verpackung in München sowie Vertreter der einschlägigen Industrie. Zusammen mit

Herrn HENNLICH als Leiter unterhält das Institut seit langem einen jährlich tagenden Ausschuß zum Schutz verpackter Lebensmittel gegen Befall mit vorratsschädlichen Insekten, aus dem heraus mehrere Forschungsanträge gestellt wurden. Nach der Bewilligung wurden Folien, Faltschachteln und Beutel mit einem eigens entwickelten Test zum Eindringverhalten von Insekten untersucht und daraufhin insbesondere im Verschlussbereich verbessert. Inzwischen liegen Informationen zur Widerstandsfähigkeit verschiedensten Verbundfolien gegenüber Insekteninvasion und -penetration, zur Verschlusstechnik insektendichter Papierbeutel und Faltschachteln vor. Der Beitrag versucht, unter Einbeziehung umfangreicher Literatur einen Überblick über den derzeitigen Informationsstand zu geben.

Dieser Jubiläumsband enthält demnach ausgewählte Beiträge zu wichtigen Facetten der drei großen Teilbereiche des Vorratsschutzes: Früherkennung, Befallsvermeidung und Befallsbekämpfung. Einige weitere Felder des Vorratsschutzes blieben unbeschrieben, wie z. B. der Einsatz von Kontaktinsektiziden einschließlich natürlich gewonnener Pflanzeninhaltsstoffe, die Beschreibung physikalischer Methoden etc. Dies bleibt späteren Darstellungen vorbehalten.

Zusammen mit der Darstellung der Geschichte des Instituts im Mitteilungsheft Nr. 338\* liegt nun vor Beginn des neuen Jahrhunderts ein interessantes Querschnittsprogramm zum Vorratsschutz vor, das etwa 100 Jahre widerspiegelt, in denen sich viele Kollegen um die Bearbeitung dieses jungen Fachgebietes verdient gemacht haben.

Den Kollegen, die sich an der Gestaltung dieses Heftes beteiligt haben, danke ich ganz herzlich für die termingerechte Bereitstellung ihrer gut recherchierten umfangreichen Manuskripte.

CHRISTOPH REICHMUTH

Berlin-Dahlem, im August 1997

post scriptum

Prof. em. Dr. HERBERT WEIDNER\*\* hat insbesondere Insekten und Milben als Hauptverursacher umfangreicher Schäden innerhalb der menschlichen Zivilisation beschrieben und dem Begründer des Vorratsschutzes in Deutschland, Professor Dr. FRIEDRICH ZACHER, eine umfangreiche und sehr lesenswerte Biographie gewidmet. Die Liste aller Publikationen ZACHERS kann im Beitrag zur Geschichte des Instituts für Vorratsschutz' nachgeschlagen werden. Ohne ZACHERS nachhaltiges Wirken stünde der deutsche Vorratsschutz nicht in seiner weltweit anerkannten Position. Deshalb soll dem Altmeister und geistigen Vater unseres Fachgebietes diese Vorratsschutzmonographie gewidmet sein.

Die Autoren dieses Mitteilungsheftes, im August 1997

---

\* REICHMUTH, CH. (im Druck): Geschichte des Instituts für Vorratsschutz - Biographie und Bibliographie. Mit 19 Abbildungen und 3 Tabellen, Seite 73-139. In: 100 Jahre Pflanzenschutzforschung. Geschichte der Institute und Dienststellen der Biologischen Bundesanstalt. Teil I. Zusammengestellt von Prof. Dr. WOLFRUDOLF LAUX, Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin Dahlem **338**, 139 Seiten, 42 Abbildungen, 6 Tabellen.

\*\* WEIDNER, H. (1963): FRIEDRICH ZACHER - Vierzig Jahre Vorratsschutz in Deutschland. Eine Auswahl aus Zeitschriftenaufsätzen und Tagungsvorträgen. Duncker und Humblot, Berlin, 143 Seiten.

## Pheromones and other Semiochemicals of Stored Product Insects

### A historical review, current application, and perspective needs

RUDY PLARRE\*

#### Historical review

The use of pheromones and other semiochemicals to monitor and trap stored product insects steadily increased over the past 25 to 30 years. Megatomoic acid, E,Z-3,5-tetradecadienoic acid, the sex attractant of *Attagenus unicolor* formerly known as *A. megatoma*, the black carpet beetle, was the first successful analysis and synthesis of a pheromone in stored product insects (SILVERSTEIN et al. 1967). However, reports about the existence of sex attractants in insects associated with stored products occurred several decades earlier - even before the term pheromone was coined by KARLSON and BUTENANDT (1959), and KARLSON and LÜSCHER (1959a, 1959b).

For stored product Lepidoptera LEHMENSICK and LIEBERS (1938) described male excitement in *Plodia interpunctella* in the presence of a conspecific female or when the male was caged in a glass vial previously occupied by a conspecific female. The existence of a volatile substance responsible for this male behavior was proposed. There was no doubt to RICHARDS and THOMSON (1932), based on their observations that virgin females of *Plodia* spp. and *Ephestia* spp. started calling for mates when ready for mating by releasing a scent attractive to conspecific males. DICKENS (1936) and BARTH (1937) clearly stated that the sexual excitement of both sexes of the Indianmeal moth is driven by a female and a male produced odorous substance. The odorous secretion by the female was named "The S-Substance" for sex substance, and the female's abdominal tip was reported as the production site for this „S-Substance". Cross attraction of *P. interpunctella* males to *Ephestia elutella* females and *Ephestia kuehniella* females was also observed but not vice-versa. That *Ephestia* spp. females were also capable of eliciting mating behavior in *P. interpunctella* males was reported many years later by SCHWINCK (1953). Furthermore, the morphology of the male wing glands and their function in the courtship behavior were also precisely described by BARTH (1938).

In stored product Coleoptera the existence of a male attracting odor, emitted by female *Trogoderma granarium*, was suggested by VOELKEL (1924). A typical behavior of rhythmically extruding the ovipositor in virgin khapra beetles females was associated with the release of an odorous male attracting substance and was compared to the behavior of virgin females of *Ephestia kuehniella* which were reported to bend their abdomen upwards between their wings to hypothetically emit a male attracting odor. (Unfortunately, this statement about *E. kuehniella* was not properly cited by VOELKEL but the observation must had occurred earlier than 1923). Investigating the location of the olfactory organs in the yellow meal worm *Tenebrio molitor* VALENTINE (1931) reported sexual attraction between mates through olfaction, while auditory or optic organs were not necessary to successfully discover and locate the opposite sex.

---

\* formerly Institute for Stored Product Protection, current address: BAM, Federal Institute for Materials Research and Testing, Lab. IV.11 Materials Protection against Biological Agents, Unter den Eichen 87, D-12205 Berlin, Germany

Today, after detailed chemical and biological studies, the pheromones of nearly all major economic important pest insects in stored products have been at least partly identified and are listed in several review publications (BURKHOLDER 1978; LEVINSON and LEVINSON 1979a; BURKHOLDER 1981a, 1982, 1984a; BURKHOLDER and MA 1985; PINNIGER and CHAMBERS 1987; BURKHOLDER 1990; CHAMBERS 1990; BURKHOLDER and FAUSTINI 1991; LEVINSON and LEVINSON 1995; PHILLIPS 1994; PLARRE 1995a). The terminology of chemical messages commonly in use today is based on the specific interaction these messages are involved in according to WILSON and BOSSERT (1963); BROWN et al. (1970); LAW and REGNIER (1971); NORDLUND (1981); NORDLUND et al. (1981); MÖHL (1985), keeping in mind, that a single chemical message may very well belong in more than one group and is therefore not limited to any one interaction. Furthermore, a chemical message may consist of more than one compound each possibly eliciting a different specific behavioral or physiological reaction in the message receiving organism, and each being a part of the overall interaction. To effectively use pheromones, kairomones or other semiochemicals to manipulate or alter behavior or physiology, one should, ideally, be aware of each behavioral or physiological response in a sequence of responses. In conjunction, where helpful, a chemical message can be categorized by the specific response it elicits, e.g. an attractant, a repellent, an arrestant, a stimulant, or a deterrent to indicate exactly what behavior pattern is involved in the response (DETHIER et al. 1960).

### **Pheromones of Stored Product Lepidoptera**

Generally, the sex pheromones of most moth species, and of those associated with stored products specifically, are relatively simple in structure and consist of unsaturated hydrocarbonic esters, alcohols or aldehydes.

#### *Plodia interpunctella* and *Ephestia* spp.:

The major economic important moth species which occur in food producing industries, in flour mills, in warehouses, in granaries to some respect, and in private households all share the same main pheromone compound. Z,E-9,12-tetradecadienyl-acetate (ZETA) is common in female sex pheromones of the Indianmeal moth *Plodia interpunctella* (KUWAHARA et al. 1971a; BRADY et al. 1971a; DAHM et al. 1971), the warehouse or tobacco moth *Ephestia elutella* (BRADY and NORDLUND 1971), the tropical warehouse or almond moth *Ephestia cautella* (KUWAHARA et al. 1971a), the Mediterranean flour moth *Ephestia kuehniella* (KUWAHARA et al. 1971b; BRADY et al. 1971b), and the not so common raisin moth *Ephestia figuliella* (BRADY and DALEY 1972). The concept of pheromones and especially sex pheromones being species specific seems not to be true for most of the moths associated with stored products as discussed by TAKAHASHI (1973). Indeed, some cross attraction among stored product pyralids was observed in windtunnel experiments, with *P. interpunctella* males showing the highest level of attraction to nonconspecific females (PHELAN and BAKER 1986a). However, it was found that ZETA, although the main male attracting compound, was not the only component present in the pheromone complex of these pyralids.

Z-9-tetradecenyl-acetate (ZTA) was identified as a secondary pheromone compound in *E. cautella* females (BRADY 1973). ZTA was by far less active than ZETA but acted as a potent synergist and enhanced greatly the attractiveness of the major compound (READ and HAINES 1976, 1979). A great variance was reported in the portion of ZETA and ZTA in *E. cautella* females from different laboratory and field strains ranging from 2:1 to almost 32:1 with an average of ca. 7:1 (SHANI et al. 1985; BARRER et al. 1987). Male response to females from different strains on the other side, did not appear to be influenced by inconsistent ratios of pheromone components (SOWER et al. 1973a). This relatively large variation among females in pheromone production and the low inter-individual variance in male response to the sex pheromone bouquets is one example that supports the discussion on the evolution of sexual communication via asymmetric tracking which is outlined well by PHELAN (1992).

BRADY and NORDLUND (1971) suspected one or more additional compounds in *E. elutella*, since males were more responsive to female extracts than to ZETA alone. Later Z,E-9,12-tetradecadienol (ZETOH) was found to be a secondary pheromone compound in *E. elutella* females (KRASNOFF et al. 1984). Although alone of no measurable activity it increased capture of males when applied in a mixture with ZETA. Naturally occurring levels of ZETA and ZETOH in volatiles collected from female warehouse moths were measured to be 3 ng and 300 pg per female, respectively.

ZETOH, in a ratio of 1:5:10 (ZETOH:ZTA:ZETA), was shown to be also present in the gland of *E. cautella* (READ and BEEVOR 1976), but showed no attractive effect in conspecific males when offered alone in biotests. On the contrary, ZETOH actually inhibited the attractiveness of the two other attractants when presented together (READ and HAINES 1976). Furthermore, ZETOH did not occur in volatiles collected from females or in superficial pheromone gland rinses of *E. cautella* females, it only occurred in extractions of the female abdominal tips (COFFELT and VICK 1987).

ZETA was thought to be the only pheromone compound in *E. kuehniella* females (BRADY et al. 1971b). However, from sex pheromone gland extracts KUWAHARA and CASIDA (1973) reported the presence of ZETOH in the Mediterranean flour moth as well as in the warehouse moth. But the presence alone of a compound in a gland does not automatically require its emission and an attractive effect in the male. Therefore, this alcohol may be a pheromone precursor which may not be released in some species (KUWAHARA and CASIDA 1973).

Detectable amounts of ZETOH were also found in pheromone glands of *P. interpunctella* (SOWER et al. 1974a), which in this case was found to be an emitted volatile as well. An average release of 2 to 3 ng ZETA and 6 ng ZETOH per calling young female per hour was given by NORDLUND and BRADY (1974b) and by SOWER and FISH (1975). The application of a ratio of 4  $\mu$ l : 6  $\mu$ l resulted in the highest percentage of overall trapped *P. interpunctella* males as compared to the acetate or the alcohol component alone (SODERSTROM et al. 1980). Less absolute amounts but in the same ratio resulted in an reduced catch. In contrast to the naturally occurring relative ratio of the two pheromone blends a ratio of 8:2 for ZETA to ZETOH showed significantly more landings and approaches by male Indianmeal moths in laboratory experiments than 4:6 or 6:4 blends (MANKIN et al. 1983).

Besides the fact that ZETOH clearly is a secondary pheromone component in *P. interpunctella* it also serves as an allelochemical with allomonic character when the Indianmeal moth and the almond moth occur sympatrically, because it inhibits the response to ZETA by *E. cautella* males. The secondary component ZTA in *E. cautella* is also bifunctional, it inhibits the response of *P. interpunctella* males to ZETA. It was shown that, percentage wise, more males of either species remain unattracted to females when the two species occurred together as when they occurred separately (GANYARD and BRADY 1971). Previous exposure to nonconspecific female pheromone caused significant inhibition in the response of *P. interpunctella* males to the conspecific female pheromone (BRADY 1969a). The behavioral response of male *E. cautella* and male *E. kuehniella* to sex pheromones from females of their own species was similarly inhibited when the males were previously exposed to *P. interpunctella* female pheromone. Pheromone trap catches were also reduced, when both moth species occurred together, because the secondary pheromone component of one species inhibited the male response of the other species and vice versa towards the ZETA lure in the trap (MULLEN 1994). This phenomenon was more evident at lower population densities.

Recently, Z,E-9,12-tetradecadienal (ZETAL) was reported to be a third compound in the *P. interpunctella* pheromone complex, in both, gland extracts and volatiles released by calling females (TEAL et al. 1995). More details on its biological role is not yet available.

Besides secondary or tertiary components which have pheromone enhansive or allomonic character, several additional other mechanisms cause isolation of the species and make interspecific mating attempts among stored product pyralids unlikely. One principle mechanism is the daily activity rhythm of the female calling behavior. *E. kuehniella* females tend to release their sex pheromone at the beginning of the light period which was shown to be coherent with maximal responsiveness of males to female extracts in dawn hours. Both sexes are therefore highly synchronized in their sexual behavior which can be resynchronized by artificially changing the photoperiod (TRAYNIER 1970a). The male moths usually located the females by flying upwind and by crosswind maneuvers when losing the scent (KENNEDY and MARSH 1974). This flight pattern is generally called a "search - cast - search" pattern (VICKERS and BAKER 1996). In still air male approach was more often from below (TRAYNIER 1968).

In *E. cautella* adult emergence, copulation, and oviposition was also found to be rhythmic with copulation and previous calling behavior by females occurring under natural light conditions shortly before and after dusk (STEELE 1970). Males and females of the almond moth had less mating success in complete darkness (M<sup>c</sup>LAUGHLIN and HAGSTRUM 1976). MANKIN and HAGSTRUM (1995) found, that male *E. cautella* reacted to a female pheromone plume in a windless environment with heavy turning rates per seconds when the males came into a distance of ca. 40 cm. Those turning rates decreased when the males came closer to the female. This differed from orientation in wind mainly in the fraction of turning rates. The effects of pheromone plume volume and release frequency by the female on flight behavior of *E. cautella* males was studied by MAFRA-NETO and CARDE (1995). Compared to a continuous pheromone plume it appeared that males performed straighter flight tracks and located the pheromone source faster when the pheromone was injected into the windtunnel in defined volumes at a frequency of 5 Hz. Lower plume

frequencies prolonged the finding of the pheromone source due to slower flight speed, more frequent turnings and greater course angles. The necessity of gaps of clean air to retune receptor neurons to the base line for receiving a new message was discussed. While outdoors gaps in a pheromone plume are set by turbulences this is less likely in a warehouse. However, for an intentional pulse release of the pheromone by the female exists no evidence so far. It was shown, that in still air *E. cautella* utilize the sex pheromone in a different manner and less effectively than reaching the pheromone emitting female by flying upwind (HAGSTRUM and DAVIS 1980). In still air the sex pheromone simply intensified male search once he was within substantially less than 60 cm of a calling female. Mate seeking in *E. cautella* is mainly accomplished through orientation by positive anemotaxis (SINGH and MAJUMDER 1984).

Pheromone production in *P. interpunctella* females begins during development in pharate adults, increasing rapidly at the time of exclusion and stays on this level until mating which usually occurs within a few hours after exclusion and after which subsequent production and release of the attractant decreases (BRADY and SMITHWICK 1968; LUM and BRADY 1973; SMITHWICK and BRADY 1977; RAFAELI and GILEADI 1995). TEAL et al. (1995) were not able to detect evidence for pheromone production in Indianmeal moth pupae and newly emerged adults but also stated the possibility of the presence of precursive pheromone compounds in subcellular structures which were not extracted. Under natural light conditions *P. interpunctella* females performed maximum calling behavior ca. 2 to 4 hours after the beginning of the scotophase and continued until the initiation of the photophase. Maximum quantities of pheromone released were measured to be 1 - 2 ng per female and although releasing small amounts of pheromone also during the photophase, under normal light condition the release rate during scotophase was ca. 13 times greater (NORDLUND and BRADY 1974a; COFFELT et al. 1978). In constant light calling behavior was constant but less explicit.

*E. elutella* females also call throughout the scotophase where as *E. figuliella* showed a narrow mid scotophase calling peak. Both species had little or no activity in the photophase (KRASNOFF et al. 1983). Thus the only two species which appear to have the same daily calling activity are *P. interpunctella* and *E. elutella*. However, their habitat preferences are different and their evolutionary origin before becoming stored product pests with cosmopolitan distribution due to human trade is believed to be allopatric, with *P. interpunctella* originating in the Near East and the Mediterranean region and *E. elutella* originating further north in Central Europe (WEIDNER 1983a).

Additionally to the different activity rhythms and female pheromone bouquets, males of the phycitine moths associated with stored products also release a pheromone. These sex pheromones, or aphrodisiacs are scents of short range which excite and stimulate the female in the presence of a conspecific male. Male pheromone glands were mainly found on the coastal margin of the forewings (BARTH 1938; GRANT 1978) and dorsolaterally on an intersegmental membrane near the tip of the abdomen (CORBET and LAI-FOOK 1977). It was observed, that the sex pheromone released by male wing glands of *P. interpunctella* induced the female to adopt an acceptance posture and to remain stationary (GRANT 1974). Stimuli, namely male sex pheromones, originating from courting males in *E. cautella* were considered to strongly influence the response of conspecific females (BARRER and HILL 1977). Extracts of male wing glands of *E. elutella* elicited stereotype courtship in conspecific



females where as extracts of male wing glands of the closely related species *E. cautella*, *E. figuliella*, *E. kuehniella*, and *P. interpunctella* failed to excite warehouse moth females (KRASNOFF and VICK 1984). The alcohol 3,7,11,15-tetramethyl-2-hexadecenyl-1-ol (E-phytol) in combination with a series of  $\gamma$ -lactones, mainly  $\gamma$ -decalactone or  $\gamma$ -undecalactone in ratios of 2:1, respectively, elicited female response in *E. elutella* (PHELAN et al. 1986). *P. interpunctella* male pheromone components were reported to be palmitic, oleic, and linoleic acids and ethyl esters (PHELAN 1992). Females of the Indianmeal moth are most receptive to male aphrodisiaca during their peak activity in calling for mates (M<sup>c</sup>LAUGHLIN 1982). All this implies specific courtship patterns between male and female prior to a successful mating. An incorrectly proceeded sequence of chemical and ethological stimuli by either partner leads to rejection and a failed mating attempt. This was demonstrated with *P. interpunctella* and *E. cautella* (GRANT et al. 1975; GRANT and BRADY 1975; BARRER and HILL 1977). PHELAN and BAKER (1990b) argued, that species isolation is not brought about by the sequence of the courtship behavior themselves, but rather that the male behavior simply delivers the male pheromonal message more efficiently. According to PHELAN and BAKER (1986b) *E. elutella* females are able to discriminate male of different size by the amount of male pheromone they produce and prefer to mate with larger males. Furthermore, it is believed that male courtship pheromones in many moths evolved within the context of sexual isolation as an adaptive response to mating mistakes (PHELAN and BAKER 1987). Nevertheless, may it be simply chemically based or the combination with behavioral patterns, a pregametic isolation among closely related species is well established.

Despite all the details which naturally prevent interspecific mating and courtship, the use of pheromone dispensers which release the attractant from a trap constantly over 24 hours is very convenient because basically only ZETA is needed to attract males of the several different stored product pyralids (GANYARD and BRADY 1972). Additionally, usually only very small amounts are needed to elicit male response. In *P. interpunctella* e.g. the upwind anemotaxis threshold of the sex pheromone main compound was found to be in the magnitude of  $10^6$  molecules/cm<sup>3</sup> at 23°C and only  $10^4$  molecules/cm<sup>3</sup> at 34°C (MANKIN et al. 1980a). Both, the increase of flight speed and molecule motions at higher temperatures might be responsible for this. For effective monitoring a high purity of the active compound was recommended, one of the possible enantiomers, Z,Z-9,12- tetradecadienyl-acetate was shown to have partly inhibitory effects on at least *P. interpunctella* males (VICK and SOWER 1973).

#### *Sitotroga cerealella*:

Females of the Angoumois grain moth *Sitotroga cerealella* also produce a substance that is attractive to males, with female attractivity decreasing shortly after mating (KEYS and MILLS 1968). A different acetate than in the stored product pyralids serves as female main sex pheromone component in this gelechid moth. The pheromone is produced in the female abdominal tip (BRADY 1969b) and was reported to be Z,E-7,11-hexadecadienyl-acetate (ZEHA or HDA) as the active compound (VICK et al. 1974), which elicited maximum male response shortly after and during the scotophase (SOWER et al. 1973b; VICK et al. 1974; KANAUIA and SIDHU 1980). Bioassays with all four possible geometric isomers of 7,11 HDA revealed that only

the Z-7,E-11-hexadecadienyl-acetat was biologically active (SU and MAHANY 1974). Secondary pheromone components have not yet been reported in *S. cerealella*.

*Corcyra cephalonica*:

An exemption to long range pheromones produced by the females and courtship scents emitted by males was found in the stored product moth *Corcyra cephalonica*, the rice moth. Males of *C. cephalonica* release a pheromone in order to attract females which then approach the partner usually by walking rather than flying. This mating behavior is not atypical and commonly observed in the pyralid subfamily Galleriinae (ZAGATTI et al. 1987). The male pheromone produced in wing glands was reported as a blend of E,E-3,7,11-trimethyl-2,6,10-dodecatrienal (farnesal) for the main component and Z,E-farnesal as a minor compound. The short range attractant or male stimulating scent emitted by the female after locating the male was given as 6,10,14-trimethyl-2-pentadecanol of undetermined stereoisomery and with possible additional minor compounds (HALL et al. 1987). MORI et al. (1991) confirmed the activity of the female courtship scent and stated the 2*R*,6*R*,10*R*-enantiomer as being most active.

**Pheromones of Stored Product Coleoptera:**

The pheromones produced in Coleoptera associated with stored products are by far more diverse than the moth pheromones. Chemically they are very inhomogenic, ranging from simple alcohols, aldehydes, ketones and esters to quinones, macrolides and pyranes with specific geometric and diastereomeric isomers and often more than one main component. The physical properties of different isomers may vary not that great, but more so the physiological effects they have in the message receiving organisms (BESTMANN and VOSTROWSKY 1982, 1988).

The chemical antipode to a pheromone may has no or only minor attracting effect or may even be an inhibitor and is usually produced naturally only in very minor amounts. The behavior that is elicited by the attractant or arrestant chemical can be grouped into one of two main strategies (BURKHOLDER 1982). Female produced sex pheromones attracting conspecific males for the purpose of mating bring the sexes spatially and temporally together. This strategy is found in species of the Anobiidae, Bruchidae, and most Dermestidae in which the adults usually do not feed and generally live less than one month. Species with feeding and longer living adults have male produced aggregation pheromones which attract both sexes to suitable sites for feeding, mating, and breeding. Typically this is found in the stored product Cucujidae, Curculionidae, Bostrychidae and Tenebrionidae. From the weevils of the genus *Sitophilus* it is known that the aggregation pheromone is only produced when the adult males have direct access to food (WALGENBACH and BURKHOLDER 1986). The production of the aggregation pheromones in association with food availability was also reported for *Tribolium castaneum* (HUSSAIN et al. 1994a), for *Rhyzopertha dominica* (OBENG-OFORI and COAKER 1990a, MAYHEW and

PHILLIPS 1994), for *Prostephanus truncatus* (BOUGHTON and FADAMIRO 1996), and for most Cucujidae (BORDEN et al. 1979; MILLAR et al. 1985a, 1985b; PIERCE et al. 1988).

#### Anobiidae

##### *Stegobium paniceum*:

Females of the drugstore beetle *Stegobium paniceum* produce a sex pheromone to which only males are attracted (BARRATT 1974). Males never responded to live or extracted males nor did females respond to live or extracted males or females. Thus the female pheromone serves to bring the mates together. Females start to produce the pheromone immediately after enclosure while still being in the pupal cocoon but secretion is delayed until maturity. Live females become attractive to males when they are 4 to 5 days old with maximum attractiveness after about one week. Older females become progressively less attractive. Males are most sensitive to the pheromone also after about one week. Mated females produce less pheromone and mated males are significantly less responsive, probably due to habituation to the pheromone.

KUWAHARA et al. (1975) confirmed the presence of a female sex pheromone in the drugstore beetle and determined the empirical formula of the pure isolated pheromone molecule to be  $C_{13}H_{20}O_3$ , and the threshold amount necessary to elicit male sexual behavior was given as  $10^{-2}$   $\mu$ g of the crude female extract. The chemical structure of the female sex pheromone in *S. paniceum* was revealed to be 2,3-dihydro-2,3,5-trimethyl-6-(1-methyl-2-oxobutyl)-4H-pyran-4-one (KUWAHARA et al. 1978). The first successful synthesis of the drugstore beetle pheromone was reported by ANSELL et al. (1979), and its trivial name stegobione was proposed. In bioassays a threshold as low as  $10^{-4}$   $\mu$ g was active as a sex attractant. The absolute stereochemical configuration of the three optical centers was assigned as to be 2S, 3R, and 7R (HOFFMANN and LADNER 1979; HOFFMANN et al. 1981). KODAMA et al. (1987a) found that the enantiomeric isomer 2S,3R,1'S (same as 2S,3R,7S) and the diastereomeric isomers 2S,3R,1'RS (same as 2S,3R,7RS) were inactive to male *S. paniceum*, and adding the 2S,3R,1'S-isomer to the active pheromone 2S,3R,1'R-stegobione reduced the male response, thus inhibiting the activity of the pheromonal diastereoisomer. Inhibitory isomers do not occur in female drugstore beetles, but they were formed by epimerization at room temperature after two weeks and the activity of a former pure stegobione was entirely lost. This needs to be taken into consideration when using stegobione in pheromone traps. It either needs to be replaced more often than other lures or epimerization inhibitors need to be added to the lure.

Although there had been no indication of additional pheromone components being involved in elicitation of male sexual excitement, KODAMA et al. (1987b) identified a second pheromone component, 2,3-dihydro-2,3,5-trimethyl-6-(1'-methyl-2'-hydroxybutyl)-4H-pyran-4-one which was named stegobiol. The relative configuration was determined as 2S,3R,1'S,2'RS. With a threshold activity of  $10^{-3}$   $\mu$ g stegobiol elicited the same response in *S. paniceum* males as stegobione. Due to the hydroxy substitute at position 2' the volatility of stegobiol should be depressed compared to stegobione. This and the observation of a little longer lag time before males

responded to stegobiol led to the discussion of stegobiol being a short range and stegobione being a long range sex attractant (KODAMA et al. 1987b).

*Lasioderma serricorne*:

Males of the cigarette beetle *Lasioderma serricorne* are strongly attracted to the odor of females, where as females show no response to odors of either sex (BURKHOLDER 1970; COFFELT and BURKHOLDER 1972). The observed occurrence of a peak of extractable pheromone in 4 to 6 day old females was associated with the physiological sexual maturity (COFFELT and BURKHOLDER 1973). The chemical structure of the female produced sex pheromone in *L. serricorne* was established as 4,6-dimethyl-7-hydroxy-nonan-3-one (CHUMAN et al. 1979a) and as little as 10 pg of the sex pheromone elicited typical responses in male cigarette beetles. The first non-stereospecific synthesis of the pheromone was reported by CHUMAN et al. (1979b), and serricornin was proposed for its trivial name. The structure of serricornin possesses three chiral centers at C<sub>4</sub>, C<sub>6</sub> and C<sub>7</sub> for which the relative configuration of C<sub>6</sub> and C<sub>7</sub> was demonstrated to be *threo* (6*S*,7*S* or 6*R*,7*R*) (CHUMAN et al. 1981). Precopulatory behavior and typical male responses were significantly higher in the presence of 6,7-*threo*-serricornin than in the presence of the other enantiomers (CHUMAN et al. 1982a, 1982b). The absolute configuration of serricornin at C<sub>4</sub>, C<sub>6</sub> and C<sub>7</sub> was established as 4*S*, 6*S* and 7*S* (MORI et al. 1981a, 1982a).

With biotests and electro antennogram recordings CHUMAN et al. (1985) clearly demonstrated that all three chiralities are required in the molecule for pheromone recognition, the activity of 4*S*,6*S*,7*S*-serricornin was much greater than that of the other serricornin stereoisomers. LEVINSON and LEVINSON (1986a, 1987) concluded from their findings that although the *erythro*-diastereomers elicited receptor potentials in the male antennae they acted in antagonistic or at least weak suppressing effects on the sexual behavior of males. Natural *S,S,S*-serricornin exists in an equilibrium between the acyclic keto alcohol form and the cyclic hemiketal form in a ratio of 1:2.5 (MORI et al. 1984; CHUMAN et al. 1985), however, it remains unknown which of the two or the specific ratio is required in the copulatory communication of the cigarette beetle.

LEVINSON et al. (1981a) had discovered a second pheromone component in extracts of unmated females of the cigarette beetle which was produced in smaller amounts than serricornin. The second component was called anhydroserricornin because of its chemical structure 2,6-diethyl-3,5-dimethyl-3,4-dihydro-2*H*-pyrane. From biotests and recordings of receptor potentials from the antenna of male *L. serricorne* it was concluded, that the pheromone activity of synthetic anhydroserricornin is distinctly higher than that of synthetic serricornin. And further more, at certain ratios of serricornin and anhydroserricornin, the former compound was able to markedly inhibit the behavioral responses of male cigarette beetles to the later compound (LEVINSON et al. 1982; LEVINSON and LEVINSON 1986b). However, these findings were not confirmed by CHUMAN et al. (1982a), but on the contrary, it was stated that anhydroserricornin has no or only little pheromone activity.

Serricorone 2,3-*cis*-2,3-dihydro-3,5-dimethyl-2-ethyl-6-(1-methyl-2-oxobutyl)-4*H*-pyran-4-one and serricorole 2,3-*cis*-2,3-dihydro-3,5-dimethyl-2-ethyl-6-(1-methyl-2-hydroxybutyl)-4*H*-pyran-4-one were reported as additional sex pheromone

components, and amounts of  $10^{-1}$   $\mu\text{g}$  of the synthetic components elicited typical sex pheromone activity in males of *L. serricornis* (CHUMAN et al. 1983).

When reinvestigating the sex pheromone system of *L. serricornis*, CHUMAN et al. (1985) assigned the absolute configuration for both serricornone and serricornole as 2*S*,3*R* and reported 4,6-dimethylnonan-3,7-dione as well as 4,6-dimethylnonan-3,7-diol and 4,6-dimethyl-7-hydroxy-4-nonen-3-one as additional compounds occurring in female extracts.

The presence of all these compounds in female extracts does not automatically stand for their contribution to the overall female sex pheromone bouquet. Results of bioassays showed that serricornin is the main component of the sex pheromone evoking strong attractiveness even when presented alone. Serricornone and serricornole also stimulate sexual activity but somewhat weaker than serricornin. The other compounds are believed to have only slight if any effects. However, their occurrence and structural relationship were reason to suggest a polyketide biosyntheses in the natural pheromone production pathways by the female (CHUMAN et al. 1985).

The pheromone producing gland was located in the female's second abdominal segment (LEVINSON et al. 1983; LEVINSON and LEVINSON 1987), males were lacking this morphological structure. Hexane extracts of the pheromone glands were shown to be attractive to male *L. serricornis* and induced high receptor potentials in the olfactory sensilla of the antennae.

#### Dermestidae

##### *Attagenus* spp.:

Females of several *Attagenus* species demonstrated a 12 hour diurnal calling behavior after approx. 4 days of age which was associated with the release of a sex attractant (BARAK and BURKHOLDER 1977, 1978). In *A. brunneus* (= *elongatulus*) female calling activity, female pheromone content, and male responsiveness was highest during the early hours of this cycle, very similar to *A. rufipennis* females, which however, did not call until they were 12 to 14 days of age. *A. megatoma megatoma*, *A. megatoma canadensis*, *A. schaefferi spurcus*, and *A. bicolor* called most during the middle of the period, where as calling of *A. megatoma japonicus* reached a peak near the end of the cycle.

The female produced sex pheromone of the black carpet beetle *A. unicolor* (formerly known as *A. megatoma* (Fabricius) or *A. piceus* (Olivier)) was the first successful isolation, identification and synthesis of a sex attractant in insects associated with stored products. E,Z-3,5-tetradecadienoic acid was reported to be the principal sex attractant (SILVERSTEIN et al. 1967). It is emitted by the female and is attractive to the male. The synthesized compound was named megatomoic acid (RODIN et al. 1970) and mimicked the natural behavior of males towards females nicely. However, male response to female extracts was slightly higher, indicating either additional minor compounds which were not detected or a concentration depending response. Very high concentrations of megatomoic acid in a confined space caused confusion and habituation in male black carpet beetles (BURKHOLDER 1973).

The Z,Z-isomer of 3,5-tetradecadienoic acid was identified as the major sex attracting component in extracts of virgin females of *A. brunneus* (= *elongatulus*) (FUKUI et al. 1977).

Cross- attraction of males to non-conspecific female extracts of similar levels occurred only between *A. schaefferi spurcus* and the three subspecies of *A. megatoma*, while *A. brunneus* (= *elongatulus*), *A. rufipennis*, and *A. bicolor* seem to be pheromonal isolated (BARAK and BURKHOLDER 1978).

The site of the pheromone production is believed to be in the female abdominal sternites (BARAK and BURKHOLDER 1977).

#### *Anthrenus* spec.:

*Anthrenus flavipes* females were found to have an entrainable daily calling rhythm which occurred during the first hours of the photoperiod and was correlated closely with active pheromone production, maximum male response to the sex attractant, and the peak mating period (BURKHOLDER et al. 1974; MA and BURKHOLDER 1978). This pheromone produced by virgin furniture carpet beetle females was identified as Z-3-decenoic acid (FUKUI et al. 1974). On average a 10 day old virgin female of *A. flavipes* produced 198.6 ng of the attractant chemical but only 13.1 ng of the synthetic compound was necessary to elicit response in 50% of bioassayed males (MA et al. 1980).

Virgin females of *A. verbasci*, the varied carpet beetle, also release a sex pheromone that attracts males and stimulates their sexual response. This sex pheromone was concluded to be a mixture of Z- and E-5-undecenoic acid (KUWAHARA and NAKAMURA 1985).

Females of the guernsey carpet beetle, *A. sarnicus*, release decanol and decyl *n*-butyrate which were reported as sex attractants in this species (FINNEGAN and CHAMBERS 1993). Both components appeared in approx. equal amounts and decyl butyrate produced a large electro-antennogram-response in males. Since decyl butyrate was only slightly less attractive when presented alone, decanol was discussed as a minor synergist in the pheromone mixture.

#### *Trogoderma* spp.:

A volatile substance was obtained from unmated females of *Trogoderma inclusum* and *Trogoderma glabrum* that influenced the behavior of the respective males (BURKHOLDER and DICKE 1966). The response of males towards female extracts or filterpaper previously exposed to females was characterized by an extension of the antennae and a typical zigzag pattern of approach as well as attempts of copulation. Khapra beetle, *Trogoderma granarium*, females were found to release a pheromone which attracts mainly conspecific males and to some extent also conspecific females (BAR ILAN et al. 1965). The existence of a chemical odorous substance produced by female khapra beetles which attracted males was first hypothesized by VOELKEL (1924). Males of *T. granarium* became very excited in the presence of virgin females whereas their behavior was rather calm in the absence of females, or when these were already mated and/or too old. A typical behavior of a rhythmic extruding of the

ovipositor was observed only in virgin females and was associated with the release of a male attracting odor.

Characteristic compounds of the female assembling scent were reported as ethyl oleate, ethyl palmitate, ethyl linoleate, ethyl stearate and methyl oleate but their specificity seemed to be rather low (IKAN et al. 1969).

YINON and SHULOV (1967a) reported a male secreted pheromone in *T. granarium* which acted as an attractant for conspecifics of either sex, and because this pheromone attracted individuals of the same sex more readily than the opposite sex it was regarded as an aggregation substance (YINON and SHULOV 1967b). The response of some fecal components having attractive characteristics on both sexes were studied by STANIC and SHULOV (1969). Briefly extracted females of *T. granarium*, to obtain the cuticular lipids only, revealed the existence of palmitic and oleic acids accompanied by minor quantities of linoleic, stearic, margaric, and palmitoleic acids, of which palmitic and palmitoleic acids attracted and arrested khapra beetle females (COHEN et al. 1971). However, it was noted that numerous species respond to these acids and because the quantity required to affect the response in khapra beetle females was rather high, they were not regarded as an assembling scent in *T. granarium*. Besides the assembling effect elicited by the odorous compound derived from body extract, certain repellent effects, repulsing other stored product beetles like *Tribolium castaneum*, *Tenebrio molitor* or *Oryzaephilus surinamensis* were also ascribed to this compound (YINON and SHULOV 1969a, 1969b, YINON et al. 1971).

Reinvestigating the attractiveness of body extracts from male and female khapra beetles LEVINSON and BAR ILAN (1967, 1970a, 1970b) and LEVINSON and LEVINSON (1973) reported that the attractive function of the female scent is greater in males than in females which in general were more sessile and less sensitive to the assembling chemical. After several copulations males do not respond further to the scent whereas unmated males remain responsive throughout life. The attractancy of the male pheromone was rated as being relatively low or negligible.

Chemical analysis of female body extracts from *Trogoderma inclusum* led to the identification of the two compounds Z-14-methyl-8-hexadecen-1-ol and Z-14-methyl-8-hexadecenoate, which were active alone and additive together in eliciting male response very similar to live females (RODIN et al. 1969). Both these compounds were tested on male *T. granarium* with Z-14-methyl-8-hexadecen-1-ol being 250 times more attractive than the corresponding ester (LEVINSON and LEVINSON 1974). Body extracts from virgin *T. glabrum* females revealed the major active compounds E-14-methyl-8-hexadecenoate, E-14-methyl-8-hexadecen-1-ol, and additional minor compounds also capable of independently eliciting sexually excitatory responses in conspecific males (YARGER et al. 1975).

Earlier studies had shown, that extracts of filterpaper previously exposed to female khapra beetles, thus only containing trapped volatiles originating from the females and not entire body extracts, significantly only attract males and fail to evoke any response from females (ADEESAN et al. 1969). IKAN et al. (1971) isolated but not identified volatile fractions of females, which, at very low concentrations, had a strong attractive effect on males and caused them to attempt copulation. Male responsiveness to the sex pheromone extracts from filterpaper increased with age, reaching a maximum after one week post pupal eclosure and remained at a high

level for at least two weeks. Again, mated males showed significantly less response than unmated males.

Finally, it was found that not the active compounds extracted from whole females, which actually were not released into the air, but an airborne component, not found in macerated female, was responsible for male attraction to females. Z-14-methyl-8-hexadecanal for *T. inclusum* and *T. variabile*, E-14-methyl-8-hexadecanal for *T. glabrum*, and a mixture of Z- and E-14-methyl-8-hexadecanal in a ratio of 92:8 for *T. granarium* were identified as major female sex pheromone components (CROSS et al. 1976; GREENBLATT et al. 1976; CROSS et al. 1977). These findings suggested that the stored form of the pheromone, the alcohol or the ester, may be converted to the more volatile aldehyde before or during release. The corresponding alcohol and ester of 14-methyl-8-hexadecenal appeared only in very minor amounts in the trapped volatiles and showed significantly less activity in eliciting male arousal than the aldehyde. Using the electro-antennogram-technique LEVINSON et al. (1978a) showed the importance of Z- and E-14-methyl-8-hexadecenal in *T. granarium* over the corresponding alcohols and esters when recording higher potentials in the presence of the aldehydes. 14-methyl-8-hexadecenal was given the trivial name trogodermal, and Z-trogodermal was about 10 times more active than E-trogodermal in the male khapra beetle.

The establishment of the optic activity of the asymmetric center at carbon 14 of trogodermal is reported contradictory in the literature. Based on biotests with *T. granarium* males, using synthetic 14-methyl-8-hexadecenal ROSSI and NICCOLI (1978) and ROSSI et al. (1979) believed the S-configuration of Z- and E-trogodermal causing excitation of males while the R-enantiomers were less attractive. On the contrary, LEVINSON and MORI (1980) and LEVINSON et al. (1981b) based on bioassays and electro-antennogram-recordings found the R-enantiomers of Z- and E-trogodermal by far more active than the S-configurations. Differences in strains of khapra beetles were not detected. For *T. glabrum*, *T. inclusum*, and *T. variabile* the R-enantiomer of trogodermal were more active than the S-configuration by about two orders of magnitude (SILVERSTEIN et al. 1980). Earlier, MORI (1974) reported the absolute configuration of the pheromone precursors Z-14-methyl-8-hexadecen-1-ol and Z-14-methyl-8-hexadecenoate to be 14R. However, neither study determined the enantiomeric composition of the natural compounds emitted by the insects, all bioassays and electro-antennogram-recordings were done with synthetic trogodermal.

Histological studies of the female abdomen of *T. granarium* suggested that the intersegmental fold between the 5<sup>th</sup> and the 6<sup>th</sup> sternite served as a multicellular gland excreting the pheromone (STANIC et al. 1970). HAMMACK et al. (1973) found an enlarged glandular epithelium in the inner surface of the 7<sup>th</sup> sternite (the 5<sup>th</sup> visible sternite) of *T. glabrum*, *T. inclusum*, *T. variabile*, *T. grassmani*, and *T. sternale*. Hexane extracts of intact *T. glabrum*, *T. inclusum*, and *T. variabile* were more active to males than extracts of females with the 7<sup>th</sup> abdominal sternite removed.

Interspecific response to female extracts of several *Trogoderma* species and cross-attraction of males to non conspecific females in bioassays were recorded by VICK et al. (1970). Males of *T. inclusum*, *T. simplex*, and *T. variabile* cross-responded well to female extracts of *T. inclusum*, *T. simplex*, *T. variabile*, *T. granarium*, and *T. grassmani*. *T. glabrum* and *T. sternale* appeared different from those and from each



other. The cross-attraction was explained by the occurrence of the pheromone precursors 14-methyl-8-hexadecen-1-ol and 14-methyl-8-hexadecenoate in the Z-configuration in female body extracts of *T. inclusum*, *T. variabile*, and *T. granarium* which had some attractiveness to males of *T. inclusum* and *T. variabile* which utilize Z-trogodermal as their sex pheromone (GREENBLATT et al. 1977). *T. glabrum* appeared different because the pheromone precursors are E-14-methyl-8-hexadecen-1-ol and E-14-methyl-8-hexadecenoate. However, since some cross-attraction did occur, other isolating mechanisms must exist to prevent interspecific mating attempts. In fact, certain different circadian rhythms in the female sex pheromone releasing behavior and the male responsiveness were found in *Trogoderma* species. Calling behavior of virgin *T. glabrum* females which was associated with pheromone release was largely restricted to an 8 hour interval centered towards the middle of the 16 hour photoperiod. Male activity and mating increased during the same 8 hour interval (VICK et al. 1973a; HAMMACK et al. 1976; SHAPAS and BURKHOLDER 1978a), and the behavior of both sexes was found to be entrainable (HAMMACK and BURKHOLDER 1976). Pheromone release of *T. variabile* females and male response peaked at dawn at the beginning of the photophase, whereas female calling behavior and mating in *T. inclusum* occurred mainly during midphotophase. *T. glabrum* called during the midphotophase as well, but slightly later than *T. inclusum* (VICK et al. 1973a; SHAPAS and BURKHOLDER 1978b). Female calling and mating frequency in *T. granarium* was also centered around the middle of the photophase (HAMMACK and BURKHOLDER 1981). Thus the two species that relay singly on Z-trogodermal, *T. variabile* and *T. inclusum*, are most sexually active at different times of the day. *T. inclusum*, *T. glabrum*, and *T. granarium* which have nearly coincident calling and mating times utilize opposite isomers of trogodermal or a specific ratio of the sex attractant and prevent cross-attraction to some extent (SHAPAS and BURKHOLDER 1978a). Although *T. granarium* and *T. inclusum* seldomly occur sympatrically due to their difference in food preference and global distribution (WEIDNER 1983a), the khapra beetle relaying mainly on Z-trogodermal and *T. inclusum* relaying exclusively on Z-trogodermal must have additional species isolating mechanisms.

#### *Thylo-drias contractus*:

Virgin females of the odd beetle *Thylo-drias contractus* produce a volatile sex pheromone that attracts conspecific males (MERTINS 1982). The volatile material could be trapped on filterpaper which was able to elicit sexual responses when presented to males. Mated females or filterpaper exposed to mated females failed to elicit excitement in males. Males of the odd beetle are believed to release a short range aphrodisiac chemical which stimulates the female just prior and during copulation.

#### *Dermestes maculatus*:

The pheromone system of *Dermestes maculatus*, as investigated so far, differs from the previous species of the family Dermestidae. Males of the hide beetle were shown to have a sternal cavity which is linked to a subepidermal exocrine gland and of which hexane extracts were demonstrated to be attractive to unmated males of the same species (LEVINSON et al. 1978b). Gland contents were analyzed as isopropyl

Z-9-dodecenoate, isopropyl Z-9-tetradecenoate, isopropyl Z-9-hexadecenoate, and isopropyl Z-9-octadecenoate of which only the first two and to some extent the third compound elicited receptor potentials when offered for electro-antennogram-recordings of the male hide beetle antenna. The fourth compound was inactive. Additional male gland components which were able to elicit electro-antennogram-recordings of females were isopropyl Z-5-dodecenoate and isopropyl Z-7-dodecenoate (FRANCKE et al. 1979; LEVINSON et al. 1980a). Furthermore, the faeces of male and female *D. maculatus* contain aggregation and feeding stimulants which were extractable in pentane (LEVINSON et al. 1980b). The faecal pellets contain palmitic acid, oleic acid, stearic acid, linoleic acid, linolenic acid, myristic acid, and several short-chain fatty acids in minor amounts. Only oleic acid and linoleic acid were found to be efficient feeding aggregants for adult beetles and are believed to be responsible for the respective activity of the faecal fatty acids. Females not only produce significantly more faecal pellets than male hide beetle but also excrete larger amounts of faecal fatty acids, relatively and absolutely. Thus, male and female *D. maculatus* utilize excreted fatty acids as feeding aggregants and male hide beetles modify dietary fatty acids to fatty acid isopropylates within a specialized gland. Production of isopropylates gradually increases with male age and is employed by female hide beetles as recognition pheromones (LEVINSON et al. 1981c). Larvae of *D. maculatus*, however, were shown to be very responsive to palmitic and stearic acids (COHEN and LEVINSON 1974).

The existence of an extractable female produced sex pheromone which excites males was reported by ABEL-KADER and BARAK (1979). Peak amounts of extractable pheromone and male response on a daily rhythm occurred during the latter hours of the photoperiod whereas absolute amounts of pheromone production in females and male responsiveness increased with age. Evidence for a female response to either male or female extracts or a male response to male extracts were not found.

SHAAYA (1981) confirmed the attractiveness of male *D. maculatus* to conspecific males and females and that faeces extracts of both sexes attract males while females are not attracted. However, data was also presented that males are somewhat attracted to extracts of virgin females.

## Bruchidae

### *Acanthoscelides obtectus*:

Evidence of a male produced pheromone in the dry bean weevil *Acanthoscelides obtectus* possibly acting as a female sex attractant was reported by HOPE et al. (1967). The scent was extractable in hexane and associated within the outer cuticular surface or a gland opening on it of the male's thorax or abdomen. Biological studies revealed that virgin female *A. obtectus* of about one day of age are attracted to unmated or mated caged males by a pheromone (HALSTEAD 1973). The pheromone extract in hexane was extremely stable in solution. Surfaces which had been exposed to males or male extracts attracted females as well. After mating, females are no longer attracted to males and remain unresponsive for the rest of their lives. Males are not attracted by females, female extracts or conspecific males or male extracts. Neither are the males repelled by conspecific males. In dual-choice tests virgin females preferred male contaminated beans over female contaminated or uncontaminated beans, while mated females did not show any preference.

Chemical fractions obtained from male dry bean weevils a few days after emergence from the pupal stage attracted conspecific females and were identified as methyl-n-tetra-E-2,4,5-trienoate (HORLER 1970).

The abdominal integumentary glands presumably producing the sex pheromone were described by BIEMONT et al. (1990).

*Callosobruchus spec.:*

Males of the cowpea weevil, *Callosobruchus maculatus*, are attracted to females and show a characteristic courtship behavior when exposed to female odor (RUP and SHARMA 1978). Female attraction towards males or intrasexual attraction was not observed in *C. maculatus*. The pheromone is released from the abdominal tip by a typical calling position and mating reduces pheromone emission by the female. Males, however, remain responsive after matings (QI and BURKHOLDER 1982). The onset of calling occurred mainly within the first two hours of the photoperiod.

Strain differences between a flightless and a flight-form of *C. maculatus* in male response towards the female sex attractant and parameters influencing pheromone release by females were studied by LEXTRAIT et al. (1994, 1995). The latency time of reaction in flightless male *C. maculatus* was shorter than in the flight-form. They were able to successfully respond and locate the pheromone source regardless whether the odor was presented continuously or in discrete odor plumes. In contrast, the flight-form males displayed a markedly reduced response when subjected to a continuous stimulation. The emission of the pheromone by the female seemed to be correlated with the reproductive status. The flightless-form females are sexually mature at emergence and begin to release the pheromone on the first day. The flight-form females exhibit no reproductive activity at emergence and thus show a delayed emission of pheromone. Furthermore, the presence of host plant seeds tended to stimulate pheromone release in flight-form females while host plant seed had no apparent effect on pheromone release in females of the flightless-form.

The chemical nature of the female sex pheromone of *C. maculatus* was revealed in part by SHU et al. (1996) and in more details by PHILLIPS et al. (1996). Each of the acids 3-methyleneheptanoic acid, Z-3-methyl-3-heptenoic acid, E-3-methyl-3-heptenoic acid, Z-3-methyl-2-heptenoic acid, and E-3-methyl-2-heptenoic acid is active individually for males, of which the 3Z and 3E compounds elicits the highest response. Combinations of two or more compounds have an additive effect. The source for the sex pheromone of *C. maculatus* is believed to be the female's pygidium, because solvent extracts of that region elicited highest electro-antennogram-responses from the male antennae (RAMASWAMY et al. 1995).

The existence of a female sex pheromone in the azuki bean weevil *Callosobruchus chinensis* was demonstrated by examining the sexual behavior of the male against virgin females (HONDA and YAMAMOTO 1976, GHARIB et al. 1992). Males were highly attracted to confined females in bioassays while confined males showed no attraction to females. Attraction between adults of the same sex was not observed. However, isolation and identification has not been fully successful to date. The observation that a female *C. chinensis* dead or alive, is capable of both attracting and causing copulation in a conspecific male, but that the sex attractant alone does not cause copulation, led to the identification of a copulation release pheromone with

it's own activity (TANAKA et al. 1981, 1982). The copulation release chemical is distinct from the sex pheromone and partly present also in males. The copulation release pheromone was found to be a mixture of two synergistically acting fractions neither having any activity alone. One fraction consists of the hydrocarbons 3-methylpentacosane, 11-methylheptacosane, 3-methylheptacosane, 11-methyl-nonacosane, 13-methylnonacosane, 11,15-dimethylnonacosane, 13-methyl-hentriacontane, 9,13-dimethylhentriacontane, and 11,15-dimethyltrtriacontane. The other fraction is made up out of E-3,7-dimethyl-2-octene-1,8-dionic acid, named callosobruchusic acid. The copulation release pheromone was given the trivial name erectin.

The female sex pheromone of *Callosobruchus analis* is given as Z-3-methyl-2-heptenoic acid which was isolated from volatiles of virgin females. This compound elicited electro-antennogram-responses in males and caused male attraction and arrestant behavior in bioassays (CORK et al. 1991a). However, PHILLIPS et al. (1996) failed to detect Z-3-methyl-2-heptenoic acid, which is part of the cowpea weevil female sex pheromone, in *C. analis* and found a not further characterized C-8 acid instead.

#### *Zabrotes subfasciatus*:

In all cases studied, males of *Zabrotes subfasciatus* were attracted to virgin females when these were left in contact with bean seeds (PIMBERT 1987). Attraction was enhanced when virgin females were older. The attraction of females stopped after insemination but began after a certain period of time again. Males were not able to attract females. Electro-antennogram-recordings revealed that young virgin females were only capable of eliciting receptor potentials in males when contact to bean seeds was given (PIMBERT and POUZAT 1988). Older virgin females elicited receptor potentials also in the absence of seeds. Thus the host plant plays a key role and the time to reach sexual maturity which is correlated with the production and emission of the sex pheromone and is speeded up by sensory perception of the host plant in young virginal females (POUZAT et al. 1989).

Oviposition deterrents or so called marker pheromones, chemical substances which are recognized by conspecific females and prevent additional egg deposition on already infested seeds, have been reported in several bruchids (GIGA and SMITH 1984/1985; Credland and Wright 1990; Mbata 1993; Mbata and Ramaswamy 1995). Males and females of *A. obtectus* are thought to chemically mark beans which results in avoidance of these beans by other females for oviposition (SZENTESI 1981). MESSINA and RENWICK (1985) and MESSINA et al. (1987) showed that females of *C. maculatus* avoid oviposition on host seeds already bearing conspecific eggs. This behavior was presumed to be mediated by an oviposition marker that was deposited with the eggs. Azuki bean weevils *C. chinensis* also clearly distinguish beans conditioned with isolates of a presumable oviposition marker from unconditioned beans or even glass beads (OSHIMA et al. 1973).

## Tenebrionidae

*Tribolium* spp.

Male produced aggregation pheromones were shown to present in the flour beetles *Tribolium confusum* (RYAN and O'CEALLACHAN 1976; O'CEALLACHAN and RYAN 1977, SUZUKI and SUGAWARA 1979), *Tribolium castaneum* (SUZUKI and SUGAWARA 1979), *Tribolium brevicornis*, *Tribolium destructor*, *Tribolium audax* (FAUSTINI et al. 1982a), and *Tribolium freemani* (SUZUKI et al. 1987). There are four possible enantiomers when synthesizing the male produced aggregation pheromone 4,8-dimethyldecanal of *T. castaneum* and *T. confusum* (SUZUKI 1980, 1981a). It was the 4*R*,8*R*-diastereomer which revealed the highest response in bioassays (BARAK and BURKHOLDER 1984/1985) and maximal antennal receptor potentials (LEVINSON and MORI 1983). In fact, the emission of only 4*R*,8*R*-dimethyldecanal by males of either species is documented (SUZUKI and MORI 1983). However, the 4*R*,8*S*-configuration showed minor attraction to *T. castaneum* in bioassays and the combination of 4*R*,8*R* with 4*R*,8*S* in a ratio of 8:2 was most active and more alluring than the 4*R*,8*R*-isomer alone (SUZUKI et al. 1984). It was proposed that 4*R*,8*S* in very small amounts could be a secondary pheromone component acting as a synergist in the red flour beetle's aggregation pheromone. This still remains to be clarified.

The aggregation pheromone for *Tribolium* spp. was given the trivial name tribolure, because 4,8-dimethyldecanal was shown to be the active compound in attracting both sexes of *T. freemani* as well (SUZUKI et al. 1987).

The production site of the aggregation pheromone is believed to be the exocrine glands beneath the setiferous sex patch on the ventral side of the femur (FAUSTINI et al. 1981, 1982b). This patch, larger in *T. castaneum* than in *T. confusum*, is a shallow oval pit with numerous erect golden-yellow hairs arising, and is only present in males. The females have neither the pit nor the associated brush of hairs (HINTON 1942). Both sexes responded to extracts of the gland's crude secretion and the aggregation pheromone production is believed to be a continuous process within the exocrine gland (FAUSTINI et al. 1981). The average production of aggregation pheromone by male *T. castaneum* was reported to be  $1.265 \pm 0.18 \mu\text{g}$  for a two day interval (HUSSAIN et al. 1994a). Aging has no overall effect on pheromone production, however, a certain rhythmic increase and decrease in pheromone emission was observed. A significant decrease in pheromone production occurred when the male beetle had no physical contact to food. Male *T. castaneum* exposed only to volatiles of cracked wheat without physical contact to food, produced pheromone levels just as low as starved beetles (HUSSAIN et al. 1994a). Thus, the production of the aggregation pheromone depends on feeding.

SUZUKI (1985) described a second aggregation substance in *T. castaneum*. This substance attracted males and females but was less active than tribolure. It is produced by both sexes and believed to be excreted along with faeces.

Another group of semiochemicals which is given off from well developed odoriferous glands in the prothorax and in the abdomen by adults of many *Tribolium* species (ROTH and HOWLAND 1941; ROTH 1943, 1945) are defense or spacing chemicals like quinones, certain alkenes, aromatic ketones and aromatic esters (ALEXANDER and BARTON 1943; LADISCH et al. 1967; HAPP 1968; HOWARD and MUELLER 1987). Some of these compound, especially 1-pentadecene, although produced in males and in females, were believed to bring the sexes together and induce copulation because,

only males appeared to be affected by these chemicals (KEVILLE and KANNOVSKI 1975). However, the same compounds were clearly demonstrated to be of repellent nature at already very low concentrations (SUZUKI et al. 1975a). The 14-, 15-, 16-, and 17-carbon alkenes, the benzoquinones, and the hydroquinones can vary in quantity and quality among and between the species (SUZUKI et al. 1975b; HOWARD 1987; PAPPAS and MORRISON 1995; PAPPAS and WARDROP 1996). Their function can be of pheromonal or allomonal character. Within a species they can counteract with the effect of the aggregation pheromone depending on the number and duration of beetles in the medium. Under the conditions of overcrowding or the lack of food, quinones are believed to act as population regulating pheromones either by directly repelling conspecifics (LOCONTI and ROTH 1953; GHENT 1963; MONDAL and PORT 1994) or by dissolving the waxy globules on the male prothoracic femur where the aggregation pheromone is emitted and thus suppress aggregation behavior (FAUSTINI and BURKHOLDER 1987). Interesting to note is, that not only adult *T. castaneum* but also the larvae were repelled by flour conditioned for a longer time with high densities of male and female red flour beetles (Mondal 1985). The allomonal or synomonal character of quinones were shown when parasitoids of stored product moth larvae, which are also preyed upon by the red flour beetle, were repelled (PRESS et al. 1986; PRESS 1988).

#### *Tenebrio molitor.*

The sense by which males of *Tenebrio molitor* are guided to the female is olfactory in nature (VALENTINE 1931). The existence of a male sexual odor distinct from that of the female was also reported. However, males were by far the more aggressive sex, easily locating the mate in a bioassay arena when both sexes were released after being held individually from the day of emergence from the pupal stage. The older the males were prior to the release, the more sensitive they became. Occasionally, females were capable of locating passive males but only in close range after accidental physical contact. Therefore, the female scent was believed to be a long range attractant where as the male odor being a short range stimulus only. Neither males or females attracted members of the same sex.

TSCHINKEL et al. (1967) as well as (HAPP and WHEELER 1969) confirmed the presence of a female produced sex pheromone which was easily extractable in ethanol. The level of extractable pheromone from body washes steadily rose from nearly undetectable in newly enclosed females to a mature level after about one week which coincided with the time that the first ova were released from the ovarioles into the oviducts thus indicating full maturity. Male responsiveness to the female sex pheromone increased accordingly with age and maturation reaching a maximum around five days after enclosure (HAPP 1970) which correlates well with findings from GERBER (1973) on general reproductive biology in *T. molitor*. There was some evidence that mated females remained attractive to males as long as the onset of egg laying behavior began (HAPP and WHEELER 1969).

The main target sex and the behavior that is elicited by the male pheromone is somewhat confusing in the literature. A short-range aphrodisiac effect on the females was given by VALENTINE (1931). Ethanol extracts of whole males offered on glass rods released copulation attempts in males with the treated glass rod indistinguishable from that with rods treated with female extracts. It was therefore

thought to be the same chemical substance with the only difference that the average level of male produced pheromone was about 18% of that per female (TSCHINKEL et al. 1967). HAPP and WHEELER (1969) stated that although males respond to male extracts they did not respond to live males, only to live females. Additionally, besides the female exciting substance, a second pheromone components was reported by HAPP (1969) which apparently acted as an anti-aphrodisiac, inhibiting the response of other males to the female scent. This anti-aphrodisiac is supposedly transferred onto the female during mating. Furthermore, in addition to the releaser qualities of the male pheromone typical attributes of a primer semiochemical were assigned also, inducing or at least accelerating pheromone production in male-pheromone receiving young females (HAPP et al. 1970). Despite the controversy it was possible, however, that all the behavioral patterns listed above could have been elicited by different compounds since there was no successful attempt in identifying the semiochemicals released by the males.

More successful was the identification of the female sex pheromone. TSCHINKEL (1970) found two pheromone compounds which acted synergistically in a 1:1 mixture inducing copulation attempts in the male yellow meal worm. The fraction „A“ was extractable in pentane, fraction „B“ in a more polar solvent. HAPP and WHEELER (1969) also believed that the female sex pheromone is a mixture of several substances. TANAKA et al. (1986) identified 4-methyl-1-nonanol as the sex attractant in the female *T. molitor*. The additional description of a nonvolatile or by far less volatile copulation release pheromone which is present in males and females, and which is synergized by 4-methyl-1-nonanol serves to solve the apparent contradiction among the previous authors on the male pheromone. It helped to explain why extracts of males when presented in high enough concentrations resulted in copulation attempts by males where as live males did not cause that reaction simply because the copulation release pheromone was not volatilized. Live females are attractive due to 4-methyl-1-nonanol. Their extracts were even more attractive due to the synergistic effect of 4-methyl-1-nonanol and the copulation release pheromone. Under natural conditions the copulation release pheromone must therefore initiate copulation after the male has located the female by her sex pheromone and physical contact between the mates has been made, very similar to the pheromone and mating biology of *Callosobruchus chinensis* (see above).

With some uncertainty the metathoracic sternum and the first two abdominal terga were reported to be the origin of pheromone secretion in the female (TSCHINKEL et al. 1967).

## Curculionidae

### *Sitophilus* spp.:

A male produced aggregation pheromone attracting both sexes occurs in the rice weevil *Sitophilus oryzae* (PHILLIPS and BURKHOLDER 1981), the granary weevil *Sitophilus granarius* (FAUSTINI et al. 1982c), and the maize weevil *Sitophilus zeamais* (WALGENBACH et al. 1983).

Sitophilure, 5-hydroxy-4-methyl-3-heptanone, was reported to be the aggregation pheromone common for *S. oryzae* and *S. zeamais* (SCHMUFF et al. 1984; BURKHOLDER et al. 1986). It's name was later changed to sitophinone because the

new name illustrated the chemical nature of the ketone (WALGENBACH and BURKHOLDER 1986). The 4*S*,5*R*-sitophinone had the highest responses in adult weevils of both sexes in biotests, more than the single other enantiomers or the racemate (PHILLIPS et al. 1985). The *R,R*-isomer is produced in only very little amounts naturally (WALGENBACH et al. 1987a). In the maize weevil less than 2% and in the rice weevil less than 8% were not of the 4*S*,5*R*-composition. The main pheromone component in *S. granarius* is 1-ethylpropyl-2-methyl-3-hydroxypentanoate, an ester named sitophilate (PHILLIPS et al. 1987). The 2*S*,3*R*-enantiomeric composition is the most active isomer and by this reflexes a high degree of similarity to sitophinone, not only in structure but also in the configuration of the optic centers (PHILLIPS et al. 1989). LEVINSON et al. (1990) confirmed the activity of 4*S*,5*R* sitophinone and 2*S*,3*R*-sitophilate for *S. oryzae*, *S. zeamais* and *S. granarius*, respectively, through electro-antennogram-recordings.

In the presence of wheat and using live male granary weevils as pheromone donors in olfactometer assays, it was shown, that virginal males are more attractive than mated males (PLARRE 1991, 1992). Unmated females showed stronger positive responses towards male odors than mated females and males in general. In the absence of any grain, *S. granarius* males and females strongly responded to the pheromone in the ranges of 20 to 2500 ng in small scale bioassays (PHILLIPS et al. 1989). With access to suitable substrate unmated females were sensitive to ca. 600 ng of synthetic sitophilate and aggregated near a pheromone baited lure (PLARRE 1994). Unmated males did not respond to these low amounts. Higher pheromone amounts of 6000 ng attracted unmated males and mated weevils of both sex. High pheromone concentrations reduced attraction (JIANG 1995) or even showed strong repellent effects (PLARRE 1994).

Recently, the possible existence of a second pheromone component in male *S. granarius* was reported but not yet identified (CHAMBERS et al. 1996). This additional compound may has a valuable role in attracting granary weevils.

The production site of the pheromone in grain weevils is not yet determined. Possible release of the aggregation pheromone with frass is unlikely, although male frass showed some attractive effects occasionally (PLARRE 1993), it is more likely that the pheromone is confined to the male's thorax or abdomen (CHAMBERS et al. 1996). It's possible presence in frass is probably due to some slight absorptions which in some cases become attractive and may act as secondary pheromone sources.

Some interspecific cross attraction between the *Sitophilus* species occurred partly in the lab (WALGENBACH et al. 1983). More so between *S. oryzae* and *S. zeamais* than between *S. granarius* and either other species.

## Bostrychidae

### *Rhyzopertha dominica*:

Males of the lesser grain borer, *Rhyzopertha dominica*, release a volatile that attracts conspecific males and females and serves as an aggregation pheromone (KHORRAMSHAHI and BURKHOLDER 1981). WILLIAMS et al. (1981) identified and synthesized the pheromone complex containing the two compounds *S*-(+)-1-methylbutyl- E-2-methyl-2-pentanoate named dominicalure 1, and *S*-(+)-1-methylbutyl-E-2,4-dimethyl-2-pentenoate named dominicalure 2, that were



attractive individually and in combination to both sexes. Apparently, the individual compounds alone were as attractive as various mixtures, however, attractancy to wild populations increased with higher dosages (COGBURN et al. 1984a; SELITSKAYA and SHAMSHEV 1994). MAYHEW and PHILLIPS (1994) showed that the absolute production of dominicalure 1 and dominicalure 2 and their ratio change continuously over a period of one month. Maximum production of dominicalure 1 and dominicalure 2 was reported to be  $1114.756 \pm 109.9$  ng and  $960.377 \pm 78.0$  ng per day, respectively. Under natural conditions the longevity of dominicalure 2 is approximately twice that of dominicalure 1, and mixing the compounds retarded the decomposition of dominicalure 1 but accelerated the decay of dominicalure 2 (COGBURN et al. 1984a, 1984b). The mating status has no influence on the pheromone production levels in males of the same age. Neither is the response to the pheromone influenced by age, mating status, or sex (DOWDY et al. 1993).

*Prostephanus truncatus*:

Very similar to *R. dominica* is the chemistry and the biology of the aggregation pheromone system of the larger grain borer, *Prostephanus truncatus*. In fact, dominicalure 1 and dominicalure 2 were highly effective individually and in combination to *P. truncatus* and were used to monitor the larger grain borer in East Africa before its pheromone components were identified (HODGES et al. 1983). HODGES et al. (1984a) then identified 1-methylethyl-E-2-methyl-2-pentenoate as an emitted volatile from male *P. truncatus* which attracts both sexes and named the chemical substance trun-call. This substance was more active than either of the dominicalures in electro antennographic recordings and twice as active in laboratory biotests and field trials. Compared to the dominicalures emitted by *R. dominica* trun-call was produced in much lower amounts (CORK et al. 1991b), and the existence of the secondary component 1-methylethyl-E,E-2,4-dimethyl-2,4- heptadienoate, with the trivial name trun-call 2 was reported. Prior, it was shown that a mixture of trun-call 1 and trun-call 2 caught ten times more *P. truncatus* than trun-call 1 alone (DENDY et al. 1989a). This was verified by LEOS-MARTINEZ et al. (1995), also stating that trun-call 2, although not statistically different, caught more larger grain borers than the mixture of both trun-calls, suggesting that trun-call 2 is a much more effective and more important attractant in the mixture than trun-call 1. In wind tunnel experiments *P. truncatus* of mixed sex did not significantly differ in the response to a single pheromone source containing trun-call 2 only, or a mixture of both trun-calls. However, males and females equally and significantly discriminated trun-call 1 from trun-call 2 when presented separately at the same time, preferring compound 2 over compound 1 (FADAMIRO et al. 1996a). Trun-call 1 and 2 differ in volatility, with trun-call 2 being released more slowly. For practical application higher amounts of trun-call 2 are recommended to achieve a steady release rate, the more so, since various ratios of trun-call 1 and 2 in a mixture showed no significant difference in trap catch (DENDY et al. 1991). An age dependent response towards the pheromone was reported by BOUGHTON and FADAMIRO (1996) with young beetles responding more quickly and staying longer in the vicinity of the pheromone than older beetles.

## Cucujidae

Flat grain beetles produce macrolide aggregation pheromones, a class of pheromones that is prevalent in stored product Cucujidae and was therefore given the trivial name cucujolides (OEHLSCHLAGER et al. 1988).

*Cryptolestes* spp.:

Males of the rusty grain beetle, *Cryptolestes ferrugineus*, produce an aggregation pheromone which elicited the response of both sexes (BORDEN et al. 1979). Adult beetles older than several months were significantly less responsive to the pheromone, however, old populations of mixed sex were still very attractive to younger beetles unless they were denied access to food. It was discussed that resident field populations of any age could therefore attract dispersing insects as long as a proved habitat remained suitable for feeding and breeding. Old, post-reproductive-phase insects would not be attracted to young infestations in which they would be counterproductive. Thus, the pheromone was attributed the status of a population pheromone.

The two synergistic macrolide aggregation pheromone components E,E-4,8-dimethyl-4,8-decadien-10-olide and 11S-Z-3-dodecen-11-olide with the trivial names of ferrulactone I and ferrulactone II were isolated from male frass volatiles (WONG et al. 1983). Threshold response were higher for a mixture of ferrulactone I and II than those observed for the individual compounds. Electro-antennogram-recordings of *C. ferrugineus* showed a high degree of specificity for the conspecific aggregation pheromone compounds with females producing electro-antennogram-recordings of significantly greater amplitudes indicating a greater sensitivity to the male produced odor (CHAMBERS et al. 1990). A ratio of 9:1 ferrulactone I to racemic ferrulactone II showed the best response. The *R* enantiomer of ferrulactone II was shown to be inactive, having no inhibitory effects (WONG et al. 1983). LINDGREN et al. (1985) reported the naturally produced ratio of ferrulactone I and II to be 1.6:1 with an hourly production rate of approximately 990 pg and 640 pg of I and II per beetle.

Preliminary studies had indicated that male flat grain beetles *Cryptolestes pusillus* also produce an aggregation pheromone (QUAIFE 1980). Three biological active compounds produced by males and attracting both sexes were identified as Z-3-dodecenolide, and Z-5-tetradecen-13-olide, as well as Z,Z-3,6-dodecadienolide (MILLAR et al. 1983, 1985a). Z-3-dodecenolide is active alone and therefore attributed the main pheromone component, however, Z-5-tetradecen-13-olide although not active alone increases the overall response and acts as a synergist in a natural ratio of about 20:1. The synergist is produced in the *S*-configuration (OEHLSCHLAGER et al. 1987). CHAMBERS et al. (1990) reported that the synergist when presented in equal amounts is as effective as the main compound in stimulating activity. Z,Z-3,6-dodecadienolide is present only in trace amounts and active only at very high amounts. It does not significantly increase the pheromone response in either sex and was regarded not as part of the actual pheromone components (MILLAR et al. 1985a). The overall pheromone production increases tremendously when the insects are kept on food.

*Cryptolestes turcicus* also communicates through a male produced aggregation pheromone which production is largely dependent on the presence of food (MILLAR et

al. 1985b). Z,Z-5,8-tetradecadien-13-olide was identified as the main pheromone component with Z-5-tetradecen-13-olide acting as a synergist. Pure *R* and *S* enantiomers of either the main compound or the synergist are inactive and a specific ratio of the antipodes are required with Z,Z-5,8-tetradecadien-13-olide of *R* 85: *S* 15 and with Z-5-tetradecen-13-olide of *R* 33: *S* 67 elicit pheromone response (MILLAR et al. 1985b; OEHLISCHLAGER et al. 1987).

#### *Oryzaephilus* spp.:

Male and female frass from *Oryzaephilus mercator*, the merchant grain beetle, and from *Oryzaephilus surinamensis*, the sawtoothed grain beetle, contain attractive volatiles in addition but distinct from food odors (PIERCE et al. 1981). Both sexes respond to the frass odors and although some interspecific attraction was observed either species is more sensitive to frass produced by conspecifics. The production of the aggregation odors was first attributed to both sexes but later found that the macrolide aggregation pheromones are male-produced. The identification of the multiple compound pheromone complex in *Oryzaephilus* was reported by PIERCE et al. (1984a, 1984b, 1985). The pheromone compounds of *O. mercator* were given as Z-3-dodecen-11-olide and Z,Z-3,6-dodecadien-11-olide, two unsaturated macrolide lactones occurring naturally in a ratio of about 1:1.25. Both sexes of the merchant grain beetle showed attractive responses towards either compound individually and towards a 1:1 mixture, however, males appeared to have a lower threshold for a positive response to Z-3-dodecen-11-olide while females had a lower threshold for responding to Z,Z-3,6-dodecadien-11-olide. The pheromone system of *O. surinamensis* is made up of the three compounds Z,Z-3,6-dodecadien-11-olide, Z,Z,-3,6-dodecadienolide, and Z,Z-5,8-tetradecadien-13-olide. The first two compounds elicited low aggregation response in either sex when presented individually and somewhat enhanced when offered in a 1:1 combination. The third compound alone elicited no response, enhanced the response when combined with either of the first two compounds but the combination of all three compounds elicited the strongest aggregation response in both sexes. The approximate natural ratio of the three components was given as 1:1:3 with Z,Z-5,8-tetradecadien-13-olide synergizing the response to the 1:1 mixture of Z,Z-3,6-dodecadien-11-olide and Z,Z,-3,6-dodecadienolide. Varying the proportion of the synergist did not alter the aggregation response. A different ratio of the two pheromone components and its synergist was given by WHITE et al. (1989) to be 4.4:1:2 which was discussed as possible strain differences. Electro-antennogram-recordings showed no difference between the responses of the two sexes to the pheromone components (WHITE and CHAMBERS 1989), but in bioassays more females were attracted when Z,Z-3,6-dodecadien-11-olide was present in higher proportions.

The absolute geometrical configuration of the chiral centers were determined analytically by OEHLISCHLAGER et al. (1987). Z,Z-3,6-dodecadien-11-olide, the pheromone compound common to *O. mercator* and *O. surinamensis* is produced in the *R*-configuration at the C<sub>11</sub> position in both species. Z-3-dodecen-11-olide is produced in *R*-configuration by *O. mercator* and Z,Z-5,8-tetradecadien-13-olide is produced also in the *R*-configuration by *O. surinamensis*. Z,Z,-3,6-dodecadienolide, the second pheromone compound in *O. surinamensis* is achiral. The biological activity of these stereoisomers was confirmed by PIERCE et al. (1987). Good

aggregation responses were shown to the *R*-enantiomers of the *O. mercator* pheromone compounds alone and in a 1:1 combination. No significant response was shown to the *S*-enantiomers either alone or in combination. Since males and females responded well to racemic mixtures of their pheromone compounds it was concluded that the *S*-enantiomers had no antagonistic effect but simply were biological inactive. The similar situation was true for *O. surinamensis*. The *R* configurations of the optic active pheromone component and of the synergist elicited the strongest responses while the *S*-enantiomers appeared to be inactive and did not inhibit or affect the response to the *R*-enantiomers.

Pheromone production by *O. mercator* or *O. surinamensis* males was detectable after less than one week post adult eclosion and high pheromone production rates were still observed after several months (PIERCE et al. 1984a). Any diel rhythm in pheromone response was not observed in either species (PIERCE et al. 1987). However, the production of an additional pheromone compound, *R*-1-octen-3-ol, was reported to occur under certain circumstances in later stages of adulthood (PIERCE et al. 1989). WHITE et al. (1989) assigned the origin of 1-octen-3-ol to be a food volatile but according to PIERCE et al. (1989) this compound is produced in both sexes of *O. mercator* and *O. surinamensis* by the second month after eclosion when maintained at a low population density. It is believed to extend the attractive range of the main pheromone components and was shown to elicit strong aggregation responses at dosages between 1 ng and 10 µg but was highly repulsive in larger dosages. Further studies showed that 1-octen-3-ol is produced by flat grain beetles as well as by certain fungi associated with stored grain (PIERCE et al. 1991b). Thus 1-octen-3-ol has a dual function being an attractive food volatile as well as a pheromone aggregating cucujids at suitable feeding sites. A third function, some allomonal characteristics can be attributed to 1-octen-3-ol also, when cucujids serve as vectors for microorganisms like fungi and are lured toward them by pheromone mimics.

Recently 13-oxo-cis-9-octadecenoic acid and 15-oxo-cis-11-icosenoic acid were disclosed from wheat flour infested by *O. surinamensis* which were not contained in fresh wheat flour and apparently cause arrestive behavior in the sawtoothed grain beetle (NAKAJIMA et al. 1996). However, bioassay data are not yet reported.

#### *Cathartus quadricollis*:

When feeding, male square-naked grain beetle, *Cathartus quadricollis*, produce the aggregation pheromone *R*-E-7-methyl-6-nonen-3-yl acetate, for which the name quadrilure was proposed (PIERCE et al. 1988). The pheromone appears to be a single compound which is attractive to both sexes with a lower threshold for eliciting behavior in females. The *S* enantiomer neither repels nor inhibits the response, it's possible role as a synergist was not clearly established.

#### *Ahasverus advena*:

The alcohol *R*-1-octen-3-ol was reported to be an aggregation pheromone for the foreign grain beetle *Ahasverus advena* (PIERCE et al. 1991a). However, the pheromone was produced mainly at low population densities and in significant amounts not until four to six weeks after eclosion. Once pheromone production started it was maintained for at least 11 weeks. Since this compound was produced

by both sexes 1-octen-3-ol was discussed to have a similar biological function like in *Oryzaephilus* spp. (PIERCE et al. 1989) to extent the attractive range of a yet unknown main pheromone compound. Although additional alcohols are produced neither of them alone or in various combinations showed activity in the bioassay.

Reviewing the chemical communication in cucujid grain beetles OEHLISCHLAGER et al. (1988) stated, that although most of the economically damaging grain beetles have similar male produced macrolide aggregation pheromones, cross attraction between the species is unlikely. The major mechanisms for species specificity in chemical communication were given primarily by the presence of a unique pheromone common only in conspecific males. Secondly, when the use of interspecifically common compounds occur, these are either inactive alone and need to be synergized uniquely in order to become active, or only one enantiomer is produced, or a species specific enantiomeric ratio of the pheromone and/or the synergist is required to attract conspecifics. The only species for which cross attraction was evident were *O. mercator* and *O. surinamensis* because they share a common pheromone compound which is also active when presented alone to either species. Nevertheless, CHAMBERS et al. (1990) have reported that *C. pusillus* responded well to *C. ferrugineus* pheromone in the laboratory. Thus some cross attraction seems to be possible after all.

As seen from above, several stored product coleopteran species utilize male produced aggregation pheromones which attract both sexes to form aggregations at suitable sites for feeding and breeding. It was argued that it would be of selective advantage for a group or species to exploit rare habitats maximally through congregations of conspecifics (BORDEN 1985 cited from PHELAN 1992). However, it is hard to deduce the selective advantage for an individual which has located a rare source in producing a pheromone that not only aids potential mates to locate the suitable site but also conspecifics of the same sex, which most likely, would become competitors for food and mates. Discussion of the adaptive selection of aggregation pheromones must be based on the benefit that maybe accrued to the individual (PHELAN 1992).

For comparison, well studied aggregation pheromone systems are found among the bark beetle family Scolytidae. During the first phase of an aggregation at a host tree the attractant pheromone emitted by the pioneer beetles which are males in most cases recruits enough conspecifics to overcome host tree resistance and defense (BORDEN 1974; RAFFA et al. 1993). To complete this primary task only the number of arriving individuals in a short time is relevant not their sex. To successfully infest stored commodities stored product beetles certainly do not have to overcome host defense systems. However, stored product Coleoptera do also occur outdoors, away from storage facilities (see monitoring below) and non stored product species closely related to post harvest pests in the Tenebrionidae, Curculionidae and Cucujidae feed and breed on physiological very active host plant parts and have to face host defense mechanisms and most likely rely on aggregation pheromones to overcome these (WEIDNER 1983b; MAYER and M<sup>c</sup>LAUGHLIN 1991; LEVINSON and LEVINSON 1994). In these cases only a larger number of individuals is capable of weakening the host and altering their habitat more suitable. In the storage environment, where seeds and other harvested products are usually stored under lower temperature and rather dry

conditions, the utilization of aggregation pheromones can be regarded as being preadaptive for this new habitat, now functioning in aggregating individuals for the purpose of locally altering the microclimate. This can be achieved by heating and moistening the surroundings through insect metabolism while feeding and through respiration activities (SINGH et al. 1976). Aggregation pheromones therefore may not bring the individuals into physical contact with one another as sex pheromones do for the purpose of mating, but to congregate a larger number of individuals in a closer space to influence the temperature and relative humidity. Rising humidities and temperatures have been recorded from hot spots formed by stored product beetles and weevils (FREY 1952; LONGSTAFF 1981; SINHA 1984). These, for the insects more favorable conditions, are restricted to the infestation pockets, heat loss through conduction to the periphery is minimal (HOWE 1962). Depending on the initial grain temperature, the moisture content and the population size the metabolic heat production of *C. ferrugineus* can range from 0.72  $\mu$ W to 21.47  $\mu$ W per insect (COFIE-AGBLOR et al. 1996a, 1996b). *S. granarius* showed maximum heat production of 81.4  $\mu$ W, which was greater than the amount calculated from respiratory exchange (COFIE-AGBLOR 1995).

The pheromone emitting individual thus benefits from attracting conspecifics of either sex to overcome host defense or unsuitable microclimates, respectively. Once optimal conditions are achieved increasing population sizes with increasing pheromone concentrations become repelling. Thus leading to the discussion of aggregation pheromones having population regulating characters as well. Pheromone production in young males of *O. surinamensis* appeared to be sensitive to the presence of conspecific males, lower population densities increased pheromone production in these males, while high population densities resulted in a lower, no, or repellent response of young beetles of both sex to the male volatiles and to the synthetic aggregation pheromone (PIERCE et al. 1983, 1984a). Production rates of *Oryzaephilus* spp. pheromones were approximately two times higher during the first two weeks for beetles maintained at lower population densities (PIERCE et al. 1989). 1-octen-3-ol, an additional pheromone component in *Oryzaephilus* spp., only produced after some time at low population densities, may also function in regulating population size. At low densities the volatile alcohol emitted by the insects probably attracts beetles at long range to sparsely populated infestations. High concentrations of 1-octen-3-ol were repulsive. For *S. granarius* high concentrations of synthetic aggregation pheromone offered in rubber septa and mimicking high weevil densities were repellent for adults of either sex (PLARRE 1994). Similar population density effects are given for *P. truncatus* (FADAMIRO et al. 1996b). Beetle from high-density cultures were more inclined to fly and disperse than beetles from low-density cultures. Although the availability of suitable food and boring resources were made responsible for this behavior an influence of pheromone build up and repelling beetles from high-density cultures was likely. It has been shown that cultures of high population densities exceeding an optimal crowding reduce fecundity, depress oviposition and increase mortality (CROMBIE 1942) and the importance of pheromones playing a major role in regulating population sizes has been considered (PIERCE et al. 1990b; MIGNON et al. 1996).

Locating the center of a pheromone source is not necessarily required, assembling in the vicinity of an aggregation would be sufficient enough for an individual to benefit from a better microclimate. The orientation to an aggregation source can best be

described as orthokinesis. An insect that exhibits orthokinesis moves rapidly when exposed to low or lower concentrations of the odorant but slowly when exposed to a high or higher concentration and will end up aggregating near the source (SHOREY 1973). In olfactometer studies OBENG-OFORI (1991) recorded that the response of *T. confusum* and *T. castaneum* to a commercially available rubber septa lure increased with increasing dosages of pheromone concentration from 1.0 over 2.0 to 4.0 mg. Behavioral responses were very similar in still and moving air of a maximum air speed of  $0.3 \text{ ms}^{-1}$ . Interesting, however, is the point that the walking speed increased as the beetles walked up the odor plume but then decreased again as they approached the source being slowest at the point of odor origin (OBENG-OFORI and COACKER 1990b). Similar observations were done with *S. granarius*, when males and females at a certain pheromone concentration aggregated in the vicinity near the pheromone dispenser but not in the center of the source (PLARRE 1994, 1995b). Aggregation pheromones should therefore not so much be regarded as attractants like sex pheromones but more as arrestants (DETHIER et al. 1960; EVANS 1984).

Attracting mates through aggregation pheromones is equally important but probably must be regarded as secondary. For adults of species which utilize aggregations, finding a mate is less pressing because they feed as adults and their life span is much more extended compared to adults of species having sex pheromones. Feeding not only prolongs the life span but is required for pheromone production (WALGENBACH et al. 1987b; PIERCE et al. 1990a; PHILLIPS et al. 1993; HUSSAIN et al. 1994a). This system almost requires that males locate a food source first, feed and start producing aggregation pheromones which then attract conspecifics. There is some evidence in the literature of males from stored product Coleoptera being the more active sex (SURTEES 1964; COX et al. 1990, 1993; PLARRE 1995b). In most cases not the pheromone alone but the complex of beetle produced pheromone and host namely food volatiles are responsible for population aggregation of a species (BORDEN 1974; TREMATERRA and GIRGENTI 1989; JIANG 1995). Both habitat cues and pheromones are operative in the aggregation of many stored product beetles and weevils but they vary in order of precedence (LANIER and BURKHOLDER 1974, PHILLIPS et al. 1991). Feeding on host material can directly influence pheromone production particularly when the host material contain precursors of pheromone components or become pheromone components after passing through the metabolic processes in the insect (VANDERWEL and OEHLISCHLAGER 1987; VANDERWEL et al. 1990, 1992; VANDERWEL 1994).

How males locate females in aggregation spots is still speculative. WOJCIK (1969) described the mating behavior of several different stored product beetles including those that utilize aggregation pheromones like *T. castaneum*, *T. confusum*, *O. mercator*, *C. pusillus*, and *S. granarius*. In all cases did the male approach the female and usually mounted her after physical contact but the male did not appear to perceive the female from the distance. Since males are the more active sex (see above) encountering females in aggregation spots is not unlikely. In no cases reported, did the female approach the male. Female chemical stimuli attractive only to males are reported only from *T. confusum* (RYAN and O'CEALLACHAIN 1976; O'CEALLACHAIN and RYAN 1977). While the male aggregation pheromone is detected through olfactory perception, the female sex pheromone is detected by contact chemoreception alone, after and not prior physical contact between the sexes had been made. Evidence exists, that *T. castaneum* males initiate contact more

frequently with virgin females than with previously mated females and copulate more often with virgin females when provided with equal access to both types of females (LEWIS and IANNINI 1995). Males mating with virgin females had higher reproductive success and significantly more progeny. The female's reproductive status did not appear to affect the probability that a male would attempt to copulate after physical contact had occurred. These results suggest that males are somehow able to distinguish between mated and unmated females. SHARMA and DEORA (1980) reported on a female sex pheromone in *S. oryzae* which affected unmated and mated males, however, female attraction in stored product weevils was never confirmed. Mating in *R. dominica* and *S. zeamais* was also initiated by the male after physical contact occurred, with no obvious attraction through the female (KHORRAMSHAHI and BURKHOLDER 1981; WALGENBACH and BURKHOLDER 1987; ZERNECKE 1993). Males were observed to try to mate with other males as well, making sex differentiation prior to contact unlikely.

Alternatively discussed in the literature is, that although the responses of insects to a male pheromone may result in an aggregation of both sexes, but that the primary function of a specifically male produced pheromone is likely and originally to attract a potential mate (RAFFA et al. 1993; PHILLIPS 1997; LANDOLT 1997). Consequently, using conspecific male pheromones by other males of the same species as an aid to locate resources and possibly assembled females must then have evolved secondarily. Since aggregation pheromone systems occur in many different orders and families their evolution had to be independently from each other. However, male ability of utilizing the chemical signals of conspecifics of the same sex to locate food resources, to compete with males already attracting females and thus probably being well established and defensive at that location must be regarded as a less likely alternative explanation for aggregation pheromones. Additionally, with the lack of isolation mechanisms like calling rhythms and no apparent female courtship pheromones, one must ask for higher specificity in aggregation pheromones, if they originally served as attractants for mates only. But cross attraction of aggregation pheromones or the utilization of the same compounds by multiple species is not uncommon (SUZUKI et al. 1987; FAUSTINI et al. 1982a; SUZUKI et al. 1988; CHAMBERS et al. 1990; WALGENBACH et al. 1983; HODGES et al. 1983, 1984a). High concentrations of "true sex pheromones" were shown to be habituating but never repellent like high concentrations of aggregation pheromones. Furthermore, mating should reduce responsiveness towards an original sex attractant at least in mated females. It was shown that mating did not affect the response towards the aggregation pheromone in *T. confusum*, *P. truncatus*, and *R. dominica* females, suggesting that the aggregation pheromones were not involved in sexual excitation (OBENG-OFORI and COACKER 1990a; DOWDY et al. 1993). When given a choice between plain wheat and wheat with conspecific males in a dual choice olfactometer, mated females of *S. granarius* preferred wheat with males (PLARRE 1991). Even when the male produced aggregation pheromone is used as a signal for suitable feeding and egg-laying sites by the mated females, the equal opportunity of fresh wheat should be preferred to avoid feeding competition by adults. There must be other reasons why mated females respond to aggregation pheromones. Could it be again the favorable conditions of a microclimate for which the pheromone is a signal for? Reasons for mated females to approach pheromone sources could be to ensure favorable abiotic conditions for the brood. Deposition of eggs in the center of an aggregation would endanger the offspring due to food competition by feeding adults.



Females therefore have to compromise between favorable conditions and secure areas for offspring development. These places would be found on the periphery of hot spots. This was a possible explanation, why grain samples taken from the surroundings of a baited trap contained more weevil progeny than grain samples around unbaited traps (PLARRE 1996).

Nevertheless, there is some evidence that females respond slightly different to the aggregation pheromone of conspecific males than males do. Findings of WHITE and CHAMBERS (1989) suggested that the aggregation pheromone of *O. surinamensis* must partly function as a sex pheromone because an increase in one compound causes for an increase in female response and males were able to alter the amounts of compounds in the pheromone mixtures. Females of *T. castaneum* responded stronger to tribolure than males (FAUSTINI et al. 1981), and also virgin females of *S. granarius* responded stronger towards conspecific males than granary weevil males (PLARRE 1991). However, these differences can be caused by different behavior-eliciting-thresholds which in general should be lower for females because males as pheromone donors are constantly surrounded by a certain pheromone concentration and thus are probably habituated to low amounts of the attractant chemical. SMITH et al. (1996) found that male *P. truncatus* reduce pheromone production in the presence of females or some chemical residues left by females on the substrate. This suppression of pheromone production was discussed as being a mechanism to limit intra-male competition once females were attracted to suitable breeding sites. However, similar behavioral patterns are not known in other species and thus may be regarded as uniquely in *P. truncatus* as stated by SMITH et al. (1996).

### Pheromone Application in Stored Product Pest Control

There are mainly four different strategies how pheromones are applied in pest control in general including stored product insect management (CARDE 1976; HAINES 1976; BURKHOLDER 1977; HODGES 1984; MUELLER 1982; JONES 1993; TREMATERRA 1997). These are the classical categories of **monitoring** the presence of a pest species and its abundance and distribution, **mass trapping** to deplete populations, **disruption** by reducing mating success through confusion, habituation or inhibition, and the relatively new approach of **lure (or attract) and kill** which very often is described as the use of attracticides. However, the term attracticide is etymological meaningless and should not be used.

The most important part of a pheromone trap is the lure holding the active chemical ingredients. The isomeric and stereoeantiomeric purity of the compounds, the specific ratio of additional components and the release rate of the active parts from the dispenser mainly influence the effectiveness of a trap. The synthesis of pheromones for stored product insects have been improved and simplified over the decades. Even structurally complicated and complex pheromones can be synthesized relatively easy and cost effective. Reports restricted to the description of chemical pathways for pheromone synthesis were given for *Corcyra cephalonica* by NAOSHIMA et al. (1991) - for *Plodia interpunctella* and other pyralids by ODINOKOV et al. (1991a) - for *Sitotroga cerealella* by EITER (1975); ODINOKOV et al. (1991b) - for *Lasioderma serricorne* by ONO et al. (1980); MORI and WATANABE (1985) - for *Stegobium paniceum* by MORI et al. (1981b); ONO et al. (1983); MORI and EBATA (1986a); MATTESON and MAN (1993, 1994) - for *Rhyzopertha dominica* by RAZKIN et

al. (1996) - for *Acanthoscelides obtectus* by DESCOINS et al. (1972); MORI et al. (1981c) - for *Callosobruchus chinensis* by TANAKA et al. (1982); MORI et al. (1983) - for *Cryptolestes pusillus* by MILLAR and OEHLISCHLAGER (1984); SAKAI et al. (1986); BODEN et al. (1993); ABDUKAKHAROV et al. (1997) - for *Cryptolestes ferrugineus* by OEHLISCHLAGER et al. (1983); SAKAI and MORI (1986); KEINAN et al. (1991); ODINOKOV et al. (1991c); BODEN et al. (1993) - for *Cryptolestes turcicus* by MILLAR and OEHLISCHLAGER (1984); BODEN et al. (1993) - for *Oryzaephilus mercator* by MILLAR and OEHLISCHLAGER (1984); BODEN et al. (1993); ODINOKOV et al. (1993) - for *Oryzaephilus surinamensis* by BODEN et al. (1993); ODINOKOV et al. (1993) - for *Cathartus quadricollis* by JOHNSTON and OEHLISCHLAGER (1986) - for *Sitophilus granarius* by CHONG (1989); MORI and ISHIKURA (1989) - for *Sitophilus oryzae* and *Sitophilus zeamais* by MORI and EBATA (1986b); PILLI (1993) - for *Anthrenus flavipes* by SHARMA et al. (1991) - for *Trogoderma inclusum* and *Trogoderma variabile* by MORI et al. (1978) - for *Trogoderma glabrum* by SUGURO and MORI (1979); MORI et al. (1985) - for *Trogoderma granarium* by MORI et al. (1982b); PAWAR et al. (1993) - for *Tribolium castaneum* by SUZUKI (1981b); SUZUKI et al. (1983); MORI and TAKIKAWA (1991); ODINOKOV et al. (1991c, 1991d) - for *Tribolium confusum* by SUZUKI (1981b); ODINOKOV et al. (1991d).

To successfully capture attracted pest insects, a trap has to be escape proof. This can be achieved with a sticky surface on to which the trapped insects become irreversibly attached or some kind of funnel or pitfall systems with internal collection devices through which the insects are able to enter but not leave a trap (BARAK et al. 1990; WHITE et al. 1990).

Almost equally important to the attractant chemical is the form and material of the dispenser and the general design of the trap.

A variety of different dispensers are applied, ranging from simple rubber tubing, rubber septa, poly-ethylene capsules, and glass or plastic beads in plastic capsules covered by specific membranes into or onto which the active pheromonal ingredients are fixed and released over time. In some cases the pheromone can be embedded directly into the glue of the sticky trap surface. Optimal release rates for attracting *E. cautella*, *E. kuehniella*, and *P. interpunctella* males were reported as 100 ng, 13 000 ng, and 10 ng per day, respectively (SÜSS and TREMATERRA 1987). Release rates of 1.25 µg per day and 0.08 µg per day were shown to be best for recapturing *C. ferrugineus* and *T. castaneum*, respectively (LINDGREN et al. 1985). Only minor differences occurred when two kinds of dispensers, the rubber septum and the controlled release membrane were tested for efficiency and longevity in capturing released *P. interpunctella* and *E. cautella* (MULLEN et al. 1991). Remarkable, however, was that the lures remained attractive for over 40 weeks, this exceeded the manufacturers' recommendation of 6 and 16 weeks, respectively. After testing various concentrations of pheromone, MUELLER and PIERCE (1992) found that some male insects preferred higher concentrations of pheromone and some preferred lesser amounts. It was recommended that instead of discarding the lures at the end of the labeled time of effectiveness older lures can still be applied, however, new lures in additional traps should be distributed after the end of each trapping cycle. Strain specific concentration depended response of female *T. castaneum* were reported when 4 different strains of the red flour beetle were tested for cross attraction in two-choice pitfall bioassays (BOAKE and WADE 1984). Through artificial selection in *T. granarium* it was possible to breed a population with a reduced male

response to the female sex pheromone by 74% (RAHALKAR et al. 1985). Compared to the original stock population a 5-fold increase in pheromone concentration was required for maximal attraction. This implies, that strain specific pheromone concentrations become very important for successful trapping insects in the field. Thorough screening of optimal release rates and concentrations might be necessary before a trapping plan can be effective. In certain cases when specific pheromone systems are complex or difficult to synthesize pheromone mimics, pheromone precursors or simpler structured secondary pheromone components can be considered when applied in large enough dosages. This was shown for several species of Cucujidae using 1-octen-3-ol in corrugated cardboard traps (PIERCE et al. 1990c; MUSHOBOZY et al. 1993).

The outer geometry of a trap has a major influence in catching flying insects. Males of most stored product moths prefer to land on vertical rectangular shapes (LEVINSON and HOPPE 1983; QUARTEY and COAKER 1992) or near triangular shapes (TREMATERRA 1994b). Using identical lures differences in trap effectiveness were shown to be based on either the traps' visual clues or their accessibility by the pest insects (BÜCHI 1988, 1992; DENDY et al. 1989b; JAVIER et al. 1990; MULLEN 1992; HUSSAIN et al. 1994b; FARGO et al. 1994; PÖSCHKO 1996; MULLEN et al. in press). For aerial trapping of *R. dominica* and *P. truncatus* a pheromone trap consisting of several funnels emptying in one another and into a collecting bucket was shown to be more catch-effective than other geometrical designs (LEOS-MARTINEZ et al. 1986, 1987; KEY et al. 1994). It is discussed that the visual attraction to the prolonged silhouette of a trap could be a relict of an ancient behavior pattern of perhaps tree trunks, where most stored product insects bred naturally (TREMATERRA and DAOLIO 1990). The consumers aesthetic perception of a trap's shape must not be neglected in the design. Despite the effectiveness of the conventional "fly-catcher" baited with a pheromone lure, its acceptance by the industry and private households is rather low (COGAN and HARTLEY 1984).

Supplementary to specific trap designs, which have improved insect catch for monitoring purposes over the years, it was possible to attract also the females of sex pheromone producing species and in certain cases even larvae with the combination of pheromones and food attractants (LEVINSON and LEVINSON 1977, 1979b; BARAK and BURKHOLDER 1984/1985; BURKHOLDER 1985, 1988a, 1988b; BURKHOLDER and PHILLIPS 1988; BARAK 1989; PINNIGER 1990; MUELLER 1995). Most of these improvements were not based on laboratory studies but rather through learning from field experiments. Data collected in warehouses, granaries, food manufacturing companies, etc. added valuable knowledge to a better understanding of pheromone biology in stored product insects. However, these field experiments are seldom reviewed. Since several different parameters can make a great difference in the efficacy of a pheromone trap their precise description should be given to obtain and compare qualitative and quantitative valuable research data taken in field or semi field situations (WRIGHT and COGAN 1995).

#### Monitoring:

Pheromone baited traps give qualitative and possibly quantitative reliable information on the presence and abundance of a pest species. If the density of a pest species is so low that it is unlikely to detect its presence by visual inspection or traditional

trapping with unbaited traps pheromone baited traps become valuable tools (BURKHOLDER 1974; FLEURAT LESSARD et al. 1976; STRATIL et al. 1984; CHAMBERS 1990; VICK et al. 1990; LEOS-MARTINEZ 1991; REICHMUTH 1995; BURKHOLDER 1996). Continuous trapping, recording and comparing the numbers of trapped insects in regular time intervals enables to monitor changes in population densities. It is very important to detect a pest's presence and outbreak as soon as possible in order to conduct time optimal control before the pest population and the damages caused reach an economical threshold (BURKHOLDER 1970, 1976, 1984b; LEVINSON 1977, 1983). If the population level exceeds a predetermined threshold and enters the stage of extensive growth appropriate control measures like the use of insecticides or fumigants can be undertaken. Through successive trapping at low population densities control measures might not be necessary when a pest population never reaches the economic threshold. The pest population is held at the level of insectistasis (LEVINSON 1975; LEVINSON and LEVINSON 1985). Pheromone trapping should be continued after treatment to evaluate the success of the control measures. A routine application of protective agents should not be necessary and unwanted residues in a commodity can be minimized. Based on continuous pheromone trapping in central Iraq a forecasting system was developed to monitor the emergence and flight activity of stored product pyralids for a proper timing of control measures (AHMAD and ALI 1995). Pheromone traps also become valuable tools in pinpointing insect infestations in a large facility where visual inspection is impossible or too time consuming. Traps can be brought out in a certain grid pattern covering the entire facility. In that area where most insects are caught the grid pattern of pheromone traps should be tightened. This procedure can be repeated several times until the close surroundings of the trap with the most caught insects can easily be inspected visually to identify and remove or treat the infestation source specifically (VICK et al. 1981a, 1981b; BURKHOLDER 1989; MUELLER 1985, 1995; MUELLER et al. 1990). Applying this technique, *E. cautella* was found to be distributed throughout a food factory in an aggregated pattern (BOWDITCH and MADDEN 1996). The highly restricted nature of the population indicated that the blanket application of synergized pyrethrins was unnecessary in most areas. Good hygiene and the removal of the locally occurring infestation sources were found to be most influential to reduce the pest problem. In another example, pheromone trapping in different parts of a flour mill pinpointed exactly the sources of infestation by *E. kuehniella* and *P. interpunctella* (FLEURAT LESSARD et al. 1987). The use of pheromone traps was very effective for monitoring insect populations of *L. serricornis* in the Australian Museum collection storage areas (GILBERG and ROACH 1991). As a direct result it was possible to identify and locate infested objects throughout the collection storage area at a very early stage. PIERCE (1994) designed a fixed grid triangulation technique based on the inverse relationship between the number of captured insects per pheromone trap and the relative proximity of the infestation. This technique was successfully employed to locate hidden infestations of *L. serricornis* in various food facilities.

There are a number of other examples, where pheromone baited traps were used to monitor the presence of pest insects associated with stored products in field situations:

- In Germany, sticky traps baited with Z,E-9,12-tetradecadienyl-acetate picked up the presence of *P. interpunctella* and *E. elutella* already at very low population densities

about two months earlier in the season than unbaited traps or visual inspection of the commodity (REICHMUTH et al. 1976).

- HOPPE and LEVINSON (1979) successfully monitored the presence and distribution of storage moths in a chocolate factory in Switzerland. *E. cautella* dominated the catches in the silo area, while *E. elutella* was found most in the selection room. *P. interpunctella* was found most in the storage area. The adhesive pheromone baited traps captured 1.7 to 53.6 times more males than unbaited control traps.

- Funnel traps baited with ZETA trapped stored product moth in the United Kingdom before they were detected by thorough visual inspection and catch determination enabled evaluation of population changes in *E. elutella*, *E. kuehniella*, and *E. cautella*, indicating that the dominance of a species might shift through out a season (COGAN 1983).

- In warehouses in the southern United States of America *E. cautella* was more commonly trapped in the warmer summer months while *P. interpunctella* dominated during the rest of the year (VICK et al. 1986).

- From a two year continuous pheromone trapping in southern Greece it was concluded that *S. cerealella* and *E. kuehniella* were the most abundant species in grain stores and flour mills, respectively, while *E. cautella* and *P. interpunctella* occurred less frequently (LEVINSON and BUCHELOS 1981). Pheromone baited traps were on average 7 to 26 times more effective than unbaited control traps.

- ZETA baited traps proved to be more sensitive than unbaited sticky traps in grain flat stores in Germany during the summer periods and caught significantly more *E. elutella* moths especially at low population densities (REICHMUTH et al. 1978). A routinely scheduled fumigation of that particular storage facility was therefore called off in that season.

- Long term studies on the seasonal occurrence of *E. elutella* using ZETA baited sticky strips revealed the appearance of two annual, a summer and a fall generation of this species in typical grain storage facilities under moderate climate in Central Europe (REICHMUTH et al. 1980; SIFNER and ZDAREK 1982). The population density is usually low in the summer generation while the fall generation reaches an economic threshold quickly. Fumigation was recommended no later than 4 weeks after peak occurrence in the summer generation for optimal effect on young larvae and eggs when the diapausing larvae, usually very tolerant against fumigants, were not present yet (REICHMUTH et al. 1980).

- Similar studies in the Mediterranean region showed the presence of *E. elutella* in warehouses throughout most of the year. The annual temperatures are higher and more uniform, the warehouse moth is suspected to have 3 to 4 generations per annum in Greece (BUCHELOS and LEVINSON 1985). It is noteworthy that baited or unbaited sticky strips caught females as well. Visual clues seem to be responsible for this phenomenon (see above).

- In heated food processing facilities in former Czechoslovakia *E. cautella* and *E. kuehniella* were present all year around where as in non heated facilities only one major population peak occurred in mid to late summer (SIFNER and ZDAREK 1982).

- Successful monitoring of the cigarette beetle *Lasioderma serricorne* in cigarette processing facilities and tobacco stores is critical for adequate control. Sex

pheromone traps were more sensitive than ultraviolet light traps for detecting, estimating, and pinpointing cigarette beetle infestations (FAUSTINI et al. 1990).

- With the use of pheromone traps it was possible to demonstrate the existence of *Attagenus* spp. and *Trogoderma* spp. and a potential for infestation in a cargo terminal when no other obvious insect activity could be observed (BARAK and BURKHOLDER 1976).

- According to a three years trapping study of *L. serricornis* in Greece, the cigarette beetle probably occurs in 3 to 4 generations per year with a peak population density during the mid to late summer months (LEVINSON and BUCHELOS 1988). The population density was usually very low during the winter months and continuous trapping kept the population at a level of insectisasis with out the use of insecticides.

- Similar population dynamics of the cigarette beetle were reported from noodle factories in Japan, where *L. serricornis* and *S. paniceum* were trapped from May to November with four peaks of population outbreakes (SUEZAWA et al. 1987).

Outdoor trapping and monitoring of stored product pests give valuable information of the relative abundance of the pest in natural environments, it's geographical distribution and areas of retreat when no stored food is available.

- WOHLGEMUTH et al. (1987) compared outdoor catches of *P. interpunctella*, *E. cautella*, *E. elutella*, and *E. kuehniella* throughout the limits of a larger city and a more rural area in Germany and showed that the presence of stored product pyralids and their distribution is not limited to grain storage or food producing facilities alone and that movement of population into and out of manufacturing plants and grain storages is possible. *P. interpunctella* and *E. kuehniella* were more abundant in the city while *E. elutella* occurred more often in the country side. Very similar results were obtained by REES and WRIGHT (1996) in southeastern Australia. SIFNER (1995) regarded *P. interpunctella*, *E. cautella*, and *E. kuehniella* as eusynanthropic species, while *E. elutella* was rated as hemisynanthropic.

- *E. cautella* was successfully trapped outdoors throughout a date-palm orchard in Iraq (AHMAD 1987). ZETA baited traps were most effective when placed between 3 to 6 m in height.

- Pheromone trapping of *S. cerealella* in maize fields in Kentucky confirmed earlier findings from STOCKEL (1971) and STOCKEL and SUREAU (1981) that flight activity of the Angoumois grain moth occurs mainly in the early dusk hours and that this pre- and postharvest pest is very well capable of leaving grain storage facilities to infest seeds in maize plots and vice versa (BARNEY and WESTON 1996; WESTON et al. 1997). Earlier out door trapping of *S. cerealella* revealed that the Angoumois grain moth occurred as far as 5 km away from the nearest storage facility or maize field (COGBURN and VICK 1981).

- Seasonal changes in the abundance of stored product moth outside storage facilities and their likelihood to migrate towards the storage areas were reported from north central Florida, with *P. interpunctella*, *E. cautella* and *S. cerealella* being more active during the warmer summer months while *E. kuehniella* peaked during January and February (VICK et al. 1987).

- The spread of the larger grain borer *P. truncatus*, native to Central and South America and recently accidentally introduced with maize imports to Africa, can be

monitored successfully and continuously with pheromone traps (RICHTER and BILIWA 1991). Mark-release-recapture studies revealed maximum natural dispersion of *P. truncatus* in Mexico to be 250 to 340 m in 24 hours depending on the wind speed and direction (REES et al. 1991; FARELL and KEY 1992). Peak flight activity occurred mainly during the dusk hours and to some extent also during dawn (TIGAR et al. 1993). *P. truncatus* also occurred far away from agricultural sites. Possibly utilizing the natural vegetation as suitable feeding and breeding sites. This insect was caught in pheromone traps out in the tropical deciduous forest of the Pacific Coast of Mexico (RAMIREZ-MARTINEZ et al. 1994).

- The larger grain borer's natural antagonist the histereid beetle *Teretriosoma nigrescens*, a highly specific predator, uses the aggregation pheromone of *P. truncatus* as kairomonal clues to locate its prey. This makes it possible to monitor *T. nigrescens*' presence, abundance and general distribution with *P. truncatus* pheromone traps as well (REES et al. 1991; BOEYE et al. 1992; KEY et al. 1994; TIGAR et al. 1994). Also originating in Central America, *T. nigrescens* was recently released in Africa as a biological control agent against the larger grain borer. The successful distribution of this beneficial histereid beetle is now monitored by traps baited with the "truncalls" (HELBIG et al. 1992).

- Outdoor trapping of *R. dominica* in Canada revealed that the lesser grain borer can very well spread to uninfested grain storage facilities by flying long distances (FIELDS et al. 1993). It was believed that the lesser grain borer is mainly a pest of the warmer regions of the world and would occur in Canada only with infested grain imports. Peak flight activity of *R. dominica* was shown to be mainly at sunset with a smaller additional activity peak around sunrise (LEOS-MARTINEZ et al. 1987).

- Monitoring *A. verbasci* outdoors indicated its presence and association with abandoned bird and mammal nests from where they are capable to infest nearby homes (GILBERG in press).

In general, the success of a pheromone baited trap largely depends on the temperature. Approximately 10 times as many *C. ferrugineus* were trapped at higher temperatures than at lower temperatures using a mixture of ferrulactone I and II released from hollow polyester fibers (LOSCHIAVO et al. 1986). In areas where the ambient temperatures never exceeded 19°C, trap catches in both the pheromone baited and untreated control traps were low and their differences were not significant. Higher temperatures promote higher locomotion activity of the insects and probably a higher release rate of the pheromones (BRADLEY et al. 1995).

#### Mass Trapping:

Mass trapping with pheromone baited traps is the attempt to catch as many insects as possible to reduce the overall number of pest individuals. When applying sex pheromones to which only the males are attracted obvious features determine the likelihood of a male being captured by a trap versus locating a calling female. This includes the ratio between traps and calling females (NAKAMURA and OYAMA 1978) and the overall population density (CARDE 1976). If a male can possibly mate with up to nine to ten females, like *E. cautella* and *P. interpunctella* (STEELE 1970; BROWER 1975), over 90% of the male population must be trapped to significantly reduce mating success by females and to suppress the following larval generation. From

laboratory controlled-release experiments BOMMER and REICHMUTH (1980) doubted the possibility to accomplish control effects through mass trapping *E. kuehniella* because the recapture threshold of 95% of the released males was never achieved. At high pest population densities the absolute numbers of males required to be captured becomes extremely high. Additionally, the likelihood of locating a mate by chance increases at high population densities. Nevertheless, applying multifunnel traps baited with ZETA removed a large number of *E. kuehniella* males from flour mills in Italy (TREMATERRA and BATTAINI 1987; TREMATERRA 1994a, 1994b). This prevented the expected increase in the population which remained at a constant low level. An overall high trap density of one trap every 260 to 280 m<sup>3</sup> resulted in a 95 to 97% reduction of the male population (TREMATERRA 1987, 1988). However, it was not possible to eliminate the infestation, or even reduce the level of insectistasis, if trapping was not accompanied by careful cleaning of the facilities and machinery (TREMATERRA 1991). Three years of experimental mass trapping *P. interpunctella* males in a storage room for vegetable and flower seeds contributed to a significant reduction in the necessity of applying contact insecticides for control of the Indian meal moth (FLEURAT LESSARD et al. 1987). Population suppression through mass trapping *E. cautella* was only successful with the combined application of methoprene, which initially reduced the population density (VICK et al. 1985), or by releasing sterile males which would compete with the remaining non-trapped fertile males for mates and thus reduce the number of fertile matings between the sexes (HAGSTRUM et al. 1978). Attempts to mass trap *L. serricornis* in tobacco stores in Greece using a multisurface trap baited with anhydroserricornin showed promising results (BUCHELOS and LEVINSON 1993). Over half a million cigarette beetles were caught on pheromone traps during a 15 months trapping period. However, a control of the pest beyond the level of insectistasis was not achieved, probably due to insufficient storage management which made continuous reinvestigation with tobacco beetles from the outside possible. Five years of continuous mass trapping of *P. interpunctella* and of *L. serricornis* was found to be a cost effective alternative to general fogging of insecticides to suppress the pest populations in two food warehouses in Hawaii (PIERCE 1993, 1994). The combination of insecticide use at high population densities and trapping at low densities resulted in a faster decline of the pest populations than mass trapping alone. Mass trapping both sexes of a population using aggregation pheromones should be more effective than mass trapping only males (TREMATERRA 1997), however, do to the different behavior that is elicited by aggregation pheromones (see above) effective mass trapping of *Rhyzopertha*, *Sitophilus* and *Tribolium* has gained only limited success (SINCLAR and HOWITT 1984).

#### Disruption:

Mating disruption can be achieved by permeating the atmosphere with synthetic pheromone. The disruptant effect may be due to confusion, in which the responding organism is incapable to correctly locate a natural occurring pheromone source caused by a consistent high pheromone background level (GASTON et al. 1967). Alternatively, a constant exposure to a pheromone may result in neuronal adaptation or habituation at the pheromone receiving organism's receptors which prevents the perception of the pheromonal signal and the following orientation movements for mate location. Mating of *P. interpunctella* and *E. cautella* was reduced by permeating



the atmosphere with synthetic sex pheromone compounds, both in the laboratory and in simulated field situations (PIMAUD et al. 1976; HODGES et al. 1984b; CAMPION et al. 1987). Decreased numbers of copulating pairs were observed in the stores treated with pheromone, and the  $F_1$  emergence was reduced by from 91% to over 99%. SOWER and WHITMER (1977) have shown to substantially reduce population growth rates in *P. interpunctella* and *E. cautella* through dispensing very high concentrations of ZETA. TRAYNIER (1970b) demonstrated with *E. kuehniella* that habituation to the sex pheromone appeared to be an all or nothing phenomenon and that the rate and incidence of habituation was not critically dependent upon the dosage of pheromone, provided that the concentration of the habituating treatment was above that required for responsiveness. In contrast, SOWER et al. (1973c) reported from laboratory experiments with *S. cerealella*, that the level of habituation achieved was related both to the intensity of the chemical stimulus and the duration of treatment. In *T. granarium*, continuous exposure of virgin males to the sex pheromone for two days prior to the release of females resulted in failure of mating even though the females were in the close vicinity of the males (RAHALKAR et al. 1972). Prior exposure of male *T. inclusum* to the sex pheromone resulted in diminished response for at least 4.5 hours to subsequent doses of the pheromone (VICK et al. 1973b). The degree of habituation was dosage dependent.

However, the effect of mating disruption through permeation with synthetic sex pheromone was shown to be clearly population density dependent with good effects at low population densities and becoming much less effective at higher densities (BRADY et al. 1975; SOWER et al. 1975; M<sup>c</sup>LAUGHLIN and HAGSTRUM 1976, VICK et al. 1978). At high population densities mate location might occur by chance. HAGSTRUM and DAVIS (1980, 1982) stated, that in still air mating of male *E. cautella* with a conspecific female is a result of extensive male search and flight and that the sex pheromone simply intensifies male search once it is within a substantially distance to the female. Males in a warehouse which is overloaded with the sex pheromone would therefore increase their flight behavior and accidental mate-location especially at high population densities would be the result. Several mathematical models exist to determine the olfactory guidance of flying insects depending on threshold concentrations of odorant molecules, their dispersal in still air, turbulent air of zero average velocity, as well as in turbulent or laminar air currents (WRIGHT 1958; WILSON et al. 1969; MANKIN et al. 1980b). The necessary high pheromone concentrations to achieve mating disruption can be applied by distributing a large number of pheromone dispensers (WAKAMURA et al. 1975) which, when depleted, must be removed again before they show any adverse effect or through applying microencapsulated synthetic sex pheromone via a spray gun (PREVETT et al. 1989). Mating disruption and population reduction of *E. cautella* was 97% effective and it was believed that a higher number of discrete pheromone sources, each out-competing a virgin female, were more effective than the same amount of pheromone released as a single source permeation. However, a decrease of effectiveness was also observed at higher population densities.

Mating disruption might also be achieved by releasing inhibitory compounds into the atmosphere. Several stored product moths which share the same main pheromone compound produce secondary and tertiary pheromone components which inhibit the pheromone response of non conspecific sympatric occurring males to their females' chemical signals (BRADY 1969a; SOWER et al. 1974b). VICK et al. (1979) showed that

the main pheromone compound of *P. interpunctella* which is different from the pheromone of *S. cerealella* was able to significantly inhibit male Angoumois grain moth response to conspecific females. It should be able to easily synthesize these known inhibitory compounds for release from any sort of dispenser material. A trapping device is not necessary with this technique. Mating disruption by applying inhibitory compounds has an advantage over mating disruption with high dosages of the sex attractant because males from outside the treated facility would not be effected. Permeating a storage facility with sex pheromones can attract males from the surroundings which would increase the male population and thus the number of potential mates inside the facility which would increase mating by chance. Furthermore, contamination of the commodity with additional individuals from the outside will be avoided with potent inhibitors. Other than for the stored product moth potential mating inhibitory compounds are known for *L. serricornis* (LEVINSON and LEVINSON 1987) and *S. paniceum* (KODAMA et al. 1987a).

lure (or attract) and kill:

The concept of attract and kill involves using an attractive semiochemical to lure insects to an area or a specific point source whereby they contact a toxicant which causes a rapid kill or contamination with some kind of pathogen (TREMATARRA 1997). In this approach the blanket application of a fumigant, insecticide or toxicant to the whole facility or the infested area is not required because the target pest insects are attracted to a treated space. By this means the amount of insecticides in use, the cost associated with the application and the risks of creating a hazard can be reduced. Most insecticides have some kind of repellent effects on insects which can be overcome or disguised with powerful attractant semiochemicals like sex or aggregation pheromones. Encouraging results were obtained by applying the lure and kill method in flour mills to control *E. kuehniella* males (TREMATARRA 1991, 1994a, 1994b, 1995). Male Mediterranean flour moth were successfully lured to laminar dispensers baited with ZETA and treated with cypermethrin and caused a marked decrease in the *E. kuehniella* population. This technique led to a drastic reduction in chemical treatments with subsequent economic and qualitative advantages.

Another method utilizes pheromones in an inoculation device that contains a pathogen (BURKHOLDER 1980, 1981b). The insects that are attracted become contaminated with the pathogen. Adult *T. glabrum* males were successfully drawn to a sex pheromone source containing the pathogenic protozoan *Mattesia* spp. and became externally contaminated with the pathogen (BURKHOLDER and BOUSH 1974). After leaving the treated attractive site they were able to transmit infective spores to females and subsequently spread the disease throughout 96% of the test population. Under simulated warehouse conditions following generations of *T. glabrum* were suppressed after a single introduction of *Mattesia trogodermiae* into dense, adult male populations via pheromone baited spore-transfer sites (SHAPAS et al. 1977). Population growth in the first generation after treatment was reduced to one sixth compared to the untreated control population and fell to below pretreatment level by the second generation. Adult males of *P. interpunctella* were contaminated with a powder formulation of a homologous granulosis virus when attracted to a source by a pheromone lure (VAIL et al. 1993). Surface contamination

of males was transferred to adult females during copulation and larval food was contaminated by females during oviposition. Both the first and second larval generation acquired the infection, resulting in 60% and 50% mortality, respectively.

### Prospective needs

The inclusion of pheromones as valuable tools for monitoring or pest population suppression purposes became an established part in pest management over the past decades. Even though, pest reduction or elimination is seldomly achieved, monitoring with pheromone traps is one of the most important steps in a chain of integrated pest management tools. Besides the application of sex and aggregation pheromones, the use of other semiochemicals like oviposition pheromones, food attractants, allomones and kairomones to manage pest insects will become more and more important when appropriate. Mated females of *E. kuehniella*, *E. cautella* and *P. interpunctella* were found to prefer larval contaminated food over food only for oviposition (CORBET 1973; BARRER 1977; PHILLIPS and STAND 1994a, 1994b). Larval contamination of food is due to active secretions from mandibular glands and their function was originally attributed to have epideictic or spacing pheromone characteristics among conspecific larvae competing for food (CORBET 1971, MOSSADEGH 1978, 1980). When offered in a windtunnel and in combination with food volatiles, these or similar larval secretions had a secondary pheromonal function in guiding conspecific females to suitable egg laying sites (PHILLIPS and STRAND 1994a). The attracting effect of larval contaminated food was shown to be larval density depended with less attractivity at low and high larval densities (PHILLIPS and STAND 1994b). Possible isolation and identification of oviposition guiding semiochemicals could lead to the development of baited traps for stored product moth females (PHILLIPS 1994). Some of the larval mandibular secretions of *E. kuehniella* were isolated and analyzed as 2-acyclohexane-1,3-diones (MUDD and CORBET 1973; MUDD 1981, 1983). Additionally, these compounds were shown to elicit searching and oviposition behavior in the wasp *Venturia canescens*, a parasitoid of older *E. kuehniella*, *P. interpunctella* and *E. cautella* larvae (MUDD and CORBET 1982; MUDD et al. 1984; NEMOTO et al. 1987; MOSSADEGH 1980). The use of larval mandibular secretion as kairomonal clues in locating host larvae was also demonstrated for *Habrobracon hebetor* another parasitic wasp of stored product pyralids (STRAND et al. 1989; FUKUSHIMA et al. 1989). It was demonstrated that host larvae experienced *H. hebetor* had learned to associate the kairomonal clues with host larvae availability and their response to host volatiles significantly increased which also resulted in a higher parasitization rate of host larvae when compared to the behavior of naive wasps (FRANQUI-RIVERA 1995; PARRA et al. 1996). Traps with kairomone baits to monitor natural occurring parasitoids can give valuable information in the population dynamics of beneficial insects and their potential contribution in biological pest control. Additional release of laboratory reared parasitoids can be properly timed when the natural parasitoid population is not high enough to control host population outbreaks. Laboratory reared parasitoids should be experienced through conditioning with host odor clues in order to be more effective in the field before they are release. Other parasitoids and natural occurring predators of stored product pests use similar kairomonal odor clues, which guide them to their host or prey (ZAKI 1985; HOWARD and FLINN 1990; AMBRIZ et al. 1996; RUTLEDGE 1996; STEIDLE 1997, STEIDLE and SCHÖLLER 1997). Most of them are yet

undetermined. Kairomone research, their role and their application in integrated pest management is just beginning and hopefully will provide more fundamental insights about insect behavior in the future (LEWIS and MARTIN 1990; METCALF 1994).

Traps are constantly becoming easier to handle. Regular inspection and removal of trapped insects is important, because dead insects can cause repellency and would reverse the effects of the attractants (TREMATERRA 1996). Easier and cost effective chemical pathways in synthesizing complex pheromonal structures and stable release rates from the lure is and will improve pheromone trapping continuously. In certain cases multiple pheromones for different species can be employed in single traps when no interspecific influence of the attractant semiochemicals have been shown (LINDGREN et al. 1985; DOWDY and MULLEN in press).

Better mathematical models, simple to use with modern technology, are needed for the interpretation of pheromone trap catches and predictions of pest population dynamics and distributions (SUBRAMANYAM and HAREIN 1990; SUBRAMANYAM 1996). This would aid and guide pest control in the field.

Further and more detailed behavioral studies are needed to better understand the biological pattern associated with aggregation pheromones which then would it make possible to manipulate behavioral responses for the use of pest control.

Last not least there is still need in the identification of pheromones. Stored product insects of minor importance like the fungus feeders of the Ptinidae and Lathrididae and others, or occasionally invaders of stored commodities are very likely to have some kind of pheromonal communication system as well, which are yet unrevealed.

### Acknowledgement

All the cited research on stored product insect semiochemicals, their biology, and related subjects and all the thorough work behind it is deeply acknowledged. I like to thank the staffs of Steenbock Library, University of Wisconsin and of the central library of the Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry, Berlin, for their help in researching and providing literature. This review article is dedicated to my teachers and mentors Prof. Dr. W. E. Burkholder (USDA, Madison), Dr. A. R. Levinson and Prof. Dr. H. Z. Levinson (MPI, Seewiesen), Dir. and Prof. Dr. Ch. Reichmuth and Dir. and Prof. Dr. R. Wohlgemuth (Institute for Stored Product Protection, Berlin), Prof. Dr. H. Strübing and Prof. Dr. W. Sudhaus (Free University of Berlin).

### Literature:

- ABDEL-KADER, M.M. BARAK, A.V. 1979. Evidence for a sex pheromone in the hide beetle, *Dermestes maculatus* (De Geer) (Coleoptera: Dermestidae). J. Chem. Ecol. 5: 805-813.
- ABDUKAKHAROV, V.S. SHAKIRZYANOVA, G.S. LEVKOVICH, M.G. ABDUVAKHABOV, A.A. 1997. Confirmation analysis of 3-Z-dodecenolide as a component of *Cryptolestes pusillus* aggregation pheromone. Khimiya Prirodnykh Soedinenii 1997 (1): 118-122.
- ADEESAN, C. RAHALKAR, G.W. TAMHANKAR, A.J. 1969. Effect of age and previous mating on the response of khapra beetle males to female sex pheromone. Entomol. Exp. et Appl. 12: 229-234.

- AHMAD, T.R. 1987. Effects of pheromone trap design and placement on capture of almond moth, *Cadra cautella* (Lepidoptera: Pyralidae). J. Econ. Entomol. 80: 897-900.
- AHMAD, T.R. ALI, M.A. 1995. Forecasting emergence and flight of some *Ephestia* spp. (Lep., Pyralidae) based on pheromone trapping and degree-day accumulations. J. Appl. Entomol. 119: 611-614.
- ALEXANDER, P. BARTON, D.H.R. 1943. The excretion of ethylquinone by the flour beetle. Biochem. J. 37: 463-465.
- AMBRIZ, S.J. STRAND, M.R. BURKHOLDER, W.E. 1996. Behavioral response of the parasitoid *Lariophagus distinguendus* (Forst) (Hymenoptera: Pteromalidae) to extracts from cocoons of *Lasioderma serricorne* Fab. (Coleoptera: Anobiidae) and their effects on subsequent oviposition responses. Biological Control 6: 51-56.
- ANSELL, J.M. HASSNER, A. BURKHOLDER, W.E. 1979. The synthesis of the drugstore beetle pheromone (stegobione). Tetrahedron Letters 27: 2497-2498.
- BAR ILAN, A.R. STANIC, V. SHULOV, A. 1965. Attracting substance (pheromone) produced by virgin females of *Trogoderma granarium* Everts (Col., Dermestidae). Riv. Parassitol. 26: 27-29.
- BARAK, A.V. 1989. Development of a new trap to detect and monitor khapra beetle (Coleoptera: Dermestidae). J. Econ. Entomol. 82: 1470-1477.
- BARAK, A.V. BURKHOLDER, W.E. 1976. Trapping studies with dermestid sex pheromones. J. Environ. Entomol. 5: 111-114.
- BARAK, A.V. BURKHOLDER, W.E. 1977. Behavior and pheromone studies with *Attagenus elongatulus* Casey (Coleoptera: Dermestidae). J. Chem. Ecol. 3: 219-237.
- BARAK, A.V. BURKHOLDER, W.E. 1978. Interspecific response to sex pheromones, and calling behavior of several *Attagenus* species (Coleoptera: Dermestidae). J. Chem. Ecol. 4: 451-461.
- BARAK, A.V. BURKHOLDER, W.E. 1984/1985. A versatile and effective trap for detecting and monitoring stored-product coleoptera. Agric., Ecosystem and Environ. 12: 207-218.
- BARAK, A.V. BURKHOLDER, W.E. FAUSTINI, D.L. 1990. Factors affecting the design of traps for stored-product insects. J. Kansas Entomol. Soc. 63: 466-485.
- BARNEY, R.J. WESTON, P.A. 1996. Movement of Angoumois grain moth (Lepidoptera: Gelechiidae) in small-farm ecosystem. Environ. Entomol. 25: 261-267.
- BARRATT, B.I.P. 1974. Timing of production of a sex pheromone by females of *Stegobium paniceum* (L.) (Coleoptera: Anobiidae) and factors affecting male response. Bull. Entomol. Res. 64: 621-628.
- BARRER, P.M. 1977. The influence of airborne stimuli from conspecific adults on the site of oviposition of *Ephestia cautella* (Lepidoptera: Phycitidae). Entomol. Exp. et Appl. 22: 13-22.
- BARRER, P.M. LACEY, M.J. SHANI, A. 1987. Variation in relative quantities of airborne sex pheromone components from individual female *Ephestia cautella* (Lepidoptera: Pyralidae). J. Chem. Ecol. 13: 639-653.
- BARRER, P.M. HILL, R.J. 1977. Some aspects of the courtship behaviour of *Ephestia cautella* (Walker) (Lepidoptera: Phycitidae). J. Australian Entomol. Soc. 16: 301-312.
- BARTH, R. 1937. Herkunft, Wirkung und Eigenschaften des weiblichen Sexualduftstoffes einiger Pyraliden. Zool. Jahrbücher (Allgemeine Zoologie und Physiologie) 58: 297-329.
- BARTH, R. 1938. Bau und Funktion der Flügeldrüsen einiger Mikrolepidopteren. Untersuchungen an den Pyraliden: *Aphomia gularis*, *Galleria mellonella*, *Plodia interpunctella*, *Ephestia elutella* und *E. kühniella*. Zeitschrift wissenschaftliche Zoologie 150: 1-37.
- BESTMANN, H.J. VOSTROWSKY, O. 1982. Insektenpheromone. Naturwiss. 69: 457-471.
- BESTMANN, H.J. VOSTROWSKY, O. 1988. Insektenpheromone, Teil 1 chemische Struktur und Synthese. Seifen-Öle-Fette-Wachse 114: 612-621.
- BIEMONT, J.C. CHAUVIN, G. HAMON, C. 1990. Morphology and ultrastructure of the abdominal integumentary glands of *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera: Bruchidae). J. Insect Morphol. Embryol. 19: 1-11.

PLARRE - Pheromones

- BOAKE, C.R. WADE, M.J. 1984. Populations of the red flour beetle *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) differ in their sensitivity to aggregation pheromones. *Environ. Entomol.* 13: 1182-1185.
- BODEN, C.D.J. CHAMBERS, J. STEVENS, I.D.R. 1993. A concise, efficient and flexible strategy for the synthesis of the pheromones of *Oryzaephilus* and *Cryptolestes* grain beetles. *Synthesis* 4: 411-420.
- BOEYE, J. LABORIUS, G.A. SCHULZ, F.A. 1992. The response of *Teretriosoma nigrescens* Lewis (Col.: Histeridae) to the pheromone of *Prostephanus truncatus* (Horn) (Col.: Bostrichidae). *Anz. Schädlingskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz* 65: 153-157.
- BOMMER, H. REICHMUTH, Ch. 1980. Pheromone der vorratsschädlichen Motten (Phycitinae, speziell Mehlmotte *Ephestia kuehniella* Zeller) in der biologischen Schädlingsbekämpfung. *Mitt. Biol. Bundesanstalt Land. Fortswirtsch.* 198: 114pp.
- BORDEN, J.H. 1974. Aggregation pheromones in the Scolytidae. In: BIRCH, M.C. (ed.). *Pheromones*. North Holland Publ. Company. Amsterdam, London: 135-160.
- BORDEN, J.H. DOLINSKI, M.G. CHONG, L. VERIGIN, V. PIERCE, H.D. OEHLISCHLAGER, A.C. 1979. Aggregation pheromone in the rusty grain beetle, *Cryptolestes ferrugineus* (Coleoptera: Cucujidae). *Can. Entomol.* 111: 681-688.
- BOUGHTON, A. FADAMIRO, H.Y. 1996. Effect of age and sex on the response of walking *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae) to its male-produced aggregation pheromone. *J. Stored Prod. Res.* 32: 13-20.
- BOWDITCH, T.G. MADDEN, J.L. 1996. Spatial and temporal distribution of *Ephestia elutella* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae) in a confectionery factory: Causal factors and management implications. *J. Stored Prod. Res.* 32: 123-130.
- BRADLEY, S.J. SUCKLING, D.M. M<sup>c</sup>NAUGHTON, K.G. WEARING, C.H. KARG, G. 1995. A temperature-dependent model for predicting release rates of pheromone from a polyethylene tubing dispenser. *J. Chem. Ecol.* 21: 745-760.
- BRADY, U.E. 1969a. Inhibition of the behavioral response of males of Indian-meal moths, *Plodia interpunctella*, and related species to female sex pheromones: Exposure to sex pheromones of unrelated species. *J. Georgia Entomol. Soc.* 4: 41-45.
- BRADY, U.E. 1969b. Response of male *Sitotroga* to sex pheromones of *Sitotroga* and *Pectinophora* females and to propylure and deet. Deet analysis in *Sitotroga* females. *J. Georgia Entomol. Soc.* 4: 11-14.
- BRADY, U.E. 1973. Isolation, identification and stimulatory activity of a second component of the sex pheromone system (complex) of the female almond moth, *Cadra cautella* (Walker). *Life Sci.* 13: 227-235.
- BRADY, U.E. DALEY, R.C. 1972: Identification of a sex pheromone from female raisin moth, *Cadra figulilella*. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 65: 1356-1358.
- BRADY, U.E. NORDLUND, D.A. 1971: Cis-9, trans-12 Tetradecadien-1-yl acetat in the female tobacco moth *Ephestia elutella* (Hübner) and evidence for an additional component of the sex pheromone. *Life Sci.* 10: 797-801.
- BRADY, U.E. SMITHWICK, E.B. 1968. Production and release of sex attractant by the female Indian-meal moth, *Plodia interpunctella*. *Ann. Soc. Entomol. Americ.* 61: 1260-1265.
- BRADY, U.E. TUMLINSON, J.H. BROWNLEE, R.G. SILVERSTEIN, R.M. 1971a. Sex stimulant and attractant in the Indian Meal Moth and in the Almond Moth. *Science* 171: 802-804.
- BRADY, U.E. NORDLUND, D.A. DALEY, R.C. 1971b. The sex stimulant of the Mediterranean flour moth *Anagasta kuehniella*. *J. Georgia Entomol. Soc.* 6: 215-217.
- BRADY, U.E. JAY, E.G. REDLINGER, L.M. PEARMAN, G. 1975. Mating activity of *Plodia interpunctella* and *Cadra cautella* during exposure to synthetic sex pheromone in the field. *Environ. Entomol.* 4: 441-444.

## PLARRE - Pheromones

- BROWER, J.H. 1975. *Plodia interpunctella*: Effect of sex ratio on reproductivity. Ann. Entomol. Soc. Americ. 68: 847-851.
- BROWN, W.L. EISNER, T. WHITTAKER, R.H. 1970. Allomones and kairomones: Transspecific chemical messengers. Bioscience 21: 21-22.
- BUCHELOS, C.T. LEVINSON, A.R. 1985. Population dynamics of *Ephestia elutella* (Huebner) in tobacco stores with and without insecticidal treatments: a survey by pheromone and unbaited traps. Z. angew. Entomol. 100: 68-78.
- BUCHELOS, C.T. LEVINSON, A.R. 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. Entomol. 116: 440-448.
- BÜCHI, R. 1988. Vergleich der Attraktivität von 3 Pheromonfallentypen auf die Mehlmotte, *Ephestia kühniella* Zeller. Anz. Schädlingsskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz 61: 5-8.
- BÜCHI, R. 1992. Vergleich zwischen sechs verschiedenen Pheromonfallen bezüglich ihrer Fangleistung auf die Mehlmotte, *Ephestia kühniella* Zeller. Anz. Schädlingsskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz 65: 7-11.
- BURKHOLDER, W.E. 1970. Pheromone research with stored-product coleoptera. In: WOOD, D.L. SILVERSTEIN, R.M. NAKAJIMA, M. (eds.). Control of Stored Product Insects by Natural Products. Academic Press. N. Y.: 1-20.
- BURKHOLDER, W.E. 1973. Black carpet beetle: Reduction of mating by megatomioic acid, the sex pheromone. J. Econ. Entomol. 66: 1327.
- BURKHOLDER, W.E. 1974. Stored product pests. In: BIRCH, M. (ed.) Pheromones. Elsevier Pub. N.Y.: 449-452.
- BURKHOLDER, W.E. 1976. Application of pheromone for manipulating insect pests of stored products. In: KONO, T. ISHII, S. (eds.). Proceedings Insect Pheromones and Their Application, Nagaoka and Tokyo: 111-112.
- BURKHOLDER, W.E. 1977. Manipulation of insect pests of stored products. In: SHOREY, H.H. M<sup>c</sup>KELVEY, J.J. (eds.). Chemical Control of Insect Behavior. John Wiley and Sons: 345-351.
- BURKHOLDER, W.E. 1978. Application of pheromones and behavior-modifying techniques in detection and control of stored product insects. In: Proceedings 2<sup>nd</sup> Intern. Working. Conf. Stored Prod. Entomol. Ibadan: 56-65.
- BURKHOLDER, W.E. 1980. Linking insect-behavior-modifying chemicals and pathogens. Proceedings workshop Insect Pest Management with Microbial Agents: Recent Achievements, Deficiencies, and Innovations. Ithaca, New York: 50.
- BURKHOLDER, W.E. 1981a. Biomonitoring for stored-product insects. In: MITCHELL, E.R. (ed.). Management of Insect Pests with Semiochemicals: 29-40.
- BURKHOLDER, W.E. 1981b. Biological suppression of stored-product insect pests. In: PAPAIVIZAS, G.C. (ed.) Biological Control in Crop Protection. BARC Symposium, Allanheld, Osmun, Totowa: 391-399.
- BURKHOLDER, W.E. 1982. Reproductive biology and communication among grain storage and warehouse beetles. J. Ga. Entomol. Soc. 17: 1-10.
- BURKHOLDER, W.E. 1984a. Stored-product insect behavior and pheromone studies: Keys to successful monitoring and trapping. Proc. 3<sup>rd</sup> Intern. Working Conf. Stored Prod. Entomol., Manhattan (Kansas) 1983: 20-33.
- BURKHOLDER, W.E. 1984b. The use of pheromones and food attractants for monitoring and trapping stored-product insects. In: BAUR, F. (ed.). Insect Management for Food Storage and Processing. Am. Assoc. Cereal Chem. Publ: 69-86.
- BURKHOLDER, W.E. 1985. Pheromones, food attractants, traps and behavioral information for insect control. Bull. Ass. Operative Millers 1985: 4609-4611.
- BURKHOLDER, W.E. 1988a. Management of stored product insects with pheromones. In: Proceedings National Con. Urban Entomol., Maryland: 77-85.

- BURKHOLDER, W.E. 1988b. Some new lures, traps and sampling techniques for monitoring stored-product insects. Proc. Intern. Congress Entomol. Vancouver: 444.
- BURKHOLDER, W.E. 1989. Pheromone trap good practice statement. Bulletin - Association of Operative Millers: 5433-5434.
- BURKHOLDER, W.E. 1990. Practical use of pheromones and other attractants for stored product insects. In: RIDGWAY, R.L. SILVERSTEIN, R.M. INSCOE, M.N. (eds.). Behavior-Modifying Chemicals for Insect Management Applications of Pheromones and other Attractants. Marcel Dekker: 497-516.
- BURKHOLDER, W.E. 1996. Detection of stored product insects. In: HOLLINGSWORTH, C.S. (ed.), Implementing Pheromone Technology in the Northeast. Northeast Regional Agricultural Engineering Service: 53-59.
- BURKHOLDER, W.E. BOUSH, G.M. 1974. Pheromones in stored product insect trapping and pathogen dissemination. Bull. OEPP 4: 455-461.
- BURKHOLDER, W.E. DICKE, R.J. 1966. Evidence of sex pheromones of several species of Dermestidae. J. Econ. Entomol. 59: 540-543.
- BURKHOLDER, W.E. FAUSTINI, D.L. 1991. Biological methods of survey and control. In GORHAM, R.J. (ed.) Ecology and Management of Food. AOAC Press: 361-372.
- BURKHOLDER, W.E. MA, M. 1985. Pheromones for monitoring and control of stored-product insects. Ann. Rev. Entomol. 30: 252-272.
- BURKHOLDER, W.E. PHILLIPS, J.K. 1988. Trapping techniques for dermestid and anobiid beetles. In: A Guide to Museum Pest Control. Foundation of the American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works and the Association of Systematics Collections: 109-111.
- BURKHOLDER, W.E. MA, M. KUWAHARA, Y. MATSUMURA, F. 1974. Sex pheromone of the furniture carpet beetle, *Anthrenus flavipes* (Coleoptera: Dermestidae). Can. Entomol. 106: 835-839.
- BURKHOLDER, W.E. PHILLIPS, J.K. WALGENBACH, C.A. KLEIN, J.A. 1986. Synthetic pheromone 5-hydroxy-4-methyl-3-heptanone and its use in controlling grain weevils. United States Patent No. 4 584 193.
- CAMPION, D.G. HALL, D.R. PREVETT, P.F. 1987. Use of pheromones in crop and stored products pest management: Control and monitoring. Insect Science Applic. 8: 737-741.
- CARDE, R.T. 1976. Utilization of pheromones in the population management of moth pests. Environ. Health Persp. 14: 133-144.
- CHAMBERS, J. 1990. Overview on stored-product insect pheromones and food attractants. J. Kansas Entomol. Soc. 63: 490-499.
- CHAMBERS, J. MORGAN, C.P. WHITE, P.R. MORI, K. FINNEGAN, D.E. PINNIGER, D.B. 1990. Rust-red grain beetle, *Cryptolestes ferrugineus*, and flat grain beetle, *Cryptolestes pusillus*: Antennal and behavioral responses to synthetic components of their aggregation pheromones. J. Chem. Ecol. 16: 3353-3372.
- CHAMBERS, J. VAN WYK, C.B. WHITE, P.R. GERRARD, C.M. MORI, K. 1996. Grain weevil, *Sitophilus granarius* (L.): Antennal and behavioral responses to male-produced volatiles. J. Chem. Ecol. 22: 1639-1654.
- CHONG, M.J. 1989. Enantioselective synthesis of sitophilate, the granary weevil aggregation pheromone. Tetrahedron 45: 623-628.
- CHUMAN, T. KOHNO, M. KATO, K. NOGUCHI, M. 1979a. 4,6-Dimethyl-7-hydroxy-nonan-3-one, a sex pheromone of the cigarette beetle (*Lasioderma serricorne* F.). Tetrahedron Letters 25: 2361-2364.
- CHUMAN, T. KATO, K. NOGUCHI, M. 1979b. Synthesis of ( $\pm$ ) Serricornin, 4,6-dimethyl-7-hydroxy-nonan-3-one, a sex pheromone of the cigarette beetle (*Lasioderma serricorne* F.). Agric. Biol. Chem. 43: 2005.



- CHUMAN, T. KOHNO, M. KATO, K. NOGUCHI, M. NOMI, H. MORI, K. 1981. Stereoselective synthesis of *erythro*-serricornin (4*R*,6*R*,7*S*)- and (4*S*,6*R*,7*S*)-4,6-dimethyl-7-hydroxynonan-3-one, stereoisomers of the sex pheromone of cigarette beetle. *Agric. Biol. Chem.* 45: 2019-2023.
- CHUMAN, T. MOCHIZUKI, K. MORI, M. KOHNO, M. KATO, K. NOMI, H. MORI, K. 1982a. Behavioural and electroantennogram responses of male cigarette beetle (*Lasioderma serricorne* F.) to optically active serricornins. *Agric. Biol. Chem.* 46: 3109-3112.
- CHUMAN, T. MOCHIZUKI, K. MORI, M. KOHNO, M. ONO, M. ONISHI, I. KATO, K. 1982b. The pheromone activity of ( $\pm$ )-serricornins for male cigarette beetle (*Lasioderma serricorne* F.). *Agric. Biol. Chem.* 46: 593-595.
- CHUMAN, T. MOCHIZUKI, K. KATO, K. ONO, M. OKUBO, A. 1983. Serricorone and serricorole, new sex pheromone components of the cigarette beetle. *Agric. Biol. Chem.* 47: 1413-1415.
- CHUMAN, T. MOCHIZUKI, K. MORI, M. KOHNO, M. KATO, K. NOGUCHI, M. 1985. *Lasioderma* chemistry sex pheromone of cigarette beetle (*Lasioderma serricorne* F.). *J. Chem. Ecol.* 11: 417-434.
- COFFELT, J.A. BURKHOLDER, W.E. 1972. Reproductive biology of the cigarette beetle, *Lasioderma serricorne*. 1. Quantitative laboratory bioassay of the female sex pheromone from females of different ages. *Ann. Entomol. Soc. Americ.* 65: 447-450.
- COFFELT, J.A. BURKHOLDER, W.E. 1973. Reproductive biology of the cigarette beetle, *Lasioderma serricorne* 2. Ovarian development and female sexual maturity. *Ann. Entomol. Soc. Americ.* 66: 368-372.
- COFFELT, J.A. VICK, K.W. 1987. Sex pheromone of *Ephestia cautella* (Walker) (Lepidoptera Pyralidae): Influence of mating on pheromone titer and release rate. *J. Stored. Prod. Res.* 23: 119-123.
- COFFELT, J.A. SOWER, I.L. VICK, K.W. 1978. Quantitative analysis of identified compounds in pheromone gland rinse of *Plodia interpunctella* and *Ephestia cautella* at different times of day. *Environm. Entomol.* 7: 502-505.
- COFIE-AGBLOR, R. MUIR, W.E. SINHA, R.N. 1995. Comparative heat of respiration of five grain beetles in stored wheat. *Postharvest Biology and Technology* 5: 167-175.
- COFIE-AGBLOR, R. MUIR, W.E. ZHANG, Q. SINHA, R.N. 1996a. Heat of respiration of *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) adults and larvae in stored wheat. *Can. Agric. Engin.* 38: 37-44.
- COFIE-AGBLOR, R. MUIR, W.E. SINHA, R.N. FIELDS, P.G. 1996b. Heat production by adult *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) of different ages and densities. *Postharvest Biology and Technology* 7: 371-380.
- COGAN, P.M. 1983. Use of pheromones to detect stored product moths in premises in the UK. *Mitt. dtsh. Ges. allg. angew. Ent.* 4: 108-110.
- COGAN, P.M. HARTLEY, D. 1984. The effective monitoring of stored product moths using a funnel pheromone trap. *Proceedings 3<sup>rd</sup> Intern. Working Conf. Stored Prod. Entomol.* Manhattan, Kansas: 631-639.
- COGBURN, R.R. VICK, K.W. 1981. Distribution of Angoumois gran moth, almond moth, and Indian meal moth in rice fields and rice storages in Texas as indicated by pheromone-baited adhesive traps. *Environ. Entomol.* 10: 1003-1007.
- COGBURN, R.R. BURKHOLDER, W.E. WILLIAMS, H.J. 1984a. Field tests with the aggregation pheromone of the lesser grain borer (Coleoptera: Bostrichidae). *Environ. Entomol.* 13: 162-166.
- COGBURN, R.R. BURKHOLDER, W.E. WILLIAMS, H.J. 1984b. Efficacy and characteristics of domicularure in field trapping lesser grain borers, *Rhyzopertha dominica* (F.). In: *Proc. 3<sup>rd</sup> Intern. Working Conf. Stored Prod. Entomol.*, Manhattan (Kansas) 1983: 629-630.
- COHEN, E. LEVINSON, H.Z. 1974. The effects of fatty acids and their alpha-fluoro analogs on the feeding response and development of the hidebeetle *Dermestes maculatus* Deg. *Z. angew. Entomol.* 76: 98-105.

- COHEN,E. IKAN,R. SHULOV,A. 1971. Response of the females of *Trogoderma granarium* (Coleoptera, Dermestidae) to cuticular free fatty acids. Entomol. Exp. et Appl. 14: 315-318.
- CORBET,S.A. 1971. Mandibular gland secretion of larvae of the flour moth, *Anagasta kuehniella*, contains an epideictic pheromone and elicits oviposition movements in a hymenopteran parasite. Nature 232: 481-484.
- CORBET,S.A. 1973. Oviposition pheromone in larval mandibular glands of *Ephestia kuehniella*. Nature 243: 537-538.
- CORBET,S.A. LAI-FOOK,J. 1977. The hairpencils of the flour moth *Ephestia kuehniella*. J. Zool. 181: 377-394.
- CORK,A. HALL,D.R. BLANEY,W.M. SIMMONDS,M.S.J. 1991a. Identification of a component of the female sex pheromone of *Callosobruchus analis* (Coleoptera: Bruchidae). Tetrahedron Letters 32: 129-132.
- CORK,A. HALL,D.R. HODGES,R.J. PICKETT,J.A. 1991b. Identification of major component of male-produced aggregation pheromone of larger grain borer, *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae). J. Chem. Ecol.17: 789-803.
- COX,P.D. PARISH,W.E. LEDSON,M. 1990. Factors affecting the refuge-seeking behaviour of *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) (Coleoptera: Cucujidae). J. Stored. Prod. Res. 26: 169-174.
- COX,P.D. ATKINSON,J.E. BANNON,K.L. HATFIELD,J.H. 1993. Studies of refuge-seeking behaviour and locomotory activity in *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) (Coleoptera: Cucujidae) using time-laps video recordings. J. Stored Prod. Res. 29: 283-289.
- CREDLAND,P.F. WRIGHT,A.N. 1990. Oviposition deterrents of *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae). Physiol. Entomol. 15: 285-298.
- CROMBIE,A.C. 1942. The effect of growding upon the oviposition of grain-infesting insects. J. Experim. Biol. 19: 311-340.
- CROSS,H.J. BYLER,R.C. CASSIDY,R.S. SILVERSTEIN,R.M. GREENBLATT,R.E. BURKHOLDER,W.E. LEVINSON,A.R. LEVINSON, H.Z. 1976. Porapak-Q collection of pheromone components and isolation of (Z)- and (E)-14-methyl-8-hexadecenal, sex pheromone components, from the females of four species of *Trogoderma* (Coleoptera: Dermestidae). J. Chem. Ecol. 2: 457-468.
- CROSS,H.J. BYLER,R.C. SILVERSTEIN,R.M. GREENBLATT,R.E. GORMAN,J.E. BURKHOLDER,W.E. 1977. Sex pheromone components and calling behavior of female Dermestid beetle, *Trogoderma variabile* Ballion (Coleoptera: Dermestidae). J. Chem. Ecol. 3: 115-125.
- DAHM,K.H. RICHTER,I. MEYER,D. RÖLLER,H. 1971. The sex attractant of the Indian-meal moth *Plodia interpunctella* (Hübner). Life Science 10: 531-539.
- DENDY,J. DOBIE,P. SAIDI,J.A. SMITH,J. URONU,B. 1989a. Trapping the larger grain borer *Prostephanus truncatus* in maize fields using synthetic pheromones. Entomol. Exp. et Appl. 50: 241-244.
- DENDY,J. DOBIE,P. SAIDI,J.A. SHERMAN,C. 1989b. The design of traps for monitoring the presence of *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae) in maize fields. J. Stored Prod. Res. 25: 187-191.
- DENDY,J. DOBIE,P. SAIDI,J.A. SMITH,J. URONU,B. 1991. Trails to assess the effectiveness of new synthetic pheromone mixtures for trapping *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae) in maize stores. J. Stored Prod. Res. 27: 69-74.
- DESCOINS,C. HENRICK,C.A. SIDDALL,J.B. 1972. Synthesis of a presumed sex attractant of the dried bean beetle. Tetrahedron Letters 36: 3777-3780.
- DETHIER,V.G. BROWNE,L.B. SMITH,C.N. 1960. The designation of chemicals in term of the responses they elicit from insects. J. Econ. Entomol. 53: 134-136.

## PLARRE - Pheromones

- DICKINS,G.R. 1936. The scent glands of certain Phycitidae (Lepidoptera). Transactions Royal Entomol. Soc. London 85: 331-362.
- DOWDY,A.K. HOWARD,R.W. SEITZ,L.M. M<sup>o</sup>Gaughey,W.H. 1993. Response of *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) to its aggregation pheromone and wheat volatiles. Environ. Entomol. 22: 965-970.
- DOWDY,A.K. MULLEN,A.M. in press. Multiple stored-product insect pheromone use in pitfall traps. J. Stored Prod. Res. XX: XX-XX.
- EITER,K. 1975. Insects sex attractants. Pure and Applied Chemistry 41: 201-217.
- EVANS,D.E. 1984. Biological control of stored grain. In: CHAMP,B.R. HIGHLEY,E. (eds.). Proceedings of the Australian Development Assistance Course on the Preservation of Stored Cereals. CSIRO Devision of Entomology, Canberra: 574-582.
- FADAMIRO,H.Y. WYATT,T.D. HALL,D.R. 1996a. Behavioural response of *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae) to the individual components of its pheromone in the flight tunnel: Discrimination between two odour sources. J. Stored Prod. Res. 32: 163-170.
- FADAMIRO,H.Y. WYATT,T.D. BIRCH,M.C. 1996b. Flight activity of *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera: Bosrichidae) in relation to population density, resource quality, age, and sex. J. Insect Behav. 9: 339-351.
- FARELL,G. KEY,G.E. 1992. Flight behaviour of the larger grain borer *Prostephanus truncatus* in response to synthetic pheromone. Trop. Sci. 32: 163-170.
- FARGO,W.S. CUPERUS,G.W. BONJOUR,E.L. BURKHOLDER,W.E. CLARY,B.L. PAYTON,M.E. 1994. Influence of probe trap type and attractants on the capture of four stored-grain Coleoptera. J. Stored Prod. Res. 30: 237-241.
- FAUSTINI,D.L. BURKHOLDER,W.E. 1987. Quinone-aggregation pheromone interaction in the red flour beetle. Animal Beh. 35: 601-603.
- FAUSTINI,D.L. BURKHOLDER,W.E. LAUB,R.J. 1981. Sexually dimorphic setiferous sex patch in the male red flour beetle, *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera:Tenebrionidae): Site of aggregation pheromone production. J. Chem. Ecol. 7: 465-480.
- FAUSTINI,D.L. ROWE,J.R. BURKHOLDER,W.E. 1982a. A male-produced aggregation pheromone in *Tribolium brevicornis* (Leconte) (Coleoptera: Tenebrionidae) and interspecific responses of several *Tribolium* species. J. Stored Prod. Res. 18: 153-158.
- FAUSTINI,D.L. POST,D.C. BURKHOLDER,W.E. 1982b. Histology of aggregation pheromone gland in the red flour beetle. Ann. Entomol. Soc. Americ. 75: 187-190.
- FAUSTINI,D.L. GIESE,W.L. PHILLIPS J.K. BURKHOLDER,W.E. 1982c. Aggregation pheromone of the male granary weevil, *Sitophilus granarius* (L.). J. Chem. Ecol. 8: 679-687.
- FAUSTINI,D.L. BARAK,A.V. BURKHOLDER,W.E. LEOS-MARTINEZ,J. 1990. Combination-type trapping for monitoring stored-product insects - A review. J. Kansas Entomol. Soc. 63: 539-547.
- FIELDS,P.G. van LOON,J. DOLINSKI,M.G. HARRIS,J.L. BURKHOLDER,W.E. 1993. The disribution of *Rhyzopertha dominica* (F.) in western Canada. Canadian Entomologist 125: 317-328.
- FINNEGAN,D.E. CHAMBERS,J. 1993. Identification of the sex pheromone of the guernsey carpet beetle, *Anthrenus sarnicus* Mroczkowski (Coleoptera: Dermestidae). J. Chem Ecol. 19: 971-983.
- FLEURAT-LESSARD,F. PIMAUD,M.F. CANGARDEL,H. 1976. Effects de doses elevees de ZETA sur *Plodia interpunctella* Hubner (Lépidoptère Pyralidae) dans les stocks de pruneaux d'agen. In: Les Pheromones Sexuelles des Lépidoptère. Centre de Recherches INRA de Bordeaux: 163-169.
- FLEURAT-LESSARD,F. MATHON,B. SIEGFRIED,M.P. 1987. Pheromones for monitoring and control of Indianmeal moth and Mediterranean flour moth infestations in flour mills and seed storage buildings. In: DONAHAYEE. NAVARRO,S. (eds.). Proceedings 4<sup>th</sup> Intern. Working Conf. Stored Prod. Prot., Tel Aviv: 505.

- FRANCKE,W. LEVINSON,A.R. JEN,T.L. LEVINSON,H.Z. 1979. Carbonsäure-isopropylester - eine neue Klasse von Insektenpheromonen. *Angew. Chem.* 91: 843-844
- FRANQUI-RIVERA,R.A. 1995. Behavior, pattern of seasonal activity and cold tolerance in *Bracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae). Ph.D. Thesis at the Dep. of Entomology, University of Wisconsin, Madison, Wisconsin (USA).
- FREY,W. 1952. Lebensweise und Schadbild des Kornkäfers und anderer Speicherschädlinge. In Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Referat Pflanzenschutz (ed.). Vorratsschutz. Verlag Kommentator, Frankfurt a.M.: 13-17.
- FUKUI,H. MATSUMURA,F. MA,M.C. BURKHOLDER,W.E. 1974. Identification of the sex pheromone of the furniture carpet beetle, *Anthrenus flavipes* Leconte. *Tetrahedron Letters* 40: 3563-3566.
- FUKUI,H. MATSUMURA,F. BARAK,A.V. BURKHOLDER,W.E. 1977. Isolation and identification of a major sex attractant component of *Attagenus elongatulus* (Casey) (Coleoptera: Dermestidae). *J. Chem. Ecol.* 3: 539-548.
- FUKUSHIMA,J. KUWAHARA,Y. SUZUKI,T. 1989. Isolation and identification of a kairomone responsible for the stinging behavior of *Bracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae) from frass of the almond moth *Cadra cautella* Walker. *Agric. Biol. Chem.* 53: 3057-3059.
- GANYARD,M.C. BRADY,U.E. 1971. Inhibition of attraction and crossattraction by interspecific sex pheromone communication in Lepidoptera. *Nature* 234: 415-416.
- GANYARD,M.C. BRADY,U.E. 1972. Interspecific attraction in Lepidoptera in the field. *Ann. Entomol. Soc. Americ.* 65: 1279-1282.
- GASTON,L.K. SHOREY,H.H. SAARIO,C.A. 1967. Insect population control by the use of sex pheromones to inhibit orientation between the sexes. *Nature* 213: 1155.
- GERBER,G.H. 1973. Reproductive behaviour and physiology of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). I. Initiation of mating in young adults and the effects of adult density. *Can. Entomol.* 105: 807-811.
- GHARIB,A.H. MOFTAH,E.A. FOUAD,M.S. 1992. Preliminary tests on the sex attraction response in the pulse beetle, *Callosobruchus chinensis* L. (Coleoptera: Bruchidae). *Minia J. Agric. Res. & Dev.* 14:
- GHENT,A.W. 1963. Studies of behavior of the *Tribolium* flour beetles I. Contrasting responses of *T. castaneum* and *T. confusum* to fresh and conditioned flours. *Ecology* 44: 269-283.
- GIGA,D.P. SMITH,R.H. 1984/1985. Oviposition markers in *Callosobruchus maculatus* F. and *Callosobruchus rhodesianus* Pic. (Coleoptera, Bruchidae): Asymmetry of interspecific responses. *Agric., Ecosys., Environ.* 12: 229-233.
- GILBERG,M. in press. Monitoring *Anthrenus verbasci* (varied carpet beetle) using sex pheromone lures at Heast Castle. In press.
- GILBERG,M. ROACH,A. 1991. The use of a commercial pheromone trap for monitoring *Lasioderma serricorne* (F.) infestations in museum collections. *Studies in Conservation* 36: 243-247.
- GRANT,G.G. 1974. Male sex pheromone from the wing gland of the Indian meal moth, *Plodia interpunctella* (Hbn.) (Lepidoptera: Phycitidae). *Experientia* 30: 917-918.
- GRANT,G.G. 1978. Morphology and presumed male pheromone glands on the forewings of tortricid and phycitid moths. *Ann. Entomol. Soc. Americ.* 71: 423-431.
- GRANT,G.G. BRADY,U.E. 1975. Courtship behavior of phycitid moths. I. Comparison of *Plodia interpunctella* and *Cadra cautella* and role of male scent glands. *Can. J. Zool.* 53: 813-826.
- GRANT,G.G. SMITHWICK,E.B. BRADY,U.E. 1975. Courtship behavior of phycitid moths. II. Behavioral and pheromonal isolation of *Plodia interpunctella* and *Cadra cautella* in the laboratory. *Can. J. Zool.* 53: 827-832.
- GREENBLATT,R.E. BURKHOLDER,W.E. CROSS,J.C. BYLER,C. SILVERSTEIN,R.M. 1976. Chemical communication in the mating behavior of *Trogoderma glabrum* Herbst (Coleoptera: Dermestidae). *J. Chem. Ecol.* 2: 285-297.

PLARRE - Pheromones

- GREENBLATT,R.E. BURKHOLDER,W.E. CROSS,J.C. CASSIDY,R.F. SILVERSTEIN,R.M. LEVINSON,A.R. LEVINSON,H.Z. 1977. Chemical basis for interspecific responses to sex pheromones of *Trogoderma* species (Coleoptera: Dermestidae). J. Chem. Ecol. 3: 337-347.
- GUY,R.H. HIGHLAND,H.A. METTS,C. 1970. Repellency of selected compounds to *Tribolium castaneum*. J. Econ. Entomol. 63: 1847-1850.
- HAGSTRUM,D.W. DAVIS,L.R. 1980. Mate seeking behavior of *Ephestia cautella*. Environ. Entomol. 9: 589-592.
- HAGSTRUM,D.W. DAVIS,L.R. 1982. Mate-seeking behavior and reduced mating by *Ephestia cautella* (Walker) in a sex pheromone-permeated atmosphere. J. Chem. Ecol. 8: 507-515.
- HAGSTRUM,D.W. M<sup>c</sup> LAUGHLIN,J.R. SMITTLE,B.J. COFFELT,J.A. 1978. Sterile males in a sex pheromone permeated atmosphere to reduce reproduction of *Ephestia cautella*. Environ. Entomol. 7: 759-762.
- HAINES,C.P. 1976. The use of synthetic sex pheromone for pest management in stored-product situations. Pestic. Sci. 7: 647-649.
- HALL,D.R. CORK,A. LESTER,R. NESBITT,B.F. ZAGATTI,P. 1987. Sex pheromones of the rice moth, *Corcyra cephalonica* Stainton. II. Identification and role of female pheromone. J. Chem. Ecol. 13: 1575-1589.
- HALSTEAD,D.G.H. 1973. Preliminary biological studies on the pheromone produced by male *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae). J. Stored Prod. Res. 9: 109-117.
- HAMMACK,L. BURKHOLDER,W.E. 1976. Circadian rhythm of sex pheromone-releasing behaviour in females of the dermestid beetle, *Trogoderma glabrum*: Regulation by photoperiod. J. Insect Physiol. 22: 385-388.
- HAMMACK,L. BURKHOLDER,W.E. 1981. Calling behavior in female *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae). J. Stored Prod. Res. 17: 25-29.
- HAMMACK,L. BURKHOLDER,W.E. MA,M. 1973. Sex pheromone localization in females of six *Trogoderma* species. Ann. Entomol. Soc. Americ. 66: 545-550.
- HAMMACK,L. MA,M. BURKHOLDER,W.E. 1976. Sex pheromone-releasing behaviour in females of the dermestid beetle, *Trogoderma glabrum*. J. Insect Physiol. 22: 555-561.
- HAPP,G.M. 1968. Quinone and hydrocarbon production in the defense glands of *Eleodes longicollis* and *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). J. Insect Physiol. 14: 1232-1237.
- HAPP,G.M. 1969. Multiple sex pheromones of the mealworm beetle, *Tenebrio molitor* L. Nature 222: 180-181.
- HAPP,G.M. 1970. Maturation of the response of male *Tenebrio molitor* to the female sex pheromone. Ann. Entomol. Soc. Americ. 63: 1782.
- HAPP,G.M. WHEELER,J. 1969. Bioassay, preliminary purification, and effect of age, crowding, and mating on the release of sex pheromone by female *Tenebrio molitor*. Ann. Entomol. Soc. Am. 62: 846-851.
- HAPP,G.M. SCHROEDER,M.E. WANG,J.C.H. 1970. Effects of male and female scent on reproductive maturation in young female *Tenebrio molitor*. J. Insect Physiol. 16: 1543-1548.
- HELBIG,J. LABORIUS,G.-A. SCHULZ,F.A. 1992. Untersuchungen zur Distanz der Anlockwirkung des synthetischen Pheromones des Großen Kornborers *Prostephanus truncatus* (Horn) (Col., Bostrichidae) "Trunc-call (1+2)" auf dessen Prädator *Teretriosoma nicrescens* Lewis (COL., Histeridae). J. Appl. Entomol. 113: 425-429.
- HINTON,H.E. 1942. Secondary sexual characters of *Tribolium*. Nature 149: 500-501.
- HODGES,R.J. 1984. Biological methods for integrated control of insects and mites in tropical stored products. Trop. Stored Prod. Inf. 48: 9-15.
- HODGES,R.J. HALL,D.R. GOLOB,P. MEIK,J. 1983. Responses of *Prostephanus truncatus* to components of the aggregation pheromone of *Rhyzopertha dominica* in the laboratory and field. Entomol. Exp. et Appl. 34: 266-272.

- HODGES,R.J. CORK,A. HALL,D.R. 1984a. Aggregation pheromones for monitoring the greater grain borer *Prostephanus truncatus*. Proceedings British Crop Protection Conference - Pest and Diseases: 255-259.
- HODGES,R.J. BENTON,F.P. HALL,D.R. DOS SANTOS SERODIO,R. 1984b. Control of *Ephestia cautella* (Walker) (Lepidoptera: Phycitidae) by synthetic sex pheromones in the laboratory and store. J. Stored Prod. Res. 20: 191-197.
- HOFFMANN,R.W. LADNER,W. 1979. On the absolute stereochemistry of C-2 and C-3 in stegobinone. Tetrahedron Letters 48: 4653-4656.
- HOFFMANN,R.W. LADNER,W. STEINBACH,K. MASSA,W. SCHMIDT,R. SNATZKE,G. 1981. Stereoselektive Synthese von Alkoholen, IX: Absolute Konfiguration von Stegobinon. Chem. Ber. 114: 2786-2801.
- HONDA,H. YAMAMOTO,I. 1976. Evidence for and chemical nature of a sex pheromone present in azuki bean weevil, *Callosobruchus chinensis* L. In: KONO,T. ISHII,S. (eds.). Proceedings Insect Pheromones and Their Application, Nagaoka and Tokyo: 164.
- HOPE,J.A. HORLER,D.F. ROWLANDS,D.G. 1967. A possible pheromone of the bruchid, *Acanthoscelides obtectus* (Say). J. Stored Prod. Res. 3: 387-388.
- HOPPE,T. LEVINSON,H.Z. 1979. Befallserkennung und Populationsüberwachung vorratsschädlicher Motten (Phycitinae) in einer Schokoladenfabrik mit Hilfe pheromonbeköderter Klebefallen. Anz. Schädlingsskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz 52: 177-183.
- HORLER,D.F. 1970. (-)-Methyl-n-tetradeca-trans-2,4,5-trienoate, an allenic ester produced by the male dried bean beetle, *Acanthoscelides obtectus* (Say). J. Chem. Soc. C: 859-862.
- HOWARD,R.W. 1987. Chemosystematic studies of the Triboliini (Coleoptera:Tenebrionidae): Phylogenetic inferences from the defense chemicals of eight *Tribolium* spp., *Palorus ratzeburgi* (Wissmann), and *Latheticus oryzae* Waterhouse. Ann. Entomol. Soc. Americ. 80: 398-405.
- HOWARD,R.W. FLINN,P.W. 1990. Larval trails of *Cryptolestes ferrugineus* (Coleoptera: Cucujidae) as kairomonal host-finding cues for the parasitoid *Cephalonomia waterstoni* (Hymenoptera: Bethyridae). Ann. Entomol. Soc. Americ. 83: 239-245.
- HOWARD,R.W. MUELLER,D.D. 1987. Defense chemistry of the flour beetle *Tribolium brevicornis* (Lec.): Presence of known and potential prostaglandium synthetase inhibitors. J. Chem. Ecol. 13: 1707-1723.
- HOWE,R.W. 1962. A study of the heating of stored grain caused by insects. Ann. Appl. Biol. 50: 137-158.
- HOWKINS,W.A. 1978. Effects of sex pheromone on locomotion in the male American cockroach, *Periplaneta americana*. J. Chem. Ecol. 4: 149-160.
- HUSSAIN,A. PHILLIPS,T.W. ALINIAZEE,M.T. 1994a. Pheromone biology and factors affecting its production in *Tribolium castaneum*. In: HIGHLEY,E. WRIGHT,E.J. BANKS,H.J. CHAMP,B.R. (eds.). Proc. 6<sup>th</sup> Intern. Working Conf. Stored. Prod. Prot., Canberra: 533-536.
- HUSSAIN,A. PHILLIPS,T.W. ALINIAZEE,M.T. 1994b. Responses of *Tribolium castaneum* to different lures and traps in the laboratory. In: HIGHLEY,E. WRIGHT,E.J. BANKS,H.J. CHAMP,B.R. (eds.). Proc. 6<sup>th</sup> Intern. Working Conf. Stored. Prod. Prot., Canberra: 406-409.
- IKAN,R. BERGMANN,E.D. YINON,U. SHULOV,A. 1969. Identification, synthesis and biological activity of an "assembling scent" from the beetle *Trogoderma granarium*. Nature 223: 317.
- IKAN,R. COHEN,E. STANIC,V. RAVID,U. SHULOV,A. 1971. The role of pheromones in the life of *Trogoderma granarium*. Proceedings 2<sup>nd</sup> Intern. Congress Pesticide Chem. Tel Aviv: 143.
- JAVER,A. BORDEN,J.H. PIERCE,H.D. PIERCE,A.M. 1990. Evaluation of pheromone-baited traps for monitoring of Cucujid and Tenebrionid beetles in stored grain. J. Econ. Entomol. 83: 268-272.
- JIANG,X.-L. 1995. Studies on the taxis reflection of *Sitophilus granarius* L. to some vegetable oils and its pheromone. Entomological Knowledge 32: 23-25.
- JOHNSTON,B.D. OEHLISCHLAGER,A.C. 1986. Synthesis of the aggregation pheromone of the square-necked grain beetle *Cathartus quadricollis*. J. Org. Chem. 51: 760-763.

PLARRE - Pheromones

- JONES, O.T. 1993. Future directions in urban entomology-pheromones. In Proceedings of the 1st Conference on Insect Pests in the Urban Environment, Cambridge: 441-448.
- KANAUJIA, K.R. SIDHU, H.S. 1980. Extraction of sex pheromone and behavioural responses of Angoumois grain moth, *Sitotroga cerealella* (Olivier). Z. Angew. Entomol. 89: 188-193.
- KARLSON, P. BUTENANDT, A. 1959. Pheromones (ectohormones) in insects. Ann. Rev. Entomol. 4: 39-58.
- KARLSON, P. LÜSCHER, M. 1959a. Pheromone. Ein Nomenklaturvorschlag für eine Wirkstoffklasse. Naturwissenschaften 46: 63-64.
- KARLSON, P. LÜSCHER, M. 1959b. 'Pheromones': a new term for a class of biologically active substances. Nature 183: 55-56.
- KEINAN, E. SINHA, S.C. SINGH, P. 1991. Thermostable enzymes in organic synthesis, 5# total synthesis of S-(+)-Z-dodec-3-en-11-olide (ferrulactone II) using TBADH-generated bifunctional chiron. Tetrahedron 47: 4631-4638.
- KENNEDY, J.S. MARSH, D. 1974. Pheromone-regulated anemotaxis in flying moths. Science 184: 999-1001.
- KEVILLE, R. KANOWSKI, P.B. 1975. Sexual excitation by pheromones of the confused flour beetle. J. Insect Physiol. 21: 81-84.
- KEY, G.E. TIGAR, B.J. FLORES-SANCHEZ, VAZQUEZ-ARISTA, M. 1994. Response of *Prostephanus truncatus* and *Teretriosoma nigrescens* to pheromone-baited flight traps. In: HIGHLEY, E. WRIGHT, E.J. BANKS, H.J. CHAMP, B.R. (eds.). Proc. 6<sup>th</sup> Intern. Working Conf. Stored. Prod. Prot., Canberra: 410-414.
- KEYS, R.E. MILLS, R.B. 1968. Demonstration and extraction of sex attractant from female Angoumois grain moths. J. Econ. Entomol. 61: 46-49.
- KHORRAMSHAHI, A. BURKHOLDER, W.E. 1981. Behavior of the lesser grain borer *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) male produced aggregation pheromone attracts both sexes. J. Chem. Ecol. 7: 33-38.
- KODAMA, H. MOCHIZUKI, K. KOHNO, M. OHNISHI, A. KUWAHARA, Y. 1987a. Inhibition of the male response of drugstore beetles to stegobionone by its isomers. J. Chem. Ecol. 13: 1859-1869.
- KODAMA, H. ONO, M. KOHNO, M. OHNISHI, A. 1987b. Stegobionol, a new sex pheromone component of drugstore beetle (*Stegobium paniceum*). J. Chem. Ecol. 13: 1871-1879.
- KRASNOFF, S.B. VICK, K.W. 1984. Male wing-gland pheromone of *Ephestia elutella*. J. Chem Ecol. 10: 667-679.
- KRASNOFF, S.B. VICK, K.W. MANKIN, R.W. 1983. Female calling behavior in *Ephestia elutella* and *E. figulilella* (Lepidoptera: Pyralidae). Fla. Entomol. 66: 249-254.
- KRASNOFF, S.B. VICK, K.W. COFFELT, J.A. 1984. (Z,E)-9,12-tetradecadien-1-ol: A component of the sex pheromone of *Ephestia elutella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae). Environ. Entomol. 13: 765-767.
- KUWAHARA, Y. CASIDA, J.E. 1973. Quantitative analysis of the sex pheromone of several phycitid moth by electron-capture gas chromatography. Agric. Biol. Chem. 37: 681-684.
- KUWAHARA, Y. NAKAMURA, S. 1985. (Z)-5- and (E)-5-undecenoic acid: Identification of the sex pheromone of the varied carpet beetle, *Anthrenus verbasci* L. (Coleoptera: Dermestidae). Appl. Entomol. Zool. 20: 354-356.
- KUWAHARA, Y. KITAMURA, C. TAKAHASHI, S. HARA, M. ISHII, S. FUKAWI, M. 1971a. Sex pheromone of the almond moth and the Indian meal moth: Cis-9, trans-12-tetradecadienyl acetat. Science 171: 801-802.
- KUWAHARA, Y. HARA, H. ISHII, S. FUKAMI, H. 1971b. The sex pheromone of the Mediterranean flour moth. Agric. Biol. Chem. 35: 447-448.

PLARRE - Pheromones

- KUWAHARA, Y. FUKAMI, H. ISHII, S. MATSUMURA, F. BURKHOLDER, W.E. 1975. Studies on the isolation and bioassay of the sex pheromone of the drugstore beetle, *Stegobium paniceum* (Coleoptera: Anobiidae). J. Chem. Ecol. 1: 413-422.
- KUWAHARA, Y. FUKAMI, H. HOWARD, R. ISHII, S. MATSUMURA, F. BURKHOLDER, W.E. 1978. Chemical studies on the Anobiidae: Sex pheromone of the drugstore beetle, *Stegobium paniceum* (L.) (Coleoptera). Tetrahedron 34: 1769-1774.
- KUWAHARA, Y. MATSUMOTO, K. WADA, Y. SUZUKI, T. 1991. Chemical ecology on astigmatid mites: XXIX. Aggregation Pheromone and kairomone activity of synthetic lardolure (1R,3R,5R,7R)-1,3,5,7,-tetramethyldecyl formate and its optical isomers to *Lardoglyphus konoii* and *Carpoglyphus lactis* (Acari: Astigmata). J. Appl. Entomol. Zool. 26: 85-89.
- LADISCH, R.K. LADISCH, S.K. HOWE, P.M. 1967. Quinoid secretions in grain and flour beetles. Nature 215: 939-940.
- LANDOLT, P.J. 1997. Sex attractant and aggregation pheromones of male phytophagous insects. American Entomologist 43: 12-22.
- LANIER, G.N. BURKHOLDER, W.E. 1974. Pheromones in speciation of Coleoptera. In: BIRCH, M.C. (ed.). Pheromones. North Holland Publishing Company. Amsterdam, London: 161-189.
- LAW, J.H. REGNIER, F.E. 1971. Pheromones. Ann Rev. Biochem. 40: 533-548.
- LEHMENSICK, R. LIEBERS, R. 1938. Beiträge zur Biologie der Mikrolepidopteren. (Untersuchungen an *Plodia interpunctella* Hb.) Z. Angew. Entomol. 24: 582-643.
- LEOS-MARTINEZ, J. 1991. Monitoring of storage insects in northeast Mexico by food packets and pheromone traps. In: FLEURAT-LESSARD, F. DUCOM, P. (eds.). Proc. 5<sup>th</sup> Intern. Working Conf. Stored Prod. Prot., Bordeaux 1990: 1391-1399.
- LEOS-MARTINEZ, J. GRANOVSKY, T.A. WILLIAMS, H.J. VINSON, S.B. BURKHOLDER, W.E. 1986. Estimation of aerial density of the lesser grain borer (Coleoptera: Bostrichidae) in a warehouse using dominicalure traps. J. Econ. Entomol. 79: 1134-1138.
- LEOS-MARTINEZ, J. GRANOVSKY, T.A. WILLIAMS, H.J. VINSON, S.B. BURKHOLDER, W.E. 1987. Pheromonal trapping methods for lesser grain borer, *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae). Environ. Entomol. 16: 747-751.
- LEOS-MARTINEZ, J. DEL SOCORRO GONZALEZ-ALONSO, M. WILLIAMS, H.J. 1995. Optimization of pheromonal trapping methods for *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae). J. Stored Prod. Res. 31: 103-109.
- LEVINSON, H.Z. 1975. Possibility of using insectistics and pheromones in pest control. Naturwissenschaften 62: 272-282.
- LEVINSON, H.Z. 1977. Lockstoffe als Insektstatika. Z. angewandte Entomol. 84: 1-19.
- LEVINSON, H.Z. 1983. The scientific background of pest manipulation involving insectistasis. Annals. Inst. Phytopath. Benaki 14: 69-79.
- LEVINSON, H.Z. BAR ILAN, A.R. 1967. Function and properties of an assembling scent in the khapra beetle *Trogoderma granarium*. Riv. Parassitol. 28: 27-42.
- LEVINSON, H.Z. BAR ILAN, A.R. 1970a. Olfactory and tactile behaviour of the khapra beetle, *Trogoderma granarium*, with special reference to its assembling scent. J. Insect Physiol. 16: 561-572.
- LEVINSON, H.Z. BAR ILAN, A.R. 1970b. Behaviour of the khapra beetle *Trogoderma granarium* towards the assembling scent released by the female. Experientia 26: 846-847.
- LEVINSON, H.Z. BUCHELOS, C.T. 1981. Surveillance of storage moth species (Pyralidae, Gelechiidae) in a flour mill by adhesive traps with notes on the pheromone - mediated flight behavior of male moths. Z. angew. Entomol. 92: 233-251.
- LEVINSON, H.Z. BUCHELOS, C.T. 1988. Population dynamics of *Lasioderma serricorne* F. (Col., Anobiidae) in tobacco stores with and without insecticidal treatments: a three year - survey by pheromone and unbaited traps. J. Appl. Entomol. 106: 201-211.



- LEVINSON, H.Z. HOPPE, T. 1983. Preferential flight of *Plodia interpunctella* and *Cadra cautella* (Phycitinae) toward figures of definite shape and position with notes on the interaction between optical and pheromone stimuli. Z. angew. Entomol. 96: 491-500.
- LEVINSON, H.Z. LEVINSON, A.R. 1973. The dual function of the assembling scent of the female khapra beetle *Trogoderma granarium*. Naturwissenschaften 60: 352-353.
- LEVINSON, H.Z. LEVINSON, A.R. 1974. The pheromone activity of Z(-)-methyl -8-hexadecen-1-ol for male khapra beetles. Naturwissenschaften 61: 685-686.
- LEVINSON, H.Z. LEVINSON, A.R. 1977. Integrated manipulation of storage insects by pheromones and food attractants - a proposal. Z. angew. Entomol. 84: 337-343.
- LEVINSON, H.Z. LEVINSON, A.R. 1979a. Integrated manipulation of storage insects by pheromones and food attractants. In: Proceedings 2<sup>nd</sup> Intern. Working Conf. Stored Prod. Entomol., Ibadan: 66-74.
- LEVINSON, H.Z. LEVINSON, A.R. 1979b. Trapping of storage insects by sex and food attractants as a tool of integrated control. In: RITTER, F.J. (ed.). Chemical Ecology: Odour Communication in Animals. Elsevier/North-Holland Biomedical Press. Amsterdam, N.Y., Oxford: 327-341.
- LEVINSON, H.Z. LEVINSON, A.R. 1980. Feeding aggregants in the faeces of *Dermestes maculatus* De Geer. Naturwissenschaften 67: 463-465.
- LEVINSON, H.Z. LEVINSON, A.R. 1985. Use of pheromone traps for proper timing in fumigation in the storage environment. Bulletin OEPP/EPPO 15: 43-50.
- LEVINSON, H.Z. LEVINSON, A.R. 1986a. Antagonized pheromone responses of male tobacco beetles (*Lasioderma serricornis* F.) due to erythro-diaistereoisomers of 4S,6S,7S-serricornin. Naturwissenschaften 73: 36-37.
- LEVINSON, H.Z. LEVINSON, A.R. 1986b. Restrained pheromone responses of male tobacco beetles (*Lasioderma serricornis*) to 2S,3S anhydroserricornin in presence of 4S,6S,7R serricornin. Z. angew. Entomol. 101: 282-285.
- LEVINSON, H.Z. LEVINSON, A.R. 1987. Pheromone biology of the tobacco beetle (*Lasioderma serricornis* F., Anobiidae) with notes on the pheromone antagonism between 4S,6S,7S - and 4S,6S,7R serricornin. J. Appl. Entomol. 103: 217-240.
- LEVINSON, H.Z. LEVINSON, A.R. 1994. Origin of grain storage and insect species consuming desiccated food. Anz. Schädlingkunde., Pflanzenschutz, Umweltschutz 67: 47-60.
- LEVINSON, H.Z. LEVINSON, A.R. 1995. Reflection on structure and function of pheromone glands in storage insect species. Anz. Schädlingkunde., Pflanzenschutz, Umweltschutz 68: 99-118.
- LEVINSON, H.Z. MORI, K. 1980. The pheromone activity of chiral isomers of trogodermal for male khapra beetle. Naturwissenschaften 67: 148-149.
- LEVINSON, H.Z. MORI, K. 1983. Chirality determines pheromone activity for flour beetles. Naturwiss. 70: 190-192.
- LEVINSON, H.Z. BARELKOVSky, J. BAR ILAN, A.R. 1967. Nutritional effects of vitamin omission and antivitamin administration on development and longevity of the hide beetle *Dermestes maculatus* Deg. (Coleoptera, Dermestidae). J. Stored Prod. Res. 3: 345-352.
- LEVINSON, H.Z. LEVINSON, A.R. SCHWEIGER, H. CASSIDY, R.F. SILVERSTEIN, R.M. 1978a. Olfactory behavior and receptor potentials of the khapra beetle *Trogoderma granarium* (Coleoptera: Dermestidae) induced by the major components of its sex pheromone, certain analogues, and fatty acid esters. J. Chem. Ecol. 4: 95-108.
- LEVINSON, H.Z. LEVINSON, A.R. JEN, T.-L. WILLIAMS, J.L.D. KAHN, G. FRANCKE, W. 1978b. Production site, partial composition and olfactory perception of a pheromone in the male hide beetle. Naturwissenschaften 65: 543-545.
- LEVINSON, H.Z. LEVINSON, A.R. FRANCKE, W. 1980a. Intraspecific attractants of the hide beetle *Dermestes maculatus* (De Geer). Proceedings XVI Intern Congress Entomol., Kyoto: 376 (13R-3,9).

- LEVINSON, H.Z. LEVINSON, A.R. FRANCKE, W. 1980b. Feeding aggregants in the feces of *Dermestes maculatus* De Geer. *Naturwissenschaften* 67: 463-465.
- LEVINSON, H.Z. LEVINSON, A.R. FRANCKE, W. MACKENROTH, W. HEEMANN, V. 1981a. The pheromone activity of Anhydroserriornin and Serriornin for male cigarette beetle (*Lasioderma serricorne* F.). *Naturwiss.* 68: 148-149.
- LEVINSON, H.Z. LEVINSON, A.R. MORI, K. 1981b. Olfactory behaviour and receptor potentials of two khapra beetle strains induced by enantiomers of trogodermal. *Naturwissenschaften* 67: 480-481.
- LEVINSON, H.Z. LEVINSON, A.R. FRANCKE, W. 1981c. Intraspezifische Lockstoffe des Dornspeckkäfers *Dermestes maculatus* (De Geer). *Mitt. deutsch. Ges. allg. angew. Entomol.* 2: 235-237.
- LEVINSON, H.Z. LEVINSON, A.R. FRANCKE, W. MACKENROTH, W. HEEMANN, V. 1982. Suppressed pheromone responses of male tobacco beetle to anhydroserriornin in the presence of serriornin. *Naturwissenschaften* 69: 454-455.
- LEVINSON, H.Z. LEVINSON, A.R. KAHN, G.E. SCHÄFER, K. 1983. Occurrence of a pheromone-producing gland in female tobacco beetles. *Experientia* 39: 1095-1097.
- LEVINSON, H.Z. LEVINSON, A.R. REN, Z. MORI, K. 1990. Comparative olfactory perception of the aggregation pheromones of *Sitophilus oryzae* (L.), *S. zeamais* (Motsch.) and *S. granarius* (L.), as well as the stereoisomers of these pheromones. *J. Appl. Entomol.* 110: 203-213.
- LEWIS, S.M. IANNINI, J. 1995. Fitness consequences of differences in male mating behaviour in relation to female reproductive status in flour beetles. *Anim. Behav.* 50: 1157-1160.
- LEWIS, W.J. MARTIN, W.R. 1990. Semiochemicals for use with parasitoids: Status and future. *J. Chem. Ecol.* 16: 3067-3089.
- LEXTRAIT, P. BIEMONT, J.-C. POUZAT, J. 1994. Comparison of walking locomotory reactions of two forms of *Callosobruchus maculatus* males subjected to female sex pheromone stimulation (Coleoptera: Bruchidae). *J. Chem. Ecol.* 20: 2917-2930.
- LEXTRAIT, P. BIEMONT, J.-C. POUZAT, J. 1995. Pheromone release by the two forms of *Callosobruchus maculatus* females: effects of age, temperature and host plant. *Physiol. Entomol.* 20: 309-317.
- LINDGREN, B.S. BORDEN, J.H. PIERCE, A.M. PIERCE, H.D.JR. OEHLISCHLAGER, A.C. WONG, J.W. 1985. A potential method for simultaneous semiochemical-based monitoring of *Cryptolestes ferrugineus* and *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Cucujidae and Tenebrionidae). *J. Stored Prod. Res.* 21: 83-87.
- LOCONTI, J.D. ROTH, L.M. 1953. Composition of the odorous secretion of *Tribolium castaneum*. *Ann. Entomol. Soc. Americ.* 46: 281-289.
- LONGSTAFF, B.C. 1981. Biology of the grain pest species of the genus *Sitophilus* (Coleoptera: Curculionidae): A critical review. *Protection Ecology* 2, 83-130.
- LOSCHIAVO, S.R. WONG, J. WHITE, N.D.G. PIERCE, H.D. BORDEN, J.H. OEHLISCHLAGER, A.C. 1986. Field evaluation of a pheromone to detect adult rusty grain beetles, *Cryptolestes ferrugineus* (Coleoptera: Cucujidae), in stored grain. *Can. Entomol.* 118: 1-8.
- LUM, P.T.M. BRADY, U.E. 1973. Levels of pheromone in female *Plodia interpunctella* mating with males reared in different light regimens. *Ann. Entomol. Soc. Americ.* 66: 821-823.
- MA, M. BURKHOLDER, W.E. 1978. Sex pheromone releasing behavior of *Anthrenus flavipes* (furniture carpet beetles) females (Coleoptera: Dermestidae). *Ann. Entomol. Soc. Americ.* 71: 129-133.
- MA, M. HUMMEL, H.E. BURKHOLDER, W.E. 1980. Estimation of single furniture carpet beetle (*Anthrenus flavipes* LeConte) sex pheromone release by dose-response curve and chromatographic analysis of pentafluorobenzylic derivatate of (Z)-3-decenoic acid. *J. Chem. Ecol.* 6: 597-607.

- MAFRA-NETO, A. CARDÉ, R.T. 1995. Effect of fine-scale structure of pheromone plumes: Pulse frequency modulates activation and upwind flight of almond moth males. *Physiol. Entomol.* 20: 229-242.
- MANKIN, R.W. HAGSTRUM, D.W. 1995. Three-dimensional orientation of male *Cadra cautella* (Lepidoptera: Pyralidae) flying to calling females in a windless environment. *Environ. Entomol.* 24: 1616-1626.
- MANKIN, R.W. VICK, K.W. MAYER, M.S. COFFELT, J.A. 1980a. Anemotactic response threshold of the Indian meal moth, *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae), to its sex pheromone. *J. Chem. Ecol.* 6: 919-928.
- MANKIN, R.W. VICK, K.W. MAYER, M.S. COFFELT, J.A. CALLAHAN, P.S. 1980b. Models for dispersal of vapors in open and confined spaces: Applications to sex pheromone trapping in a warehouse. *J. Chem. Ecol.* 6: 929-950.
- MANKIN, R.W. VICK, K.W. COFFELT, J.A. WEAVER, B.A. 1983. Pheromone-mediated flight by male *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae). *Environ. Entomol.* 12: 1218-1222.
- MATTESON, D.S. MAN, H.W. 1993. High-precision asymmetric synthesis of stegobiol and stegobinone via boronic esters. *J. Org. Chem.* 58: 6545-6547.
- MATTESON, D.S. MAN, H.W. 1994. Ultrasensitive asymmetric synthesis of stegobiol and stegobinone via boronic esters. Abstracts of Papers of the American Chemical Society 27: ORGN 394.
- MAYER, M.S. M<sup>c</sup>LAUGHLIN, J.R. 1991. Handbook of Insect Pheromones and Sex Attractants. CRC Press. Boca Raton, Ann Arbor, Boston.
- MAYHEW, T.J. PHILLIPS, T.W. 1994. Pheromone biology of the lesser grain borer, *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae). In: HIGHLEY, E. WRIGHT, E.J. BANKS, H.J. CHAMP, B.R. (eds.). Proc. 6<sup>th</sup> Intern. Working Conf. Stored. Prod. Prot., Canberra: 541-544.
- MBATA, G.N. 1993. Some factors affecting oviposition and development of *Callosobruchus subinnotatus* (Pic) (Coleoptera: Bruchidae). *Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz* 100: 155-164.
- MBATA, G.N. RAMASWAMY, S.B. 1995. Factors affecting the stability and recognition of the oviposition marker pheromone of *Callosobruchus subinnotatus* (Pic). *J. Stored Prod. Res.* 31: 157-163.
- M<sup>c</sup> LAUGHLIN, J.R. 1982. Behavioral effects of a sex pheromone extracted from forewings of male *Plodia interpunctella*. *Environ. Entomol.* 11: 378-380.
- M<sup>c</sup> LAUGHLIN, J.R. HAGSTRUM, D.W. 1976. Effects of a dark environment and air permeation with synthetic sex pheromone on mating in the almond moth. *Environ. Entomol.* 5: 1057-1058.
- MERTINS, J.W. 1982. Sex pheromone communication in the odd beetle, *Thyrodrias contractus* Motschulsky (Coleoptera: Dermestidae). *J. Chem. Ecol.* 8: 653-661.
- MESSINA, F.J. RENWICK, J.A.A. 1985. Mechanism of egg recognition by the cowpea weevil *Callosobruchus maculatus*. *Entomol. Exp. et Appl.* 37: 241-245.
- MESSINA, F.J. BARMORE, J.L. RENWICK, J.A.A. 1987. Oviposition deterrent from eggs of *Callosobruchus maculatus*: Spacing mechanism or artifact? *J. Chem. Ecol.* 13: 219-226.
- METCALF, R.E. 1994. Role of kairomones in integrated pest management. *Phytoparasitica* 22: 275-279.
- MIGNON, J. HAUBRUGE, E. LIENARD, V. GASPARD, Ch. LOGNAY, G. 1996. Mortality in *Oryzaephilus surinamensis* following short-term exposure to conditioned kernels by high-density culture. *Entomol. Exp. et Appl.* 80: 555-557.
- MILLAR, J.G. OEHLISCHLAGER, A.C. 1984. Synthesis of Z,Z-skipped diene macrolide pheromones for *Cryptolestes* and *Oryzaephilus* grain beetles (Coleoptera: Cucujidae). *J. Org. Chem.* 49: 2332-2338.
- MILLAR, J.G. OEHLISCHLAGER, A.C. WONG, J.W. 1983. Synthesis of two macrolide aggregation pheromones from the flat grain beetle *Cryptolestes pusillus* (Schönherr). *J. Org. Chem.* 48: 4404-4407.

PLARRE - Pheromones

- MILLAR, J.G. PIERCE, H.D. PIERCE, A.M. OEHLISCHLAGER, A.C. BORDEN, J.H. BARAK, A.V. 1985a. Aggregation pheromones of the flat grain beetle, *Cryptolestes pusillus* (Coleoptera: Cucujidae). J. Chem. Ecol. 11: 1053-1070.
- MILLAR, J.G. PIERCE, H.D. PIERCE, A.M. OEHLISCHLAGER, A.C. BORDEN, J.H. 1985b. Aggregation pheromones of the grain beetle *Cryptolestes turcicus* (Coleoptera: Cucujidae). J. Chem. Ecol. 11: 1071-1081.
- MOCHIZUKI, K. CHUMAN, T. MORI, M. KOHNO, M. KATO, K. 1984. Activity of stereoisomers of serricornin, sex pheromone of the cigarette beetle (*Lasioderma serricorne* F.) Agric. Biol. Chem. 48: 2833-2834.
- MÖHL, J. 1985. Insektenpheromone: Biologie, Chemie und Anwendungsmöglichkeiten. Beitr. Entomol. 35: 181-215.
- MONDAL, K.A.M.S.H. 1985. Response of *T. castaneum* larvae to aggregation pheromone and quinones produced by adult conspecifics. Int. Pest Control 27: 64-66.
- MONDAL, K.A.M.S.H. PORT, G.R. 1984. Response of *Tribolium castaneum* larvae to synthetic aggregation pheromone. Entomol. Exp. et Appl. 36: 43-46.
- MONDAL, K.A.M.S.H. PORT, G.R. 1994. Pheromones of *Tribolium* spp. (Coleoptera: Tenebrionidae) and their potential in pest management. Agric. Zool. Rev. 6: 121-148.
- MORI, K. 1974. Absolute configuration of (-)-14-methylhexadec-8-cis-en-1-ol and methyl (-)-14-methylhexadec-8-cis-enoate, the sex pheromone of female dermestid beetle. Tetrahedron 30: 3817-3820.
- MORI, K. EBATA, T. 1986a. Synthesis of (2S,3R,1'S,2'S) -stegobiol, a new component of the drugstore beetle pheromone. Tetrahedron Letters 42: 4685-4689.
- MORI, K. EBATA, T. 1986b. Synthesis of all of the four possible stereoisomers of 5-hydroxy-4-methyl-3-heptanone (Sitophilure), the aggregation pheromone of the rice weevil and the maize weevil. Tetrahedron 42: 4421-4426.
- MORI, K. ISHIKURA, M. 1989. Synthesis of sitophilate, the aggregation pheromone of *Sitophilus granarius* L., and its antipode. Liebigs Ann. Chem.: 1263-1265.
- MORI, K. TAKIKAWA, H. 1991. Synthesis of (4S,8S)- and (4S,8R)-4,8-dimethyldecanal, the stereoisomers of the aggregation pheromone of *Tribolium castaneum*. Liebigs Ann. Chem.: 497-500. pheromone of the cigarette beetle. Tetrahedron 41: 3423-3428.
- MORI, K. WATANABE, H. 1985. A New synthesis of serricornin [(4S,6S,7S)-7-hydroxy-4,6-dimethyl-3-nonanone], the sex pheromone of the cigarette beetle. Tetrahedron 41: 3423-3428.
- MORI, K. SUGURO, T. UCHIDA, M. 1978. Synthesis of optically active forms of (Z)-14-methylhexadec-8-enal. The pheromone of female dermestid beetle. Tetrahedron 34: 3119-3123.
- MORI, K. NOMI, H. CHUMAN, T. KOHNO, M. KATO, K. NOGUSHI, M. 1981a. Determination of the absolute configuration at C-6 and C-7 of serricornin (4,6-dimethyl-7-hydroxy--3-nonanone), the sex pheromone of the cigarette beetle. Tetrahedron Letters 22: 1127-1130.
- MORI, K. EBATA, T. SAKAKIBARA, M. 1981b. Synthesis of (2S,3R,7RS)-stegobione [2,3-dihydro-2,3,5-trimethyl-6-(1-methyl-2-oxobutyl)-4H-pyran-4-one] and its (2R,3S,7RS)-isomer the pheromone of the drugstore beetle. Tetrahedron 37: 709-713.
- MORI, K. NUKADA, T. EBATA, T. 1981c. Synthesis of optically active forms of methyl (E)-2,4,5-tetradecatrienoate, the pheromone of the male dried bean weevil. Tetrahedron 37: 1343-1347.
- MORI, M. CHUMAN, T. KOHNO, M. KATO, K. NOGUSHI, M. NOMI, H. MORI, K. 1982a. Absolute stereochemistry of serricornin, the sex pheromone of cigarette beetle, as determined by the synthesis of its (4S,6R,7R)-isomer. Tetrahedron Letters 23: 667-670.
- MORI, K. KUWAHARA, S. LEVINSON, H.Z. LEVINSON, A.R. 1982b. Synthesis and biological activity of both (E)- and (Z)-isomers of optically pure (S)-14-methyl-8-hexadecenal (trogoderma), the antipodes of the pheromone of the khapra beetle. Tetrahedron 38: 2291-2297.

## PLARRE - Pheromones

- MORI, K. ITO, T. TANAKA, K. HONDA, H. YAMAMOTO, I. 1983. Synthesis and biological activity of optically active forms of (E)-3,7-dimethyl-2-octene-1,8-dioic acid (callosobruchusic acid). A component of the copulation release pheromone (erectin) of the azuki bean weevil. *Tetrahedron* 39: 2303-2306.
- MORI, M. CHUMAN, T. KATO, K. 1984. Cyclic hemiacetal and acyclic chain - the two forms of serricornin. *Tetrahedron Letters* 25: 2553-2556.
- MORI, K. MORI, H. SUGAI, T. 1985. Biochemical preparations of both the enantiomers of methyl 3-hydroxypentanoate and their conversion of the enantiomers of 4-hexanolide, the pheromone of *Trogoderma glabrum*. *Tetrahedron* 41: 919-925.
- MORI, K. HARADA, H. ZAGATTI, P. CORK, A. HALL, D.R. 1991. Synthesis and biological activity of four stereoisomers of 6,10,14-trimethyl-2-pentadecanol, the female-produced sex pheromone of rice moth (*Corcyra cephalonica*). *Liebigs Ann. Chem.*: 259-267.
- MOSSADEGH, M.S. 1978. Mechanism of secretion of the contents of the mandibular glands of *Plodia interpunctella* larvae. *Physiol. Entomol.* 3: 335-340.
- MOSSADEGH, M.S. 1980. Inter- and intra-specific effects of the mandibular gland secretion of larvae of the Indian meal moth, *Plodia interpunctella*. *Physiol. Entomol.* 5: 165-173.
- MUDD, A. 1981. Novel 2-acylcyclohexane-1,3-diones in the mandibular glands of lepidopteran larvae. *Chem. Soc. Perkin Trans. I*: 2357-2362.
- MUDD, A. 1983. Further novel 2-acylcyclohexane-1,3-diones from lepidopteran larvae. *Chem. Soc. Perkin Trans. I*: 2161-2164.
- MUDD, A. CORBET, S.A. 1973. Mandibular gland secretion of larvae of the stored products pest *Anagasta kuehniella*, *Ephestia cautella*, *Plodia interpunctella* and *Ephestia elutella*. *Entomol. Exp. et appl.* 16: 291-293.
- MUDD, A. CORBET, S.A. 1982. Response of the ichneumonid parasite *Nemeritis canescens* to kairomones from the flour moth, *Ephestia kuehniella*. *J. Chem. Ecol.* 8: 843-850.
- MUDD, A. WALTERS, J.H.H. CORBET, S.A. 1984. Relative kairomonal activities of 2-acylcyclohexane-1,3-diones in eliciting oviposition behavior from parasite *Nemeritis canescens* (Grav.). *J. Chem. Ecol.* 10: 1597-1601.
- MUELLER, D. 1982. Pheromones - New weapon against stored product insects. *Pest Control* Feb. 1982: 22-24.
- MUELLER, D. 1985. Innovative pheromone monitoring helps provide control. *Pest Control* December 1985: 36-46.
- MUELLER, D. 1995. All pheromone traps were not created equal. *Pest Control* June 1995: 134.
- MUELLER, D. PIERCE, L. 1992. Stored product protection in paradise. *Pest Control* June 1992: 34-36.
- MUELLER, D. PIERCE, L. BENEZET, H. KRISCHIK, V. 1990. Practical application of pheromone traps in food and tobacco industry. *J. Kansas Entomol. Soc.* 63: 548-553.
- MULLEN, M.A. 1992. Development of a pheromone trap for monitoring *Tribolium castaneum*. *J. Stored Prod. Res.* 28: 245-249.
- MULLEN, M.A. 1994. Response of *Cadra cautella* and *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae) to pheromone baited traps. *J. Entomol. Sci.* 29: 215-221.
- MULLEN, M.A. HIGHLAND, H.A. ARTHUR, F.H. 1991. Efficiency and longevity of two commercial sex pheromone lures for Indian meal moth and almond moth (Lepidoptera: Pyralidae). *J. Entomol. Sci.* 26: 64-68.
- MULLEN, M.A. WILEYTO, E.P. ARTHUR, F.H. in press. Influence of trap design and location on the capture of *Plodia interpunctella* (Indian meal moth) (Lepidoptera: Pyralidae) in a controlled release study. *J. Stored Prod. Res.* XX: XX-XX.
- MUSHOBOZY, D.K. PIERCE, H.D. BORDEN, J.H. 1993. Evaluation of 1-octen-3-ol and nonanal as adjuvants for aggregation pheromones for three species of cucujid beetles (Coleoptera: Cucujidae). *J. Econ. Entomol.* 86: 1835-1845.

PLARRE - Pheromones

- NAKAJIMA,S. SUGAWARA,K. TAKEDA,T. TATEISHI,M. OKAMURA,J.I. BABA,N. 1996. Arrestants to *Oryzaephilus surinamensis* L. from wheat flour infested by the same weevil. Bioscience, Biotech., Biochem. 60: 1546-1547.
- NAKAMURA,K. OYAMA,M. 1978. An equation for the competition between pheromone traps and adult females for adult males. Appl. Entomol. Zool. 13: 176-184.
- NAOSHIMA,Y. MUNAKATA,Y. YOSHIDA,S. FUNAI,A. 1991. Synthesis of chiral alcohol and ester pheromones through enzyme catalysed hydrolysis using *Pseudomonas fluorescens* lipase: Preparation of (2R,6S,10S)-6,10-14-Trimethylpentadecan-2-ol and the propionate (2R,8R)-8-methyldecan-2-ol. J. Chem. Soc. Perkin Trans. I: 549-554.
- NEMOTO T. SHIBUYA,M. KUWAHARA,Y. SUZUKI,T. 1987. New 2-acyclohexane-1,3-diones: Kairomone components against a parasitic wasp, *Venturia canescens*, from feces of the almond moth, *Cadra cautella*, and the Indian meal moth, *Plodia interpunctella*. Agric. Biol. Cehm. 51: 1805-1810.
- NORDLUND,D.A. 1981. Semiochemicals: A review of the terminology. In: NORDLUND,D.A. JONES,R.L. LEWIS, (eds.). Semiochemicals Their Role in Pest Control. John Wiley & Sons. N.Y., Chichester, Brisbane, Toronto: 13-28.
- NORDLUND,D.A. BRADY,U.E. 1974a. The calling behavior of female *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera:Pyralidae) under two light regimes. Environ. Entomol. 3: 793-796.
- NORDLUND,D.A. BRADY,U.E. 1974b. Factors affecting release rate and production of sex pheromone by female *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae). Environ. Entomol. 3: 797-802.
- NORDLUND,D.A. JONES,R.L. LEWIS,W.J. 1981: Semiochemicals, Their Role in Pest Control. John Wiley & Sons. N.Y., Chichester, Brisbane, Toronto.
- OBENG-OFORI,D. 1991. Analysis of orientation behaviour of *Tribolium castaneum* and *T. confusum* to synthetic aggregation pheromone. Entomol. Exp. et Appl. 60: 125-133.
- OBENG-OFORI,D. COAKER,T.H. 1990a. Some factors affecting responses of four stored product beetles (Coleoptera: Tenebrionidae & Bostrichidae) to pheromones. Bull. Entomol. Res. 80: 433-441.
- OBENG-OFORI,D. COAKER,T.H. 1990b. *Tribolium aggregation* pheromone: Monitoring, range of attraction and orientation behaviour of *T. castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). Bull. Entomol. Res. 80: 443-451.
- O'CEALLACHAIN,D.P. RYAN,M.F. 1977. Production and perception of pheromones by the beetle *Tribolium confusum*. J. Insect Physiol. 23: 1303-1309.
- ODINOKOV,V.N. DZHEMILEV,U.M. ISHMURATOV,G.Y. BOTSMAN,L.P. IBRAGIMOV,A.G. LADENKOVA,I.M. KARGAOL'TSEVA,T.A. ZOLOTAREV,A.P. TOLSTIKOV,G.A. 1991a. Insect pheromones and their analogs: XXVIII. Practical synthesis of 9Z,12E-tetradecadien-1-yl acetate, a component of the sex pheromones of Lepidoptera. Khimiya Prirodnykh Soedinenii 0: 276-279.
- ODINOKOV,V.N. ISHMURATOV,G.Y. LADENKOVA,I.M. BOTSMAN,L.P. KARGAPOL'TSEVA,T.A. TOLSTIKOV,G.A. 1991b. Insect pheromones and their analogs. XXXIII. Synthesis of 7Z,11E-hexadecadien-1-yl acetate, sex pheromone of *Sitotroga cerealella* and a component of the sex pheromone of *Pectinophora gossypiella*. Khimiya Prirodnykh Soedinenii 0: 704-707.
- ODINOKOV,V.N. ISHMURATOV,G.Y. LADENKOVA,I.M. MUSLUKHOV,R.R. TOLSTIKOV,G.A. 1991c. Insect pheromones and their analogs. XXVII. Synthesis of 10-hydroxy-4,8,-dimethyl-4E,8E-decadienic acid and racemic-4,8,-dimethyldecanal from geranylacetate. Khimiya Prirodnykh Soedinenii 0: 272-276..
- ODINOKOV,V.N. ISHMURATOV,G.Y. KHARISOVA,R. YAKOVLEVA,M.P. SULTANOV,R.M. SEREBRYAKOV,E.P. DZHEMILEV,U.M. TOLSTIKOV,G.A. 1991d. Insect pheromones and their analogs. XXXII. Chiral pheromones based on (S)-dextro-3,7-dimethyl-1,6-octadiene: 1. Synthesis of (4R,8RS)-4,8-dimethyl decanal. Khimiya Prirodnykh Soedinenii 0: 571-574.

PLARRE - Pheromones

- ODINOKOV,V.N. ISHMURATOV,G.Y. KHARISOVA,R. VAKHIDOV,R.R. BOTSMAN,L.P. TOLSTIKOV,G.A. 1993. Insect pheromones and their analogs. XLVII. Synthesis of 11-oxododeca-3,6,dionoic acid - the acyclic precursor of a macrolide component of pheromones of *Oryzaephilus mercator* and *O. surinamensis*. Chem. Natural Compounds 29: 240-244..
- OEHLSCHLAGER,A.C. WONG,J.W. VERIGIN,V.G. PIERCE,H.D. 1983. Synthesis of two macrolide pheromones of the rusty red grain beetle, *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens). J. Org. Chem. 48: 5009-5017.
- OEHLSCHLAGER,A.C. KING,G.G.S. PIERCE,H.D. PIERCE,A.M. SLESSOR,K.N. MILLAR,J.G. BORDEN,J.H. 1987. Chirality of macrolide pheromones of grain beetles in the genera *Oryzaephilus* and *Cryptolestes* and its implications for species specificity. J. Chem. Ecol. 13: 1543-1554.
- OEHLSCHLAGER,A.C. PIERCE,A.M. PIERCE,H.D. BORDEN,J.H. 1988. Chemical communication in cucujid grain beetles. J. Chem. Ecol. 14: 2071-2098.
- ONO,M. ONISHI,I. CHUMAN,T.KOHNO,M. KATO,K. 1980. A novel synthesis of ( $\pm$ )-serricornin 4,6-dimethyl-7-hydroxy-nonan-3-one the sex pheromone of cigarette beetle (*Lasioderma serricorne* F.). Agric. Biol. Chem. 44: 2259-2260.
- ONO,M. ONISHI,I. KUWAHARA,Y. CHUMAN,T. KATO,K. 1983. Synthesis of ( $\pm$ )-2,3-cis-stebobione, ( $\pm$ )-cis-2,3-dihydro-2,3,5-trimethyl-6-(1-methyl-2-oxobutyl)-4-H-pyran-4-one, the sex pheromone of drugstore beetle. Agric. Biol. Chem. 47: 1933-1934.
- OSHIMA,K. HONDA,H. YAMAMOTO,I. 1973. Isolation of an oviposition marker from azuki bean weevil, *Callosobruchus chinensis* (L.). Agric. Biol. Chem. 37: 2679-2680.
- PAPPAS,P.W. MORRISON,S.E. 1995. Benzoquinones of the beetles, *Tribolium castaneum* and *Tribolium confusum*. Preparative Biochemistry 25: 155-168.
- PAPPAS,P.W. WARDROP,S.M. 1996. Quantification of benzoquinones in the flour beetles, *Tribolium castaneum* and *Tribolium confusum*. Preparative Biochem. & Biotech. 26: 53-66..
- PARRA,J.R.P. VINSON,S.M. GOMES,S.M. CONSOLI,F.L. 1996. Flight response of *Habrobracon hebetor* (Say) (Hymenoptera: Braconidae) in a wind tunnel to volatiles associated with infestations of *Ephestia kuehniella* ZELLER (Lepidoptera: Pyralidae). Biological Control 6: 143-150.
- PAWAR,A.S. CHATTOPADHYAY,S. MAMDAPUR,V.R. 1993. A practical synthesis of the khapra beetle pheromone. Liebigs Ann. Chem.: 445-446.
- PHELAN,P.L. 1992. Evolution of sex pheromones and the role of asymmetric tracking. In: ROITBERG,B.O. ISMAN,M.B. (eds.). Insect Chemical Ecology. Chapman & Hall, N.Y., London: 265-314.
- PHELAN,P.L. BAKER,T.C. 1986a. Cross-attraction of five species of stored-product phycitinae (Lepidoptera: Pyralidae) in a wind tunnel. Environ. Entomol. 15: 369-372.
- PHELAN,P.L. BAKER,T.C. 1986b. Male-size-related courtship success and intersexual selection in the tobacco moth, *Ephestia elutella*. Experientia 42: 1291-1293.
- PHELAN,P.L. BAKER,T.C. 1987. Evolution of male pheromones in moths: Reproductive isolation through sexual selection? Science 235: 205-207.
- PHELAN,P.L. BAKER,T.C. 1990b. Comparative study of courtship in twelve phycitine moths (Lepidoptera:Pyralidae). J. Insect Behav. 3: 303-326.
- PHELAN,P.L. SILK,P.J. NORTHCOTT,C.J. TAN,S.H. BAKER,T.C. 1986. Chemical identification and behavioral characterization of male wing pheromone of *Ephestia elutella* (Pyralidae). J. Chem. Ecol. 12: 135-146.
- PHILLIPS,J.K. BURKHOLDER,W.E. 1981. Evidence for a male produced aggregation pheromone in the rice weevil *Sitophilus oryzae*. J. Econ. Entomol. 74: 539-542.
- PHILLIPS,J.K. WALGENBACH,C.A. KLEIN,J.A. BURKHOLDER,W.E. SCHMUFF,N.R. FALES,H.M. 1985. ( $R^*$ , $S^*$ )-5-hydroxy-4-methyl-3-heptanone male-produced aggregation pheromone of *Sitophilus oryzae* (L.) and *S. zeamais* Motsch. J. Chem. Ecol. 11: 1263-1274.

- PHILLIPS, J.K. MILLER, P.F. ANDERSEN, J.F. FALES, H.M. BURKHOLDER, W.E. 1987. The chemical identification of the granary weevil aggregation pheromone. *Tetrahedron Letters* 49: 6145-6146.
- PHILLIPS, J.K. CHONG, J.M. ANDERSEN, J.F. BURKHOLDER, W.E. 1989. Determination of the enantiomeric composition of ( $R^*$ ,  $S^*$ )-1-ethylpropyl-2-methyl-3-hydroxypentanoate, the male-produced aggregation pheromone of *Sitophilus granarius*. *Entomol. Exp. & Appl.* 51: 149-153.
- PHILLIPS, T.W. 1994. Pheromones of stored-product insects: Current status and future perspectives. In: HIGHLEY, E. WRIGHT, E.J. BANKS, H.J. CHAMP, B.R. (eds.). *Proc. 6<sup>th</sup> Intern. Working Conf. Stored. Prod. Prot.*, Canberra: 479-486.
- PHILLIPS, T.W. 1997. Semiochemicals of stored-product insects: Research and applications. *J. Stored Prod. Res.* 33: 17-30.
- PHILLIPS, T.W. STRAND, M.R. 1994a. Factors affecting oviposition and orientation by female *Plodia interpunctella*. In: HIGHLEY, E. WRIGHT, E.J. BANKS, H.J. CHAMP, B.R. (eds.). *Proc. 6<sup>th</sup> Intern. Working Conf. Stored. Prod. Prot.*, Canberra: 561-565.
- PHILLIPS, T.W. STRAND, M.R. 1994b. Larval secretions and food odors affect orientation in female *Plodia interpunctella*. *Entomol. Exp. Appl.* 71: 185-192.
- PHILLIPS, T.W. BURKHOLDER, W.E. JIANG, X.-L. PHILLIPS, J.K. QUOC, H.T. 1991. Food odor attractants and pheromone synergists for stored-product Coleoptera. Abstracts 8<sup>th</sup> Annual Meeting Intern. Soc. Chem. Ecol. Dijon, France.
- PHILLIPS, T.W. JIANG, X.-L. BURKHOLDER, W.E. PHILLIPS, J.K. TRAN, H.Q. 1993. Behavioral responses to food volatiles by two species of stored-product coleoptera, *Sitophilus oryzae* (Curculionidae) and *Tribolium castaneum* (Tenebrionidae). *J. Chem. Ecol.* 19: 723-734.
- PHILLIPS, T.W. PHILLIPS, J.K. WEBSTER, F.X. TANG, R.T. BURKHOLDER, W.E. 1996. Identification of sex pheromones from the cowpea weevil, *Callosobruchus maculatus*, and related studies with *C. analis* (Coleoptera: Bruchidae). *J. Chem. Ecol.* 22: 2233-2249.
- PIERCE, A.M. BORDEN, J.H. OEHLISCHLAGER, A.C. 1981. Olfactory response to beetle-produced volatiles and host-food attractants by *Oryzaephilus surinamensis* and *O. mercator*. *Can. J. Zool.* 59: 1980-1990.
- PIERCE, A.M. BORDEN, J.H. OEHLISCHLAGER, A.C. 1983. Effects of age and population density on response to beetle and food volatiles by *Oryzaephilus surinamensis* and *O. mercator* (Coleoptera: Cucujidae). *Environ. Entomol.* 12: 1367-1374.
- PIERCE, A.M. PIERCE, H.D. MILLAR, J.G. BORDEN, J.H. OEHLISCHLAGER, A.L. 1984a. Aggregation pheromones in the genus *Oryzaephilus* (Coleoptera: Cucujidae). In: *Proc. 3<sup>rd</sup> Intern. Working Conf. Stored Prod. Entomol.*, Manhattan (Kansas) 1983: 107-120.
- PIERCE, A.M. PIERCE, H.D. MILLAR, J.G. WONG, J.W. VERIGIN, V.G. OEHLISCHLAGER, A.L. BORDEN, J.H. 1984b. Methodology for isolation and analysis of aggregation pheromones in the genera *Cryptolestes* and *Oryzaephilus* (Coleoptera: Cucujidae). In: *Proc. 3<sup>rd</sup> Intern. Working Conf. Stored Prod. Entomol.*, Manhattan (Kansas) 1983: 121-137.
- PIERCE, A.M. PIERCE, H.D. OEHLISCHLAGER, A.L. BORDEN, J.H. 1985. Macrolide aggregation pheromones in *Oryzaephilus surinamensis* and *Oryzaephilus mercator*. *J. Agric. Food. Chem.* 33: 848-852.
- PIERCE, A.M. PIERCE, H.D. OEHLISCHLAGER, A.C. CZYZEWSKA, E. BORDEN, J.H. 1987. Influence of pheromone chirality on response by *Oryzaephilus surinamensis* and *Oryzaephilus mercator* (Coleoptera: Cucujidae). *J. Chem. Ecol.* 13: 1525-1542.
- PIERCE, A.M. PIERCE, H.D. JOHNSTON, B.D. OEHLISCHLAGER, A.C. BORDEN, J.H. 1988. Aggregation pheromone of square necked grain beetle, *Cathartus quadricollis* (GUER). *J. Chem. Ecol.* 14: 2169-2184.
- PIERCE, A.M. PIERCE, H.D. BORDEN, J.H. OEHLISCHLAGER, A.C. 1989. Production dynamics of cucujolide pheromones and identification of 1-octen-3-ol as a new aggregation pheromone for *Oryzaephilus surinamensis* and *O. mercator* (Coleoptera: Cucujidae). *Environ. Entomol.* 18: 747-755.



- PIERCE,A.M. PIERCE,H.D. OEHLSCHLAGER,A.C. BORDEN,J.H. 1990a. Attraction of *Oryzaephilus surinamensis* (L.) and *Oryzaephilus mercator* (Fauvel) (Coleoptera: Cucujidae) to some common volatiles of food. J. Chem. Ecol. 16: 465-475.
- PIERCE,A.M. BORDEN,J.H. OEHLSCHLAGER,A.C. 1990b. Suppression of oviposition in *Oryzaephilus surinamensis* (L.) (Coleoptera: Cucujidae) following prolonged retention in high-density cultures or short-term exposure to larval volatiles. J. Chem. Ecol. 16: 595-601.
- PIERCE,A.M. PIERCE,H.D. BORDEN,J.H. OEHLSCHLAGER,A.C. 1990c. Effect of aggregation pheromones on efficacy of cardboard traps for sawtooth grain beetle (Coleoptera: Cucujidae). J. Econ. Entomol. 83: 273-276.
- PIERCE,A.M. PIERCE,H.D. OEHLSCHLAGER,A.C. BORDEN,J.H. 1991a. 1-octen-3-ol, attractive semiochemical for foreign grain beetle, *Ahasverus advena* (Waltl) (Coleoptera: Cucujidae). J. Chem. Ecol. 17: 567-580.
- PIERCE,A.M. PIERCE,H.D. OEHLSCHLAGER,A.C. BORDEN,J.H. 1991b. Fungal volatiles: Semiochemicals for stored-product beetles (Coleoptera: Cucujidae). J. Chem. Ecol. 17: 581-597.
- PIERCE,L.H. 1993. Using pheromones for control: A five year study. Proc. Practical Use of Fumigants and Pheromones, Lübeck 1993: 52-57.
- PIERCE,L.H. 1994. Using pheromones for location and suppression of phycitid moth and cigarette beetles in Hawaii - a five-year summery. In: HIGHLY E. WRIGHT E.J. BANKS H.J. CHAMP B.R. (eds.). Proc. 6<sup>th</sup> Intern. Working Conf. Stored Prod Prot., Canberra 1994: 439-443.
- PILLI,R.A. 1993. Process for preparing the aggregation pheromone of the maize and rice weevils (sitophilure). Braz. Pedido Pi. 91: 7.
- PIMAUD,M.F. CANGARDEL,H. FLEURAT LESSARD,F. 1976. Effects de fortes doses de ZETA an milieu confine sur la reproduction de *Plodia interpunctella* Hubner (Lépidoptère Pyralidae) en laboratoire. In: Les Pheromones Sexuelles des Lépidoptère. Centre de Recherches INRA de Bordeaux: 129-135.
- PIMBERT,M. 1987. Analyse, en olfactomètre tubulaire, de l'influence de différents stimulus olfactifs dans la recherche du partenaire sexuel par *Zabrotes subfasciatus*. Entomol. Exp. & Appl. 45: 23-27.
- PIMBERT,M. POUZAT,J. 1988. Electroantennogram responses of *Zabrotes subfasciatus* to odours of the sexual partner. Entomol. Exp. Appl. 47: 49-53.
- PINNIGER,D.B. 1990. Food-baited traps: Past, present and future. J. Kansas Entomol. Soc. 63: 533-538.
- PINNIGER,D.B. CHAMBERS,J. 1987. The use of pheromones in stored product protection: A UK view. In: DONAHAYE,E. NAVARRO,S. (eds.). Proceedings of the 4<sup>th</sup> Intern. Working Conf. on Stored Prod. Prot. Tel Aviv, 1986: 24-34.
- PLARRE,R. 1991. Pheromonal communication and orientation of the granary weevil, *Sitophilus granarius* L. (Coleoptera: Curculionidae). In: FLEURAT-LESSARD,F. DUCOM,P. (eds.). Proc. 5<sup>th</sup> Intern. Working Conf. Stored Prod. Prot., Bordeaux 1990: 181-190.
- PLARRE,R. 1992. Orientierung des Kornkäfers *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) auf Duft- und Pheromonquellen in Abhängigkeit vom physiologischen Zustand. Mitt. Dtsch. Ges. All. Angew. Entomol. 8: 257-264.
- PLARRE,R. 1993. Einfluß physiologischer Parameter bei der Reaktion auf das arteigene Aggregationspheromon beim Kornkäfer *Sitophilus granarius* L. (Coleoptera: Curculionidae). Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. 45: 78-81.
- PLARRE,R. 1994. Influence of synthetic Sitophilate, the aggregation pheromone of *Sitophilus granarius* (L.) (Col:Curculionidae) on dispersion and aggregation behavior of the granary weevil. In: HIGHLY E. WRIGHT E.J. BANKS H.J. CHAMP B.R. (eds.). Proc. 6<sup>th</sup> Intern. Working Conf. Stored Prod Prot., Canberra 1994: 570-582.
- PLARRE,R. 1995a. Einsatz von Pheromonen im Vorratsschutz. Mitt. Dtsch. Ges. All. Angew. Entomol. 9: 499-506.

PLARRE - Pheromones

- PLARRE,R. 1995b. Geschlechtsspezifisches Verhalten des Kornkäfers *Sitophilus granarius* L. (Coleoptera:Curculionidae) in Gegenwart des synthetischen Aggregationspheromones. Mitt. Dtsch. Ges. All. Angew. Entomol. 10: 613-618.
- PLARRE,R. 1996. Three dimensional distribution of *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) in wheat influenced by the synthetic aggregation pheromone. J. Stored Prod. Res. 32: 275-283.
- PÖSCHKO,M. 1996. Falle auf "Herz und Nieren" geprüft. Der Praktische Schädlingbekämpfer 9/96: 24-28.
- POUZAT,J. BILAL,H. NAMMOUR,D. PIMBERT,M. 1989. A comparative study of the host plant's influence on the sex pheromone dynamics of three bruchid species. Acta Oecologica / Oecologica Generalis 10: 401-410.
- PRESS,J.W. 1988. Avoidance of the red flour beetle, *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae), by *Bracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae). J. Kansas Entomol. Soc. 61: 228-230.
- PRESS,J.W. CLINE,L.D. FLAHERTY,B.R. 1986. Impact of the red flour beetle, *Tribolium castaneum* (Herbst), on suppression of the almond moth, *Cadra cautella* (Walker), by the parasitic wasp, *Bracon hebetor* say and *Venturia canescens* (Gravenhorst). J. Entomol. Sci. 21: 271-275.
- PREVETT,P.F. BENTON,F.P. HALL,D,R. HODGES,R.J. SANTOS SERODIO DOS,R. 1989. Suppression of mating in *Ephestia cautella* (Walker) (Lepidoptera: Phycitidae) using microencapsulated formulations of synthetic sex pheromone. J. Stored Prod. Res. 25: 147-154.
- QI,Y.T. BURKHOLDER,W.E. 1982. Sex pheromone biology and behavior of the cowpea weevil *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae). J. Chem. Ecol. 8: 527-534.
- QUAIFE,J.T. 1980. Aggregation and sex pheromones in the flat grain beetle, *Cryptolestes pusillus* (Schonherr) (Coleoptera: Cucujidae). USDFDA Science Advisor Research Associate Program No. 96-78: 177-205.
- QUARTEY,G.H. COAKER,T.H. 1992. The development of an improved model trap for monitoring *Ephestia cautella*. Entomol. Exp. et appl. 64: 293-301.
- RAFAELI,A. GILEADI,C. 1995a. Factors affecting pheromone production in the stored product moth, *Plodia interpunctella*: A preliminary study. J. Stored Prod. Res. 31: 243-247.
- RAFFA,K.F. PHILLIPS,T.W. SALOM,S.M. 1993. Strategies and mechanisms of host colonization by bark beetles. In: SCHOWALTER,T.D. FILIP,G.M. (eds.) Beetle-Pathogen Interactions in Conifer Forests. Academic Press, London, San Diego, Boston, Sydney, Tokyo, Toronto: 103-128.
- RAHALKAR,G.W. TAMHANKAR,A.J. ADEESAN,C. 1972. Influence of prior exposure of male khapra beetle (*Trogoderma granarium*) to female sex pheromone on their mating ability. Experientia 28: 1123-1124.
- RAHALKAR,G.W. TAMHANKAR,A.J. GOTHY,K.K. 1985. Selective breeding for reduced male response to female sex pheromone in *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae). J. Stored Prod. res. 21: 123-126.
- RAMASWAMY,S.B. SHU,S. MONROE,W.A. MBATA,G.N. 1995. Ultrastructure and potential role of integumentary glandular cells in adult male and female *Callosobruchus subinnotatus* (Pic) and *C. maculatus* (Fabricius) (Coleoptera: Bruchidae). Intern. J. Insect Morphology and Embryology 24: 51-61.
- RAMIREZ-MARTINEZ,M. ALBA-AVILA DE,A. RAMIREZ-ZURBIA,R. 1994. Discovery of the larger grain borer in a tropical deciduous forest in Mexico. J. Appl. Entomol. 118: 354-360.
- RAZKIN,J. GIL,P. GONZALEZ,A. 1996. Stereoselective synthesis of dominicalure 1 and 2: Components of aggregation pheromone from male lesser grain borer *Rhyzopertha dominica* (F.). J. Chem. Ecol. 22: 673-680.
- READ,J.S. BEEVOR,P.S. 1976: Analytical studies on the sex pheromone complex of *Ephestia cautella* (Walker) (Lepidoptera: Phycitidae). J. Stored Prod. Res. 12: 55-57.

- READ, J.S. HAINES, C.P. 1976: The functions of the female sex pheromones of *Ephestia cautella* (Walker) (Lepidoptera: Phycitidae). J. Stored Prod. Res. 12: 49-53.
- READ, J.S. HAINES, C.P. 1979. Secondary pheromone components and synergism in stored-product phycitinae. J. Chem. Ecol. 5: 251-257.
- REES, D. RODRIGUEZ, R. HERRERA, F. OFOSU, A. 1991. Advances in monitoring *Prostephanus truncatus* (Horn) (Col.: Bostrichidae) and *Teretriosoma nigrescens* Lewis (Col.: Histeridae) populations. In: FLEURAT-LESSARD, F. DUCOM, P. (eds.). Proc. 5<sup>th</sup> Intern. Working Conf. Stored Prod. Prot., Bordeaux 1990: 1417-1423.
- REES, D.P. WRIGHT, E.J. 1996. Population comparison and immigration-implications for selection of control methods for phycitine moths in a food processing plant. Proc. XX. Intern. Congress Entomol. Firenze, Italy: No. 18-004: 552.
- REICHMUTH, Ch. 1995. Pheromone und Fallen im Vorratsschutz. Der Praktische Schädlingsbekämpfer 11/95: 17-19.
- REICHMUTH, Ch. WOHLGEMUTH, R. LEVINSON, A.R. LEVINSON, H.Z. 1976. Untersuchungen über den Einsatz von pheromonbeköderten Klebefallen zur Bekämpfung von Motten im Vorratsschutz. Z. Angew. Entomol. 82: 95-102.
- REICHMUTH, Ch. SCHMIDT, H.U. LEVINSON, A.R. LEVINSON, H.Z. 1978. Die Fängigkeit pheromonbeködeter Klebefallen für Speichermotten (*Ephestia elutella* Hbn.) in unterschiedlich dicht befallenen Getreidelägern. Z. Angew. Entomol. 86: 205-212.
- REICHMUTH, Ch. SCHMIDT, H.U. LEVINSON, A.R. LEVINSON, H.Z. 1980. Das jahreszeitliche Auftreten von Speichermotten (*Ephestia elutella* Hbn.) in Berliner Getreideschüttbodenlagern sowie der zeitentsprechende Einsatz von Bekämpfungsmaßnahmen. Z. Angew. Entomol. 89: 104-111.
- RICHARDS, O.W. THOMSON, W.S. 1932. A contribution to the study of the genera *Ephestia*, GN. (including *Strymax*, Dyar), and *Plodia*, GN. (Lepidoptera, Phycitidae), with notes on parasites of the larvae. Transactions Entomol. Soc. London 80: 169-250.
- RICHTER, J. BILIWA, A. 1991. Landesweite Erhebung mittels Pheromonfallen zur Verbreitung von *Prostephanus truncatus* (Horn) (Col., Bostrichidae) in Togo. Anz. Schädlingskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz 64: 89-92.
- RODIN, J.O. SILVERSTEIN, R.M. BURKHOLDER, W.E. GORMAN, J.E. 1969: Sex attractant of the female dermestid beetle *Trogoderma inclusum* Leconte. Science 165: 904-906.
- RODIN, J.O. LEAFFER, M.A. SILVERSTEIN, R.M. 1970. Synthesis of trans-3, cis5-tetradecadienoic acid (magatomoic acid), the sex attractant of the black carpet beetle, and its geometric isomers. J. Org. Chem. 35: 3152.
- ROSSI, R. NICCOLI, A. 1978. Relationship between chirality and biological activity. Biological response of *Trogoderma granarium* to optically active synthetic sex attractants. Naturwissenschaften 65: 259-260.
- ROSSI, R. SALVADORI, P.A. CARPITA, A. NICCOLI, A. 1979. Chirality influences the biological activity of sex pheromones of the khapra beetle. Naturwissenschaften 66: 211.
- ROTH, L.M. 1943. Studies on the gaseous secretion of *Tribolium confusum* Duval. II. The odoriferous glands of *Tribolium confusum*. Ann. Soc. Entomol. Americ. 36: 397-424.
- ROTH, L.M. 1945. The odoriferous glands in the Tenebrionidae. Ann. Soc. Entomol. Americ. 38: 77-87.
- ROTH, L.M. HOWLAND, R.B. 1941. Studies on the gaseous secretion of *Tribolium confusum* Duval. I. Abnormalities produced in *Tribolium confusum* Duval by exposure to a secretion given off by the adults. Ann. Soc. Entomol. Americ. 34: 151-175.
- RUP, P.J. SHARMA, S.P. 1978. Behavioural response of male and female of *Callosobruchus maculatus* (F.) to the sex pheromones. Indian J. Ecol. 5: 72-76.
- RUTLEDGE, C.E. 1996. A survey of identified kairomones and synomones used by insect parasitoids to locate and accept their host. Chemoecology 7: 121-131.

- RYAN, M.F. O'CEALLACHAIN, D.P. 1976. Aggregation and sex pheromones in the beetle *Tribolium confusum*. J. Insect Physiol. 22: 1501-1503.
- SAKAI, T. HAMAMOTO, H. MORI, K. 1986. New synthesis of macrolide pheromone of the flat grain beetle, *Cryptolestes pusillus* Schönherr. Agric. Biol. Chem. 50: 1621-1627.
- SAKAI, T. MORI, K. 1986. New synthesis of the macrolide pheromones of the rusty grain beetle, *Cryptolestes ferrugineus* Stephens. Agric. Biol. Chem. 50: 177-183.
- SCHMUFF, N.R. PHILLIPS, J.K. BURKHOLDER, W.E. FALES, H.M. CHEN, C.W. ROLLER, P.P. MA, M. 1984. The chemical identification of the rice weevil and the maize weevil aggregation pheromone. Tetrahedron Letters 25: 1533-1534.
- SCHWINCK, I. 1953. Über den Sexualduftstoff der Pyraliden. Zeit. vergl. Physiol. 35: 167-174.
- SELITSKAYA, O.G. SHAMSHEV, I.V. 1994. Response of lesser grain borer (Coleoptera, Bostrichidae) to components of aggregation pheromone. Zoologicheskii Zhurnal 73: 43-48.
- SHAAYA, E. 1981. Sex pheromone of *Dermestes maculatus* De Geer (Coleoptera: Dermestidae). J. Stored Prod. Res. 17: 13-16.
- SHANI, A. LACEY, M.J. BARRER, P.M. WHITTLE, C.P. 1985. Collection and measurement of airborne sex pheromone from single live females of the almond moth (*Ephestia cautella*): Population profile. Phytoparasitica 13: 145.
- SHAPAS, T.J. BURKHOLDER, W.E. 1978a. Diel and age-dependent behavioral patterns of exposure-concealment in three species of *Trogoderma*. Simple mechanisms for enhancing reproductive isolation in chemically mediated mating systems. J. Chem Ecol. 4: 409-423.
- SHAPAS, T.J. BURKHOLDER, W.E. 1978b. Patterns of sex pheromone release from adult females, and effects of air velocity and pheromone release rates on theoretical communication distances in *Trogoderma glabrum*. J. Chem. Ecol. 4: 395-408.
- SHAPAS, T.J. BURKHOLDER, W.E. BOUSH, G.M. 1977. Population suppression of *Trogoderma glabrum* by using pheromone luring for protozoan pathogene dissemination. J. Econ. Entomol. 70: 469-474.
- SHARMA, M.L. GUPTA, R. VERMA, S. 1991. Syntheses of some cis mono-olefinic insect sex pheromones. Collect. Czech. Chem. Commun. 56: 1744-1748.
- SHARMA, S.P. DEORA, R.K. 1980. Factors affecting production, release and response to female sex pheromone in *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). Indian J. Exp. Biol. 18: 463-465.
- SHOREY, H.H. 1973. Behavioral response to insect pheromones. Ann. Rev. Entomol. 18: 349-380.
- SHU, S. KOEPNICK, W.L. MBATA, G.N. CORK, A. RAMASWAMY, S.B. 1996. Sex pheromone production in *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae): Electroantennographic and behavioral responses. J. Stored Prod. Res. 32: 21-30.
- SIFNER, F. 1995. Synantropni zavijeci - Škudci v zemědělství a potravinářství. Ústav zemědělských a potravinářských informací. Praha.
- SIFNER, F. ZDAREK, J. 1982. Monitoring of stored food moths (Lepidoptera, Pyralidae) in Czechoslovakia by means of pheromone traps. Acta Entomol. Bohemoslov. 79: 112-122.
- SILVERSTEIN, R.M. RODIN, J.O. BURKHOLDER, W.E. GORMAN, J.E. 1967. Sex attractant of the black carpet beetle. Science 157: 85-87.
- SILVERSTEIN, R.M. CASSIDY, R.F. BURKHOLDER, W.E. SHAPAS, T.J. LEVINSON, H.Z. LEVINSON, A.R. MORI, K. 1980. Perception by *Trogoderma* species of chirality and methyl branching at a site far removed from a functional group in a pheromone component. J. Chem. Ecol. 6: 911-917.
- SINCLAIR, E.R. HOWITT, C. 1984. Tests of pheromones for monitoring infestations of stored products insects. Proceedings 4<sup>th</sup> Austr. Appl. Entomol. Res. Conf.: 482-487.

PLARRE - Pheromones

- SINGH,K. MAJUMDER,S.K. 1984. Studies on mate seeking behavior and anemotactic response of tropical warehouse moth, *Ephestia cautella* (Walker) to (Z,E)-9,12-tetradecadienyl acetate. Z. Angew. Entomol. 98: 317-320.
- SINGH,N.B. CAMPBELL,A. SINHA,R.N. 1976. An energy budget of *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae). Ann. Entomol. Soc. Americ. 69: 503-512.
- SINHA,R.N. 1984. Effects of weevil (Coleoptera: Curculionidae) infestation on abiotic and biotic quality of stored wheat. J. Econ. Entomol. 77: 1483-1488.
- SMITH,J.L. CORK,A. HALL,D.R. HODGES,R.J. 1996. Investigation of the effect of female larger grain borer, *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae), and their residues on the production of male aggregation pheromone by males. J. Stored Prod. Res. 32: 171-181.
- SMITHWICK,E.B. BRADY,U.E. 1977. Site and production of sex pheromone in developing female Indian meal moths, *Plodia interpunctella*. J. Georgia Entomol. Soc. 12: 1-13.
- SODERSTROM,E.L. BRANDL,D.G. VICK,K.W. COFFELT,J.A. 1980. Evaluation of synthetic sex pheromone, 1979. Insecticide and Acaricide Test 5: 207-208.
- SOWER,L.L. FISH,J.C. 1975. Rate of release of the sex pheromone of the female Indian meal moth. Environ. Entomol. 4: 168-169.
- SOWER,L.L. WHITMER,G.P. 1977. Population growth and mating success of Indian meal moths and almond moths in the presence of synthetic sex pheromone. Environ. Entomol. 6: 17-20.
- SOWER,L.L. HAGSTRUM,D.W. LONG,J.S. 1973a. Comparison of the female pheromones of a wild and a laboratory strain of *Cadra cautella*, and male responsiveness to the pheromone extracts. Ann. Entomol. Soc. Americ. 66: 484-485.
- SOWER,L.L. VICK,K.W. LONG,J.S. 1973b. Isolation and preliminary biological studies of the female-produced sex pheromone of *Sitotroga cerealella* (Lepidoptera: Gelechiidae). Ann. Entomol. Soc. Americ. 66: 184-186.
- SOWER,L.L. LONG,J.S. VICK,K.W. COFFELT,J.A. 1973c. Sex pheromone of the Angoumois grain moth: Effects of habituation on the pheromone response of the male. Ann. Entomol. Soc. Americ. 66: 991-995.
- SOWER,L.L. COFFELT,J.A. VICK,K.W. 1973d. Sex pheromone: A simple method of obtaining relatively pure material from females of five species of moths. J. Econ. Entomol. 66: 1220-1222.
- SOWER,L.L. VICK,K.W. TUMLINSON,J.H. 1974a. (Z,E)-9,12-tetradecadien-1-ol: A chemical released by female *Plodia interpunctella* that inhibits the sex pheromone response of male *Cadra cautella*. Environ. Entomol. 3: 120-122.
- SOWER,L.L. VICK,K.W. BALL,K.A. 1974b. Perception of olfactory stimuli that inhibit the responses of male phycitid moths to sex pheromones. Environ. Entomol. 3: 277-279.
- SOWER,L.L. TURNER,W.K. FISH,J.C. 1975. Population-density-dependent mating frequency among *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Phycitidae) in the presence of synthetic sex pheromone with behavioral observations. J. Chem. Ecol. 1: 335-342.
- STANIC,V. SHULOV,A. 1969. Olfactory response of *Trogoderma granarium* adults (Col., Dermest.) to odours of wheat, faeces and some faecal components. J. Stored Prod. Res. 5: 299-304.
- STANIC,V. ZLOTKIN,E. SHULOV,A. 1970. Localization of pheromone excretion in the female of *Trogoderma granarium* (Dermestidae). Entomol. Exp. et Appl. 13: 342-351.
- STEELE,R.W. 1970. Copulation and oviposition behaviour of *Ephestia cautella* (Walker) (Lepidoptera: Phycitidae). J. Stored Prod. Res. 6: 229-245.
- STEIDLE,J.L.M. 1996. Versuche zur olfaktorischen Wirtsfindung des Kornkäferparasitoiden *Lariophagus distinguendus* (Hymenoptera: Pteromalidae). Nachrichten der DGaaE 10: 77-78.
- STEIDLE,J.L.M. SCHÖLLER,M. 1997. Olfactory host location and learning in the granary weevil parasitoid *Lariophagus distinguendus* (Hymenoptera: Pteromalidae). Journal of Insect Behavior 10: 331-342.

- STOCKEL, J. 1971. Utilisation du piégeage sexuel pour l'étude du déplacement de l'alcute *Sitotroga cerealella* (Lépidoptère: Gelchiidae) vers les cultures de maïs. Entomol. Exp. et Appl. 14: 39-56.
- STOCKEL, J. SUREAU, F. 1981. Monitoring for the Angoumois grain moth in corn. In: MITCHELL, E.R. (ed.). Management of Insect Pests with Semiochemicals: 63-73.
- STRAND, M.R. WILLIAMS, H.J. VINSON, S.B. MUDD, A. 1989. Kairomonal activities of 2-acylcyclohexane-1,3 diones produced by *Ephestia kuehniella* Zeller in eliciting searching behavior by the parasitoid *Bracon hebetor* (Say). J. Chem. Ecol. 15: 1491-1500.
- STRATIL, H.U. LOPPNOW, B. STRATIL, H.H. GRÄBNER, H. 1984. Untersuchungen über die Verwendung von Pheromonfallen als Befallsindikatoren bei einigen vorratsschädlichen Zünslerarten (Lep., Pyraloidea). Anz. Schädlingskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz 57: 150-153.
- SU, C.F. MAHANY, P.G. 1974. Synthesis of the sex pheromone of the female Angoumois grain moth and its geometric isomers. J. Econ. Entomol. 67: 319-321.
- SUBRAMANYAM, B. 1996. Sampling. In: SUBRAMANYAM, B. and HAGSTRUM, D.W. (eds.). Integrated Management of Insects in Stored Products. Marcel Dekker: 135-193.
- SUBRAMANYAM, B. HAREIN, P.K. 1990. Accuracies and sample sizes associated with estimating densities of adult beetles (Coleoptera) caught in probe traps in stored barley. J. Econ. Entomol. 83: 1102-1109.
- SUEZAWA, Y. MIYASHIRO, R. TAMURA, A. 1987. Estimation of population of cigarette beetle, *Lasioderma serricornis* (F), by a synthetic sex pheromone and food attractant in factories of hand-extended fine noodles. Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi 34: 635-639.
- SUGURO, T. MORI, K. 1979. Synthesis of optically active forms of (E)-14-methyl-8-hexadecenal (trogodermal). Agric. Biol. Chem. 43: 409-410.
- SURTEES, G. 1994. Laboratory studies on dispersion behaviour of adult beetles in grain: VIII: Spontaneous activity in three species and a new approach to analysis of kinesis mechanisms. Animal Beh. 12: 374-377.
- SÜSS, L. TREMATERRA, P. 1987. Control of some Lepidoptera Phycitidae infesting stored-products with synthetic sex pheromone in Italy. In: DONAHAYEE, NAVARRO, S. (eds.). Proceedings 4<sup>th</sup> Intern. Working Conf. Stored Prod. Prot., Tel Aviv: 606-611.
- SUZUKI, T. 1980. 4,8-Dimethyldecanal: The aggregation pheromone of the flour beetles, *Tribolium castaneum* und *T. confusum* (Coleoptera: Tenebrionidea). Agric. Biol. Chem. 44: 2519-2520.
- SUZUKI, T. 1981a. Identification of the aggregation pheromone of the flour beetles *Tribolium castaneum* and *T. confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae). Agric. Biol. Chem. 45: 1357-1363.
- SUZUKI, T. 1981b. A Facile synthesis of 4,8-dimethyldecanal, aggregation pheromone of flour beetles, and its analogues. Agric. Biol. Chem. 45: 2641-2643.
- SUZUKI, T. 1985. Presence of another aggregation substance(s) in the frass of the red flour beetles, *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). J. Appl. Entomol. Zool. 20: 90-91.
- SUZUKI, T. MORI, K. 1983. (4R,8R)-(-)-4,8-Dimethyldecanal: The natural aggregation pheromone of the red flour beetle, *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). Appl. Entomol. Zool. 18: 134-136.
- SUZUKI, T. SUGAWARA, R. 1979. Isolation of an aggregation pheromone from the flour beetles *Tribolium castaneum* and *T. confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae). Appl. Entomol. Zool. 14: 228-230.
- SUZUKI, T. SUZUKI, T. HUYNH, V.M. MUTO, T. 1975a. Hydrocarbon repellents isolated from *Tribolium castaneum* and *T. confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae). Agric. Biol. Chem. 39: 2207-2211.
- SUZUKI, T. SUZUKI, T. HUYNH, V.M. MUTO, T. 1975b. Isolation of 2-hydroxy-4-methoxy-propiofenone from *Tribolium castaneum* and *T. confusum*. Agric. Biol. Chem. 39: 1687-1688.
- SUZUKI, T. OZAKI, J. SUGAWARA, R. 1983. Synthesis of optically active aggregation pheromone analogues of the red flour beetle, *Tribolium castaneum*. Agric. Biol. Chem. 47: 869-875.

- SUZUKI, T. KOZAKI, J. SUGAWARA, R. MORI, K. 1984. Biological activities of the analogs of the aggregation pheromone of *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). Appl. Entomol. Zool. 19: 15-20.
- SUZUKI, T. NAKAKITA, H. KUWAHARA, Y. 1987. Aggregation pheromone of *Tribolium freemani* Hinton (Coleoptera: Tenebrionidae). I. Identification of the aggregation pheromone. Appl. Entomol. Zool. 22: 340-347.
- SUZUKI, T. NAKAKITA, H. KUWAHARA, Y. 1988. Cross-attraction among three *Tribolium* species and their hybrids (Coleoptera: Tenebrionidae). J. Appl. Entomol. Zool. 23: 477-480.
- SZENTESI, A. 1981. Pheromone-like substances affecting host-related behavior of larvae and adults in the dry bean weevil, *Acanthoscelides obtectus*. Entomol. Exp. & Appl. 30: 219-226.
- TAKAHASHI, F. 1973. Sex pheromones; are they really species specific? Memoirs college Agric. Kyoto Univ. 104: 13-21.
- TANAKA, K. OHSAWA, K. HONDA, H. YAMAMOTO, I. 1981. Copulation release pheromone, erectin, from the azuki bean weevil (*Callosobruchus chinensis* L.). J. Pestic. Sci. 6: 75-82.
- TANAKA, K. OHSAWA, K. HONDA, H. YAMAMOTO, I. 1982. Synthesis of erectin, a copulation release pheromone of the azuki bean weevil, *Callosobruchus chinensis* L. J. Pestic. Sci. 7: 535-537.
- TANAKA, Y. HONDA, H. OHSAWA, K. YAMAMOTO, I. 1986. A sex attractant of the yellow mealworm, *Tenebrio molitor* L., and its role in the mating behavior. J. Pesticide Science 11: 49-55.
- TEAL, P.E.A. HEATH, R.R. DUEBEN, B.D. COFFELT, J.A. VICK, K.W. 1995. Production and release of (Z,E)-9,12-tetradecadienal by sex pheromone glands of females of *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae). J. Chem. Ecol. 21: 787-799.
- TIGAR, B.J. KEY, G.E. FLORES-S., M.E. VAZQUEZ-A., M. 1993. Flight periodicity of *Prostephanus truncatus* and longevity of attraction to synthetic pheromone. Entomol. Exp. & Appl. 66: 91-97.
- TIGAR, B.J. OSBORNE, P.E. KEY, G.E. FLORES-S., M.E. VAZQUEZ-A., M. 1994. Distribution and abundance of *Prostephanus truncatus* (Coleoptera: Bostrichidae) and its predator *Teretriosoma nigrescens* (Coleoptera: Histeridae) in Mexico. Bull. Entomol. Res. 84: 555-565.
- TRAYNIER, R.M.M. 1968. Sex attraction in the Mediterranean flour moth, *Anagasta kuehniella*: Location of the female by the male. Can. Entomol. 100: 5-10.
- TRAYNIER, R.M.M. 1970a. Sexual behavior of the Mediterranean flour moth, *Anagasta kuehniella*: Some influences of age, photoperiod, and light intensity. Can. Entomol. 102: 534-540.
- TRAYNIER, R.M.M. 1970b. Habituation of the response to pheromone in two species of Lepidoptera, with reference to method of control. Entomol. Exp. et Appl. 13: 179-187.
- TREMATERRA, P.A. 1988. Suppression of *Ephesia kuehniella* Zeller by using a mass-trapping method. Tecnica Molitoria 18: 865-869.
- TREMATERRA, P. 1991. Population dynamic of *Ephesia kuehniella* Zeller in a flour mill: Three years of mass-trapping. In: FLEURAT-LESSARD, F. DUCOM, P. (eds.). Proc. 5<sup>th</sup> Intern. Working Conf. Stored Prod. Prot., Bordeaux 1990: 1435-1443.
- TREMATERRA, P. 1994a. Control of *Ephesia kuehniella* Zell. by sex pheromones in the flour mills. Anz. Schädlingkde., Pflanzenschutz, Umweltschutz 67: 74-77.
- TREMATERRA, P. 1994b. The use of sex pheromones to control *Ephesia kuehniella* Zeller (Mediterranean flour moth) in mills by mass trapping and attracticide (lure and kill) methods. In: HIGHLY E. WRIGHT E.J. BANKS H.J. CHAMP B.R. (eds.). Proc. 6<sup>th</sup> Intern. Working Conf. Stored Prod Prot., Canberra 1994: 375-382.
- TREMATERRA, P. 1995. The use of attracticide method to control *Ephesia kuehniella* Zeller in flour mills. Anz. Schädlingkde., Pflanzenschutz, Umweltschutz 68: 69-73.
- TREMATERRA, P. 1996. Effects of accumulate dead and alive insects in trap on the capture of *Tribolium castaneum* (Herbst). Anz. Schädlingkde., Pflanzenschutz, Umweltschutz 69: 3-9.
- TREMATERRA, P. 1997. Integrated pest management of stored-product insects: practical utilization of pheromones. Anz. Schädlingkde., Pflanzenschutz, Umweltschutz 70: 41-44.

- TREMATERRA, P. BATTAINI, F. 1987. Control of *Ephestia kuehniella* Zeller by mass-trapping. J. Appl. Entomol. 104: 336-340.
- TREMATERRA, P. CAPIZZI, A. 1991. Attracticide method in the control of *Ephestia kuehniella* Zeller: Studies on effectiveness. J. Appl. Entomol. 111: 451-456.
- TREMATERRA, P. DAOLIO, E. 1990. Capture of *Rhyzopertha dominica* (F.) (Col., Bostrichidae) with dominicalure multifunnel traps and considerations on trapping of non target species: *Sitophilus oryzae*, *Cryptolestes ferrugineus* and *Colydium castaneum*. J. Appl. Entomol. 100: 275-280.
- TREMATERRA, P. GIRGENTI, P. 1989. Influence of pheromone and food attractants on trapping of *Sitophilus oryzae* (L.) (Col., Curculionidae): A new trap. J. Appl. Entomol. 108: 12-20.
- TSCHINKEL, W.R. 1970. Chemical studies on the sex pheromones of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). Ann. Entomol. Soc. Am. 63: 626-627.
- TSCHINKEL, W.R. WILLSON, C. BERN, H.A. 1967. Sex pheromone of the mealworm beetle (*Tenebrio molitor*). J. Exp. Zool. 164: 81-86.
- VAIL, P.V. HOFFMANN, D.F. TEBBETS, J.S. 1993. Autodissemination of *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae) granulosis virus by healthy adults. J. Stored Prod. Res. 29: 71-74.
- VALENTINE, J.M. 1931. The olfactory sense of the adult mealworm beetle *Tenebrio molitor* (LINN). J. Experimental Zoology. 58: 165-227.
- VANDERWEL, D. 1994. Factors affecting pheromone production in beetles. Archives Biochem. Physiol. 25: 347-362.
- VANDERWEL, D. OEHLISCHLAGER, A.C. 1987. Biosynthesis of pheromones and endocrine regulation of pheromone production in Coleoptera. In: PRESTWICH, G.D. BLOMQUIST, G.J. (eds.) Pheromone Biochemistry. Academic Press: 175-215.
- VANDERWEL, D. PIERCE, H.D. OEHLISCHLAGER, A.C. BORDEN, J.H. PIERCE, A.M. 1990. Macrolide (cucujolide) biosynthesis in the rusty grain beetle, *Cryptolestes ferrugineus*. Insect. Biochem. 20: 567-572.
- VANDERWEL, D. JOHNSTON, B. OEHLISCHLAGER, A.C. 1992. Cucujolide biosynthesis in the merchant and rusty grain beetles. Insect Biochem Molec. Biol. 22: 875-883.
- VICK, K.W. SOWER, L.L. 1973. Z-9,Z-12- Tetradecadien-1-ol acetate: An inhibitor of the response to the sex pheromone of *Plodia interpunctella*. J. Econ. Entomol. 66: 1258-1260.
- VICK, K.W. BURKHOLDER, W.E. GORMAN, J.E. 1970. Interspecific response to sex pheromones of *Trogoderma* species (Coleoptera: Dermestidae). Ann. Entomol. Soc. Americ. 63: 379-381.
- VICK, K.W. DRUMMOND, P.C. COFFELT, J.A. 1973a. *Trogoderma inclusum* and *T. glabrum*: Effects of time of day on production of female pheromone, male responsiveness, and mating. Ann. Soc. Entomol. Americ. 66: 1001-1004.
- VICK, K.W. DRUMMOND, P.C. SOWER, L.L. COFFELT, J.A. 1973b. Sex pheromone habituation: The effects of habituation on the pheromone response level of *Trogoderma inclusum* (Coleoptera: Dermestidae). Ann. Entomol. Soc. Americ. 66: 667-670.
- VICK, K.W. SU, H.C.F. SOWER, L.L. MAHANY, P.G. DRUMMOND, P.C. 1974. (Z,E)-7,11-Hexadecadien-1-ol acetate: The sex pheromone of the Angoumois grain moth, *Sitotroga cerealella*. Experientia 30: 17-18.
- VICK, K.W. COEFFELT, J.A. SULLIVAN, M.A. 1978. Disruption of pheromone communication in the Angoumois grain moth with synthetic female sex pheromone. Environ. Entomol. 7: 528-531.
- VICK, K.W. KVENBERG, J. COFFELT, J.A. STEWARD, C. 1979. Investigation of sex pheromone traps for simultaneous detection of Indianmeal moths and Angoumois grain moths. J. Econ. Entomol. 72: 245-249.
- VICK, K.W. COEFFELT, J.A. MANKIN, R.W. SODERSTROM, E.L. 1981a. Recent developments in the use of pheromones to monitor *Plodia interpunctella* and *Ephestia cautella*. In: MITCHELL, E.R. (ed.). Management of Insect Pests with Semiochemicals: 19-28.



- VICK,K.W. BURKHOLDER,W.E. CARDE,R.T. MADSEN,H.F. STOCKEL,J. HARDEE,D.D. SANDERS,C.J. KENNEDY,J.W. 1981b. Future thrusts for development of insect sex pheromones as monitoring tools. In: MITCHELL,E.R. (ed.). Management of Insect Pests with Semiochemicals: 93-94.
- VICK,K.W. COEFFELT,J.A. SILHACEK,D.L. 1985. Methoprene and sex pheromone as control agents for the almond moth (Lepidoptera:Phycitidae) on peanuts stored in the shell. J. Econ. Entomol. 78: 258-262.
- VICK,K.W. KOEHLER,P.G. NEAL,J.J. 1986. Incidence of stored-product Phycitinae moths in food distribution warehouses as determined by sex pheromone-baited traps. J. Econ. Entomol. 79: 936-939.
- VICK,K.W. COEFFELT,J.A. WEAVER,W.A. 1987. Presence of four species of stored-product moths in storage and field situations in north-central Florida as determined with sex pheromone-baited traps. Florida Entomol. 70: 488-492.
- VICK,K.W. MANKIN,R.W. COGBURN,R.R. MULLEN,M. THORNE,J.E. WRIGHT,V.F. CLINE,L.D. 1990. Review of pheromone-baited sticky traps for detection of stored-product insects. J. Kansas Entomol. Soc. 63: 526-532.
- VICKERS,N.J. BAKER,T.C. 1996. The effects of plume fine-scale structure upon pheromone-mediated flight behaviors of male moths. Proceedings XX. ICE Florence, Italy 23-011: 739.
- VOELKEL,H. 1924. Zur Biologie und Bekämpfung des Khaprakäfers, *Trogoderma granarium* Everts. Arb. biol. Reichsanstalt Land. Fortsw. 13: 129-171.
- WAKAMURA,S. KITAMURA,C. TAKAHASHI,S. 1975. Disruption of mating behavior in the almond moth, *Cadra cautella* Walker, with cis-9,trans-12-tetradecadien-1-ol acetat. Jap. J. appl. Ent. Zool. 19: 227-231.
- WALGENBACH,C.A. BURKHOLDER,W.E. 1986. Factors affecting the response of the maize-weevil, *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae), to its aggregation pheromone. Environ. Entomol. 15: 733-738.
- WALGENBACH,C.A. BURKHOLDER,W.E. 1987. Mating behavior of the maize weevil, *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). Ann. Entomol. Soc. Americ. 80: 578-583.
- WALGENBACH,C.A. PHILLIPS,J.K. FAUSTINI,D.L. BURKHOLDER,W.E. 1983. Male-produced aggregation pheromone of the maize weevil, *Sitophilus zeamais*, and interspecific attraction between three *Sitophilus* species. J. Chem. Ecol. 9: 831-841.
- WALGENBACH,C.A. PHILLIPS,J.K. BURKHOLDER,W.E. KING,G.G.S. SLESSOR,K.N. MORI,K. 1987a. Determination of chirality in 5-hydroxy-4-methyl-3-heptanone, the aggregation pheromone of *Sitophilus oryzae* (L.) and *S. zeamais* Motschulsky. J. Chem. Ecol. 13: 2159-2169.
- WALGENBACH,C.A. BURKHOLDER,W.E. CURTIS,M.J. KHAN,Z.A. 1987b. Laboratory trapping studies with *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). J. Econ. Entomol. 80: 763-767.
- WEIDNER,H. 1983a. Vorrasschädlinge. In: HEINZE,K. (ed.), Leitfaden der Schädlingbekämpfung. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft Stuttgart: 9-226.
- WEIDNER,H. 1983b. Herkunft einiger in Mitteleuropa vorkommender Vorratschädlinge: 1. Die *Sitophilus* Arten. (Coleoptera: Cuculionidae). Mitt. Intern. Entomol. Ver. 8: 1-17.
- WESTON,P.A. BARNEY,R.J. GE,X.S. 1997. Host-plant characteristics and environmental factors influencing flight activity of Angoumois grain moth (Lepidoptera, Gelechiidae) in the field. Environ. Entomol. 26: 229-233.
- WHITE,N.D.G. ARBOGAST,R.T. FIELDS,P.G. HILLMANN,R..C. LOSCHIAVO,S.R. SUBRAMANYAM,B. THORNE,J.E. WRIGHT,V.F. 1990. The development and use of pitfall and probe traps for capturing insects in stored grain. J. Kansas Entomol. Soc. 63: 506-525.
- WHITE,P.R. CHAMBERS,J. 1989. Saw-toothed grain beetle *Oryzaephilus surinamensis* (L.) (Coleoptera:Silvanidae) antennal and behavioral responses to individual components and blends of aggregation pheromone. J. Chem. Ecol. 15: 1015-1031.

PLARRE - Pheromones

- WHITE,P.R. CHAMBERS,J. WALTER,C.M. WILKINS,J.P.G. MILLAR,J.G. 1989. Saw-toothed grain beetle *Oryzaephilus surinamensis* (L.) (Coleoptera: Silvanidae) collection, identification, and bioassay of attractive volatiles from beetles and oats. J. Chem. Ecol. 15: 999-1013.
- WILLIAMS,H.J. SILVERSTEIN,R.M. BURKHOLDER,W.E. KHORRAMSHAHI, A. 1981. Dominicalure 1 and 2: Components of aggregation pheromone from male lesser grain borer *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae). J. Chem. Ecol. 7: 759-780.
- WILSON,E.O. BOSSERT,W.H. 1963. Chemical communication among animals. Rec. Progr. Horm. Res. 19: 673-716.
- WILSON,E.O. BOSSERT,W.H. REGNIER,F.E. 1969. A general method for estimating threshold concentration of odorant molecules. J. Insect Physiol. 15: 597-610.
- WOHLGEMUTH,R. REICHMUTH,CH. ROTHERT,H. BODE,E. 1987. Auftreten vorratsschädlicher Motten der Gattungen *Ephestia* und *Plodia* außerhalb von Lagern lebensmittelverarbeitenden Betrieben in Deutschland. Anz. Schädlingskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz 60: 44-51.
- WOJCIK,D.P. 1969. Mating behavior of 8 stored-product beetles (Coleoptera: Dermestidae, Tenebrionidae, Cucujidae, and Curculionidae). Fl. Entomol. 52: 171-197.
- WONG,J.W. VERIGIN,V. OEHLSCHLAGER,A.C. BORDEN,J.H. PIERCE,H.D.Jr. PIERCE,A.M. CHONG,L. 1983. Isolation and identification of two macrolide pheromones from the frass of *Cryptolestes ferrugineus* (Coleoptera: Cucujidae). J. Chem. Ecol. 9: 451-474.
- WRIGHT,E.J. COGAN,P.M. 1995. Trapping and sampling: A proposal for standards in reporting. J. Stored Prod. Res. 31: 175-176.
- WRIGHT,R.H. 1958. The olfactory guidance of flying insects. Canadian Entomol. 90: 81-89.
- YARGER,R.G. SILVERSTEIN,R.M. BURKHOLDER,W.E. 1975. Sex pheromone of the female dermestid beetle *Trogoderma glabrum* (Herbst). J. Chem. Ecol. 1: 323-334.
- YINON,U. SHULOV,A. 1967a. New findings concerning pheromones by *Trogoderma granarium* (Everts), (Coleoptera, Dermestidae). J. Stored Prod. Res. 3: 251-254.
- YINON,U. SHULOV,A. 1967b. A bioassay of the pheromone of *Trogoderma granarium* males as an attractant for both sexes of the species. Entomol. Exp. & Appl. 10: 453-462.
- YINON,U. SHULOV,A. 1969a. Response of some stored-product insects to *Trogoderma granarium* pheromones. Ann. Entomol. Soc. Americ. 62: 172-175.
- YINON,U. SHULOV,A. 1969b. Bioassay of the response of *Tribolium castaneum* to repellent substances excreted by *Trogoderma granarium*. Entomol. Exp. et Appl. 12: 191-205.
- YINON,U. SHULOV,A. IKAN,R. 1971. The olfactory responses of granary beetles towards natural and synthetic fatty acid esters. J. Insect Physiol. 17: 1037-1049.
- ZAGATTI,P. KUNESCH,G. RAMIANDRASOA,F. MALOSSE,C. HALL, D.R. LESTER,R. NESBITT,B.F. 1987. Sex pheromone of rice moth, *Corcyra cephalonica* Stainton. I. Identification of male pheromone. J. Chem. Ecol. 13: 1561-1573.
- ZAKI,P.N. 1985. Reactions of the egg parasitoid *T. evanescens* Westw. to certain insect sex pheromones. J. Appl. Entomol. 99: 448-453.
- ZERNECKE,R. 1993. Beobachtungen zum Paarungs- und Kampfverhalten an drei *Sitophilus*-Arten. Nachrichtenbl. Bay. Entomol. 42: 65-80.

## Biologische Bekämpfung vorratsschädlicher Arthropoden mit Räubern und Parasitoiden - Sammelbericht und Bibliographie

MATTHIAS SCHÖLLER\*

Inhalt	Seite
Einleitung-----	86
Konzepte und Strategien biologischer Bekämpfung im Vorratsschutz-----	86
Geschichte-----	88
Räuber und Parasitoide (Raubparasiten): grundlegende Eigenschaften-----	90
Räuber und Parasitoide von Vorratsschädlingen-----	91
Versuchsplanung-----	112
Zuchttechnik und Freilassung der Nützlinge-----	115
Nachweis der Nützlinge-----	116
Praktische Anwendungen-----	117
Integration biologischer Bekämpfung mit anderen Methoden-----	121
Chemische Bekämpfung-----	121
Physikalische Bekämpfung-----	123
Biotechnische Bekämpfung-----	123
Mikrobiologische Bekämpfung-----	124
Kairomone und Manipulation der Nützlinge-----	125
Förderung der Nützlinge-----	126
Interaktionen zwischen verschiedenen Arten von Nutzinsekten-----	126
Biologie ausgewählter Nützlinge-----	127
Räuber-----	127
<i>Xylocoris flavipes</i> (Reuter) (Hemiptera, Anthocoridae)-----	127
<i>Pyemotes tritici</i> (Lagrèze-Fossat & Montané) (Acarina, Pyemotidae)-----	128
Parasitoide-----	129
<i>Venturia canescens</i> (Gravenhorst) (Hymenoptera, Ichneumonidae)-----	129
<i>Habrobracon hebetor</i> Say (Hymenoptera, Braconidae)-----	131
<i>Trichogramma</i> spp. (Hymenoptera, Trichogrammatidae)-----	134
<i>Laelius</i> spp. (Hymenoptera, Bethyidae)-----	136
<i>Cephalonomia</i> spp. (Hymenoptera, Bethyidae)-----	138
<i>Anisopteromalus calandrae</i> (Howard) (Hymenoptera, Pteromalidae)-----	141
<i>Lariophagus distinguendus</i> Förster (Hymenoptera, Pteromalidae)-----	143
Ausblick-----	145
Bibliographie: Prozedur der Zusammenstellung-----	147
Literatur und Bibliographie-----	148

27 Abbildungen und 4 Tabellen

\* Diplom-Biologe, Doktorand am Institut für Vorratsschutz

## Einleitung

Eine Vielzahl von Organismen (Pathogene, Parasiten und Räuber), entwickeln sich an oder in vorratsschädlichen Insekten. Insektenpathogene wie Bakterien, Protozoen, Rickettsien, Viren und Pilze oder parasitische Nematoden, Parasitoide z. B. unter den Hautflüglern und räuberische Arthropoden wurden gefunden. Verschiedene Sammelberichte zum Thema biologische Bekämpfung im Vorratsschutz diskutieren den Nützlichseinsatz gemeinsam mit Pheromonen, insektenpathogenen Mikroorganismen und Wachstumsregulatoren (BURKHOLDER 1981, ARBOGAST 1986, GUEDES 1991, BROWER et al. 1996, SCHÖLLER et al. 1997). Während BURKHOLDER mögliche zukünftige Forschungsfelder identifizierte und eine Kombination der genannten Methoden diskutierte, gab ARBOGAST einen detaillierten Überblick der in den U.S.A. durchgeführten Untersuchungen. Einen Sammelbericht zur biologischen Bekämpfung von Samenkäfern stellte VAN HUIS (1991) zusammen. Das Potential von Raubmilben wurde von BRUCE (1983) diskutiert. Weitere Arten wurden in verschiedenen faunistischen Listen aufgeführt und auch Fallstudien mit Verzeichnissen der festgestellten Nützlinge wurden publiziert. FINLAYSON (1950a) listete Nachweise von Bethyriden auf, ZACHER (1954) und HAINES (1991) stellten faunistische Daten bzw. einen Bestimmungsschlüssel der Räuber und Parasitoide zusammen. Einige Studien nahmen die Populationsdynamik der Nützlinge im Lager auf, z. B. AWADALLAH et al. (1983a, b). In dieser Arbeit werden nur solche Nutzinsekten berücksichtigt, die im Hinblick auf einen Einsatz als biologische Gegenspieler experimentell untersucht wurden.

Seitdem wurden weitere Arten von Nützlingen getestet und Versuche unternommen, die Wirksamkeit von Nutzinsekten unter Praxisbedingungen zu bestimmen. Darüberhinaus liegt keine Übersicht zu den frühen Studien zum Thema vor. Natürliche Feinde von Vorratsschädlingen wurden nicht nur für einen möglichen Einsatz im Vorratsschutz erforscht. Viele Informationen, vor allem zur Biologie der Nutzinsekten, wurden im Rahmen der Grundlagenforschung erhoben. Hier dienten vorratsschädigende Insekten und ihre natürlichen Feinde als Modellorganismen, da diese Arten meist einfach zu züchten sind. In dieser Arbeit soll der Versuch unternommen werden, die Ergebnisse dieser Untersuchungen im Hinblick auf die Einführung von Nützlingen in die Praxis des Vorratsschutzes zusammenzufassen. Dabei wird unter biologischer Bekämpfung nur der Einsatz lebender Makroorganismen verstanden (FRANZ & KRIEG 1982), der Einsatz von Pathogenen wird als mikrobiologische Bekämpfung, der Einsatz von *Bacillus thuringiensis* Berliner und Pheromonfallen als biotechnische Bekämpfung definiert. Im Mittelpunkt dieses Sammelberichtes steht die Erörterung der Möglichkeiten für die biologische Bekämpfung im Vorratsschutz. Die anschließende Kombination aktueller Informationen über Bekämpfungserfolge mit Ergebnissen zur Biologie der Antagonisten soll Möglichkeiten zu künftigen Bekämpfungsstrategien aufzeigen.

## Konzepte und Strategien biologischer Bekämpfung im Vorratsschutz

Biologische Bekämpfung wurde meist als eigenständige Bekämpfungsmaßnahme diskutiert und in ihrer Wirksamkeit mit anderen Bekämpfungsmaßnahmen verglichen, und zwar im Rahmen gegebener Lagerbedingungen. ARBOGAST (1984) diskutierte verschiedene Vorteile und Nachteile biologischer Bekämpfung zur Regulierung von Populationen von vorratsschädigenden Insekten. Einer der wichtigsten Nachteile des

Einsatzes von Nutzarthropoden ist ihre Wirtsspezifität, da in Vorratslagern meist ein Schädlingskomplex angetroffen wird. PRESS, CLINE & FLAHERTY (1982) schlugen für solche Fälle eine Kombination von Parasitoiden und Räubern vor. Möglich wäre beispielsweise die Freilassung von einigen Parasitoiden gegen die wichtigsten zu erwartenden Primärschädlinge sowie der gleichzeitige Einsatz eines generalistischen Räubers um Sekundärschädlinge und nicht parasitierte Primärschädlinge zu kontrollieren (BROWER & PRESS 1992).

Klassische biologische Bekämpfung, die Strategie der Nachführung eines exotischen Nützlings zur Bekämpfung einer ebenfalls exotischen Schädlinge, wurde in die Praxis umgesetzt (MARKHAM ET AL. 1994a, b). Der Stutzkäfer *Teretriosoma nigrescens* (Coleoptera: Histeridae) wurde erfolgreich aus Lateinamerika nach Afrika als Gegenspieler von *Prostephanus truncatus* (Horn) eingeführt, und zwar im Januar 1992. Im Freiland erhobene Daten zeigten, daß die Gewichtsverluste von Mais verursacht durch *P. truncatus* seit Freilassung von *T. nigrescens* regional um 34% reduziert wurden (MUTLU 1994) (Abbildung 1).

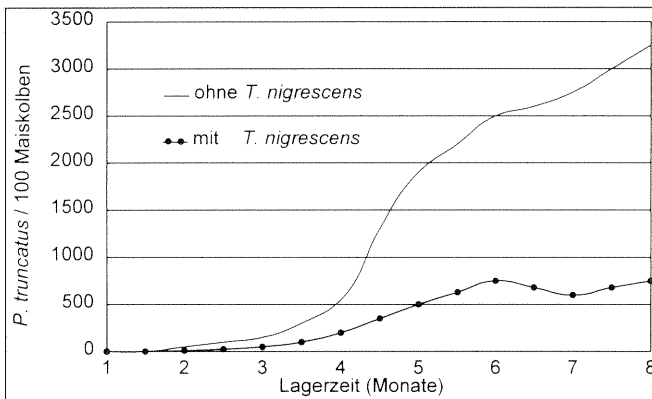


Abbildung 1: Anzahl *P. truncatus* pro 100 Maiskolben in Lagern mit oder ohne Anwesenheit des Räubers *Teretriosoma nigrescens* (aus MUTLU 1994).

ARBOGAST (1984) und HAINES (1984) diskutierten Strategien der biologischen Bekämpfung im Kontext des Vorratsschutzes und nannten drei Ansätze: 1. Konservierung, 2. Manipulation der Nützlinge mit dem Ziel der Steigerung der Effektivität, und 3. Vermehrung und inokulative Freilassungen von Parasitoiden und Räubern.

Es gibt Hinweise auf die Wirksamkeit natürlich auftretender Antagonisten, z. B. beobachtete GRAHAM (1970) den Zusammenbruch einer Population der tropischen Speichermotte *Cadra cautella* verursacht durch die Raubmilbe *Blattisocius tarsalis*. Im Vorratsschutz dominiert jedoch die Strategie der Vermehrung und Massenfreilassung der Antagonisten. Bei der inokulativen Freilassung wird der zuvor nicht vorhandene Nützing ins Lagersystem eingebracht, die Kontrolle der Schädlingspopulation wird überwiegend von den Nachkommen dieser freigelassenen Tiere ausgeführt. Dieses Konzept wurde für eine in der Holarktis

heimischen Art getestet, die Raubwanze *Xylocoris flavipes*. Der Versuch schlug fehl, da die Hungerfähigkeit von *X. flavipes* in Zeiten fehlender Wirte nicht ausreichend war (ARBOGAST et al. 1977, LECATO & ARBOGAST 1979).

Die massenhaft freigelassenen Nützlinge übernehmen im Fall der inundativen Freilassung die Bekämpfung, deren Nachkommen tragen nur in geringem Umfang zum Erfolg bei. Diese Strategie wurde in der überwiegenden Mehrzahl der Praxisversuche angewandt.

Weniger Beachtung fand bislang die Konservierung natürlicher Feinde. Der wichtigste Ansatz ist sicherlich der Verzicht auf Insektizide. HAINES (1984) diskutierte die Strategie der Konservierung lokaler Arten von Antagonisten. Er schlug die Änderung der Lagerbedingungen vor, um nachteilige Effekte auf die Nützlinge zu minimieren, beispielsweise durch Begrenzung des Insektizideinsatzes und bauliche Modifikation der Lagerstrukturen.

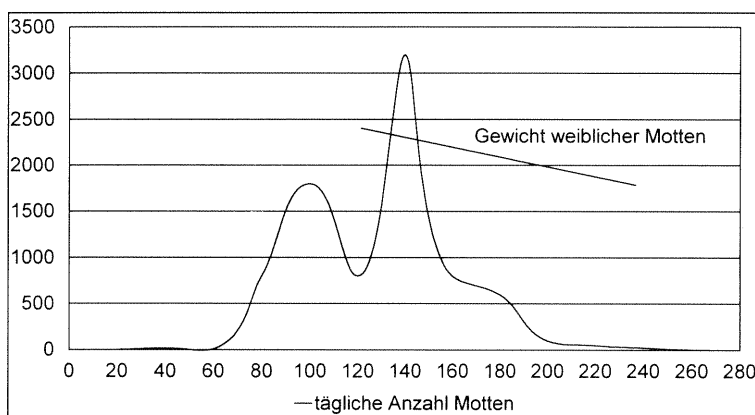


Abbildung 2: Zusammenbruch einer Population der tropischen Speichermotte *Cadra cautella* verursacht durch die Raubmilbe *Blattisocius tarsalis*. Eingezeichnet ist die Tendenz der Abnahme des mittleren Gewichts weiblicher Motten, verursacht durch die Milbe (aus GRAHAM 1970).

Inundative Freilassungen gegen bestimmte Schädlinge bei Verzicht auf Insektizide kann zum Erhalt oder zur spontanen Ansiedlung weiterer Parasitoide führen. PROZELL & SCHÖLLER (1997) zeigten, dass gleichzeitig mit der inundativen Freilassung von *Trichogramma evanescens* die Zünsler-Larvalparasitoide *Habrobracon hebetor* und *Venturia canescens* sowie der *Tribolium*-Parasitoid *Holepyris silvanidis* auftraten.

Im Zusammenhang mit Konservierung ist auch die Bereitstellung von Futter oder Schutz für die Nützlinge zu nennen (ARBOGAST 1985, HAGSTRUM 1983) sowie der Einsatz insektizidresistenter Stämme von Nützlingen (BAKER & WEAVER 1993).

### Geschichte

In den letzten 80 Jahren wurden eine beachtliche Zahl an Studien über natürliche Feinde von Vorratsschädlingen erstellt. Dies ist jedoch vor allem auf die Nutzung

dieser Antagonisten als Modellorganismen in den Forschungsbereichen Populationsökologie, evolutionäre Ökologie, Toxikologie und Genetik zurückzuführen.

1911 wurde *Venturia canescens* in einer Mühle in London beobachtet. Da der Einfluß auf die dortige Population von *Ephestia kuehniella* bedeutend erschien, wurde der Parasitoid verschiedenen Mühlen in England und in Australien zum Kauf angeboten, also zur biologischen Bekämpfung im klassischen Sinn. An der Einführung bestand letztlich jedoch kein Interesse, da Mühlenbesitzer sowohl in England als auch in Australien feststellten, das *Venturia canescens* bereits natürlicherweise in ihren Mühlen auftrat (FROGGATT 1912).

Die ersten systematischen Studien über natürliche Feinde von Vorratsschädlingen führte Albrecht HASE (Abbildung unten) an der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft in Berlin-Dahlem durch. Praxisnahe Bekämpfungsversuche der Mehlmotte, *Ephestia kuehniella*, mit Hilfe der Braconide *Habrobracon hebetor* (Say) gehen in die 1920er Jahre zurück (HASE 1922, 1925a, b). Er plante eine Massenzucht von *H. hebetor* und Feldversuche in Mühlen und Getreidelägern, die dann aber an der Weltwirtschaftskrise scheiterten.

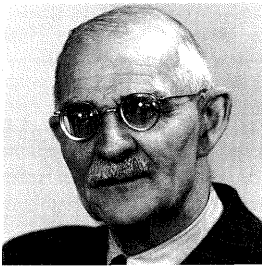


Abbildung 3: Prof. Dr. Albrecht HASE

HASE dachte bereits an die Integration biologischer und nichtbiologischer Methoden. Er schrieb (1922): „Die biologische Bekämpfung als alleinige Maßnahme gegen die Mehlmottenplage zu empfehlen ist nicht angängig. Die biologische Bekämpfung kann bei sachgemäßer technischer Durchführung zu einem wesentlichen Hilfsfaktor in der Mehlmottenbekämpfung werden. Vom wirtschaftlichen Standpunkt aus ist die Schlupfwespe als Nützlichling zu betrachten und ihre Ansiedlung dringend zu empfehlen“. HASE

führte auch grundlegende Untersuchungen zur Biologie von *Trichogramma evanescens* Westwood (1925c) und *Venturia canescens* (Gravenhorst) (1937) durch, einem Ei- bzw Larvalparasitoiden von vorratsschädlicher Motten, und der Pteromalide *Lariophagus distinguendus* (1919, 1924), einem Parasitoiden von vorratsschädigenden Käfern. RYABOV schlug 1926 die Ausbringung von *L. distinguendus* gegen den Kornkäfer, *Sitophilus granarius*, vor. Für eine ökonomische Massenzucht sollte ein Ersatzwirt dienen. Er dachte an eine Bekämpfung des Kornkäfers im nördlichen Kaukasus, wo zu dieser Zeit die Voraussetzungen für Begasungen nicht gegeben waren. Die erste Massenfreilassung erfolgte in den Jahren 1942-1945, als SILVA (1947) 21.798 *Habrobracon hebetor* in Warenhäusern mit Kakao an 22 Orten im Südosten des Bundesstaates Bahia freiließ. Ergebnisse dieser Bekämpfungsmaßnahme von *Cadra cautella* sind leider nicht bekannt. In den drei Dekaden nach dem zweiten Weltkrieg wurde nur wenig über den Einsatz von Nützlingen im Vorratsschutz geforscht, synthetisch-chemische Insektizide wurden in allen Bereichen des Vorratsschutzes angewendet. Die Möglichkeit, die Raubwanze *Xylocoris flavipes* (Reuter) zur biologischen Bekämpfung zu nutzen, wurde zuerst von JAY et al. (1968) erkannt. Diese Forschung wurde weitergeführt (ARBOGAST 1975, 1976). *Teretriosoma nigrescens* wurde 1991 in Togo freigelassen. *T. nigrescens* verbreitete sich und

reduzierte die Verluste von gelagertem Mais (RICHTER et al. 1992). Die Wirksamkeit gegenüber *Prostephanus truncatus* war sehr variabel und im Mittel geringer, als aufgrund von Labor- und Feldstudien erwartet worden war (HELBIG et al. 1992, MARKHAM et al. 1994a). Anfang der neunziger Jahre erlebte die Erforschung biologischer Bekämpfung eine Renaissance, Nützlinge wurden im Labormaßstab, unter simulierten Lagerhausbedingungen und in Praxisversuchen im Hinblick auf einen Einsatz im Vorratsschutz untersucht (siehe unten, praktische Anwendungen).

### Räuber und Parasitoide (Raubparasiten): grundlegende Eigenschaften

Die Populationsdynamik von Räufern, Parasitoiden und ihrer Beute bzw. ihren Wirten (den Schädlingen) ist durch zyklische Schwankungen in der Abundanz gekennzeichnet. Die Periode dieser Schwankungen hängt unter anderem von der Entwicklungsdauer der Arten und der Anzahl der involvierten Arten ab (BEGON & THOMPSON 1996), in anthropogenen Habitaten darüberhinaus von Eingriffen wie z. B. dem Einsatz chemischer Bekämpfungsmittel.

#### Räuber

Räuber töten ihre Beute umgehend. Ein im allgemeinen größerer Organismus (Räuber oder Prädator) wird durch das Töten eines kleineren Organismus (Beute) gefördert. Wenn auch die Wirkung des Räubers auf ein Beuteindividuum stets negativ ist, so gilt dies nicht immer für die Beutepopulation. Ausnahmen gehen auf zwei Ursachen zurück, die getrennt oder in Kombination auftreten können: (1) Das als Beute ausgewählte Individuum wird nicht zufällig aus der Beutepopulation gewählt (z. B. kranke oder parasitierte Individuen) oder (2) Individuen, die entkommen, kompensieren die Verluste (z. B. durch erhöhte Reproduktion aufgrund von Konkurrenz innerhalb der Beutepopulation). Ein möglicher Weg, diese Probleme zu umgehen, ist die wiederholte Freilassung großer Individuenzahlen von Räufern (inundative Freilassung).

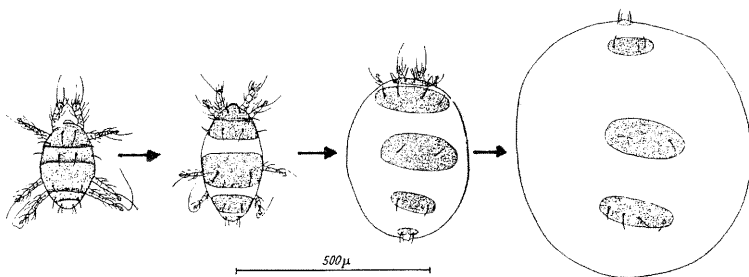


Abbildung 4: Anschwellen des Weibchens der Raubmilbe *Paracarophenax dermestidarum* bei der Nahrungsaufnahme an einem Speckkäfer (aus RACK 1959).

#### Parasitoide (Raubparasiten)

Die immaturren Stadien der raubparasitischen Hautflügler entwickeln sich an einem einzigen Wirt, den sie durch ihr Fraßverhalten töten. Die Imagines leben frei, und die Weibchen verhalten sich wie Räuber, die nach Wirten für ihre Nachkommen suchen



(DOUTT 1959). Die meisten Parasitoide sind auf bestimmte Wirtsarten oder Entwicklungsstadien spezialisiert (ARTHUR 1981, SCHMIDT 1991). Viele, auch für die Anwendung in der biologischen Schädlingsbekämpfung relevante Informationen, faßten GODFRAY (1994) und JERVIS & KIDD (1996) zusammen. Die relative Luftfeuchte hat im allgemeinen geringen Einfluß auf die Entwicklungsdauer der Parasitoide, beeinflußt aber die Lebensdauer der Imagines. Die Temperatur hat dagegen bedeutenden Einfluß auf alle Aspekte der Biologie. Für die Bestimmung der Wirksamkeit wichtige Daten sind Parasitierungsraten, getötete Wirte pro Lebensdauer, Lebensdauer der Imagines, Entwicklungsdauer im Vergleich zum Wirt, durchschnittliche Eizahl, Geschlechterverhältnis und Effektivität der Wirtsfindung (SALT 1936).

Parasitoide reduzieren typischerweise das Populationswachstum ihrer Wirte und es stellt sich ein dynamisches Gleichgewicht ein, bei dem die Wirts- und die Parasitoidenpopulation um einen bestimmten Wert oszillieren. Starke Schwankungen dieser Art wurden bei vorratschädigenden Insekten und ihren natürlichen Feinden im Labor beobachtet, so daß bedeutende Schäden an den gelagerten Produkten auftreten können, wenn die Schädlingspopulation ihren höchsten Wert erreicht (HAINES 1984).

### Räuber und Parasitoide von Vorratsschädlingen

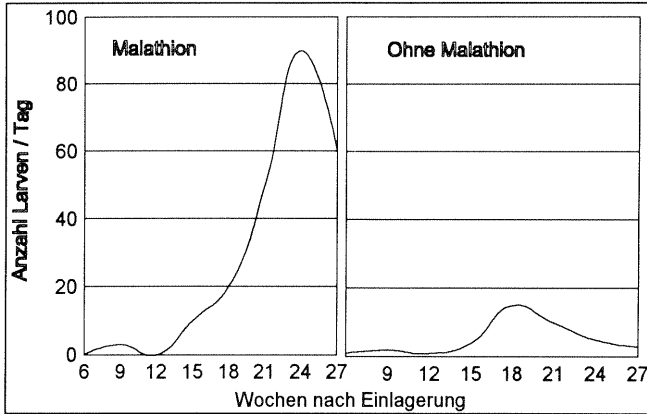
Viele natürliche Feinde von Vorratsschädlingen sind weit verbreitet, da sie zusammen mit den befallenen Vorräten transportiert werden. Als Verbreitungstyp wird häufig "kosmopolitisch" angegeben, für viele Regionen liegen jedoch keine faunistischen Erhebungen vor. *Venturia canescens* wurde beispielsweise erst 1982 auf Neuseeland nachgewiesen (WALLERS 1982).

Die Räuber sind entweder auf bestimmte Entwicklungsstadien spezialisiert und/oder auf Beutetiere aus einer bestimmten Insektenordnung. Die Hemipteren *Xylocoris flavipes* (JAY et al. 1968), *Lyctocoris campestris* (PARAJULEE & PHILLIPS 1993) und *Calliodis* sp. (BÖYE 1988) sind beispielsweise auf Eier und frühe Larvenstadien von Schädlingen aus verschiedenen Insektenordnungen angewiesen, die Histeride *Teretriosoma nigrescens* dagegen auf immature Stadien von Käfern, wobei enge Bindungen an *Prostephanus truncatus* bestehen (REES 1985, PÖSCHKO 1994). Raubmilben, die vorratschädliche Insekten jagen, gehören mehrheitlich den Familien Cheyletidae, Laelapidae und Ascidae an (BRUCE 1983).

Neben diesen Räubern können auch bestimmte Vorratsschädlinge als Räuber im Lager auftreten, der Reismehlkäfer, *Tribolium castaneum* (Herbst) z. B. reduziert Populationen des Getreideplattkäfers, *Oryzaephilus surinamensis* (LECATO 1975) oder der tropischen Speichermotte, *Cadra cautella* (HAGSTRUM & SHARP 1975), und *Tenebroides mauritanicus* (L.) frißt u. a. an *Lasioderma serricorne* (BARE 1942). Die Biologie von Nützlingen, die intensiv untersucht wurden, wird am Ende der Arbeit dargestellt.

Alle hier diskutierten Parasitoide gehören zur Ordnung der Hautflügler, Hymenoptera. Die im Hinblick auf biologische Bekämpfung untersuchten Arten sind mit wenigen Ausnahmen, wie z. B. *Venturia canescens*, Idiobionten, d. h., sie entwickeln sich an paralysierten Wirten, die ihr Wachstum eingestellt haben. Dies ist eine günstige Eigenschaft, da diese Wirte - die Schädlinge - nicht fortfahren, die

Vorräte zu zerstören. Die Wirte von Koinobionten dagegen setzen während der Anfangsphase der Parasitierung ihre Entwicklung fort. Parasitoide suchen aktiv mit Vorratsschädlingen befallene Produkte auf. Fernorientierung wurde bei den Käferparasitoiden *Laelius pedatus* (QI & BURKHOLDER 1990) und *Lariophagus distinguendus* (STEIDLE & SCHÖLLER 1997) und bei den Mottenparasitoiden *Habrobracon hebetor* (MURR 1930, PARRA et al. 1996) und *Venturia canescens* (THORPE & JONES 1937, WILLIAMS 1951) beobachtet und durch Olfaktometerexperimente nachgewiesen.



**Abbildung 5:** Populationsentwicklung der tropischen Speichermotte *Cadra cautella* mit (links) und ohne (rechts) Behandlung des Lagerguts mit Malathion. Da *C. cautella* resistent gegen Malathion war, konnte sie sich vermehren. Im Lager ohne Malathion wurde die Motte durch die Brackwespe *Habrobracon hebetor* kontrolliert, die empfindlich gegenüber Malathion war (aus HAGSTRUM & SHARP 1975).

Schwierig abzugrenzen sind die Parasitoide von Samenkäfern, da zahlreiche Arten die Larven der Samenkäfer auf dem Feld parasitieren, aber erst im Lager schlüpfen. Als echte Vorratsschädlinge werden Samenkäfer bezeichnet, die ihre Entwicklung vollständig in trockenen Leguminosensamen im Lager vollenden können. In dieser Arbeit wurden nur Parasitoide berücksichtigt, die ihre Entwicklung im Lager auf echten Vorratsschädlingen vollenden können. Insbesondere in den Subtropen ist die Situation zwischen abgefallenen Samen auf dem Feld und offenen Lagerplätzen jedoch schwer abzugrenzen. So wurde beispielsweise *Eupelmus orientalis* einbezogen, eine Wespe, die im Lager noch nicht gefunden wurde, aber im Labor *Callosobruchus maculatus* parasitiert (DOURY & ROJAS-ROUSSE 1994).

Vorratsschädlinge lassen sich in Arten unterscheiden, die ihre Entwicklung im Innern von Getreidekörnern, trockenen Blütenköpfen oder verbackenem Substrat entwickeln, und solchen deren Imaginalstadien außen am Substrat fressen. Viele polyphage Parasitoide parasitieren ausschließlich eine der beiden ökologischen Gruppen. Aus Tabelle 1 ist die Verteilung der Parasitoide auf diese Gruppen und außerdem die Präferenzen für bestimmte Entwicklungsstadien abzulesen.

Tabelle 1: Übersicht zu Präferenzen von Parasitoiden für bestimmte Entwicklungsstadien der Vorratsschädlinge und deren Fraßverhalten.

	Entwicklung im Korn bzw. Substrat			Entwicklung außerhalb Korn bzw. Substrat		
	Ei	Larve	Puppe	Ei	Larve	Puppe
Coleoptera	<i>Uscana caryedoni</i> <i>Uscana lariophaga</i> <i>Uscana mukerjii</i> <i>Uscana semifumipennis</i>	<i>Anisopteromalus calandrae</i> <i>Bruchobius laticeps</i> <i>Dinarmus acutus</i> <i>Dinarmus basalis</i> <i>Dibrachis boarmiae</i> <i>Dinarmus vagabundis</i> <i>Eupelmus vuilleti</i> <i>Eupelmus orientalis</i> <i>Heterospilus prosopidis</i> <i>Lariophagus distinguendus</i> <i>Pteromalus cerealellae</i> <i>Stenocorse bruchivora</i> <i>Rhabdepyris rhizoperthae</i> <i>Theocolax elegans</i>	<i>Anisopteromalus calandrae</i> <i>Lariophagus distinguendus</i> <i>Dinarmus acutus</i> <i>Dinarmus basalis</i> <i>Dinarmus vagabundis</i>	<i>Trichogramma chilonis</i> <i>Trichogramma evanescens</i>	<i>Allepyris microneurus</i> <i>Cephalonomia gallicola</i> <i>Cephalonomia quadridentata</i> <i>Cephalonomia tarsalis</i> <i>Cephalonomia waterstoni</i> <i>Holepyris sylvanidis</i> <i>Laelius pedatus</i> <i>Laelius utilis</i> <i>Laelius voracis</i> <i>Zeteticontus utilis</i>	
Lepidoptera		<i>Pteromalus cerealellae</i>		<i>Trichogramma chilonis</i> <i>Trichogramma evanescens</i> <i>Trichogramma embryophagum</i> <i>Trichogramma pretiosum</i> <i>Trichogramma minutum</i> <i>Trichogramma parkeri</i>	<i>Apanteles carpatus</i> <i>Apanteles galleriae</i> <i>Goniozus nephantidis</i> <i>Habrobracon hebetor</i> <i>Venturia canescens</i>	<i>Mesostenus gracilis</i>

Verschiedene Mortalitätsfaktoren der Granivoren gehen auf den Einfluß von Parasitoiden zurück. Offensichtlich ist die Eiablage (Abbildung 6) und der Fraß der Parasitoidenlarven. Es können jedoch auch mehrere Eier in ein Wirtsindividuum abgelegt werden, was zum Tod der Parasitoiden und der Wirte führen kann (Superparasitismus). Dies tritt vor allem bei hohen Parasitoidendichten auf. Eine weitere Mortalitätsursache ist die Aufnahme von Wirtshämolymphe durch die Parasitoidenweibchen (host-feeding), bei der die Wirte verletzt werden und sterben können. Abbildung 6 zeigt die Aufnahme von Hämolymphe einer Larve von *Sitotroga cerealella* durch *Pteromalus cerealellae*. Vor der Nahrungsaufnahme durchstach das Weibchen das Getreidekorn mit Hilfe des Ovipositors und sonderte dabei ein an der Luft erhärtendes Sekret ab. Das Sekret bildete ein Rohr, durch das die Wirtshämolymphe mit den Mundwerkzeugen aufgenommen wurde (FULTON 1933). Ectoparasitoide wie *Habrobracon hebetor* (VISSER et al. 1983), die ihre Wirte vor der Eiablage paralisieren, töten alle Wirte ab, unabhängig davon, ob Eier abgelegt werden oder nicht (HAGSTRUM 1983).

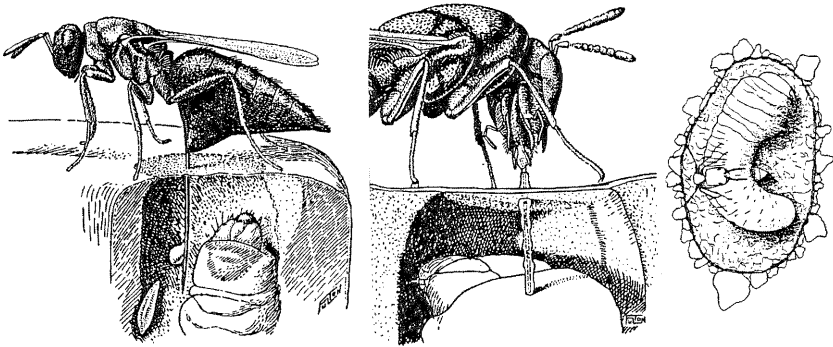


Abbildung 6: *Pteromalus cerealellae*, links Eiablage ins Innere eines Getreidekorns neben eine Larve von *Sitotroga cerealella*, Mitte Aufnahme der Hämolymphe von *Sitotroga cerealella* mit Hilfe eines Sekretrohrs (aus FULTON 1933), rechts *Cephalonomia quadridentata* in Fraßstellung auf einer Brotkäferlarve in deren Kokon (aus VAN EMDEN 1931).

Tabelle 2 gibt eine Übersicht zu Räuber-Beute und Wirt-Parasitoid-Beziehungen zwischen Vorratsschädlingen und deren natürliche Feinde. Einbezogen wurden alle erreichbaren experimentellen Arbeiten sowie einige faunistische Arbeiten. Der Grund für die Beschränkung auf experimentelle Arbeiten ist die Verlässlichkeit der angegebenen Wirt-Parasitoid- bzw. Räuber-Beute-Beziehungen. Dies ist ein altes Problem (HASE 1925c), denn werden in Katalogen oder Sammelberichten (z. B. GAHUKAR 1994) Literaturangaben unkritisch übernommen, verbreiten sich Synonyme bzw. nicht sicher belegte Beziehungen in der Literatur. Somit ist möglich, daß in Tabelle 2 Beute- bzw. Wirtsarten der gelisteten Nützlinge fehlen, die angegeben Beziehungen sind dafür belegt und die Quellen nachvollziehbar. Kriterium für die Aufnahme war, daß Beutetiere als Nahrung akzeptiert wurden bzw. daß Parasitoide ihren Lebenszyklus auf dem Wirt vollenden konnten.

Nicht berücksichtigt in Tabelle 2 wurden einige Arten, die nur sporadisch in Lägern auftreten. Die Kleidermotte, *Tineola biselliella*, beispielsweise ist ein Materialschädling der bisweilen in Lagerhäusern zu finden ist. Die Larven der Kleidermotte werden von der Brackwespe *Apanteles carpartus* (Say) (TAKACS et al. 1997) und der Raubmilbe *Blattisocius tarsalis* (NESBITT 1951) parasitiert. Die Eier dieser Tineide werden von *Trichogramma evanescens* als Wirt akzeptiert (SCHÖLLER, PROZELL & WUDTKE, unpubl. Daten). Ebenso tritt die Tineide *Niditinea fuscipunctella* (Haw.) mitunter an Getreide auf, das bereits von anderen Schädlingen befallen ist. Die Larven von *N. fuscipunctella* werden von der Brackwespe *Meteorus cespitator* (Thun.) parasitiert (COOMBS & WOODROFFE 1968). Die Pteromalide *Dibrachys cavus* (Walker) ist ein fakultativer Hyperparasitoid, der sowohl Vorratsschädlinge als auch deren Parasitoide parasitieren kann. Da das Wirtsspektrum dieser Art sehr weit ist, raten BROWER et al. (1996) vom Einsatz dieser Art ab.

Ebenfalls nicht berücksichtigt in Tabelle 2 wurden generalistische Prädatoren, die gelegentlich in die Läger eindringen, sonst aber im Freiland auftreten. Es sind dies z. B. *Vespula* spp., die im Lager vorratsschädliche Motten jagen (COOMBS & WOODROFFE 1968), Ameisen, z. B. *Iridomyrmex* (MYERS 1929), Spinnen, z. B. erbeuteten *Theridion tepidariorum* C. Koch und *Salticus scenicus* (Cl.) die Speichermotte (BARE 1942), Pseudoskorpione, Laufkäfer (Carabidae) und Kurzflügelkäfer (Staphylinidae) (LEPESME 1944, COOMBS & WOODROFFE 1968, HAINES 1997).

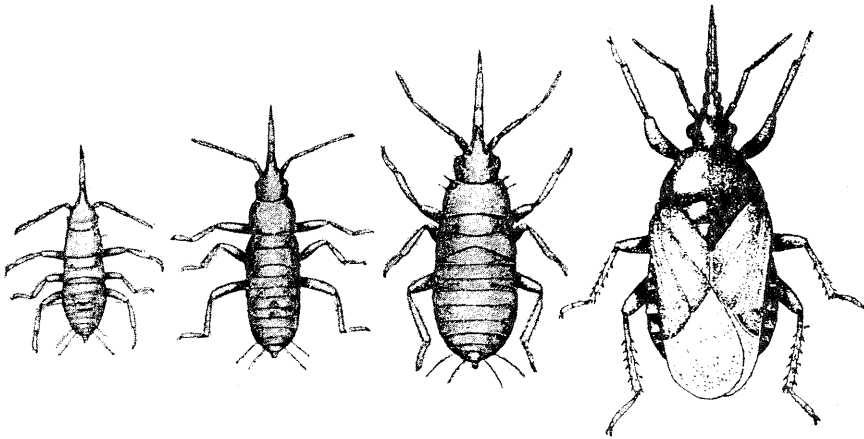


Abbildung 7: *Xylocoris galactinus*, von links nach rechts drei der fünf Nymphenstadien und das Weibchen (aus TAWFIK & EL-HUSSEINI 1971).

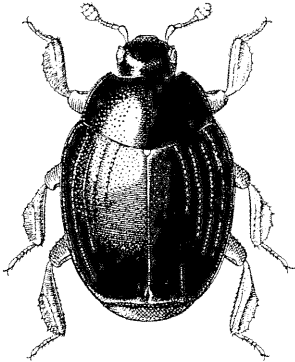


Abbildung 8:  
*Dendrophilus punctatus* (Herbst)  
(aus HINTON 1945)

Bestimmte Stutzkäfer (Histeridae) sind möglicherweise enger an die Lebensbedingungen in Lägern gebunden, HINTON (1945) listete 14 Arten auf. Diese kommen aber nur bei hoher Luft- bzw. Substratfeuchte vor, z. B. *Carcinops pumilio* (Erichson), *Gnathocerus nanus* (Scriba), *Margarinotus merdarius* Hoff. oder *Dendrophilus punctatus* (Herbst) (Abbildung 8). Das gleiche gilt für Milben wie *Blattisocius keegani* Fox, *B. dentriticus* (Berlese), *Androlaelaps casalis* (Berlese), *Cheyletus aversor* Rohdendorf und *Cheyletus malaccensis* Oudemans, deren Potential für die biologische Bekämpfung noch ungenügend erforscht ist (BURNETT 1964, BARKER 1967, 1968, WHARTON & ARLIAN 1972, HAINES 1997) sowie für die anthocoriden Wanzen *Xylocoris sordidus* (Reuter) und *X. galactinus* (Fieber) (Abbildung 7), die außerdem wärmeliebend sind (HALL

1951, SINHA 1961, TAWFIK & EL-HUSSEINI 1971, ARBOGAST et al. 1983).

Tabelle 2: Auf den Seiten 97 bis 111 befindet sich eine Übersicht zu experimentell untersuchten Räuber-Beute- und Wirt-Parasitoid-Beziehungen zwischen Vorratsschädlingen und ausgewählten Materialschädlingen sowie deren natürliche Feinde. Die Zahlen in den Feldern beziehen sich auf die laufenden Nummern der Bibliographie

SCHÖLLER - Räuber und Parasitoide

<i>Ani. cal.</i>	<i>All. mic.</i>	<i>All. bia.</i>	<i>Aca. tri.</i>	<i>Aca. mah.</i>	Schäd/ Nütz.
					<i>Aca. far.</i>
					<i>Aca. obt.</i>
					<i>Aca. sir.</i>
					<i>Ach. gri.</i>
					<i>Aha. adv.</i>
				625	<i>Alp. dia.</i>
					<i>Amy. tra.</i>
					<i>Ant. fla.</i>
	716, 764				<i>Ant. fus.</i>
					<i>Ant. ver.</i>
					<i>Ant. vor.</i>
					<i>Att. meg.</i>
					<i>Bru. ana.</i>
					<i>Bru. atr.</i>
					<i>Bru. aff.</i>
					<i>Cad. cau.</i>
					<i>Cad. fig.</i>
144					<i>Cal. ana.</i>
52, 144, 218, 343, 345, 350, 373, 431, 475, 477, 570, 582, 596, 597, 598, 599, 668, 669, 671, 673, 685, 722, 723, 888					<i>Cal. chi.</i>
312, 313, 438, 439, 684					<i>Cal. mac.</i>
895					<i>Cal. rho.</i>
					<i>Cal. sub.</i>
					<i>Car. dim.</i>
					<i>Car. hem.</i>
					<i>Car. ser.</i>
					<i>Cat. qua.</i>
173					<i>Cau. lat.</i>
		54			<i>Cor. cep.</i>
					<i>Cry. fer.</i>
					<i>Cry. min.</i>
					<i>Cry. pus.</i>
					<i>Cry. tur.</i>
					<i>Der. car.</i>
					<i>Der. fri.</i>
					<i>Der. hae.</i>
					<i>Der. mac.</i>
					<i>Der. per.</i>
					<i>Din. min.</i>
					<i>Din. por.</i>
					<i>Ect. cer.</i>
					<i>Eph. elu.</i>
		54, 642, 643			<i>Eph. kue.</i>
					<i>Gal. mel.</i>
					<i>Gib. psy.</i>
					<i>Hof. pse.</i>
					<i>Lep. des.</i>
11, 60, 73, 194, 415					<i>Las. ser.</i>
					<i>Lat. ory.</i>
					<i>Nem. gra.</i>
					<i>Nip. hol.</i>
					<i>Ory. mer.</i>
					<i>Ory. sur.</i>
					<i>Pal. rat.</i>
					<i>Par. gul.</i>
					<i>Plo. int.</i>
100, 121, 298, 424, 811					<i>Pro. tru.</i>
					<i>Pti. fur.</i>
					<i>Pyr. far.</i>
10, 12, 77, 144, 186, 256					<i>Rhi. dom.</i>
619					<i>Sit. cer.</i>
173, 231, 232					<i>Sit. gra.</i>
10, 62, 64, 67, 69, 90, 144, 150, 156, 173, 184, 510, 512, 515, 529, 573, 692					<i>Sit. ory.</i>
40, 611, 612, 613, 614, 615, 616, 617, 618, 619, 690, 693, 696, 711, 712					<i>Sit. zea.</i>
					<i>Steg. pan.</i>
					<i>Tri. bre.</i>
			878		<i>Tri. cas.</i>
		54, 646	878		<i>Tri. con.</i>
					<i>Tro. ang.</i>
					<i>Tro. gla.</i>
					<i>Tro. gra.</i>
					<i>Tro. gss.</i>
					<i>Tro. inc.</i>
					<i>Tro. sim.</i>
					<i>Tro. ste.</i>
					<i>Tro. var.</i>
					<i>Typ. ste.</i>
217, 375					<i>Zab. sub.</i>
39, 56, 57, 63, 149, 153, 256, 348, 349, 422, 437, 551, 629, 644, 648, 660, 719, 780, 840		56, 551, 644, 648			Sonst. Lit.

Schöllner - Räuber und Parasitoide

<i>Bru. lat.</i>	<i>Bra. bre.</i>	<i>Bla. tin.</i>	<i>Bla. tar.</i>	<i>Bla. kee.</i>	<i>Apa. gal.</i>	<i>Apa. fla.</i>	Schäd./Nütz.
				789			<i>Aca. far.</i> <i>Aca. obt.</i> <i>Aca. sir.</i> <i>Ach. gri.</i> <i>Aha. adv.</i> <i>Alp. dia.</i> <i>Amy. tra.</i> <i>Ant. fla.</i> <i>Ant. fus.</i> <i>Ant. ver.</i> <i>Ant. vor.</i> <i>Att. meg.</i> <i>Bru. ana.</i> <i>Bru. atr.</i> <i>Bru. aff.</i>
	882		259, 262, 819				<i>Cad. cau.</i> <i>Cad. fig.</i> <i>Cal. ana.</i>
143						816, 817?	<i>Cal. chi.</i> <i>Cal. mac.</i> <i>Cal. rho.</i> <i>Cal. sub.</i> <i>Car. dim.</i> <i>Car. hem.</i> <i>Car. ser.</i> <i>Cat. qua.</i> <i>Cau. lat.</i> <i>Cor. cep.</i> <i>Cry. fer.</i> <i>Cry. min.</i> <i>Cry. pus.</i> <i>Cry. tur.</i> <i>Der. car.</i> <i>Der. fri.</i> <i>Der. hae.</i> <i>Der. mac.</i> <i>Der. per.</i> <i>Din. min.</i> <i>Din. por.</i> <i>Ect. cer.</i> <i>Eph. elu.</i>
	843						<i>Eph. kue.</i>
	229						<i>Gal. mel.</i> <i>Gib. psy.</i> <i>Hof. pse.</i> <i>Lep. des.</i> <i>Las. ser.</i> <i>Lat. ory.</i> <i>Nem. gra.</i> <i>Nip. hol.</i> <i>Ory. mer.</i> <i>Ory. sur.</i> <i>Pal. rat.</i> <i>Par. gul.</i>
	882, 884	206	207, 801			71, 645	<i>Pla. int.</i>
	229, 882, 884						<i>Pro. tru.</i> <i>Pti. fur.</i> <i>Pyr. for.</i> <i>Rhi. dom.</i>
				789			<i>Sit. cer.</i> <i>Sit. gra.</i> <i>Sit. ory.</i> <i>Sit. zea.</i> <i>Sieg. pan.</i> <i>Tri. bre.</i> <i>Tri. cas.</i> <i>Tri. con.</i> <i>Tro. ang.</i> <i>Tro. gla.</i> <i>Tro. gra.</i> <i>Tro. gss.</i> <i>Tro. inc.</i> <i>Tro. sim.</i> <i>Tro. ste.</i> <i>Tro. var.</i> <i>Typ. ste.</i> <i>Zab. sub.</i>
	578, 884		178				<i>Sonst. Lit.</i>
145	631, 653, 654, 703, 860, 886,		648	74			



SCHÖLLER - Räuber und Parasitoide

<i>Cep. tar.</i>	<i>Cep. qua.</i>	<i>Cep. gal.</i>	<i>Che. eru.</i>	<i>Cal. sp.</i>	<i>Eup. vui.</i>	Schäd / Nütz.
			728			<i>Aca. far.</i>
			91, 726, 728, 789			<i>Aca. obi.</i>
						<i>Aca. sir.</i>
						<i>Ach. gri.</i>
						<i>Aha. adv.</i>
						<i>Alp. dia.</i>
						<i>Amy. tra.</i>
						<i>Ant. fla.</i>
						<i>Ant. fus.</i>
						<i>Ant. ver.</i>
						<i>Ant. vor.</i>
						<i>Att. meg.</i>
					14, 18, 396, 409, 410, 441, 743, 744, 762, 782	<i>Bru. ana.</i>
						<i>Bru. atr.</i>
						<i>Bru. aff.</i>
						<i>Cad. cau.</i>
						<i>Cad. fig.</i>
						<i>Cal. ana.</i>
						<i>Cal. chi.</i>
					14, 18, 396, 441, 575, 655, 656, 742, 743, 762	<i>Cal. mac.</i>
						<i>Cal. rho.</i>
						<i>Cal. sub.</i>
						<i>Car. dim.</i>
						<i>Car. hem.</i>
						<i>Car. ser.</i>
						<i>Cat. qua.</i>
						<i>Cau. lat.</i>
						<i>Cor. cep.</i>
						<i>Cry. fer.</i>
						<i>Cry. min.</i>
						<i>Cry. pus.</i>
						<i>Cry. tur.</i>
						<i>Der. car.</i>
						<i>Der. fri.</i>
						<i>Der. hae.</i>
						<i>Der. mac.</i>
						<i>Der. per.</i>
						<i>Din. min.</i>
						<i>Din. por.</i>
						<i>Ect. cer.</i>
						<i>Eph. elu.</i>
						<i>Eph. kue.</i>
						<i>Gal. mel.</i>
						<i>Gib. psy.</i>
						<i>Hof. pse.</i>
		369, 792	75, 91, 728, 789			<i>Lep. des.</i>
						<i>Las. ser.</i>
						<i>Lat. ory.</i>
	196					<i>Nem. gra.</i>
508						<i>Nip. hol.</i>
						<i>Ory. mer.</i>
						<i>Ory. sur.</i>
						<i>Pal. rat.</i>
						<i>Par. gul.</i>
						<i>Plo. int.</i>
				100, 405		<i>Pro. tru.</i>
						<i>Pti. fur.</i>
						<i>Pyr. far.</i>
						<i>Rhi. dom.</i>
						<i>Sit. cer.</i>
						<i>Sit. gra.</i>
						<i>Sit. ory.</i>
						<i>Sit. zea.</i>
						<i>Steg. pan.</i>
						<i>Tri. bre.</i>
						<i>Tri. cas.</i>
						<i>Tri. con.</i>
						<i>Tri. ang.</i>
						<i>Tro. gla.</i>
						<i>Tro. gra.</i>
						<i>Tro. gss.</i>
						<i>Tro. inc.</i>
						<i>Tro. sim.</i>
						<i>Tro. ste.</i>
						<i>Tro. var.</i>
						<i>Typ. ste.</i>
						<i>Zab. sub.</i>
222			98, 165, 538, 725, 727, 841, 849		440	Sonst. Lit.

Schöller - Räuber und Parasitoide

<i>Din. acu.</i>	<i>Dib. cav.</i>	<i>Dib. boa.</i>	<i>Cep. wat.</i>	Schäd./Nütz.
				<i>Aca. far.</i>
				<i>Aca. obi.</i>
				<i>Aca. sir.</i>
				<i>Ach. gri.</i>
				<i>Aha. adv.</i>
				<i>Alp. dia.</i>
				<i>Amy. tra.</i>
				<i>Ant. fla.</i>
				<i>Ant. fus.</i>
				<i>Ant. ver.</i>
				<i>Ant. vor.</i>
				<i>Att. meg.</i>
				<i>Bru. ana.</i>
				<i>Bru. atr.</i>
200, 555				<i>Bru. aff.</i>
				<i>Cad. cau.</i>
				<i>Cad. fig.</i>
				<i>Cal. ana.</i>
				<i>Cal. chi.</i>
200				<i>Cal. mac.</i>
				<i>Cal. rho.</i>
				<i>Cal. sub.</i>
				<i>Car. dim.</i>
				<i>Car. hem.</i>
				<i>Car. ser.</i>
				<i>Car. ser.</i>
				<i>Cat. qua.</i>
				<i>Cau. lat.</i>
				<i>Cor. cep.</i>
			203, 204, 209, 211, 212, 213, 256, 321, 322,	<i>Cry. fer.</i>
			203, 204	<i>Cry. min.</i>
				<i>Cry. pus.</i>
			203, 204	<i>Cry. tur.</i>
				<i>Der. car.</i>
				<i>Der. fri.</i>
				<i>Der. hae.</i>
				<i>Der. mac.</i>
				<i>Der. per.</i>
				<i>Din. min.</i>
				<i>Din. por.</i>
				<i>Ect. cer.</i>
				<i>Eph. elu.</i>
				<i>Eph. kue.</i>
		252		<i>Gal. mel.</i>
				<i>Gib. psy.</i>
	165			<i>Hof. pse.</i>
				<i>Lep. des.</i>
				<i>Las. ser.</i>
				<i>Lat. ory.</i>
				<i>Nem. gra.</i>
				<i>Nip. hol.</i>
				<i>Ory. mer.</i>
				<i>Ory. sur.</i>
				<i>Pal. rat.</i>
				<i>Par. gul.</i>
				<i>Plo. int.</i>
				<i>Pro. tru.</i>
				<i>Pti. fur.</i>
				<i>Pyr. far.</i>
				<i>Rhi. dom.</i>
				<i>Sit. cer.</i>
				<i>Sit. gra.</i>
				<i>Sit. ory.</i>
				<i>Sit. zea.</i>
				<i>Steg. pan.</i>
				<i>Tri. bre.</i>
				<i>Tri. cas.</i>
				<i>Tri. con.</i>
				<i>Tro. ang.</i>
				<i>Tro. gla.</i>
				<i>Tro. gra.</i>
				<i>Tro. gss.</i>
				<i>Tro. inc.</i>
				<i>Tro. sim.</i>
				<i>Tro. ste.</i>
				<i>Tro. var.</i>
				<i>Typ. ste.</i>
				<i>Zab. sub.</i>
407			39, 209, 222	Sonst. Lit.

SCHÖLLER - Räuber und Parasitoide

<i>Gon. nep.</i>	<i>Eup. ori.</i>	<i>Duf. ate.</i>	<i>Din. vag.</i>	<i>Din. bas.</i>	Schäd/ Nütz.
				760	<i>Aca. far.</i>
					<i>Aca. obt.</i>
					<i>Aca. sir.</i>
					<i>Ach. gri.</i>
					<i>Aha. adv.</i>
					<i>Alp. dia.</i>
					<i>Amy. tra.</i>
					<i>Ant. fla.</i>
					<i>Ant. fus.</i>
					<i>Ant. ver.</i>
					<i>Ant. vor.</i>
					<i>Att. meg.</i>
	762			14, 19, 396, 409, 410, 441, 747, 762, 777, 782	<i>Bru. ana.</i>
					<i>Bru. atr.</i>
					<i>Bru. aff.</i>
					<i>Cad. cau.</i>
				676, 677	<i>Cad. fig.</i>
				218, 341, 342, 344, 346, 685, 748	<i>Cal. ana.</i>
	746, 762, 782		563, 564, 565	14, 19, 396, 441, 479, 565, 657, 742, 762	<i>Cal. chi.</i>
					<i>Cal. mac.</i>
					<i>Cal. rho.</i>
					<i>Cal. sub.</i>
					<i>Car. dim.</i>
					<i>Car. hem.</i>
					<i>Car. ser.</i>
					<i>Cat. qua.</i>
					<i>Cau. lat.</i>
554, 808		58			<i>Cor. cep.</i>
					<i>Cry. fer.</i>
					<i>Cry. min.</i>
					<i>Cry. pus.</i>
					<i>Cry. tur.</i>
					<i>Der. car.</i>
					<i>Der. fri.</i>
					<i>Der. hae.</i>
					<i>Der. mac.</i>
					<i>Der. per.</i>
					<i>Din. min.</i>
					<i>Din. por.</i>
					<i>Ect. cer.</i>
					<i>Eph. elu.</i>
					<i>Eph. kue.</i>
					<i>Gal. mel.</i>
					<i>Gib. psy.</i>
					<i>Hof. pse.</i>
					<i>Lep. des.</i>
					<i>Las. ser.</i>
					<i>Lat. ory.</i>
					<i>Nem. gra.</i>
					<i>Nip. hol.</i>
					<i>Ory. mer.</i>
					<i>Ory. sur.</i>
					<i>Pal. rat.</i>
					<i>Par. gul.</i>
		34			<i>Plo. int.</i>
					<i>Pro. tru.</i>
					<i>Pti. fur.</i>
					<i>Pyr. far.</i>
					<i>Rhi. dom.</i>
					<i>Sit. cer.</i>
					<i>Sit. gra.</i>
					<i>Sit. ory.</i>
					<i>Sit. zea.</i>
					<i>Steg. pan.</i>
					<i>Tri. bre.</i>
					<i>Tri. cas.</i>
		58			<i>Tri. con.</i>
					<i>Tro. ang.</i>
					<i>Tro. gla.</i>
					<i>Tro. gra.</i>
					<i>Tro. gss.</i>
					<i>Tro. inc.</i>
					<i>Tro. sim.</i>
					<i>Tro. ste.</i>
					<i>Tro. var.</i>
				760	<i>Typ. ste.</i>
					<i>Zab. sub.</i>
266	784		160, 187, 197, 198	160, 237, 440, 467, 468, 778, 784	Sonst. Lit.

Schöller - Räuber und Parasitoide

Hol.	Het. pro.	Hab. heb.	Schäd./ Nutz.
			<i>Aca. far.</i>
			<i>Aca. obi.</i>
		518	<i>Aca. sir.</i>
			<i>Ach. gri.</i>
			<i>Aha. adv.</i>
			<i>Alp. dia.</i>
			<i>Amy. tra.</i>
			<i>Ant. fla.</i>
			<i>Ant. fus.</i>
			<i>Ant. ver.</i>
			<i>Ant. vor.</i>
			<i>Att. meg.</i>
			<i>Bru. ana.</i>
			<i>Bru. atr.</i>
			<i>Bru. aff.</i>
		13, 19, 88, 89, 131, 152, 154, 155, 220, 255, 259, 260, 261, 339, 370, 371, 457, 464, 514, 516, 518, 523, 527, 543, 544, 602, 715, 819, 842, 872	<i>Cad. cau.</i>
		446	<i>Cad. fig.</i>
			<i>Cal. ana.</i>
	142, 218, 596, 597, 598, 669, 671, 685, 797, 684		<i>Cal. chi.</i>
			<i>Cal. mac.</i>
			<i>Cal. rho.</i>
			<i>Cal. sub.</i>
			<i>Car. dim.</i>
			<i>Car. hem.</i>
			<i>Car. ser.</i>
			<i>Cat. qua.</i>
			<i>Cau. lat.</i>
798		106, 466, 713, 824, 859	<i>Cor. cep.</i>
			<i>Cry. fer.</i>
			<i>Cry. min.</i>
			<i>Cry. pus.</i>
			<i>Cry. tur.</i>
			<i>Der. car.</i>
			<i>Der. fri.</i>
			<i>Der. hae.</i>
			<i>Der. mac.</i>
			<i>Der. per.</i>
			<i>Din. min.</i>
			<i>Din. por.</i>
			<i>Ect. cer.</i>
		73, 415, 474, 874, 875, 895	<i>Eph. elu.</i>
		92, 137, 151, 201, 277, 278, 280, 281, 282, 489, 490, 493, 494, 495, 566, 628, 651, 652, 869, 704, 731, 741, 774, 775, 870, 884, 890	<i>Eph. kue.</i>
		6, 55, 71, 246, 278, 280, 518, 602, 825, 884	<i>Gal. mel.</i>
			<i>Gib. psy.</i>
			<i>Hof. pse.</i>
			<i>Lep. des.</i>
			<i>Las. ser.</i>
			<i>Lat. ory.</i>
			<i>Nem. gra.</i>
			<i>Nip. hol.</i>
			<i>Ory. mer.</i>
			<i>Ory. sur.</i>
			<i>Pal. rat.</i>
			<i>Par. gul.</i>
798		26, 64, 70, 131, 182, 214, 251, 370, 371, 381, 446, 457, 471, 474, 520, 553, 627, 651, 652, 877, 884	<i>Plo. int.</i>
			<i>Pro. tru.</i>
		234, 873	<i>Pti. fur.</i>
			<i>Pyr. far.</i>
			<i>Rhi. dom.</i>
			<i>Sit. cer.</i>
			<i>Sit. gra.</i>
			<i>Sit. ory.</i>
			<i>Sit. zea.</i>
			<i>Steg. pan.</i>
			<i>Tri. bre.</i>
			<i>Tri. cas.</i>
			<i>Tri. con.</i>
			<i>Tro. ang.</i>
			<i>Tro. gla.</i>
			<i>Tro. gra.</i>
			<i>Tro. gss.</i>
			<i>Tro. inc.</i>
			<i>Tro. sim.</i>
			<i>Tro. ste.</i>
			<i>Tro. var.</i>
	217, 375		<i>Typ. ste.</i>
			<i>Zab. sub.</i>
644		siehe Text	Sonst. Lit.

SCHÖLLER - Räuber und Parasitoide

<i>Lar. dis.</i>	<i>Lae. vor.</i>	<i>Lae. uti.</i>	<i>Lae. ped.</i>	<i>Lae. ant.</i>	<i>Hol. syl.</i>	Schäd./ Nütz.
						<i>Aca. far.</i>
						<i>Aca. obt.</i>
						<i>Aca. sir.</i>
						<i>Ach. gri.</i>
						<i>Aha. adv.</i>
						<i>Alp. dia.</i>
						<i>Amy. tra.</i>
			421			<i>Ant. fla.</i>
		436				<i>Ant. fus.</i>
			435	674		<i>Ant. ver.</i>
	59, 61					<i>Ant. vor.</i>
						<i>Att. meg.</i>
						<i>Bru. ana.</i>
						<i>Bru. atr.</i>
						<i>Bru. aff.</i>
						<i>Cad. cau.</i>
						<i>Cad. fig.</i>
						<i>Cal. ana.</i>
85, 86, 87, 582, 599,						<i>Cal. chi.</i>
85, 86						<i>Cal. mac.</i>
						<i>Cal. rho.</i>
						<i>Cal. sub.</i>
						<i>Car. dim.</i>
						<i>Car. hem.</i>
						<i>Car. ser.</i>
						<i>Cat. qua.</i>
						<i>Cau. lat.</i>
						<i>Cor. cep.</i>
						<i>Cry. fer.</i>
						<i>Cry. min.</i>
						<i>Cry. pus.</i>
						<i>Cry. tur.</i>
						<i>Der. car.</i>
						<i>Der. fri.</i>
						<i>Der. hae.</i>
						<i>Der. mac.</i>
						<i>Der. per.</i>
						<i>Din. min.</i>
						<i>Din. por.</i>
						<i>Ect. cer.</i>
						<i>Eph. elu.</i>
						<i>Eph. kue.</i>
						<i>Gal. mel.</i>
366, 367						<i>Gib. psy.</i>
						<i>Hof. pse.</i>
						<i>Lep. des.</i>
73, 354						<i>Las. ser.</i>
						<i>Lat. ory.</i>
						<i>Nem. gra.</i>
						<i>Nip. hol.</i>
						<i>Ory. mer.</i>
						<i>Ory. sur.</i>
						<i>Pal. rat.</i>
						<i>Par. gul.</i>
						<i>Plo. int.</i>
121						<i>Pro. tru.</i>
329						<i>Pti. fur.</i>
						<i>Pyr. far.</i>
364, 367						<i>Rhi. dom.</i>
						<i>Sit. cer.</i>
						<i>Sit. gra.</i>
46, 50, 142, 279, 367, 568, 608, 624, 699, 732						<i>Sit. ory.</i>
147, 148, 239, 319, 367, 568, 571, 572, 573, 720						<i>Sit. zea.</i>
						<i>Steg. pan.</i>
279, 280, 361, 363, 365, 367, 729						<i>Tri. bre.</i>
						<i>Tri. cas.</i>
					3, 534	<i>Tri. con.</i>
			20			<i>Tro. ang.</i>
			377, 542			<i>Tro. gla.</i>
			20, 21			<i>Tro. gra.</i>
						<i>Tro. gss.</i>
						<i>Tro. inc.</i>
						<i>Tro. sim.</i>
						<i>Tro. ste.</i>
		321	376, 377, 541, 542			<i>Tro. var.</i>
						<i>Typ. ste.</i>
						<i>Zab. sub.</i>
45, 48, 57, 149, 165, 275, 276, 360, 362, 567, 629, 644, 648, 719, 780, 799, 861			629, 765	459	39, 56, 222, 622, 780	Sonst. Lit.

Schölller - Räuber und Parasitoide

<i>Pyg. tri.</i>	<i>Pie. cer.</i>	<i>Ped. ven.</i>	<i>Par. der.</i>	<i>Ori. ins.</i>	<i>Nod. cal.</i>	<i>Mes. gra.</i>	<i>Lyc. cam.</i>	Schäd./Nütz.
	124							<i>Aca. far.</i>
								<i>Aca. obt.</i>
								<i>Aca. sir.</i>
								<i>Ach. gri.</i>
								<i>Aha. adv.</i>
							484, 486	<i>Alp. dia.</i>
							484, 486	<i>Amy. tra.</i>
								<i>Ant. fla.</i>
								<i>Ant. fus.</i>
								<i>Ant. ver.</i>
								<i>Ant. vor.</i>
								<i>Att. meg.</i>
								<i>Bru. ana.</i>
								<i>Bru. atr.</i>
								<i>Bru. aff.</i>
							484, 486	<i>Cad. cau.</i>
								<i>Cad. fig.</i>
	124							<i>Cal. ana.</i>
	124						484, 486	<i>Cal. chi.</i>
	124						484, 486	<i>Cal. mac.</i>
	124							<i>Cal. rho.</i>
								<i>Cal. sub.</i>
								<i>Car. dim.</i>
								<i>Car. hem.</i>
								<i>Car. ser.</i>
								<i>Cat. qua.</i>
								<i>Cau. lat.</i>
								<i>Cor. cep.</i>
								<i>Cry. fer.</i>
								<i>Cry. min.</i>
								<i>Cry. pus.</i>
								<i>Cry. tur.</i>
			834					<i>Der. car.</i>
			834					<i>Der. fri.</i>
			834					<i>Der. hae.</i>
			834					<i>Der. mac.</i>
			834					<i>Der. per.</i>
								<i>Din. min.</i>
								<i>Din. por.</i>
								<i>Ect. cer.</i>
				73		73, 415		<i>Eph. elu.</i>
320							484, 486	<i>Eph. kue.</i>
							484, 486	<i>Gal. mel.</i>
		733						<i>Gib. psy.</i>
								<i>Hof. pse.</i>
					76			<i>Lep. des.</i>
791	124	415						<i>Las. ser.</i>
								<i>Lat. ory.</i>
								<i>Nem. gra.</i>
								<i>Nip. hol.</i>
							484, 486	<i>Ory. mer.</i>
							484, 486	<i>Ory. sur.</i>
								<i>Pal. rat.</i>
								<i>Par. gul.</i>
							483, 484, 486	<i>Plo. int.</i>
	121, 124							<i>Pro. tru.</i>
								<i>Pti. fur.</i>
								<i>Pyr. far.</i>
	124						484, 486	<i>Rhi. dom.</i>
	219, 469, 619, 691, 694, 697, 889							<i>Sit. cer.</i>
	124						484, 486	<i>Sit. gra.</i>
	124						484, 486	<i>Sit. ory.</i>
	124, 619						484, 486	<i>Sit. zea.</i>
	124							<i>Steg. pan.</i>
							484, 486	<i>Tri. bre.</i>
							484, 486	<i>Tri. cas.</i>
							484, 486	<i>Tri. con.</i>
								<i>Tro. ang.</i>
							484, 486	<i>Tro. gla.</i>
							484, 486	<i>Tro. gra.</i>
							484, 486	<i>Tro. gss.</i>
							484, 486	<i>Tro. inc.</i>
							484, 486	<i>Tro. sim.</i>
							484, 486	<i>Tro. ste.</i>
							484, 486	<i>Tro. var.</i>
								<i>Typ. ste.</i>
								<i>Zab. sub.</i>

SCHÖLLER - Räuber und Parasitoide

<i>Tha. gir.</i>	<i>Ter. nig.</i>	<i>Ste. bru.</i>	<i>Rha. rhi.</i>	Schäd./ Nütz.
		492		<i>Aca. far.</i>
				<i>Aca. obt.</i>
				<i>Aca. sir.</i>
				<i>Ach. gri.</i>
	504, 507			<i>Aha. adv.</i>
				<i>Alp. dia.</i>
				<i>Amy. tra.</i>
				<i>Ant. fla.</i>
				<i>Ant. fus.</i>
				<i>Ant. ver.</i>
				<i>Ant. vor.</i>
				<i>Att. meg.</i>
				<i>Bru. ana.</i>
				<i>Bru. atr.</i>
				<i>Bru. aff.</i>
				<i>Cad. cau.</i>
				<i>Cad. fig.</i>
				<i>Cal. ana.</i>
				<i>Cal. chi.</i>
				<i>Cal. mac.</i>
				<i>Cal. rho.</i>
				<i>Cal. sub.</i>
	504, 507			<i>Car. dim.</i>
				<i>Car. hem.</i>
				<i>Car. ser.</i>
				<i>Cat. qua.</i>
				<i>Cau. lat.</i>
				<i>Cor. cep.</i>
				<i>Cry. fer.</i>
	504, 507			<i>Cry. min.</i>
				<i>Cry. pus.</i>
				<i>Cry. tur.</i>
				<i>Der. car.</i>
				<i>Der. fri.</i>
				<i>Der. hae.</i>
				<i>Der. mac.</i>
	550			<i>Der. per.</i>
	504, 507			<i>Din. min.</i>
				<i>Din. por.</i>
				<i>Ect. cer.</i>
				<i>Eph. elu.</i>
				<i>Eph. kue.</i>
				<i>Gal. mel.</i>
				<i>Gib. psy.</i>
				<i>Hof. pse.</i>
				<i>Lep. des.</i>
415				<i>Las. ser.</i>
	504, 507			<i>Lat. ory.</i>
				<i>Nem. gra.</i>
				<i>Nip. hol.</i>
	504, 507			<i>Ory. mer.</i>
	504, 507			<i>Ory. sur.</i>
	504, 507			<i>Pal. rat.</i>
				<i>Par. gul.</i>
				<i>Plo. int.</i>
	100, 101, 102, 103, 107, 298, 299, 300, 302, 306, 308, 309, 311, 406, 424, 456, 504, 507, 547, 548, 549, 550, 551, 552, 558, 661, 838			<i>Pro. tru.</i>
				<i>Pti. fur.</i>
				<i>Pyr. far.</i>
	405, 504, 507, 550		434	<i>Rhi. dom.</i>
				<i>Sit. cer.</i>
	504, 507			<i>Sit. gra.</i>
	405, 504, 507			<i>Sit. ory.</i>
				<i>Sit. zea.</i>
				<i>Steg. pan.</i>
				<i>Tri. bre.</i>
	405, 504, 507, 549			<i>Tri. cas.</i>
	504, 507			<i>Tri. con.</i>
				<i>Tro. ang.</i>
				<i>Tro. gla.</i>
	504, 507			<i>Tro. gra.</i>
				<i>Tro. gss.</i>
				<i>Tro. inc.</i>
				<i>Tro. sim.</i>
				<i>Tro. ste.</i>
				<i>Tro. var.</i>
	504, 507			<i>Typ. ste.</i>
				<i>Zab. sub.</i>
	104, 183, 236, 305, 307, 424, 425, 426, 427, 506, 815			Sonst. Lit.

Schöller - Räuber und Parasitoide

<i>Tri. pre.</i>	<i>Tri. eva.</i>	<i>Tri. emb.</i>	<i>Tri. chi.</i>	<i>Tri. cac.</i>	<i>The. ele.</i>	Schäd./ Nütz.
	810					<i>Aca. far.</i> <i>Aca. obt.</i> <i>Aca. sir.</i> <i>Ach. gri.</i> <i>Aha. adv.</i> <i>Alp. dia.</i> <i>Amy. tra.</i> <i>Ant. fla.</i> <i>Ant. fus.</i> <i>Ant. ver.</i> <i>Ant. vor.</i> <i>Att. meg.</i> <i>Bru. ana.</i> <i>Bru. atr.</i> <i>Bru. aff.</i>
114, 115, 116, 119, 120, 123, 130, 131 114, 116	113, 116, 411, 823 113, 116	823				<i>Cad. cau.</i> <i>Cad. fig.</i> <i>Cal. ana.</i> <i>Cal. chi.</i> <i>Cal. mac.</i> <i>Cal. rho.</i> <i>Cal. sub.</i> <i>Car. dim.</i> <i>Car. hem.</i> <i>Car. ser.</i> <i>Cat. qua.</i> <i>Cau. lat.</i> <i>Cor. cep.</i> <i>Cry. fer.</i> <i>Cry. min.</i> <i>Cry. pus.</i> <i>Cry. tur.</i> <i>Der. car.</i> <i>Der. fri.</i> <i>Der. hae.</i> <i>Der. mac.</i> <i>Der. per.</i> <i>Din. min.</i> <i>Din. por.</i> <i>Ect. cer.</i>
	574				837	<i>Eph. elu.</i> <i>Eph. kue.</i> <i>Gal. mel.</i> <i>Gib. psy.</i> <i>Hof. pse.</i> <i>Lep. des.</i> <i>Las. ser.</i> <i>Lat. ory.</i> <i>Nem. gra.</i> <i>Nip. hol.</i> <i>Ory. mer.</i> <i>Ory. sur.</i> <i>Pal. rat.</i> <i>Par. gul.</i>
114, 116	113, 116, 589, 593, 594, 779, 823	779, 823		895		
114, 116, 790	113, 116, 283, 532, 533, 534, 579, 588, 590, 593, 594, 768, 769, 770, 779, 823 105, 283, 828	588, 779, 823		828		
					73	
112, 114, 115, 116, 119, 131	113, 116, 294, 531, 532, 533, 534, 535, 536, 537, 590, 594, 804 896				100, 121	<i>Pro. tru.</i> <i>Pti. fur.</i> <i>Pyr. jar.</i> <i>Rhi. dom.</i>
116, 790	116, 419, 802, 803			837		<i>Sit. cer.</i> <i>Sit. gra.</i> <i>Sit. ory.</i> <i>Sit. zea.</i> <i>Steg. pan.</i> <i>Tri. bre.</i> <i>Tri. cas.</i> <i>Tri. con.</i> <i>Tro. ang.</i> <i>Tro. gla.</i> <i>Tro. gra.</i> <i>Tro. gss.</i> <i>Tro. inc.</i> <i>Tro. sim.</i> <i>Tro. ste.</i> <i>Tro. var.</i> <i>Typ. ste.</i> <i>Zab. sub.</i>
			795			
127, 794	127, 226, 291, 330, 580, 592, 780, 805, 809				39, 551, 644	Sonst. Lit.



SCHÖLLER - Räuber und Parasitoide

<i>Usk. muk.</i>	<i>Usc. lar.</i>	<i>Usc. car.</i>	Schäd./ Nütz.
			<i>Aca. far.</i>
			<i>Aca. obt.</i>
			<i>Aca. sir.</i>
			<i>Ach. gri.</i>
			<i>Aha. adv.</i>
			<i>Alp. dia.</i>
			<i>Amy. tra.</i>
			<i>Ant. fla.</i>
			<i>Ant. fus.</i>
			<i>Ant. ver.</i>
			<i>Ant. vor.</i>
			<i>Att. meg.</i>
836	334, 335, 396, 762		<i>Bru. ana.</i>
			<i>Bru. atr.</i>
			<i>Bru. aff.</i>
			<i>Cad. cau.</i>
			<i>Cad. fig.</i>
			<i>Cal. ana.</i>
347			<i>Cal. chi.</i>
357, 358	15, 17, 334, 335, 337, 338, 396, 575, 742, 762		<i>Cal. mac.</i>
			<i>Cal. rho.</i>
			<i>Cal. sub.</i>
			<i>Car. dim.</i>
			<i>Car. hem.</i>
		181	<i>Car. ser.</i>
			<i>Cat. qua.</i>
			<i>Cau. lat.</i>
			<i>Cor. cep.</i>
			<i>Cry. fer.</i>
			<i>Cry. min.</i>
			<i>Cry. pus.</i>
			<i>Cry. tur.</i>
			<i>Der. car.</i>
			<i>Der. fri.</i>
			<i>Der. hae.</i>
			<i>Der. mac.</i>
			<i>Der. per.</i>
			<i>Din. min.</i>
			<i>Din. por.</i>
			<i>Ect. cer.</i>
			<i>Eph. elu.</i>
			<i>Eph. kue.</i>
			<i>Gal. mel.</i>
			<i>Gib. psy.</i>
			<i>Hof. pse.</i>
			<i>Lep. des.</i>
			<i>Las. ser.</i>
			<i>Lat. ory.</i>
			<i>Nem. gra.</i>
			<i>Nip. hol.</i>
			<i>Ory. mer.</i>
			<i>Ory. sur.</i>
			<i>Pal. rat.</i>
			<i>Par. gul.</i>
			<i>Plo. int.</i>
			<i>Pro. tru.</i>
			<i>Pti. fur.</i>
			<i>Pyr. far.</i>
			<i>Rhi. dom.</i>
			<i>Sit. cer.</i>
			<i>Sit. gra.</i>
			<i>Sit. ory.</i>
			<i>Sit. zea.</i>
			<i>Steg. pan.</i>
			<i>Tri. bre.</i>
			<i>Tri. cas.</i>
			<i>Tri. con.</i>
			<i>Tro. ang.</i>
			<i>Tro. gla.</i>
			<i>Tro. gra.</i>
			<i>Tro. gss.</i>
			<i>Tro. inc.</i>
			<i>Tro. sim.</i>
			<i>Tro. ste.</i>
			<i>Tro. var.</i>
			<i>Typ. ste.</i>
			<i>Zab. sub.</i>
478			Sonst. Lit.

Schöller - Räuber und Parasitoide

<i>Yen. can.</i>	Schäd / Nütz.
	<i>Aca. far.</i>
	<i>Aca. obt.</i>
	<i>Aca. sir.</i>
286, 734, 827	<i>Ach. gri.</i>
	<i>Aha. adv.</i>
	<i>Alp. dia.</i>
	<i>Amy. tra.</i>
	<i>Ant. fla.</i>
	<i>Ant. fus.</i>
	<i>Ant. ver.</i>
	<i>Ant. vor.</i>
	<i>Att. meg.</i>
	<i>Bru. ana.</i>
	<i>Bru. atr.</i>
	<i>Bru. aff.</i>
157, 179, 450, 457, 462, 463, 511, 513, 514, 516, 523, 636, 639, 662, 715, 736, 738, 767, 819	<i>Cad. cau.</i>
831	<i>Cad. fig.</i>
	<i>Cal. ana.</i>
	<i>Cal. chi.</i>
	<i>Cal. mac.</i>
	<i>Cal. rho.</i>
	<i>Cal. sub.</i>
	<i>Car. dim.</i>
	<i>Car. hem.</i>
	<i>Car. ser.</i>
	<i>Cat. qua.</i>
	<i>Cau. lat.</i>
274, 734, 735	<i>Cor. cep.</i>
	<i>Cry. fer.</i>
	<i>Cry. min.</i>
	<i>Cry. pus.</i>
	<i>Cry. tur.</i>
	<i>Der. car.</i>
	<i>Der. fri.</i>
	<i>Der. hae.</i>
	<i>Der. mac.</i>
	<i>Der. per.</i>
	<i>Din. min.</i>
	<i>Din. por.</i>
830	<i>Ect. cer.</i>
72, 179, 450, 462, 833, 895	<i>Eph. elu.</i>
9, 42, 83, 141, 167, 168, 169, 170, 171, 188, 193, 206, 207, 216, 225, 268, 286, 384, 387, 388, 389, 430, 432, 450, 451, 495, 462, 560, 606, 681, 706, 734, 739, 740, 781, 801, 827, 71, 557, 582, 734	<i>Eph. kue.</i>
734, 832	<i>Gal. mel.</i>
	<i>Gib. psy.</i>
	<i>Hof. pse.</i>
	<i>Lep. des.</i>
	<i>Las. ser.</i>
734, 833	<i>Lat. ory.</i>
	<i>Nem. gra.</i>
	<i>Nip. hol.</i>
	<i>Ory. mer.</i>
	<i>Ory. sur.</i>
	<i>Pal. rat.</i>
734	<i>Par. gul.</i>
79, 80, 163, 272, 273, 274, 391, 450, 462, 463, 502, 503, 576, 559, 682, 683, 734, 735, 772, 776, 833, 867	<i>Plo. int.</i>
	<i>Pro. tru.</i>
	<i>Pti. fur.</i>
734	<i>Pyr. far.</i>
	<i>Rhi. dom.</i>
	<i>Sit. cer.</i>
	<i>Sit. gra.</i>
	<i>Sit. ory.</i>
	<i>Sit. zea.</i>
	<i>Steg. pan.</i>
	<i>Tri. bre.</i>
	<i>Tri. cas.</i>
	<i>Tri. con.</i>
	<i>Tro. ang.</i>
	<i>Tro. gla.</i>
	<i>Tro. gra.</i>
	<i>Tro. gss.</i>
	<i>Tro. inc.</i>
	<i>Tro. sim.</i>
	<i>Tro. ste.</i>
	<i>Tro. var.</i>
	<i>Typ. ste.</i>
	<i>Zab. sub.</i>
siehe Text	Sonst. Lit.

SCHÖLLER - Räuber und Parasitoide

Zet. uti.	Xyl. sor.	Xyl. gal.	Xyl. fla.	Schäd./ Nütz.
				Aca. far.
				Aca. obt.
				Aca. sir.
			132	Ach. gri.
				Aha. adv.
				Alp. dia.
				Amy. tra.
				Ant. fla.
				Ant. fus.
				Ant. ver.
			398	Ant. vor.
				Att. meg.
				Bru. ana.
				Bru. atr.
				Bru. aff.
	37		130, 132, 371, 401, 511, 514, 526	Cad. cau.
				Cad. fig.
				Cal. ana.
				Cal. chi.
			742	Cal. mac.
				Cal. rho.
				Cal. sub.
230, 395, 470, 689			132	Car. dim.
				Car. hem.
			29, 524	Car. ser.
				Cat. qua.
				Cau. lat.
				Cor. cep.
				Cry. fer.
			132	Cry. min.
				Cry. pus.
				Cry. tur.
				Der. car.
				Der. fri.
				Der. hae.
				Der. mac.
				Der. per.
				Din. min.
				Din. por.
				Ect. cer.
				Eph. elu.
			2	Eph. kue.
			29	Gal. mel.
				Gib. psy.
				Hof. pse.
				Lep. des.
			2, 402	Las. ser.
				Lat. ory.
				Nem. gra.
				Nip. hol.
			2, 28, 132, 351, 378, 401, 402, 524	Ory. mer.
			806	Ory. sur.
				Pal. rat.
				Par. gul.
	37		2, 27, 36, 38, 132, 371, 381, 402, 520, 522, 525, 578	Pto. int.
			298, 304	Pro. tru.
				Pti. fur.
				Pyr. far.
			2, 132, 351	Rhi. dom.
			2, 29, 399	Sit. cer.
				Sit. gra.
			2	Sit. ory.
			132	Sit. zea.
				Steg. pan.
				Tri. bre.
			2, 38, 53, 66, 132, 351, 381, 398, 400, 401, 402, 521, 524, 526, 806	Tri. cas.
			2, 53, 351, 397, 737	Tri. con.
				Tro. ang.
				Tro. gla.
				Tro. gra.
			29	Tro. gss.
				Tro. inc.
				Tro. sim.
				Tro. ste.
				Tro. var.
			132	Typ. ste.
				Zab. sub.
	153, 649	8, 264, 650, 864, 865, 866	30, 31, 56, 57, 94, 128, 517, 519, 528, 604, 644, 647, 648, 757, 780, 842	Sonst. Lit.

Schöller - Räuber und Parasitoide

Erklärung der Abkürzungen zu Tabelle 2:

Schädlinge			
Aca. obt.	= <i>Acanthoscelides obtectus</i> (Say)	Duf. ate.	= <i>Dufouneillus ater</i> (Dufour)
Aca. sir.	= <i>Acarus siro</i> L.	Ect. cer.	= <i>Ectomyeosis ceratoniae</i> (Zeller)
Aca. far.	= <i>Acarus farris</i> (Oudemans)	Eph. elu.	= <i>Ephestia elutella</i> (Hübner)
Ach. gri.	= <i>Achroia grisella</i> (F.)	Eph. kue.	= <i>Ephestia kuehniella</i> Zeller
Aha. adv.	= <i>Ahasverus advena</i> (Waltl)	Gal. mel.	= <i>Galleria mellonella</i> L.
Alp. dia.	= <i>Alphitobius diaperinus</i> (Panzer)	Gib. psy.	= <i>Gibbium psyllioides</i> Czenpinski
Amy. tra.	= <i>Amyelois transitella</i> (Walker)	Hof. pse.	= <i>Hofmannophila pseudospretella</i> (Stainton)
Ant. fla.	= <i>Anthrenus flavipes</i> LeConte	Lep. des.	= <i>Lepidoglyphus destructor</i> (Schränk)
Ant. fus.	= <i>Anthrenus fuscus</i> Olivier	Lat. ory.	= <i>Latheticus oryzae</i> Waterhouse
Ant. ver.	= <i>Anthrenus verbasci</i> (L.)	Las. ser.	= <i>Lasioderma serricorne</i> (F.)
Ant. vor.	= <i>Anthrenus vorax</i> Waterhouse	Nem. gra.	= <i>Nemapogon granella</i> (L.)
Att. meg.	= <i>Attagenus megatoma</i> (F.)	Nip. hol.	= <i>Niptus hololeucus</i> (Faldermann)
Bru. ana.	= <i>Bruchus analis</i> F.	Ory. mer.	= <i>Oryzaephilus mercator</i> (Fauvel)
Bru. aff.	= <i>Bruchus affinis</i> Frölich	Ory. sur.	= <i>Oryzaephilus surinamensis</i> (L.)
Bru. atr.	= <i>Bruchidius atrolineatus</i> (Pic)	Pal. rat.	= <i>Palorus ratzeburgi</i> (Wissmann)
Cad. cau.	= <i>Cadra cautella</i> (Walker)	Par. gul.	= <i>Paralipisa gularis</i> (Zeller)
Cad. fig.	= <i>Cadra figulilella</i> (Gregson)	Plo. int.	= <i>Plodia interpunctella</i> (Hübner)
Cat. qua.	= <i>Cathartus quadricollis</i> (Guérin-Méneville)	Pro. tru.	= <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn)
Cor. cep.	= <i>Corcyra cephalonica</i> Stainton	Pti. fur.	= <i>Ptinus fur</i> L.
Cal. ana.	= <i>Callosobruchus analis</i> (F.)	Pyr. far.	= <i>Pyralis farinalis</i> L.
Cal. chi.	= <i>Callosobruchus chinensis</i> (L.)	Rhi. dom.	= <i>Rhizopertha dominica</i> (Fabricius)
Cal. mac.	= <i>Callosobruchus maculatus</i> (F.)	Sit. cer.	= <i>Sitotroga cerealella</i> (Olivier)
Cal. rho.	= <i>Callosobruchus rhodesianus</i> (Pic)	Sit. gra.	= <i>Sitophilus granarius</i> (L.)
Cal. sub.	= <i>Callosobruchus subinnotatus</i> (Pic)	Sit. ory.	= <i>Sitophilus oryzae</i> (L.)
Car. dim.	= <i>Carpophilus dimidiatus</i> (F.)	Sit. zea.	= <i>Sitophilus zeamais</i> Motschulsky
Car. hem.	= <i>Carpophilus hemipterus</i> (L.)	Steg. pan.	= <i>Stegobium paniceum</i> (L.)
Car. ser.	= <i>Caryedon serratus</i> (Olivier)	Tri. bre.	= <i>Tribolium brevicornis</i> (LeConte)
Cau. lat.	= <i>Caulophilus latinasus</i> Say	Tri. cas.	= <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst)
Cry. fer.	= <i>Cryptolestes ferrugineus</i> (Stephens)	Tri. con.	= <i>Tribolium confusum</i> Jaquelin du Val
Cry. min.	= <i>Cryptolestes minutus</i> Olivier	Tro. ang.	= <i>Trogoderma angustum</i> Solier
Cry. pus.	= <i>Cryptolestes pusillus</i> (Schönherr)	Tro. gla.	= <i>Trogoderma glabrum</i> (Herbst)
Cry. tur.	= <i>Cryptolestes turcicus</i> Grouvelle	Tro. gra.	= <i>Trogoderma granarium</i> Everts
Der. ate.	= <i>Dermestes ater</i> DeGeer	Tro. gss.	= <i>Trogoderma grassmani</i> Beal
Der. car.	= <i>Dermestes carmivorus</i> Fabricius	Tro. inc.	= <i>Trogoderma inclusum</i> LeConte
Der. fri.	= <i>Dermestes frischii</i> Kugelman	Tro. sim.	= <i>Trogoderma simplex</i> Jayne
Der. hae.	= <i>Dermestes haemorrhoidalis</i> Küster	Tro. ste.	= <i>Trogoderma stemale</i> Jayne
Der. mac.	= <i>Dermestes maculatus</i> DeGeer	Tro. var.	= <i>Trogoderma variabile</i> Ballion
Der. per.	= <i>Dermestes peruvianus</i> La Porte de Castelnau	Typ. ste.	= <i>Typhaea stercorea</i> (L.)
Din. min.	= <i>Dinoderus minutus</i> F.	Zab. sub.	= <i>Zabrotes subfasciatus</i> (Boheman)
Din. por.	= <i>Dinoderus porcellus</i> Lesne		

Erklärung der Abkürzungen zu Tabelle 2:

Nützlinge	
<i>Aca. mah.</i> = <i>Acarophenax mahunkai</i> Steinkraus & Cross	<i>Lyc. cam.</i> = <i>Lyctocoris campestris</i> F.
<i>Aca. tri.</i> = <i>Acarophenax tribolii</i> Newstead & Duvall	<i>Lar. dis.</i> = <i>Lariophagus distinguendus</i> (Förster)
<i>All. bia.</i> = <i>Allaeocranum biannulipes</i> (Montr. et Sign.)	<i>Lae. ped.</i> = <i>Laelius pedatus</i> (Say)
<i>Ani. cal.</i> = <i>Anisopteromalus calandrae</i> (Howard)	<i>Lae. uti.</i> = <i>Laelius utilis</i> Cockerell
<i>Apa. fla.</i> = <i>Apanteles flavipes</i> (Cam.)	<i>Lae. vor.</i> = <i>Laelius voracis</i> Muesebeck
<i>Apa. gal.</i> = <i>Apanteles galleriae</i> (Wilkinson)	<i>Mes. gra.</i> = <i>Mesostenus gracilis</i> Cress.
<i>All. mic.</i> = <i>Allepyris microneurus</i> Kieffer	<i>Nod. cal.</i> = <i>Nodele calamondin</i> Muma
<i>Bru. lat.</i> = <i>Bruchobius laticeps</i> Ashm.	<i>Ori. ins.</i> = <i>Orius insidiosus</i> (Say.)
<i>Bla. tar.</i> = <i>Blattisocius (Nekucgares) tarsalis</i> (Berlese)	<i>Par. der.</i> = <i>Paracarophenax dermestidarum</i> (Rack)
<i>Bla. tin.</i> = <i>Blattisocius tineivorus</i> (Oud.)	<i>Ped. ven.</i> = <i>Pediculoides ventricosus</i> (Newp.)
<i>Bla. kee.</i> = <i>Blattisocius keegani</i> Fox	<i>Pte. cer.</i> = <i>Pteromalus cerealellae</i> (Ashmead)
<i>Cad. cau.</i> = <i>Cadra cautella</i> (Walker)	<i>Pye. tri.</i> = <i>Pyemotes tritici</i> (Lagrèze-Fossat & Montané)
<i>Cal. sp.</i> = <i>Calliodis sp.</i>	<i>Rha. rhi.</i> = <i>Rhabdepyris rhizoperthae</i> Menon, Chatterji & Sarup
<i>Cep. gal.</i> = <i>Cephalonomia gallicola</i> (Ashmead)	<i>Ste. bru.</i> = <i>Stenocorse bruchivora</i> (Crawford)
<i>Cep. qua.</i> = <i>Cephalonomia quadridentata</i> Duchaussoy	<i>Tha. gir.</i> = <i>Thaneroclerus girodi</i> Chev.
<i>Cep. tar.</i> = <i>Cephalonomia tarsalis</i> (Ashmead)	<i>Tri. cac.</i> = <i>Trichogramma cacoeciae</i> March.
<i>Cep. wat.</i> = <i>Cephalonomia waterstoni</i> Gahan	<i>Tri. chi.</i> = <i>Trichogramma chilonis</i> Ishii
<i>Che. eru.</i> = <i>Cheyletus eruditus</i> (Schrank)	<i>Tri. eva.</i> = <i>Trichogramma evanescens</i> Westwood
<i>Dib. boa.</i> = <i>Dibrachys boarmiae</i> (Walker)	<i>Tri. emb.</i> = <i>Trichogramma embryophagum</i> Quednau
<i>Dib. cav.</i> = <i>Dibrachys cavus</i> (Walker)	<i>Tri. pre.</i> = <i>Trichogramma pretiosum</i> Riley
<i>Din. acu.</i> = <i>Dinamus acutus</i> Thompson	<i>The. ele.</i> = <i>Theocolax elegans</i> Westwood
<i>Din. bas.</i> = <i>Dinamus basalis</i> (Rondani)	<i>Ter. nig.</i> = <i>Teretriosoma nigrescens</i> Lewis
<i>Din. vag.</i> = <i>Dinamus vagabundis</i> Timberlake	<i>Usc. car.</i> = <i>Uscana caryedoni</i> Viggiani
<i>Eup. vui.</i> = <i>Eupelmus vuilleti</i> (Crawford)	<i>Usc. lar.</i> = <i>Uscana lariophaga</i> Steffan
<i>Eup. ori.</i> = <i>Eupelmus orientalis</i> (Crawford)	<i>Usc. muk.</i> = <i>Uscana mukerjii</i> (Mani)
<i>Gon. nep.</i> = <i>Goniozus nephantidis</i> (Muesebeck)	<i>Ven. can.</i> = <i>Venturia canescens</i> (Gravenhorst)
<i>Hab. heb.</i> = <i>Habrobracon hebetor</i> (Say)	<i>Xyl. fla.</i> = <i>Xylocoris flavipes</i> (Reuter)
<i>Het. pro.</i> = <i>Heterospilus prosopidis</i> (Viereck)	<i>Xyl. gal.</i> = <i>Xylocoris galactinus</i> (Fieber)
<i>Hol. syl.</i> = <i>Holepyris sylvanidis</i> (Brèthes)	<i>Zet. uti.</i> = <i>Zeteticontus utilis</i>

Synonyme der oben aufgeführten gültigen Namen, die wiederholt in der angewandten entomologischen Literatur verwendet wurden, sind in Tabelle 3 aufgeführt.

Tabelle 3: Wichtige Synonyme von Räufern und Parasitoiden von Vorratsschädlingen

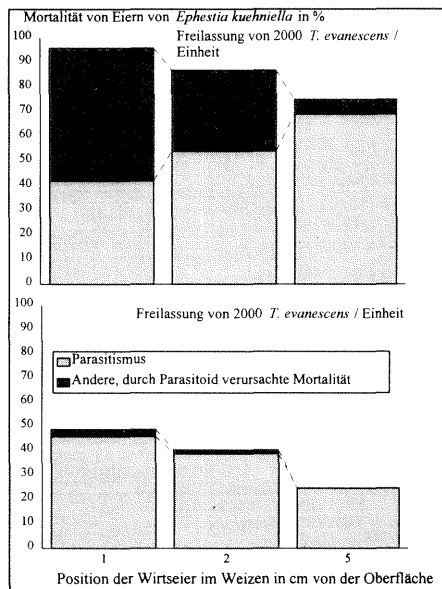
Name	<i>Habrobracon hebetor</i> (Say)	<i>Theocolax elegans</i> (Westwood)	<i>Pteromalus cerealellae</i> (Ashmead, 1902)	<i>Anisopteromalus calandrae</i> (Howard, 1881)	<i>Venturia canescens</i> (Gravenhorst)	<i>Lariophagus ditinguendus</i> Förster 1841	<i>Pyemotes tritici</i> (Lagrez-Fossot & Montane)
Synonyme	<i>Habrobracon juglandis</i> (Ashmead)	<i>Choetospila elegans</i> Westwood	<i>Catolaccus cerealellae</i> Ashmead, 1902	<i>Meraporus vandinei</i> Tucker, 1910	<i>Nemeritis canescens</i> Gravenhorst	<i>Pteromalus ditinguendus</i> Förster 1841	<i>Pyemotes ventricosus</i> (Newport)
	<i>Bracon hebetor</i> Say	<i>Spalangia metallica</i> Fullaway, 1913	<i>Habrocytus cerealellae</i> (Ashmead, 1902)	<i>Aplastomorpha calandrae</i> (Howard, 1881)	<i>Idechthis canescens</i> (Gravenhorst)	<i>Lariophagus puncticollis</i> Kurdjumov 1913	<i>Pediculoides ventricosus</i> (Newport)
	<i>Microbracon hebetor</i> (Say)	<i>Spalangia rhizoperthae</i> Risbec, 1951		<i>Anisopteromalus mollis</i> Ruschka, 1912 <i>Aplastomorpha pratti</i> Crawford, 1913 <i>Neocatolaccus mamezophagus</i> Ishii & Nagasawa, 1942	<i>Exidechthis canescens</i> (Gravenhorst) <i>Devorgilla canescens</i> (Gravenhorst)		
Name	<i>Paracarophenax dermestidarum</i> (Rack, 1959)	<i>Blattisocius tarsalis</i> (Berlese)	<i>Dinamus basalis</i> (Rond.)	<i>Cheyletus eruditus</i> (Berlese)	<i>Eupelmus vuillefi</i> Crawford	<i>Apanteles carpatus</i> (Say)	<i>Uscana mukerjii</i> (Mani)
Synonyme	<i>Acarophenax dermestidarum</i> Rack, 1959	<i>Melichares tarsalis</i> (Berlese)	<i>Dinamus laticeps</i> (Ashm.)	<i>Melichares eruditus</i> (Berlese)	<i>Bruchocida vuillefi</i> (Crawford)	<i>Apanteles sarcitorius</i> Telenga	<i>Chaetostricha mukerjii</i> Mani
Name	<i>Xylocoris flavipes</i> (Reuter)	<i>Xylocoris galactinus</i> (Fieber)					
Synonyme	<i>Piezostethus flavipes</i> Reuter	<i>Piezostethus galactinus</i> (Fieber)					
	<i>Xylocoris cursitans</i> Fallen						

## Versuchsplanung

Am Beginn eines Programms zur biologischen Bekämpfung sollte eine faunistische Erhebung der bereits im System vorhandenen Nützlinge stehen. Beispiele für solche Erhebungen liegen z. B. aus Ägypten (TAWFIK et al. 1984-1985) und Indonesien (HAINES 1997) vor. Für die meisten Gebiete sind solche Erhebungen noch lückenhaft oder wurden noch niemals durchgeführt. Als Verbreitung der Vorratsschädlinge und der Nützlingsarten wird oftmals kosmopolitisch angegeben. Es liegen jedoch häufig selbst auf der Stufe der Faunenregionen keine vollständigen Informationen vor. Die Härtung von Schädlingen und die folgende Kontrolle auf Parasitoide ist eine Standardmethode. Für faunistische Erfassungen sollten vermehrt Methoden der Freilandökologie Eingang finden, wie der Einsatz von Farbschalen oder Köder. Nach einer Freilassung von Nützlingen geben Aufsammlungen Aufschluß über die

Ausbreitung und Etablierung der Nützlinge. Methoden zur Abundanzmessung wurden für die natürlichen Feinde noch nicht entwickelt. Es wurden aber schon verschiedene Fallentypen entwickelt und verglichen (siehe unten).

Der Einfluß nichtparasitären Verhaltens auf die Wirte kann bedeutend sein. Weibchen von *Bracon brevicornis* z. B. paralisieren bisweilen ihre Wirte, ohne anschließend Eier abzulegen, sie können 40 mal pro Tag und 900 mal im Leben stechen (BEARD 1970). Die gesamte Menge an Gift, die ein Weibchen produziert, könnte potentiell 1.620.000 Larven von *Plodia interpunctella* paralisieren (BEARD 1972). Die Wirksamkeit von biologischer Bekämpfung sollte daher ähnlich wie die Wirksamkeit von chemischer Bekämpfung ausgewertet werden, die Mortalität der Schädlinge sollte z. B. um die natürliche Mortalität korrigiert werden. Dies ist besonders bei Untersuchungen zu Parasitoiden zu beachten, wo Effekte wie Superparasitismus und Aufnahme von Wirtshämolymphe zur Mortalität der Schädlinge beitragen. Abbildung 9 zeigt das Verhältnis der Mortalitätsursachen Parasitismus und Superparasitismus nach Freilassung von *Trichogramma evanescens* auf *Ephestia kuehniella*.



**Abbildung 9:** Anteil von Parasitismus und anderen, durch *Trichogramma evanescens* verursachten Mortalitätsursachen an der Gesamtmortalität von *Ephestia* sp. nach freilassung von 200 oder 2000 Parasitoiden pro Versuchseinheit (aus SCHÖLLER et al. 1996).

Wichtig ist die Zielvorgabe am Beginn eines Projektes. Im allgemeinen wird die Reduzierung der Populationsstärke des Schädlinge erwartet, und zwar auf einem niedrigeren Gleichgewichtszustand, der nur schwach oszilliert und unterhalb einer wirtschaftlichen Schadensschwelle bleibt (STERN et al., 1959). Die vorhandenen Nützlinge wirken so auch einem Neubefall entgegen. Dies muß nicht immer Zielvorgabe sein. Vom Einsatz von *Teretriosoma nigrescens* erwarteten sich

MARKHAM et al (1994a) dagegen weder, daß der Prädator in einem bestimmten Lager allein *Prostephanus truncatus* dezimiert, noch, daß sich ein günstiges Gleichgewicht zwischen Räuber und Beute einstellt. Vielmehr soll der Räuber die gesamte (Meta-) Population in Afrika dezimieren, und zwar sowohl im Mittel in den Lägern als auch in den Waldhabitaten, die *P. truncatus* ebenfalls bewohnt (NANG'AYO et al. 1993).

Der Zeitpunkt der Freilassung und die Zahl der freizulassenden Nützlinge kann mit Hilfe von Computersimulationen bestimmt werden, insofern die nötigen biologischen Grunddaten vorliegen. SMITH (1994a) wandte eine Computersimulation zur Bestimmung der Wirksamkeit verschiedener Freilassungsstrategien an. Diese bestanden aus dem Zeitpunkt der ersten Freilassung, der Zahl der Nützlinge pro Freilassung, der Zeit zwischen zwei aufeinanderfolgenden Freilassungen und der Zahl der Freilassungen. Für das System *Anisopteromalus calandrae/Sitophilus zeamais* fand er eine optimale Strategie. Sie besteht aus zwei oder drei Freilassungen mit etwa der zehnfachen Menge an Parasitoiden gegenüber den Imagines des Maiskäfers in Abständen von neun Tagen, sobald die ersten zur Parasitierung geeigneten Entwicklungsstadien vorhanden sind (< 15 Tage alt). Größere räumliche Einheiten (z. B. ein kommerzielles Getreidesilo) stellen eine große Herausforderung für Experimente dar. Die Bestimmung der Wirtsfindung und Wirksamkeit von Räufern und Parasitoiden unter solchen Bedingungen ist aber unbedingt erforderlich für die Anwendung von quantitativen Laborergebnissen zur Entwicklung von effektiven biologischen Bekämpfungsstrategien. Laborstudien liefern gute Informationen zur Biologie der Nützlingsarten, bei der Übertragung solcher Ergebnisse in die Praxis ist jedoch vorsichtig vorzugehen. Umweltbedingungen wie Temperatur, Feuchtigkeit, Photoperiode, gelagerte Produkte oder vorausgegangene Bekämpfungsmaßnahmen beeinflussen die biologischen Bekämpfungsversuche, ebenso der Komplex der Schädlingsarten und die Schädlingdichte. Dazu einige Beispiele:

Mehrere Beobachtungen in der Literatur dokumentieren Unterschiede in der Fähigkeit zwischen verschiedenen Stämmen einer Nutzinsektenart, die Populationen bestimmter Vorratsschädlinge zu regulieren. SALT (1964) diskutierte die Beobachtungen von RICHMOND (1925) und THORPE & JONES (1937), daß nearktische Stämme von *Venturia canescens* die große Wachsmotte, *Galleria melonella*, im Labor erfolgreich parasitierten, europäische Stämme dagegen sehr schlecht. Parasitoide können sich im Eindringvermögen in geschüttete Vorräte unterscheiden, während *Anisopteromalus calandrae* nur in den oberen Getreideschichten sucht, dringt *Theocolax elegans* tief ein (PRESS 1992) Natürliche Feinde können in sehr unterschiedlicher Weise auf eng verwandte Schädlingsarten reagieren. Larven von *Trogoderma glabrum* (Herbst) tolerierten das Venom von *Laelius pedatus* (Say) im Gegensatz zu den Larven von *Trogoderma variabile* Ballion, was zu einem Mißerfolg bei der Bekämpfung von *T. glabrum* führte (KLEIN & BECKAGE 1990). Der Ort bzw. die Situation, in der sich ein Schädling befindet, kann die Wirtsakzeptanz beeinflussen. *Lariophagus distinguendus* attackiert die für die Entwicklung des Parasitoiden sehr geeigneten Larven von *Stegobium paniceum* dann nicht, wenn sie aus dem Substrat isoliert werden. Die Wirtslarven müssen sich in einer rundlichen Struktur versteckt befinden (HASE 1924). Die abiotischen Bedingungen der Läger müssen berücksichtigt werden. Die Wirkung verschiedener Lichtqualitäten auf das Verhalten verschiedener Nützlinge wurde von CLINE et al. (1983), Brower und CLINE (1984)



BROWER (1991a) und PROZELL (1995) untersucht, da Vorräte bei Licht, aber auch im Dunkeln gelagert werden. *Anisopteromalus calandrae* wurde beobachtet, auf der Suche nach Wirten in dunkle Container einzudringen (COTTON 1923). Letztlich können auch die gelagerten Produkte selbst die Bekämpfung beeinflussen. LECATO (1974) zeigte, daß die Wirksamkeit von *X. flavipes* stark vom Habitat (Nahrung) der Beute abhängig ist, in dem die Beute vom Räuber gefunden werden muß. *Anisopteromalus calandrae* attackiert weniger Wirte in ungeschältem Reis als in braunem Reis, von dem die Hüllspelzen entfernt wurden (BROWER et al. 1996). Die Qualität des Wirts als Nahrung für die Parasitoidenlarven hängt mitunter vom Ernährungszustand des Wirts ab, indirekt beeinflußt die Nahrung des Wirts so Fruchtbarkeit und Lebensdauer der Parasitoide (RYOO et al. 1990, HARVEY et al. 1995).

Einheimische Nützlinge sollten bevorzugt eingesetzt werden. Soll ein Nützing in ein anderes Faunengebiet eingeführt werden, müssen die möglichen Effekte auf die einheimische Fauna sorgfältig untersucht werden (HOKKANEN & LYNCH 1995). Dies ist schwierig in Fällen, wo die einheimische Insektenfauna schlecht erforscht ist, wie im Fall der afrikanischen Länder, in die *Teretriosoma nigrescens* eingeführt wurde. *T. nigrescens* wurde eingeführt, nachdem festgestellt wurde, daß sich der Stutzkäfer nicht an Pflanzenprodukten vermehren kann, kein Risiko für ausgewählte andere Nützlinge darstellt, nicht am Seidenspinner und kaum an Honigbienen frißt (BØYE et al. 1992, MARKHAM et al. 1994a) und als „ökologisch spezifisch“ eingestuft wurde.

Belegexemplare der freigelassenen Arten sollten in Museen oder anderen öffentlich zugänglichen Sammlungen deponiert werden. Zum einen können später sympatrische Zwillingarten erkannt werden (wie im Fall von *Laelius* in Iowa, MERTINS 1985), zum anderen kann die Taxonomie der Taxa sehr schwierig sein, wie im Fall von *Trichogramma* (PINTO & STOUTHAMER 1994).

### Zuchttechnik und Freilassung der Nützlinge

Im allgemeinen sind natürliche Feinde vorratschädigender Insekten einfach zu züchten. Systeme zur Massenzucht sind verfügbar für *Trichogramma*, *Uscana* (HASSAN 1981), *Dinarmus basalis* (ISLAM & KABIR 1992) und *Anisopteromalus calandrae* (ISLAM & NARGIS 1992). Wenn Vorratsschädlinge als Wirte zur Vermehrung der Nützlinge eingesetzt werden, dann dürfen selbstverständlich keine Schädlinge zusammen mit den Nützlingen freigelassen werden. Die Parasitierung muß vollständig sein oder die Wirte müssen abgetötet werden. PRESS et al. (1973) züchteten *Xylocoris flavipes* auf tiefgefrorenen und bestrahlten Eiern von *Plodia interpunctella* (Hübner). *Lariophagus distinguendus* kann sich an mit CO<sub>2</sub> abgetöteten Larven von *Sitophilus* spp. entwickeln (KASCHEF 1959a). Dies könnte Grundlage einer Zucht- und Ausbringungsmethode für diese Art und eventuell auch andere Arten mit ähnlicher Biologie wie *Anisopteromalus calandrae* und *Theocolax elegans* sein. Eine Massenzucht ist nicht immer sinnvoll, *Teretriosoma nigrescens* eignet sich beispielsweise aufgrund seiner langen Entwicklungsdauer und geringen Nachkommenzahl schlecht für die Massenzucht (MARKHAM et al. 1994).

Erfahrungen mit inundativen Freilassungen von Nützlingen im Freiland zeigten die Wichtigkeit, Nützlinge lagern zu können. Präimaginalstadien von *Anisopteromalus calandrae* und *Theocolax elegans* überleben eine Lagerung bei -4 °C über einen

Zeitraum von 10 Tagen (WILLIAMS & FLOYD 1971b). *Trichogramma* lassen sich bei kühlen Temperaturen lagern, eine Übersicht gibt NOLDUS (1989). Die Kühlagerung von *Habrobracon hebetor* untersuchten ADASHKEVICH & SAIDOVA (1985), FARGHALY & RAGAB (1993) und FRANQUI RIVERA (1995).

Kunstnahrung wurde für *Trichogramma* sp. entwickelt und wird derzeit in China erprobt (LI-YING 1992, ). Es wurde versucht, *V. canescens in vitro* zu vermehren, die Zucht ist allerdings noch nicht möglich (OHAYASHI et al. 1994, NAKAHARA et al. 1997), ebenso bei *Habrobracon hebetor* (GRILLO RAVELO & CASTELLO ROSSELL 1987, YAZLOVETSKII & NEPOMNYASHCHAYA 1989, YAZLOVETSKII et al. 1992).

Zum Thema Entwicklung geeigneter Freilassungstechniken für den Vorratsschutz liegen noch keine Publikationen vor. Mit Ausnahme der Eiparasitoide wurden Imagines der Nützlinge in Großversuchen freigelassen. Eventuell sind die ausgebrachten Nützlinge vor räuberischen Insekten zu schützen. Der räuberische Vorratsschädling *Tribolium castaneum* frisst an Larven von *Habrobracon hebetor* (PRESS et al. 1986) und Präimaginalstadien von *Trichogramma* (SCHÖLLER 1996), auch *Dermestes maculatus* frisst *Trichogramma* (SA-FISCHER & SCHÖLLER 1994). *Venturia canescens* wird dagegen nicht von *T. castaneum* beeinträchtigt (PRESS et al. 1986). *H. hebetor* meidet vermutlich daher Oberflächen zur Eiablage, die mit Sekreten von *T. castaneum* kontaminiert sind (PRESS 1988).

### Nachweis der Nützlinge

Der Nachweis von natürlichen Feinden bildet eine wichtige Grundlage der Bekämpfungsstrategie vor und nach Nützlingsfreilassungen. Bei nichtbiologischen Bekämpfungsmaßnahmen kann die Bestimmung der Populationsstärke von Nützlingen wertvolle Informationen zum Anteil der Wirksamkeit, z. B. chemischer Mittel, und der Nützlinge an der Reduktion der Schädlinge liefern (HAGSTRUM 1975).

CLINE et al. (1983) zeigten, daß es möglich ist *Anisopteromalus calandrae*, *Habrobracon hebetor* und *Venturia canescens* mit Lichtfallen zu fangen, und zwar sowohl mit weiß- als auch mit UV-Lichtquellen. Sie empfahlen für den Fall inundativer Freilassungen, solche Lichtquellen auszuschalten. Eine weitere Untersuchung ergab jedoch, daß die Lichtverhältnisse im Experimentalraum keinen Einfluß auf die Anzahl mit Hilfe einer UV-Lichtfalle gefangener *Habrobracon hebetor* hatte, und es wurden signifikant weniger Weibchen der Brackwespe gefangen, wenn Wirtslarven (*Cadra cautella*) anwesend waren (CLINE 1989). *Trichogramma pretiosum* und *T. evanescens* wurden signifikant häufiger mit UV-Lichtfallen gefangen als mit Weißlichtfallen (BROWER & CLINE 1984).

Mit Pheromonlockstoffallen, die das Aggregationspheromon von *Prostephanus truncatus* enthalten, ist der Nachweis sowohl von *Prostephanus truncatus* als auch von *Teretiosoma nigrescens* im Lager und im Feld möglich (BOYE 1988, BOYE et al. 1991, MARKHAM et al. 1994a), mit Pheromontrichterfallen für vorratsschädliche Zünsler kann auch *Venturia canescens* gefangen werden (PROZELL & SCHÖLLER 1997). In der Regel sind jedoch spezielle Techniken, z. B. Fallentypen, einzusetzen. KOVALENKOV & TYURINA (1988) stellten einen Fangkasten zum Nachweis von *Habrobracon hebetor* im Freiland vor, FRANQUI RIVERA (1995) verglich die Fängigkeit verschiedener mechanischer Fallen gegenüber *H. hebetor* in einem Getreidelager.

Parasitoide können mit geeigneten Entwicklungsstadien ihrer Wirte geködert werden. PROZELL & SCHÖLLER (1997) käftigten dazu Eier bzw. Larven von *Ephesia* in Drahtgazekäfigen, die im Fall der Larven für die Larvalparasitoide, nicht aber für die Larven durchlässig waren. Nach Einsammeln der Käfige mit Jugendstadien der Parasitoide können diese in Zucht genommen werden, oder die Information wird zur Verbreitung der Nützlinge nach der Freilassung genutzt (SCHÖLLER 1996). Raubmilben wurden häufig übersehen. Vor der Untersuchung von HAINES (1997) waren keine Milben aus Indonesischen Warenlagern bekannt. HAINES nahm Warenproben, die er mit einem Binokular untersuchte, und fand in 90% aller Läger Milben, die Raubmilbe *Cheyletus malaccensis* war am häufigsten und auch die dritthäufigste Art aller gefundenen Insekten und Spinnentiere.

### Praktische Anwendungen

Die Anwendungsgebiete für Nützlinge im Vorratsschutz wurden noch nicht systematisch erhoben (HELBIG 1996). Im Idealfall sollte die Entscheidung, biologische Bekämpfung anzuwenden, vor Einlagerung des Vorratsgutes getroffen werden. Die Freilassung von Parasitoiden ist besonders als vorbeugende Maßnahme vielversprechend. Wenn keine Wirte im Lager anwesend sind, sterben die Parasitoide bald oder verlassen, falls möglich, die Läger. Weibchen von *Habrobracon hebetor* leben beispielsweise etwa drei Wochen, wenn sie Wirtshämolymphe aufnehmen können, und damit drei mal länger als hungernde Weibchen (BENSON 1973). Der wichtigste Anwendungsbereich liegt in Europa derzeit bei der Bekämpfung von vorratsschädlichen Milben in Getreide mit *Cheyletus eruditus* und beim Schutz von Lebensmitteln vor Mottenbefall mit Eiparasitoiden der Gattung *Trichogramma* (Tabelle 4). Gegen vorratschädigende Milben sind Raubmilben der parthenogenetischen Art *C. eruditus* kommerziell erhältlich. Die Prädatoren werden zu 2000 bis 3000 Individuen aus Papierbeuteln ausgebracht. Der Einsatz von *C. eruditus* wurde in Tschechien entwickelt (ZDÁRKOVÁ 1996) und auch in Österreich angewendet (BERGER 1991). Einsatzgebiete sind die Leerraumbehandlung und die Behandlung von Getreide mit einer Feuchte über 14%, das mindestens drei Monate lang eingelagert wird. Die Raubmilben können bei 0°C 3 bis 6 Monate überleben, die Entwicklung beginnt oberhalb 12°C. Das empfohlene Räuber-Beute-Verhältnis liegt in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchte bei 1:10 bis 1:100. Bei Dichten schädlicher Milben oberhalb 1000 Milben/kg ist ein Einsatz von *Cheyletus eruditus* nicht sinnvoll (SMARAGDOVA 1936, BOCZEK 1959, PULPÁN & WERNER 1965, SOLOMON 1967).

Nur wenige Praxisversuche mit Nutzinsekten zum Schutz von Vorräten wurden in größerem Maßstab durchgeführt. PARKER & NILAKHE (1990) prüften in kommerziellen Silos Räuber und Parasitoide von Schädlingen an Hirse. FLINN et al. (1994, 1996) ließen Parasitoide zur Bekämpfung von *Cryptolestes* spp. und des kleinen Kornbohrers in Silos mit Weizen frei. In Erdnüssen, die in 1812-Liter-Silos eingelagert wurden, stellten PRESS et al. (1975) die effektive Kontrolle von *T. castaneum* durch *X. flavipes* fest.

Beginnend mit SILVA (1947) wurden inundative Freilassungen von *Habrobracon hebetor* erprobt. URBAN, & SCHMIDT (1972) setzten diese Art zum Schutz von eingelagerten Rosinen ein, die Bekämpfung von *Cadra cautella* und *Plodia interpunctella* in einem Lagerhaus wurde von KEEVER et al. (1986) durchgeführt.

Etwa 324.000 *Habrobracon hebetor* und 191.000 *Xylocoris flavipes* wurden freigelassen, die Mottenpopulationen in dem behandelten Lagerhaus waren 54% bis 83% geringer als die Populationen eines Kontrolllagers, in dem konventionell mit Malathion behandelte Erdnüsse eingelagert waren.

Die Mehrzahl der Publikationen zur biologischen Bekämpfung von Vorratsschädlingen wurden im Hinblick auf einen möglichen Einsatz in temperierten und subtropischen Regionen durchgeführt. Nur wenige Arbeiten beschäftigen sich mit der lebensmittelverarbeitenden Industrie, Einzelhandelsläden und Privathaushalten.

Der Zeitpunkt des Auftretens reproduktiver Stadien der Schädlinge kann mit Hilfe von Pheromonfallen überwacht werden. Für viele Vorratsschädlinge sind bereits Pheromonfallen entwickelt (PHILLIPS 1994, PLARRE 1994). Die Anwendung von Nützlingen kann dann mit guter Hygiene integriert werden. Die Bekämpfung kleiner Restpopulationen der Schädlinge ist auch in und um leere Vorratslager (BROWER & PRESS 1992) und in Ernte- und Transporteinheiten vor der Ernte bzw. Einlagerung denkbar. Einige Parasitoide könnten zum Schutz verpackter Waren eingesetzt werden (CLINE et al. 1990, PROZELL 1994, PROZELL et al. 1995a, b, c). Biologische Bekämpfung könnte auch in Fällen zum Einsatz kommen, in denen chemische Bekämpfung nicht erwünscht ist, z. B. für Getreide und andere Produkte aus ökologischem Landbau. In Tropenländern bestehen häufig besondere Probleme bei Verfügbarkeit von Insektiziden, aber auch mit der Arbeitssicherheit beim Umgang mit chemischen Bekämpfungsmitteln. Hier bestehen bereits Erfahrungen und Ansätze zum Einsatz von Nützlingen (HAINES 1984, VAN HUIS 1991, HELBIG 1995). Wahrscheinlich sind Nützlinge nicht in allen Bereichen des Vorratsschutzes einzusetzen, zum einen wegen unzureichender Wirksamkeit (z. B. Quarantäne-Bereich, Export), zum anderen wegen der Kontamination mit Insektenresten durch die Nützlinge selbst. Ziel muß daher die Optimierung des Nützlingseinsatzes in Hinblick auf die geringst mögliche Menge an Nützlingen mit höchst möglicher Wirksamkeit sein. Ein Praxisversuch von FLINN et al. (1994) zeigte, daß eine relativ geringe Zahl an *Theocolax elegans* Populationen von *Rhizopertha dominica* regulieren kann, wenn die erste Freilassung etwa drei Wochen nach Einlagerung erfolgt (Abbildung 10).

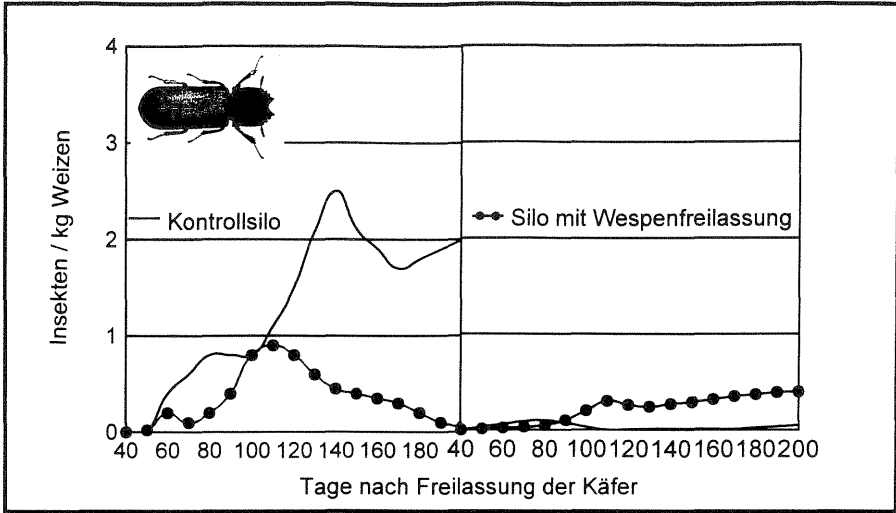


Abbildung 10: Wirksamkeit von *Theocolax elegans* gegenüber *Rhizopertha dominica* in Silos (links). Die Nützlinge drangen auch in das Kontrollsilosilo ein (rechts) (aus FLINN et al. 1994)

SCHÖLLER et al. (1996) untersuchten thelytoke Parasitoide, *Trichogramma embryophagum*. Da bei thelytoker Reproduktion nur Weibchen auftreten, könnte bei Freilassung dieser Erzwespen die Gesamtzahl der freigelassenen Tiere im Vergleich zu einer arhenothoken Art reduziert werden. Im Vergleich mit der arhenothoken *T. evanescens* erwies sich *T. embryophagum* jedoch als weniger wirksam (Abbildung 11).

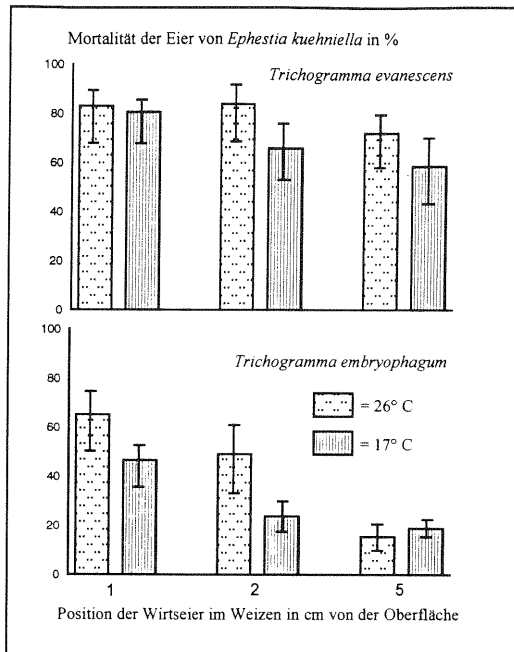


Abbildung 11: Wirksamkeit einer thelytoken und einer arrhenothoken Art von *Trichogramma* im Vergleich gegenüber *Ephestia* sp. in geschüttetem Weizen (aus SCHÖLLER et al. 1996)

ARBOGAST (1976) nannte als mögliche Anwendungsgebiete Saatgut oder Fäße, in denen alle Insekten vor Gebrauch des Lagergutes durch Reinigung entfernt werden. BROWER & PRESS (1992) vermuteten, daß biologische Bekämpfung von Schädlingen an gelagertem Getreide wahrscheinlich zuerst auf bäuerlichen Lägern und dann erst in großen kommerziellen Lägern angewendet wird. Der ökonomische Schwellenwert sei bei bäuerlichen Lägern höher, besonders bei Getreide, daß als Viehfutter verwendet werden soll. In der Tschechischen Republik erfolgte die Anwendung zuerst in Getreide, in der Bundesrepublik Deutschland im Einzelhandel und in Privathaushalten (Tabelle 4).

Tabelle 4: Kommerzielle Praxisanwendung von Nützlingen im Vorratsschutz

Staat	Tschechische Republik	Bundesrepublik Deutschland	Vereinigte Staaten von Amerika
Nützling	<i>Cheyletus eruditus</i>	<i>Trichogramma evanescens</i>	<i>Xylocoris flavipes</i> , <i>Anisopteromalus calandrae</i> , <i>Habrobracon hebetor</i> , <i>Pyemotes tritici</i> , <i>Trichogramma evanescens</i>
Anwendungsgebiet	Getreideläger, Leerraumbehandlung	Privathaushalte, Lebensmitteleinzelhandel, Lebensmittelverarbeitende Industrie	Vorratsläger, Vorratssilos, Leerraumbehandlung
Quelle	Zdárková (1990)	Wührer (1997)	Phillips (1995), USDA (1997)

### Integration biologischer Bekämpfung mit anderen Methoden

Es wurde vorgeschlagen, biologische Bekämpfung als Teil eines integrierten Vorratsschutzes in die Praxis umzusetzen (HASE 1922, MARKHAM et al. 1994b, BROWER et al. 1996, SCHÖLLER et al. 1997). Daher sollte die Integrierbarkeit mit anderen Methoden überprüft werden. Die Kombination mit chemischen, physikalischen und mikrobiologischen Methoden wird im folgenden diskutiert, ebenso die Interaktionen verschiedener Nutzinsekten.

Auch pflanzenzüchterische Methoden können biologische Bekämpfung begünstigen. OFUYA & CREDLAND (1995) zeigten, daß sich die Larven von *Bruchidius atrolineatus* in bestimmten Varietäten der Leguminose *Vigna unguiculata* langsamer entwickelten als in anderen. Die verlängerte Larvalperiode vergrößert die Wahrscheinlichkeit, daß Parasitoide wie *Eupelmus vuilleti* und *Dinarmus basalis* die Larven parasitieren.

Neben den diskutierten Bekämpfungs- und Präventionstechniken sind natürlich auch die sozioökonomischen Begebenheiten zu analysieren. In Tropenländern wurden beispielsweise Bestandsaufnahmen in kleinbäuerlichen Betriebseinheiten von Befragungen der Bauern begleitet, und die Ergebnisse wurden statistisch mit varianzanalytischen Methoden ausgewertet. So können die Erfahrungen der traditionellen Verfahren genutzt werden und bestimmte Lagertechniken und Lagerumstände mit Insektenbefall oder dessen Ausbleiben korreliert werden (MARKHAM et al. 1994a)

### Chemische Bekämpfung

In der Regel schließen sich der gleichzeitige Einsatz von synthetisch-chemischen Insektiziden und Nützlingen aus (RAWNSLEY 1959, BOONGEUA 1987). Parasitoide und Schädlinge können unterschiedlich empfindlich gegenüber chemischen Insektiziden sein. Gegenüber Brommethan erwieß sich *Prostephanus truncatus* um den Faktor 1,3 (LD<sub>50</sub>) bis 1,4 (LD<sub>99,9</sub>) toleranter als der Räuber, *Teretiosoma nigrescens* (DETMERS 1993). *T. nigrescens* ist genauso empfindlich gegenüber Pyrethroiden wie *Prostephanus truncatus*, aber wesentlich empfindlicher als der Schädling gegenüber Pirimiphos-Methyl (GOLOB et al. 1990). Umgekehrt sind bestimmte Pyrethroide 2 bis

145 mal toxischer gegenüber *Ephestia kuehniella* als gegenüber deren Parasitoid *Venturia canescens* (ELLIOTT et al. 1983, STEVENSON et al. 1984).

BURGES (1965) schlug vor, gegen gegebene Bekämpfungsverfahren resistente Stämme von natürlichen Feinden auszuwählen. ZIL'BERMINTS et al. (1986) beschäftigten sich mit resistenten Stämmen von *H. hebetor* in Europa, BAKER (1995b), BAKER & THRONE (1995) und BAKER et al. (1995) in den U.S.A. Die Wirksamkeit von *H. hebetor* in Lägern mit niedrigen Malathionrückständen (<2.0 ppm) wiesen KEEVER et al. (1986) nach. BAKER & WEAVER (1993) fanden einen gegen Malathion resistenten Stamm von *Anisopteromalus calandrae*. SMITH (1994a) schlug vor, solche Stämme in Verbindung mit rückstandsbildenden Insektiziden einzusetzen. In der Wirksamkeit gegenüber verschiedenen Arten von Bohnenkäfern fanden SING et al. (1996) keinen Unterschied zwischen einem Laborstamm und einem insektizid-resistenten Stamm von *Xylocoris flavipes*, die Insektizidresistenz war also nicht mit weiteren biologischen Merkmalen gekoppelt, die die Wirksamkeit des Räubers beeinträchtigen.

Die Raubmilbe *Cheyletus eruditus* ist gegenüber bestimmten Akariziden widerstandsfähiger als ihre Beute, vorratschädigende Milben. Die Raubmilben können eine Woche nach einer chemischen Bekämpfung eingesetzt werden (ZDÁRKOVÁ 1996). Verschiedene Stämme von *Cheyletus eruditus* unterscheiden sich in ihrer Resistenz gegenüber Phosphorwasserstoff, resistentere Stämme sollen für die biologische Bekämpfung ausgewählt werden (ZDÁRKOVÁ 1997). GOLOB et al. (1990) forderten, einen insektizidresistenten Stamm von *Teretriosoma nigrescens* zu züchten, der überall eingesetzt werden soll, wo Insektizide angewandt werden.

*Trichogramma* spp. sind dafür bekannt, sehr empfindlich gegenüber Insektiziden zu sein (HASSAN 1977, NAVARAJAN et al. 1979). Trotzdem fand BROWER (1984a) *Trichogramma* in einem Erdnußlager, das zuvor mit Malathion und Phosphorwasserstoff behandelt worden war. Mit Malathion (0.1%) besprühte Eier von *Corcyra cephalonica* Stainton waren extrem giftig gegenüber *Trichogramma confusum* Vigg. und *T. japonicum* Ashmead (NAVARAJAN PAUL et al. 1976) und *Trichogramma brasiliensis* (NAVARAJAN PAUL et al. 1979). Im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle schlüpften nur 20% Imagines aus mit DDVP (Dichlorvos) behandelten Wirtseiern. Diese lebten <2h und konnten sich nicht fortpflanzen. Die LD50 von DDVP beträgt 532,5 ppm gegenüber Larven und 21.9 ppm gegenüber Puppen von für *T. japonicum* (LI et al. 1986).

Nicht alle Insektizide sind sehr giftig gegenüber *Trichogramma*. Nach Applikation von Neemöl und Neemsamenextrakten (*Azadirachta indica* A. Juss) (Konzentration 5%) auf *Trichogramma chilonis*-Puppen verminderte sich die Schlupfrate um etwa 75% (MUTHUKRISHNAN et al. 1993), nach Applikation von Neemöl (2000 ppm) die von *T. japonicum* um 18% (LI et al. 1986). Nicht beeinträchtigt wurde jedoch die Parasitierung von Motteneiern durch *Trichogramma pretiosum* nach Behandlung von Pflanzen mit Neemsamenextrakten (KLEMM & SCHMUTTERER 1993). Alkohol- und Hexanextrakte von Neemsamen wirkten toxisch auf Eier, Larven und Puppen von *Bracon brevicornis* Wesm., in der Toxizität zeigten sich Unterschiede zwischen verschiedenen Herkünften von *A. indica*, die sich jedoch nicht mit dem Gehalt an *Azadirachtin* korrelieren ließen (SRIVASTAVA et al. 1997). Labor- und Feldstudien zu Nebenwirkungen von zwei Neempräparaten auf *Habrobracon hebetor* belegten ebenfalls eine Beeinträchtigung der Parasitoide (SRINIVASA BABU et al., 1993).



Die Behandlung von *Trichogramma*-Puppen mit Blattextrakten aus *Ocimum* führte zu keiner Beeinträchtigung der Schlupfrate, Parasitierung und Lebensdauer der Parasitoide (MUTHUKRISHNAN et al. 1993).

PRESS & FLAHERTY (1978) bestimmten die Wirkung von Kohlendioxyd (CO<sub>2</sub>) gegenüber den Imagines und Eiern von *Xylocoris flavipes*. Die Eier werden bei einer Behandlung bis zu 8 h nicht geschädigt, die Mortalität nahm mit längerer CO<sub>2</sub>-Exposition zu, bei einer Behandlung von 20 h wurden alle Eier abgetötet. Die Imagines wurden bei einer Behandlung von 4 h geschädigt, bei 6 h unter CO<sub>2</sub> betrug die Mortalität nahezu 100%. Da *X. flavipes* diese Bekämpfungsmethode nicht überstehen würde, schlugen PRESS & FLAHERTY die baldige Wiedereinführung von *X. flavipes* nach der Begasung in das Lager vor. Die Raubwanzen könnten dann vom CO<sub>2</sub> nicht abgetötete Restpopulationen oder neu einwandernde Vorratsschädlinge erbeuten.

### Physikalische Bekämpfung

SMITH (1992, 1993) schlug die Freilassung von *Anisopteromalus calandrae* in Verbindung mit der Einstellung einer niedrigen Luftfeuchte im Lager vor, vor allem bei hohen Außentemperaturen. Abiotische Faktoren können Parasitoide und ihre Wirte in unterschiedlicher Weise beeinflussen. Während die Flugaktivität von *Prostephanus truncatus* weitgehend unabhängig von den Witterungsbedingungen ist, fliegt *Teretriosoma nigrescens* vor allem bei niederschlagsreichem Wetter (BORGEMEISTER et al. 1997). Solche Effekte sollten für jedes Wirts-Parasitoid-System untersucht werden, da sie artspezifisch sind. PAYNE (1927) fand sowohl *Ephestia kuehniella* als auch bei *Habrobracon hebetor* ein maximales Potential für die Vermehrung bei 27°C. In dem System *Ephestia kuehniella*/*Venturia canescens* identifizierte AHMAD (1936) den Schwellenwert für die Entwicklung für *E. kuehniella* zwischen 8 °C und 10 °C und für *V. canescens* zwischen 12°C und 15°C. Bei 23°C und darüber entwickelt sich die Population von *V. canescens* schneller als die von *E. kuehniella*. Hohe Temperaturen begünstigen in diesem System den Parasitoiden, niedrige Temperaturen den Wirt.

Die Freilassung von Parasitoiden könnte eine vorbeugende Maßnahme in Verbindung mit verbesserter Insektendichtigkeit von Verpackungen sein, um so gesackte Vorräte oder verarbeitete Waren vor einem Befall mit vorratsschädigenden Motten zu schützen (CLINE et al. 1984, 1986, PROZELL et al. 1995a).

Gegenüber Mikrowellen (2450 Mhz) ist *Habrobracon hebetor* mindestens doppelt so tolerant als *Ephestia kuehniella*. Daher wurde die Kombination von Nützlingen und Mikrowellen zur integrierten Bekämpfung der Mehlmotte von HABIB & FAGUNDES (1996) vorgeschlagen.

### Biotechnische Verfahren

BERLINER (1915) beschrieb *Bacillus thuringiensis* (Bt) von einer Population von *Ephestia kuehniella* Zeller aus Thüringen, Deutschland. Offensichtlich sind die durch Bt produzierten Toxine nicht schädigend gegenüber Parasitoiden, da die meisten daraufhin untersuchten Parasitoide ihre Entwicklung erfolgreich an mit Bt infizierten Wirten abschließen konnten, insofern die Wirte nicht vor Schlupf der Parasitoide

starben (KRIEG & LANGENBRUCH 1981, BROOKS 1993). Die Auswirkungen einer Infektion von *Ephestia kuehniella* mit Bt auf die Biologie von *Venturia canescens* wurden von KURSTAK (1966) studiert. die Parasitierungsleistung von *V. canescens* wird nicht durch Bt beeinträchtigt, darüberhinaus ist *V. canescens* ein Vektor für Bt und erhöht die Wirksamkeit von Bt. Auch eine *Bracon*-Art, *B. brevicornis* Wesmael, wurde als Vektor von Bt identifiziert. Bt hatte jedoch auch einen pathogenen Effekt auf *B. brevicornis* (TEMERAK 1982). KURSTAK (1966) und BURKHOLDER (1981) sahen die Möglichkeit, die Regulierung von Schädlingspopulationen durch die Verbreitung von Viren und Pathogenen durch Parasitoide zu verstärken. HAGSTRUM & SMITTLE (1977) schlugen vor, Schadinsekten durch den Einsatz von Wachstumsregulatoren oder Methoden zur Auslösung der Diapause in einem für Parasitoide geeigneten Stadium zu halten.

Die Sexual- oder Aggregationspheromone aller wichtigen Vorratsschädlinge sind heute in ihrer chemischen Struktur bekannt, und für viele Arten sind Pheromonlockstoffallen im Handel erhältlich (PHILIPPS 1994, PLARRE, dieser Band). Pheromonlockstoffallen können helfen, die Ausbringungstermine für Nützlinge zu bestimmen. Vor allem in der Anfangsphase der Populationsentwicklung der Schädlinge erreichen inundative Nützlingsfreilassungen eine hohe Wirksamkeit (SMITH & PRESS 1993, SMITH 1994a). Da Pheromonlockstoffallen auch bei sehr niedrigen Populationsgrößen wirksam sind, kann frühzeitig mit einer Nützlingsfreilassung begonnen werden. Bei inundativen Freilassungen sollten Pheromonlockstoffallen nur den Schädling, nicht den Nützing in großer Zahl fangen. Möglich ist beispielsweise die Kombination von Klebe- oder Trichterfallen, die mit ZETA bestückt wurden, mit der inundativen Freilassung von *Trichogramma evanescens*. Weibchen von *T. evanescens*, die über keine Eiablageerfahrung bei gleichzeitiger Wahrnehmung von ZETA verfügen, reagieren nicht auf ZETA. In Praxisversuchen konnte gezeigt werden, daß *T. evanescens* nicht von den genannten Pheromonlockstoffallen angelockt wird (SCHÖLLER & PROZELL 1996). Bei klassischer biologischer Bekämpfung kann die Anlockung der Nützlinge jedoch eine wünschenswerte Eigenschaft von Pheromonlockstoffallen sein, die Ausbreitung von *Teretriosoma nigrescens* nach der Einführung in Afrika wurde mit Fallen verfolgt, die das *Prostephanus*-Aggregationspheromon enthielten (BÖYE et al. 1994, 1995).

### Mikrobiologische Bekämpfung

Aus der Sichtweise der biologischen Bekämpfung gibt es sowohl nützliche als auch ungünstige Aspekte von Wirt-Parasitoid-Pathogen-Interaktionen. Ungünstig ist ein Absterben der Parasitoide aufgrund von Toxinen, die durch Pathogene produziert werden (KAYA & TANADA 1972). Ungünstig ist auch eine verringerte Attraktivität des infizierten Wirts für die Eiablage des Parasitoiden (TEMERAK 1980) oder die direkte Infektion des Parasitoiden (LEIBENGUTH 1972). Nützlich sind eine erhöhte Anfälligkeit des infizierten Wirts für die Parasitierung (KING & BELL 1978) oder die Funktion der Parasitoiden als Vektoren für Pathogene (KURSTAK 1966, BROOKS 1993).

HASSAN & GRÖNER (1977) fanden keine Nebeneffekte von Nuklear-Polyhedrose-Viren auf die Parasitierungsleistung und Entwicklung von *Trichogramma*. Somit könnte *Trichogramma* sowohl mit Bt als auch mit Nuklear-Polyhedrose-Viren gegen vorratschädigende Motten eingesetzt werden.

Mikrosporidien wurden gegenüber dem großen Kornbohrer *Prostephanus truncatus* getestet (LIVELDT 1990, HENNIG-HELBIG 1995). Mikrosporidien wurden jedoch noch nicht im kommerziellen Maßstab vermehrt, und über mögliche negative Wirkungen auf Imagines von Parasitoiden von Vorratsschädlingen ist nichts bekannt (BROOKS 1993). Negativ beeinflusst wurde die Entwicklung der Brackwespe *Phanerotoma flavitesticata* in Larven von *Ephestia kuehniella*, die zuvor mit Toxinen eines Granulosevirus geimpft wurden. Dieser Effekt war jedoch nicht bei *Venturia canescens* zu beobachten (KAYA & TANADA 1972). Die Neogregarine *Mattesia dispora* infiziert *Habrobracon hebetor* (LEIBENGUTH 1972). Gesunde Imagines der verwandten Art *Bracon mellitor* übertragen nicht das Pathogen *Mattesia grandis* auf Wirtslarven oder ihre eigene Nachkommenschaft. Auch infizierte Parasitoide infizierten die Wirtslarven nicht, es wurde jedoch ein geringer Prozentsatz der Nachkommenschaft der Parasitoiden infiziert (MCLAUGHLIN & ADAMS 1966). Nach Entwicklung von *Trichogramma evanescens* in mit dem Mikrosporidium *Nosema pyrausta* infizierten Eiern von *Ostrinia nubilalis* waren die frisch geschlüpften Parasitoide schwer infiziert und in ihrer Fruchtbarkeit stark beeinträchtigt. Ähnliche Ergebnisse wurden für *Trichogramma nubilale* erhalten (HUGER 1984).

Die gegenüber *Prostephanus truncatus* wirksamen Pilzarten *Aspergillus ochraceus*, *Metarhizium anisopliae* und *Beauveria bassiana* töten auch Imagines seines Gegenspielers *Teretriosoma nigrescens* ab (BURDE 1988).

Im Gegensatz zu Insektenviren und Insektenpathogenen (FUXA 1993) ist bislang kein Fall einer Resistenz von Schadinsekten gegenüber Parasitoiden und Räubern bekannt geworden (LISANSKY 1984, HOKKANEN et al. 1995).

### Kairomone und Manipulation der Nützlinge

Es wurde gezeigt, daß Parasitoide und Prädatoren sowohl flüchtige Substanzen als auch Kontaktchemikalien zur Wirtsfindung nutzen, die von den Wirten abgegeben werden. Zur Fernorientierung nutzt *Laelius pedatus* flüchtige Substanzen, die von den Larven von *Trogoderma variabile* (Ballion) und *T. glabrum* (Herbst) abgegeben werden (Qi & Burkholder 1990).

Die Erhöhung der Parasitierungsleistung von *Trichogramma* durch Einsatz von Kairomonen, Extrakten von Flügelschuppen, wurde im Freiland von LEWIS et al. (1972) nachgewiesen. Sowohl *H. hebetor* als auch *V. canescens* nutzen 2-Acylcyclohexan-1,3-dion, das Mandibulardrüsensekret von *Ephestia kuehniella* und verwandter Arten, als Kairomon. Dies ist eines der wenigen bekannten Beispiele für die gemeinsame Nutzung eines Kairomons durch mehrere Parasitoide (MUDD et al. 1984, FUKUSHIMA et al. 1989, STRAND et al. 1989). MUDD & CORBET (1982) schlugen die Nutzung dieses Kairomons zur Verbesserung der biologischen Bekämpfung dieser Zünslers vor. Die Synthese der Kairomone beschrieb MUDD (1985).

Im Freiland wurde der Einsatz von Kairomonen erprobt, um ein Abwandern der Gegenspieler vom Ort der biologischen Bekämpfungsmaßnahme entgegenzuwirken. Im Bereich des Vorratsschutzes ist ein Abwandern nur aus Laborversuchen (TAKAHASHI 1973) oder bei sehr hohen Populationsdichten bekannt, nicht aus Lägern, wo alle hier diskutierten Nützlinge natürlicherweise vorkommen. Einen Sonderfall stellt hier *Teretriosoma nigrescens* dar (siehe oben).

BURKHOLDER (1981) schlug vor, Parasitoide durch eine Nahrungsquelle wie Nektar oder mit Hilfe ihrer Pheromone anzulocken. Der Einsatz von Kairomonen könnte im Vorratsschutz die Wirksamkeit inundativ ausgebrachter Nützlinge verschlechtern, wenn diese intensiv an den Orten der Kairomonausbringung nach potentiellen Wirten suchen, die Schädlingspopulation sich jedoch an einem anderen Ort befindet.

### Förderung der Nützlinge

Nützlinge können durch Zugabe von Futter oder Wirten bzw. Beute gefördert werden. Die Zugabe von Wirten kann Parasitoidenpopulationen in Zeiten geringer Wirtsverfügbarkeit erhalten (ARBOGAST 1984). NICKLE & HAGSTRUM (1981) schlugen die Zugabe von paralysierten Zünslerraupen vor, um *Habrobracon hebetor* zu fördern, für die Weibchen dieser Art stellen die Wirte gleichzeitig Futter und Eiablagesubstrat dar. Glucoselösungen oder Honig werden von allen Hymenopteren als Futter akzeptiert. Im Freiland wurde die Erhöhung der Parasitierungsleistung durch *Trichogramma* nach sprühen von Glucose nachgewiesen (LEWIS et al. 1973). WÄCKERS (1996) zeigte für das System *Callosobruchus chinensis* / *Anisopteromalus calandrae*, daß Zufüttern von Honig besonders dann den Bekämpfungserfolg erhöht, wenn ausschließlich der Parasitoid Zugang zum Futter hat, nicht der Schädling. Förderung und Konservierung sind meist nicht mit hohen Kosten verbunden und könnten in subtropischen und tropischen Vorratsschutzsystemen Bedeutung erlangen.

### Interaktionen zwischen verschiedenen Arten von Nutzinsekten

Die Kombination von Parasitoiden, die verschiedene Entwicklungsstadien attackieren, kann den Bekämpfungserfolg erhöhen (KEEVER ET AL. 1986). Dies wurde für *Venturia canescens* und *Xylocoris flavipes* (PRESS 1989), *Trichogramma pretiosum* und *Habrobracon hebetor* (BROWER & PRESS 1990) sowie *Teretriosoma nigrescens*, *Theocolax elegans* und *Anisopteromalus calandrae* (BÖYE 1988) nachgewiesen.

Nützlinge können sich aber auch gegenseitig beeinträchtigen. PRESS et al. (1977) berichteten, daß *H. hebetor* die Ichneumonide *V. canescens* in Laboruntersuchungen zur Bekämpfung von *Ephestia cautella* verdrängte. *Trichogramma pretiosum* parasitieren Eier von *Xylocoris flavipes*. *X. flavipes* erbeuten von *T. pretiosum*-parasitierte Eier von *Cadra cautella* (BROWER & PRESS 1988). HASE (1924) zeigte, daß *Lariophagus distinguendus* Larven von *Habrobracon hebetor* parasitieren, wenn diese sich im Kokon befinden. PRESS et al. (1974) wiesen nach, daß *Xylocoris flavipes* Larven von *Habrobracon hebetor* erbeuten. Auch *Lyctocoris campestris* frißt Eier und Larven von *H. hebetor* und außerdem solche von *Laelius pedatus* (PARAJULEE & PHILLIPS 1994). HARDY & BLACKBURN (1991) wiesen indirekt nach, daß *H. hebetor* Eier der Bethylide *Goniozus nephantidis* zerstört. Der Ovizid wurde jedoch nicht direkt beobachtet. Zur Bekämpfung von *Plodia interpunctella* ist *H. hebetor* effektiver als in Kombination mit *X. flavipes* (PRESS et al. 1974).

*Teretriosoma nigrescens* frißt im Zwangsversuch Präimaginalstadien von *Anisopteromalus calandrae*, jedoch nicht, wenn gleichzeitig Präimaginalstadien von *P. truncatus* anwesend sind (MURPHY & CROSS 1992).

VOINOVSKAIA-KRIEGER (1927) erwähnt *Lariophagus distinguendus* als Hyperparasiten von *Venturia canescens*, eine solche Beobachtung wurde später jedoch nicht bestätigt.

### Biologie ausgewählter Nützlinge

Im folgenden wird die Biologie der Nützlinge dargestellt, die im Hinblick auf einen Einsatz zur biologischen Bekämpfung im Vorratsschutz am intensivsten untersucht wurden. Da Entwicklungszeiten, pro Individuum erbeutete bzw. getötete Wirtstiere und Lebensdauer u. a. von der Temperatur und der Verfügbarkeit von Nahrung abhängen, werden nur einige Daten beispielhaft in den Tabellen angegeben.

### Räuber

#### *Xylocoris flavipes* (Reuter) (Hemiptera, Anthocoridae)

Die kleine Raubwanze *X. flavipes* mit dem englischen Trivialnamen "warehouse pirate bug" ist häufig in gelagertem Getreide anzutreffen. Alle Stadien dieser

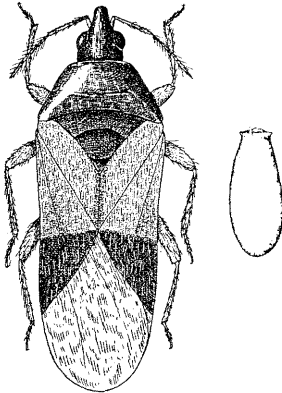


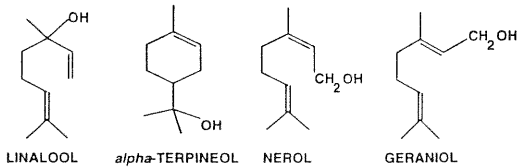
Abbildung 12:  
*Xylocoris flavipes*, Imago (aus  
LEPESME 1944) und Ei (aus  
AWADALLAH & TAWFIK 1972)

Wanzen leben räuberisch von den Präimaginalstadien praktisch aller Arten kleiner Vorratsschädlinge (JAY et al. 1968, LECATO & DAVIS 1973, ARBOGAST 1978).

*X. flavipes* ist wenig wirksam gegen große Larven und erbeutet keine großen bzw. hart sklerotisierten Imagines (ABDEL-RAHMAN et al., 1978 - 1979). Im Innern von Körnern befindliche Entwicklungsstadien wie z. B. *Sitophilus* spp., *Rhizopertha dominica* oder *Sitotroga cerealella* sind vor dieser Wanze geschützt (LECATO & ARBOGAST 1979). Sowohl Labor- als auch Praxisversuche wurden durchgeführt, *X. flavipes* ist eine der in Hinblick auf die Praxis am eingehendsten untersuchten Nützlinge im Vorratsschutz.

WILLCOCKS (1922) erwähnt *X. flavipes* erstmals als Räuber von Insekteneiern in Getreide. JAY et al. (1968) stellte fest, daß die Raubwanze günstige Eigenschaften für die biologische Bekämpfung aufweist. ARBOGAST et al. (1971) beschrieb die Entwicklungsstadien und AWADALLAH & TAWFIK (1972) studierten weitere Aspekte der Biologie. LECATO & DAVIS (1973) studierten Nahrungspräferenzen gegenüber verschiedenen Entwicklungsstadien und Arten von Vorratsschädlingen.

LECATO (1974) wies deutliche Unterschiede in der Wirksamkeit der Wanze in verschiedenen Habitaten der Beute nach. *X. flavipes* erbeutet maximal 405 Eier, 4 Larven und 8 Puppen von *Tribolium castaneum*, wenn alle Entwicklungsstadien dieses Käfers verfügbar sind. Im Durchschnitt sind 40 Eier, 9 Larven oder 6 Puppen von *T. castaneum* nötig, um wenigstens 46% der Räuber die vollständige Entwicklung zu ermöglichen (LECATO & COLLINS 1976). *X. flavipes* produziert vier



Monoterpenalkohole, die toxisch gegenüber *Oryzaephilus surinamensis* und zum Teil auch gegenüber *Tribolium castaneum* sind (PHILLIPS et al. 1995) (Abbildung 13).

#### Abbildung 13:

Von *X. flavipes* produzierte Monoterpen-alkohole (aus PHILLIPS et al. 1995).

Einige Untersuchungen bestimmten die Wirksamkeit von *X. flavipes* gegenüber Käfern

(PRESS et al. 1975, ARBOGAST (1976b) und Motten (PRESS et al. 1974a, b). ARBOGAST (1976) zeigte, daß *X. flavipes* das Populationswachstum von *Oryzaephilus surinamensis* auf Mais im Labor um mindestens 95% reduzieren kann. Da 30 bis 35 °C optimal für die schnelle Entwicklung der Raubwanze sind (ARBOGAST 1975), ist die Anwendung von *X. flavipes* wahrscheinlich am effektivsten während warmer Monate (BROWER & PRESS 1992). Praxisversuche wurden zur Bekämpfung von Restpopulationen in leeren Getreidesilos (BROWER & PRESS 1992) und in Lägern durchgeführt (LECATO et al. 1974, 1977, KEEVER et al. 1986).

(PRESS et al. 1975, ARBOGAST

### ***Pyemotes tritici* (Lagrèze-Fossat & Montané) (Acarina, Pyemotidae)**

Diese Raubmilbe aus verfügt über eine Reihe von Eigenschaften, die günstig für einen Einsatz zur biologischen Bekämpfung sind. Die Vermehrungsrate ist hoch, der Lebenszyklus ist in 4-7 Tagen vollendet, die Weibchen sind lebendgebärend, 95% der Tiere einer Population sind Weibchen, die Weibchen paaren sich sofort nach der Geburt und beginnen mit der Wirtsuche, die Massenzucht ist möglich und die Art ist weit verbreitet. Ein Problem ist jedoch, daß diese Milbe auch Menschen beißt, was zu einer Dermatitis führen kann. Die Milben leben jedoch ohne Wirte nur 10 Tage lang, so daß ein Einsatz bei Einhaltung einer Wartezeit gut möglich scheint (BRUCE 1983).

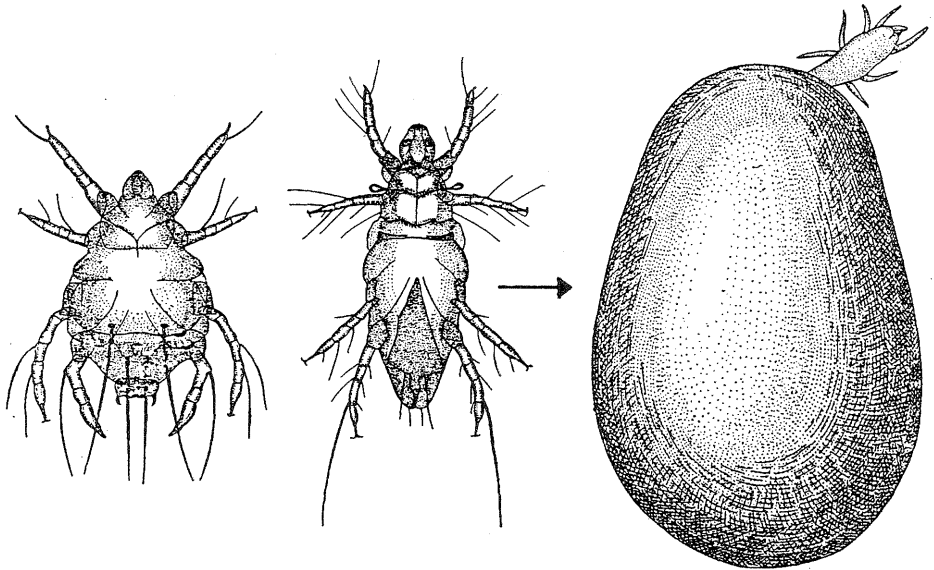


Abbildung 14: *Pyemotes tritici*; links Männchen, Mitte neonates Weibchen und rechts reifes Weibchen nach Nahrungsaufnahme (aus LEPESME 1944).

## Parasitoide

### ***Venturia canescens* (Gravenhorst) (Hymenoptera, Ichneumonidae)**

*Venturia canescens* ist eine endoparasitische Schlupfwespe mit weiter Verbreitung. Mit einer Körperlänge von etwa 6 mm gehört *Venturia canescens* zu den großen Parasitoiden der Vorratsschädlinge. Die sehr schlanken Schlupfwespen aus der Familie *Ichneumonidae* zeichnen sich durch einen schwarzen Brustabschnitt (Thorax) und einen langen, seitlich zusammengedrückten Hinterleib (Abdomen) aus, der über einen langen Stiel mit dem Thorax verbunden ist. Das Abdomen ist oben schwarz und unten gelbrot bis gelbbraun gefärbt. Die Legeröhre (Ovipositor) ist nicht in das Abdomen einziehbar und etwas länger als der halbe Hinterleib. KRÜGER (1921) beschrieb die Morphologie der Imagines im Detail und DAVIAULT (1930) dokumentierte die Variabilität dieser Art. SIMMONDS (1943) sowie KURSTAK (1966) wiesen nach, daß eine Ursache für morphologische Variabilität Superparasitismus ist. Die Koinobionten legen Eier in frühe Larvenstadien von Motten. Die Schlupfwespenraupe verpuppt sich im Innern des Mottenkokons, aus dem sich die fertige Wespe dann herausnagt. Sie schlüpfen bevorzugt aus *Ephestia kuehniella*-Larven des fünften Stadiums, aber auch des vierten Stadiums. Frühe Stadien werden häufig sofort durch den Stich des Parasitoiden getötet. (KURSTAK 1966). *V. canescens* geht nicht in Diapause. Weibchen der meisten untersuchten Stämme beginnen sofort nach dem Schlupf mit der Wirtssuche (AHMAD 1936, BELING 1932). *V. canescens* ist eine thelytoke Art, Männchen sind sehr selten. Entdeckt wurde das Männchen von DAUTERT-WILLIMZIK (1931). Nur HASE (1937) beschrieb die Population. DIAMOND (1929) beschrieb die Eiablage bei *V. canescens* über eine

weite Temperaturspanne sowohl bei Licht als auch im Dunkeln. Die Parasitoide können Larven von *E. kuehniella* nicht mit ihrem Ovipositor erreichen, die tiefer als 13 mm im Mehl verborgen sind. Die Eier werden frei in die Haemocoel des Wirts gelegt und nehmen vor dem Schlupf um etwa das fünffache ihres anfänglichen Volumens zu (CORBET & ROTHERAM 1965). Im Fall von Multiparasitismus konkurrieren die Parasitoidenlarven bald nach dem Schlupf direkt um den Wirt. Normalerweise kann sich nur ein Parasitoid pro Wirt entwickeln. Die Schmetterlingsraupe kann sich schützen, indem sie die Larve von *V. canescens* einkapselt und so deren Entwicklung verhindert (SALT 1961, 1964).

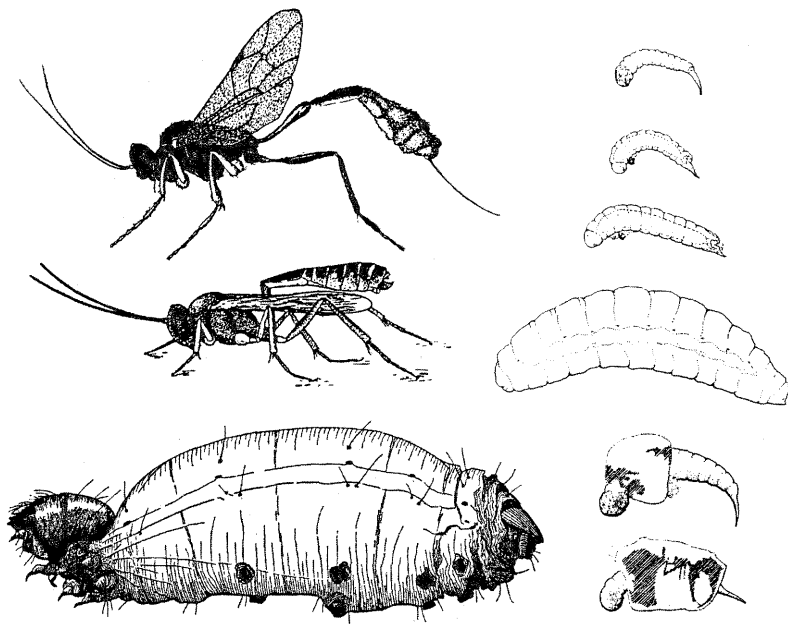


Abbildung 15: *Venturia canescens* (Gravenhorst); links oben Weibchen (aus BAMBARA & AMBROSE 1981), Mitte links das sehr seltene Männchen (aus BELING 1932) und darunter eine Raupenlarve von *Galleria melonella*, die im Innern eine Riesenspinne von *V. canescens* trägt, rechts oben vier der fünf Larvenstadien und darunter zwei durch den Wirt eingekapselte Larven von *V. canescens* (aus SALT 1964).

Es gibt keinen Hinweis auf Aufnahme von Wirtshämolymphe bei dieser Art. *V. canescens* kann zwischen parasitierten und unparasitierten Wirten unterscheiden. Der Mechanismus wurde von GANESALINGAM (1974) beschrieben. Darüberhinaus können die Weibchen unterscheiden, ob die Wirtslarve von ihnen selbst oder einem anderen gleichartigen Weibchen parasitiert wurde (HUBBARD et al. 1987). Die Weibchen markieren bereits besuchte Wirtshabitate mit Hilfe einer Chemikalie (BERNSTEIN & DRIESSEN 1996). ARTHUR (1971) wies Lernvermögen bei *V. canescens* nach. HASSELL & HUFFAKER (1969) studierten die Interaktionen zwischen



Populationen von *V. canescens* und *E. kuehniella* im Labor. Sie konnten keine klare Beziehung zwischen der Mortalität der Parasitoide und der Dichte der Wirtslarven ermitteln. Drüsenprodukte der larvalen Mandibulardrüsen dienen *V. canescens* als Kairomone und lösen bei der Schlupfwespe Eiablageversuche aus, und die Intensität dieser Verhaltensreaktion steigt mit zunehmender Konzentration der aktiven Komponente (CORBET 1971, 1973a, MUDD & CORBET 1982). Eine aktive Komponente, 4-Hydroxy-2-oleoylcyclohexan-1,3-dion, wurde bei *Ephestia kuehniella*, *E. elutella*, *E. cautella* und *Plodia interpunctella* gefunden (MUDD & CORBET 1973). Im Gegensatz zu *Habrobracon hebetor* folgt *V. canescens* jedoch nicht Spuren bestehend aus dem Kairomon (STRAND et al. 1989).

DIAMOND (1929) betonte, daß *V. canescens* günstige Eigenschaften zur biologischen Bekämpfung von *Ephestia kuehniella* aufweist und sah die Möglichkeit des Einsatzes der Schlupfwespe als Ergänzung zu chemischer Bekämpfung. ELLIOT et al. (1983) untersuchten vergleichend die Wirksamkeit von Pyrethroiden gegenüber *V. canescens* und *E. kuehniella*. PRESS et al. (1982) verglichen die Wirksamkeit von *V. canescens* im Vergleich zu *Habrobracon hebetor* und *Xylocoris flavipes* gegenüber *Cadra cautella*. CLINE et al. (1986) unternahmen dann Versuche zur Anwendung von *V. canescens*. Die Parasitoide konnten Restpopulationen von *Cadra cautella* in Nahrungsmittelresten um mehr als 90% reduzieren und verhinderten auch die Ausbreitung von *C. cautella* von befallenen Nahrungsresten auf nahegelegene unbefallene Nahrungsmittel. OHBAYASHI et al. (1994) unternahmen Versuche, *V. canescens* in vitro zu vermehren.

Weitere, nicht in Tabelle 2 aufgelistete Literatur zu *Venturia canescens*:

24, 56, 84, 153, 166, 191, 244, 268, 270, 271, 272, 273, 326, 327, 328, 331, 332, 355, 428, 429, 430, 452, 453, 473, 513, 559, 562, 583, 603, 605, 606, 635, 659, 662, 687, 710, 763, 766, 773, 780, 826, 885

### ***Habrobracon hebetor* Say (Hymenoptera, Braconidae)**

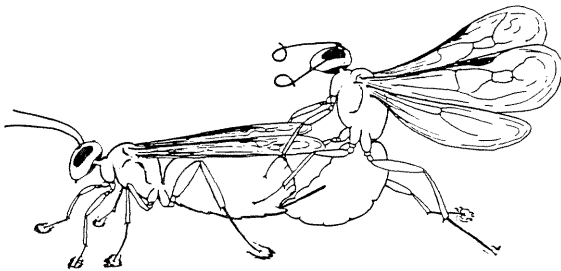


Abbildung 16:  
*Habrobracon hebetor*, Paarungsstellung (aus HASE 1922).

der von *Bracon* abgespaltenen Gattung *Habrobracon* zugeordnet wird (PAPP, persönliche Mitteilung). Die Art ist sehr variabel und ähnlich *Bracon brevicornis* (NARAYANAN et al. 1958, CHAWLA & SUBBA RAO 1965). GODFRAY (1994) vermutete, daß es sich um einen Komplex nah verwandter Arten handelt.

*H. hebetor* ist ein idiobiontischer Ektoparasitoid. Die Wirtslarven werden zunächst mit dem Ovipositor angestochen, paralyisiert und anschließend werden mehrere Eier an die Wirtslarven gelegt. Mehrere Parasitoidenlarven entwickeln sich an dem Wirt, den sie kurz vor der Verpuppung verlassen. Die Parasitoidenlarven spinnen zur Verpuppung einen Kokon (HASE 1922, MORILL 1942). Die Eiablage beginnt bei Temperaturen zwischen 16 °C und 19 °C, erreicht ihr Maximum bei 30 °C und endet bei 44 °C. *H. hebetor* legen Eier auf alle paralyisierten Raupen, auch wenn diese von einem anderen Weibchen paralyisiert wurden, sie legen aber niemals Eier auf tote Wirte (GENIEYS 1925). Das Venom besteht aus zwei Proteinen mit geringem Molekulargewicht, die präsynaptisch an Neuromuskularverbindungen wirken (BEARD 1952). Manchmal ist ein Wirt hypersensitiv gegenüber dem Venom, was zum Tod des Wirts und der Parasitoidenlarven führt (ROTARY & GERLING 1973, VINSON & IWANTSCH 1980). Die genetischen Grundlagen der Geschlechtsbestimmung untersuchte WHITING (1939, 1943, 1961). Die Genetik von *H. hebetor* wurde auch im Weltraum erforscht (VON BORSTEL et al. 1968). Auf der Erde beträgt das Geschlechterverhältnis 0,4, es werden also mehr Weibchen als Männchen produziert. Das Verhältnis ändert sich nur wenig oder gar nicht, wenn mehrere Weibchen gleichzeitig am selben Ort Eier ablegen (GALLOWAY & GRANT 1989, COOK et al. 1994). Das Verhältnis verschiebt sich weiter zugunsten weiblicher Nachkommen, wenn die Weibchen spät in ihrem Leben begattet werden (ROTARY & GERLING 1973). Ältere Weibchen können von jungen Weibchen anhand ihrer Morphologie und Farbzeichnung unterschieden werden. Manchmal legen Weibchen wiederholt auf dieselbe Wirtsraupe Eier (Superparasitismus). Intensive Larvalkonkurrenz führt zur Verzweigung der Imagines der nächsten Generation (GROSCHE 1948). Es gibt Hinweise darauf, daß männliche Larven konkurrenzstärker sind als weibliche Larven (BENSON 1973, ROTARY & GERLING 1973). STRAND & GODFRAY (1989) zeigten, daß die Überlebenswahrscheinlichkeit der zweiten Eigruppe von der Größe der ersten Eigruppe und dem Zeitraum zwischen den beiden Eiablagen abhängt. In dieser Arbeit wurde auch beobachtet, daß einige, aber nicht alle Stämme von *H. hebetor* mit ihrem Ovipositor Eier zerstören, die sich bereits auf der Wirtsraupe befinden. Dies trat besonders bei geringer Wirtsdichte und wenig unparasitierten Wirten auf.

Im Lager aggregieren die Männchen an Erhebungen z. B. der Getreideoberfläche, wo sich die Weibchen dann zur Paarung einfinden (ANTOLIN & STRAND 1992). Paralyisierte Wirtslarven setzen ihre Entwicklung nicht fort, dies führt zu einer Art Selbstversorgung, die *H. hebetor* ermöglicht, Perioden niedriger Wirtsverfügbarkeit zu überleben (HAGSTRUM 1983). HAGSTRUM & SMITTLE (1977) ermittelten, daß *H. hebetor* 64% der angebotenen Wirte paralyisierten, aber nur 3 bis 10% der Wirte mit Eiern belegten. Die Dichteabhängigkeit und die Abhängigkeit der Eiablage von der Verfügbarkeit der Wirte wurde dabei allerdings nicht untersucht. In Freilanduntersuchungen stellte FRANQUI RIVERA (1995) fest, daß die Temperatur und die Wirtsverfügbarkeit die Hauptfaktoren in der Populationsentwicklung von *H. hebetor* in Getreidelägern darstellen. In den gemäßigten Breiten tritt *H. hebetor* wahrscheinlich nicht in eine Diapause ein, vor allem Puppen, aber auch Imagines überwintern in Getreidelägern (FRANQUI RIVERA 1995).

Verschiedene Autoren untersuchten die Wirtsfindung von *H. hebetor* (ULLYETT 1945, CHAUVIN 1956, REINERT & KING 1971, HAGSTRUM & SMITTLE 1977, STRAND et al. 1989, FRANQUI RIVERA 1995). Zur Fernorientierung folgen die Weibchen Spuren des

Mandibulardrüsensekretes der Wirtsraupen. Die aktiven Komponenten, 2-Acylcyclohexan-1,3-dione, nutzen sie somit als Kairomone (STRAND et al. 1989). Diese Mandibulardrüsensekrete befinden sich auf dem Gespinst der Raupen (FRANQUI RIVERA 1995).

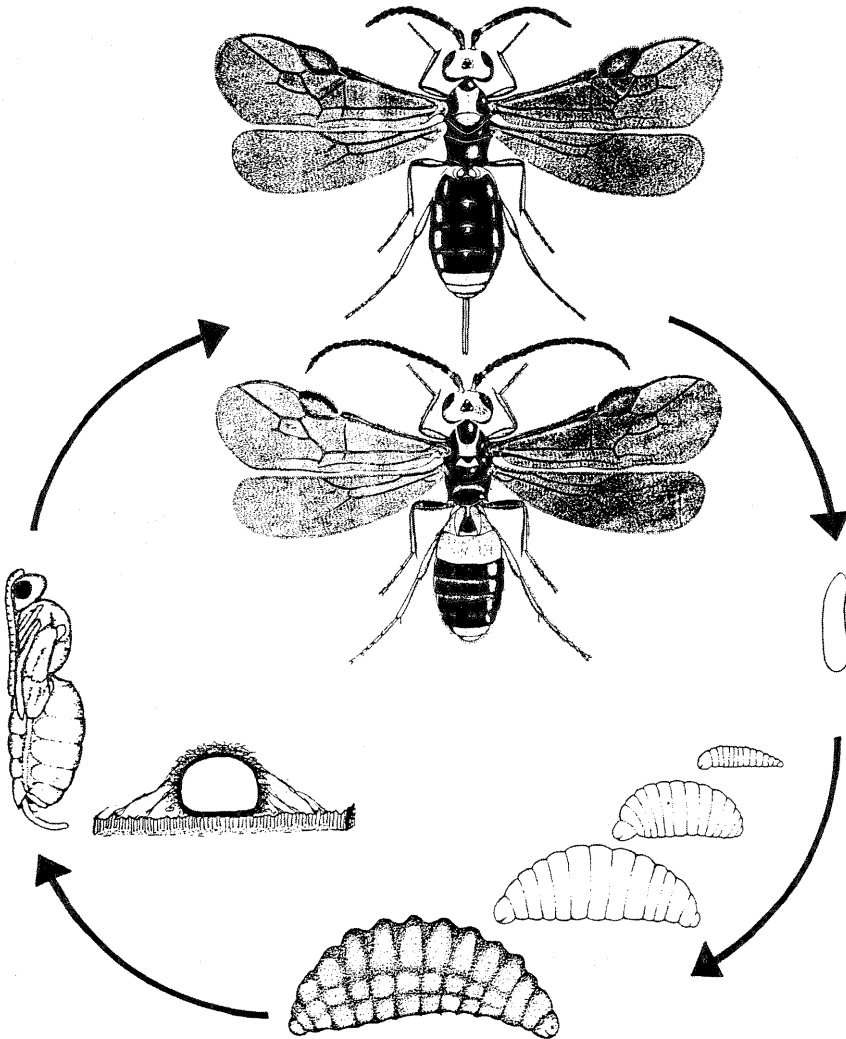


Abbildung 17: *Habrobracon hebetor*, links oben Weibchen, darunter Männchen (aus SILVA 1947), Ei, verschieden Larvenstadien, Puppe und der Kokon der Puppe im Querschnitt (aus HASE 1922).

Einer der bevorzugten Wirte ist *Cadra cautella* (RICHARDS & THOMSON 1932). Auf diesem Wirt entwickelt sich die Parasitoidenpopulation schneller als auf *Achroia grisella* (F.) und *Galleria melonella* (L.) (PRESS & FLAHERTY 1981).

BUCHWALD & BERLINER (1910) sahen *H. hebetor* als wertvolle Hilfe zur Bekämpfung von *Ephestia kuehniella*. BACK (1920) erwähnte das natürliche Vorkommen von *H. hebetor* als zusätzlichen Faktor zur Begrenzung von *Ephestia*, betonte aber, daß Hitzebehandlung oder Begasung für eine effektive Bekämpfung unverzichtbar sind. HASE (1922) versuchte die Wirksamkeit von *H. hebetor* gegenüber *Ephestia kuehniella* experimentell zu bestimmen. Er entließ 100 Imagines von *H. hebetor* und 500 Larven von *E. kuehniella* in einen Raum mit 9,2 m<sup>3</sup> und einer Oberfläche von 387,3 m<sup>2</sup>. Er fand 129 Wirtslarven wieder, von denen 70 parasitiert waren. Darüberhinaus führte er ähnliche Experimente durch, bei denen eine Mehlmottenpopulation um 50 bis 60% bei einem Parasitoid-Wirtverhältnis von 1:5 reduziert wurde. Ausgehend von der Anzahl *H. hebetor*, die nötig sind um 50% der Raupen von *E. kuehniella* zu parasitieren, schloß er auf eine Zahl von 20 000 Weibchen von *H. hebetor* pro 1000 m<sup>3</sup> für eine vollständige Bekämpfung (HASE 1925). HASE berücksichtigte dabei keine kumulativen Effekte verschiedener Generationen der Parasitoide, dachte also wahrscheinlich an eine einmalige Massenfreilassung. Das Parasitoid-Wirtverhältnis von 1:5 wurde bei Halbfreilandexperimenten in Zelten auf den Versuchsfeldern in Dahlem getestet (HASE 1931). Die Brackwespen parasitierten 41% der freigelassenen Raupen von *Ephestia*. PRESS et al. (1981) untersuchten die Überlebensfähigkeit und Fortpflanzung von *H. hebetor* auf insektizidbehandelten Raupen von *Cadra cautella*. Ein Monitoring der Abundanz von *H. hebetor* führte FRANQUI RIVERA (1995) durch, sie fand eine unterschiedliche Wirksamkeit verschiedener Fallentypen gegenüber Männchen und Weibchen der Brackwespe.

Weitere, nicht in Tabelle 2 aufgelistete Literatur zu *Habrobracon hebetor*

4, 5, 7, 39, 56, 78, 108, 153, 164, 190, 202, 205, 224, 234, 247, 248, 249, 253, 254, 266, 267, 284, 324, 352, 380, 403, 420, 455, 471, 509, 540, 586, 620, 629, 664, 665, 666, 671, 705, 707, 708, 709, 718, 730, 755, 756, 771, 780, 783, 800, 818, 820, 824, 855, 856, 857, 858, 860, 868, 871, 876, 886, 887

### ***Trichogramma* spp. (Hymenoptera, Trichogrammatidae)**

Die Trichogrammatidae sind eine Familie der Chalcidoidea, der Erzwespen. Die Imagines sind nur 0,3-0,4 mm klein und lassen sich von Erzwespen anderer Familien durch die dreigliedrigen Tarsen unterscheiden. Die kurzen aber breiten Vorderflügel sind breit gerundet, wohingegen die Hinterflügel schmal und gefranst sind. Der Hinterleib sitzt der Brust breit an, die Färbung variiert zwischen hellem Braun und Braunschwarz.

Alle Arten der Gattung *Trichogramma* belegen vorwiegend die Eier von Kleinschmetterlingen mit ihren eigenen Eiern (Abbildung 19). Anschließend entwickeln sich die Larven dieser Eiparasitoide in den parasitierten Eiern. Diese Wirtseier entwickeln sich nicht weiter. Eiparasitoide der Gattung *Trichogramma* führen die Liste praktischer Anwendungen mit Massenfreilassungen von Nützlingen zur biologischen Schädlingsbekämpfung an. Einige Arten dieser Erzwespen werden in 16 Ländern auf mehr als 18 Millionen ha regelmäßig gegen verschiedene Schadschmetterlinge eingesetzt.

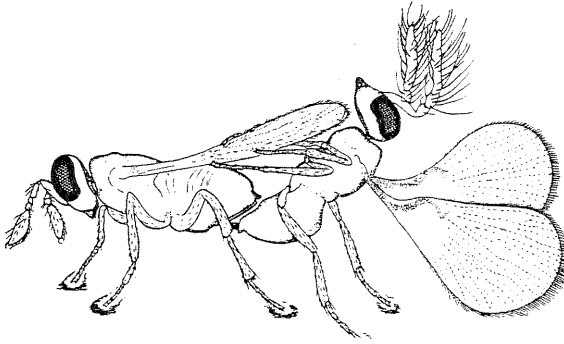


Abbildung 18: *Trichogramma evanescens* Westwood; Paarungsstellung, links Weibchen, rechts Männchen (aus HASE 1925c).

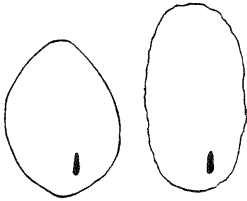


Abbildung 19:  
Ei von *Trichogramma evanescens* im Ei von *Galleria melonella* (links) und *Ephestia kuehniella* (rechts) (aus HASE 1925c).

*Trichogramma* wird meist im Freiland gefunden. 1000 luftgetrocknete *Trichogramma* wiegen etwa 0,002 g, so daß auf eine Wespe ein Trockengewicht von nur etwa 2µg entfällt. Dies ist im Vorratsschutz von Vorteil, da nur geringe Mengen an Insektenfrag-

menten nach einer Freilassung zu erwarten sind. Es wurden aber auch Populationen aus Vorratslagern bekannt. Es wurden aber auch Populationen aus Vorratslagern bekannt,

*T. pretiosum* Riley und *T. parkeri* Nagarkatti traten in Georgia in Erdnusslägern auf (Brower 1984 a). Brower (1984 b) schlug daraufhin die Anwendung von *Trichogramma* im Vorratsschutz vor und führte Experimente zur Wirtsfindung in geschütteten Erdnüssen (BROWER 1990) und zur Regulierung von Mottenpopulationen in kleinen Erdnusslägern (BROWER & PRESS 1988) durch. Erste Praxisversuche zur Bekämpfung von *Plodia interpunctella* im Einzelhandel (PROZELL et al. 1995a) und in der lebensmittelverarbeitenden Industrie (PROZELL et al. 1996a, b) sind vielversprechend. Die Auswahl geeigneter Stämme von *Trichogramma* erwies sich im Freiland (HASSAN 1989) und im Vorratsschutz (SCHÖLLER et al. 1996) als bedeutend. Noch nicht alle Arten vorratsschädlicher Motten wurden auf ihre Eignung als Wirt für *Trichogramma* getestet, doch aufgrund des bekannten Wirtsspektrums (HASE 1925) ist zu erwarten, das alle diese Arten attackiert werden. Schmetterlinge werden bevorzugt, im Labor wurden aber auch Käferlinge parasitiert (MURALI BASKARAN ET AL. 1993, SÁ-FISCHER & SCHÖLLER 1994).

In geschütteten Weizen dringt *T. evanescens* mindestens 55 cm tief ein und parasitiert Eier von *Ephestia* (SCHÖLLER et al. 1994). Die Wirksamkeit der Eiparasitoide zum Schutz von Getreide hängt sowohl von der Lagetiefe der Eier als von der Zahl der freigelassenen Wespen ab. Im Hinblick auf einen möglichen Schutz verpackter Waren vor der Dörrobstmotte wurde die Verteilung von *T. evanescens* in geschlossenen Räumen untersucht. Kunstlicht förderte den Parasitierungserfolg.

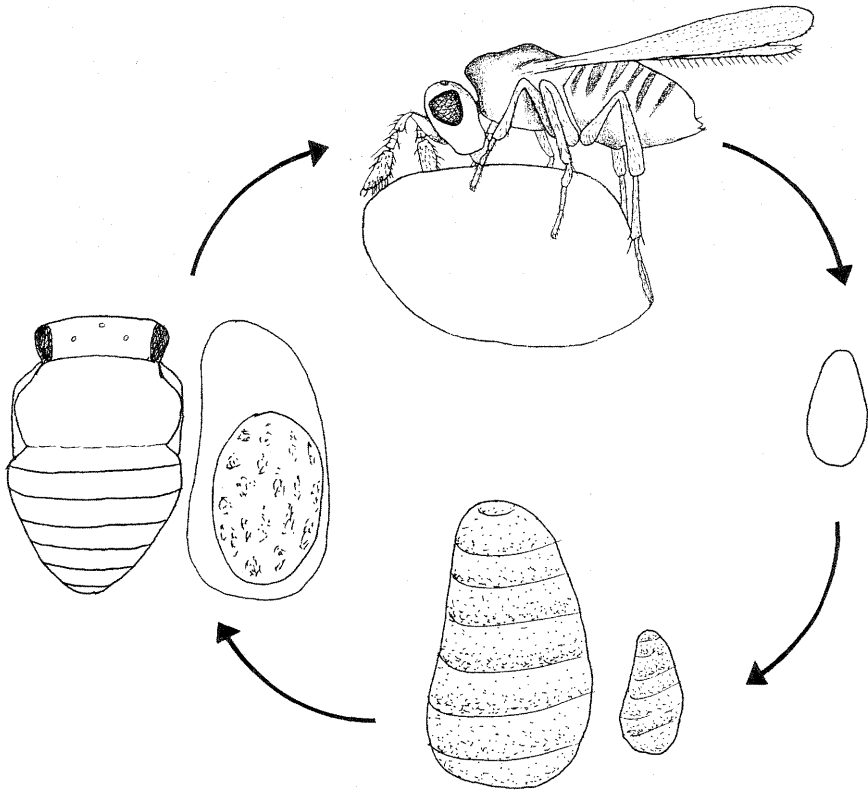


Abbildung 20. *Trichogramma evanescens* Westwood; Weibchen auf Ei von *Ephestia kuehniella* (aus SCHÖLLER 1996), Ei, Larve vor und nach Aufnahme des Ooplasmas sowie Präpuppe und Puppe (Original).

***Laelius* spp. (Hymenoptera, Bethyridae)**

*Laelius* sind gregäre, ektoparasitische Wespen aus der Verwandtschaftsgruppe der Stechimmen, die verschiedene Vorratsschädlinge aus der Familie der Speckkäfer (Dermestidae) attackieren. VANCE & PARKER (1932) stellten fest, daß *L. anthrenivorus* Trani viel mehr Wirte paralyisierte als schließlich mit Eiern belegt wurden.

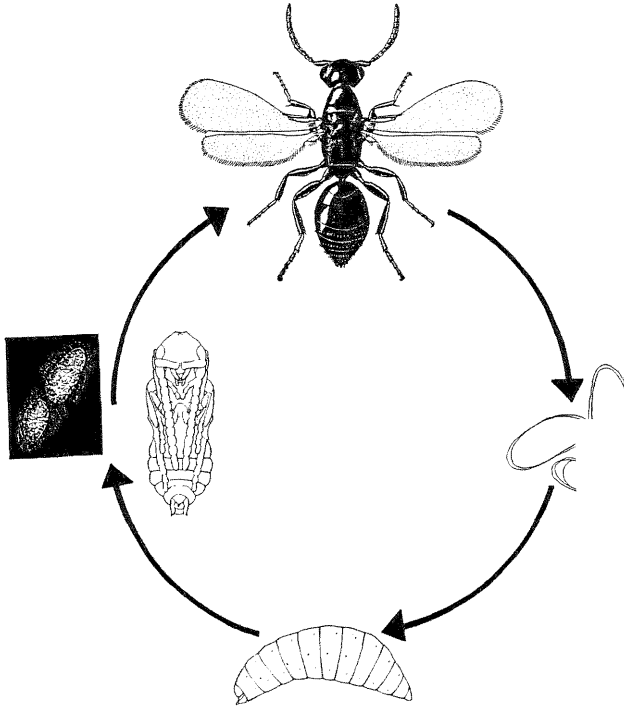
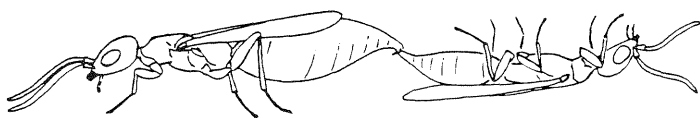


Abbildung 21: *Laelius voracis*: Weibchen (aus LEPESME 1944), Ei und sechs Eier auf Larve von *Anthrenus vorax*, Larve und fünf Larven fressend an Larve von *Anthrenus vorax* sowie zwei Puppen in ihren Kokons (aus AYYAPPA & CHEEMA 1952).

Die Parasitoide sind langlebig und einfach im Labor zu handhaben (MERTINS 1980). MERTINS (1980, 1982) beschrieb die Biologie von *L. pedatus* und MERTINS (1985) die Biologie von *L. utilis* Cockerell. KLEIN & BECKAGE (1990) verglichen die Wirtsakzeptanz und die Eignung von zwei Arten der Gattung *Trogoderma* für *L. pedatus*. KLEIN et al. (1991) studierte den Einfluß der Wirtsgröße und der Entwicklungsstadien von *Trogoderma variabile* auf Wirtsakzeptanz und Parasitierung durch *L. pedatus*.

<b><i>Laelius pedatus</i> (SAY)</b>	
Modus der Larvalentwicklung	ektoparasitisch
Forschungsstand	Laborstudien
Größe der Weibchen	3.2±0.3mm (MERTINS 1980)
Größe der Männchen	2.3±0.1mm (MERTINS 1980)
<b><i>Laelius</i> sp.</b>	(Ayyappa and Cheema 1952)
Lebensdauer der Imagines	
Weibchen	35 d
Männchen	5 d bei 87 ± 2 °F, 84±8 % r. F.
Geschlechterverhältnis	2 : 1 Weibchen zu Männchen
Getötete Wirte pro Lebensdauer	159 Larven von <i>Anthrenus vorax</i>



Bislang wurden ausschließlich Laboruntersuchungen zum Einsatz dieser Wespen für die biologische Bekämpfung durch-

Abbildung 22:  
*Laelius pedatus*; Paarungsstellung (aus MERTINS 1980)

geführt. AL-KIRSHI et al. (1996a, b) untersuchten die Biologie von *L. pedatus* auf *Trogoderma granarium*, *T. angustum* und *A. verbasci* im Hinblick auf einen möglichen Einsatz im Jemen. *Trogoderma granarium* erwies sich als Wirt zur Fortpflanzung des Ameisenwespchens schlechter geeignet als die beiden anderen Arten, es wird jedoch ein bedeutender Anteil der Larven paralyisiert und die Wirtsfindung in geschüttetem Getreide ist gut, so daß Praxisversuche durchgeführt werden sollen. BACK (1940) berichtete von der vollständigen Zerstörung einer Kultur von *Anthrenus vorax* durch *Laelius voracis*.

### ***Cephalonomia* spp. (Hymenoptera, Bethyliidae)**

*C. waterstoni* ist ein polyphager Parasitoid verschiedener vorratschädigender Käfer. Die eingehendste Studie zur Morphologie und Biologie von *C. waterstoni* wurde von VAN EMDEN (1931) durchgeführt, der von diesem Organismus so fasziniert war, daß er seine Studien Zuhause fortsetzte, nachdem er seine Stellung wechseln mußte. Weitere Angaben zur Biologie von *C. waterstoni* finden sich bei KEARNS (1934).

Bevorzugt werden Larven des vierten Stadiums von *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) (RILETT 1949, FINLAYSON 1950b). Nach dem Anstechen der Wirtslarve tritt die Paralyisierung innerhalb einer Minute ein. *C. waterstoni* hat mit 2,3 Eiern pro Tag eine vergleichsweise niedrige Vermehrungsrate (FINLAYSON 1950a). Die Wespe paralyisiert wesentlich mehr Wirte, als sie mit Eiern belegen kann. Die Larven erholen

sich nicht von der Paralyisierung und bleiben für mindestens zwei Wochen für die Eiablage geeignet. Die Weibchen belegen auch von anderen konspezifischen Weibchen paralyisierte Wirtslarven (RILETT 1949). Nach dem Schlupf aus dem Kokon attackiert und paralyisiert das Weibchen sofort die erste geeignete Larve von *Cryptolestes* und ist ebenfalls sofort zur Paarung bereit. Die Präovipositionsperiode beträgt bei 25 °C und 80 % r. F. etwa fünf Tage und bei 30 °C und 80 % r. F. etwa 36 Stunden (FINLAYSON 1950a). FLINN (1991) untersuchte das Verhalten von *C. waterstoni* in Abhängigkeit von der Wirtsdichte und der Temperatur um Vorhersagen über die Wirksamkeit des Parasitoiden machen zu

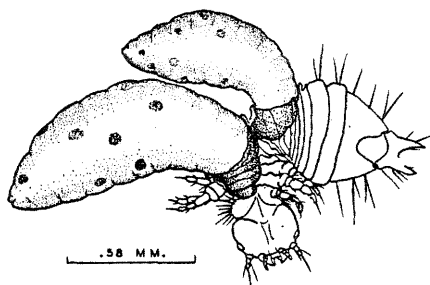


Abbildung 23:  
*Cephalonomia waterstoni*, zwei Larven fressen an einer Larve von *Cryptolestes ferrugineus* (aus RILETT 1949)



können. Die Parasitoide attackierten die Larven von *C. ferrugineus* über den getesteten Temperaturbereich von 25 bis 35 °C, der optimal für die Entwicklung der Käfer ist. *C. waterstoni* erhöht die Mortalität der Wirtslarven über die Parasitierung hinaus durch Aufnahme von Wirtshämolymphe von allen Larvenstadien.

<i>Cephalonomia waterstoni</i> Gahan	
Größe der Weibchen	1,3-2,7 mm (VAN EMDEN 1931), 1,7-2,1 mm, durchschn.=1,9mm (RILETT 1949)
Größe der Männchen	1-1,2 mm (VAN EMDEN 1931), 1,1-1,6 mm, durchschn.=1,4 mm (RILETT 1949)
Modus der Larvalentwicklung	ektoparasitisch
Forschungsstand	Labor- und Praxisversuche unter kontrollierten Bedingungen
Entwicklungsdauer	12-13 d; 90°F, 65%-75% r. F. (RILETT 1949); 14 d, 30 °C (FLINN et al. 1994); 15 d, 30 °C, 80% r. F. und 20-22 d, 25 °C, 80 % r. F. (FINLAYSON 1950a)
Lebensdauer der Imagines	
Weibchen	15-20 d, 30 °C (FLINN et al. 1994), ca. 3 Wochen (Rilett 1949)
Männchen	5 d; 25 °C, 80% r. F (FINLAYSON 1950a)
Geschlechterverhältnis	2 : 1 Weibchen zu Männchen(RILETT 1949, FINLAYSON 1950a)
Getötete Wirte pro Lebensdauer	97 (KEARNS 1934); 70 (FINLAYSON 1950a)

Die Generationsdauer des Parasitoiden ist halb so lang wie die des Wirts. HOWARD &

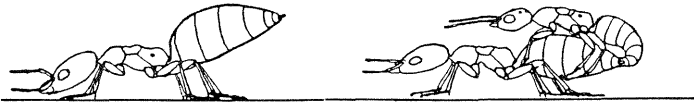


Abbildung 24:  
*Cephalonomia quadridentata*, links Weibchen in Lockstellung, rechts Paarungsstellung (aus VAN EMDEN 1931).

FLINN (1990) fanden Hinweise darauf, daß *C. waterstoni* chemische Signale nutzt, um Wirte im Getreide zu finden. Diese werden möglicherweise von den Wirtslarven produziert. Die Imagines sind gute Flieger

(RILETT 1949, FLINN et al. 1994). *C. waterstoni* kann durch sehr enge Spalten in Wirtshabitat eindringen (FINLAYSON 1950a), die Wespe ist offensichtlich in der Lage, in geschüttetes Getreide einzudringen, da sie über das ganze Getreide verteilt in einem mit Weizen gefüllten Silo gefunden wurden (HAGSTRUM 1987). *C. waterstoni* wandern möglicherweise aktiv zu Regionen in durch *Cryptolestes* befallenen Getreide mit hohen Temperaturen (FINLAYSON 1950a).

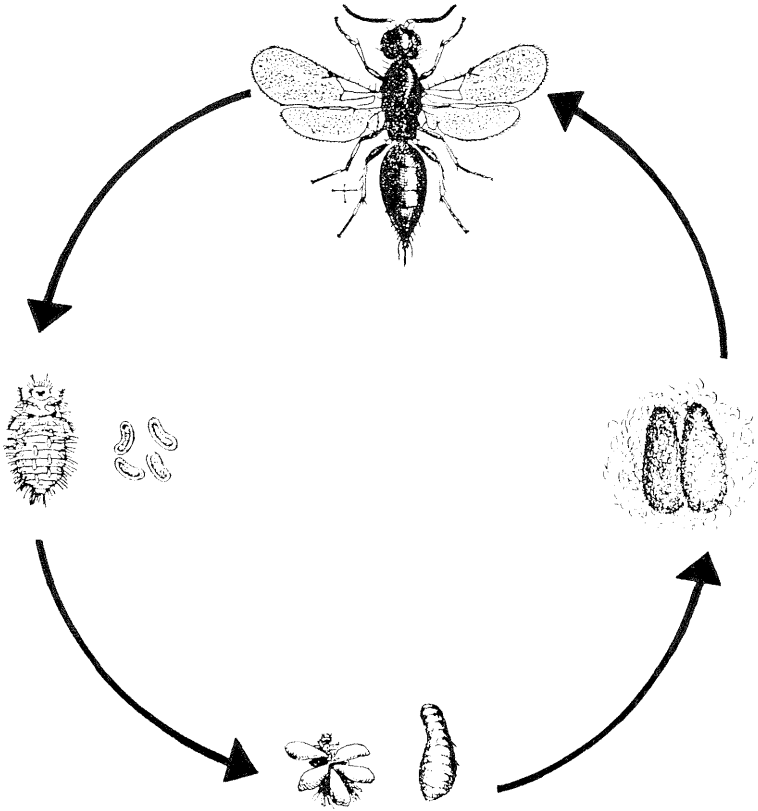


Abbildung 25: *Cephalonomia tarsalis*; Weibchen (aus GAHAN 1931), drei Eier verschiedenen Alters (aus VAN EMDEN 1931), Larve und eine Puppe sowie zwei Puppen in ihren Kokons (aus POWELL 1938).

Laborstudien von RILETT (1949) zeigten, daß *C. waterstoni* in der Lage ist, einen Zuchtansatz von *Cryptolestes ferrugineus* um etwa 50% zu reduzieren. KEARNS (1934) bemerkte, daß die schlanke Körperform und die Flügellosigkeit einer Morphe der Weibchen das Eindringen in kleine Risse und Spalten dicht gepackten Tabaks begünstigen. Er schlug vor, *Cephalonomia gallicola* in offenen Lägern der Tabakindustrie freizulassen, welche nicht begast werden können. Die Freilassung sollte mit Lichtfallen für den Schädling kombiniert werden. FINLAYSON (1950a) verglich verschiedene mit *Cryptolestes* befallene Getreideläger. Läger mit *C. waterstoni* hatten deutlich geringere Zahlen von *Cryptolestes* und die Verbreitung des Schädling von den "hot-spot"- zu den kühleren Regionen des Getreides wurde verlangsamt. Praxisversuche zur Wirksamkeit von *C. waterstoni* gegen *Cryptolestes ferrugineus* wurden von FLINN et al. (1994, 1996) durchgeführt.

***Anisopteromalus calandrae* (Howard) (Hymenoptera, Pteromalidae)**

*A. calandrae* ist ein verbreiteter Ektoparasit der Larven und Puppen einiger Käfer, deren Präimaginalstadien im Verborgenen leben. *A. calandrae* ist möglicherweise der wichtigste natürliche Feind von Rüsselkäfern an gelagertem Getreide. Am ersten oder zweiten Tag nach dem Schlupf beginnen die Parasitoide mit der Eiablage. Larven, Präpuppen und Puppen der Wirte werden angegriffen, wenn es auch eine Präferenz für die Larven gibt (GHANI & SWEETMAN 1955). Die Weibchen sind in der Lage, die Rüsselkäferlarven im Innern der Getreidekörner aufzuspüren (COTTON 1923, GHANI & SWEETMAN 1955). Sie führen den Ovipositor durch die Samenschale und paralysieren die Wirtslarve. Der Ovipositor wird dann aus dem Samen zurückgezogen und zur Eiablage erneut eingeführt, wobei ein einziges Ei auf oder nahe der Wirtslarve gelegt wird. Die Eiablageperiode dauert an bis etwa eine Woche vor dem Tod. Die durchschnittliche Anzahl Eier pro Weibchen beträgt 170. Die Dauer des gesamten Lebenszyklus ist halb so lang wie die von *Sitophilus oryzae* (GHANI & SWEETMAN 1955). Die Imagines zeigen eine schwache positive Phototaxis (BARE 1942, GHANI & SWEETMAN 1955). Auf der Suche nach Wirten begeben sich die Weibchen in dunkle Bereiche. Die Parasitoide werden stark von Getreide angezogen, auch wenn es nicht befallen wird. Die Luftfeuchte außerhalb der Samen beeinflusst kaum die Entwicklung der Parasitoide im Innern der Weizenkörner (GHANI & SWEETMAN 1955). SMITH (1993) fand eine schwache, aber signifikante Abnahme der Entwicklungszeit mit zunehmender Luftfeuchte. In verschiedenen Labor-experimenten gelang keine vollständige Bekämpfung des Kornkäfers mit Hilfe von *A. calandrae*. Die Zerstörung der Samen konnte jedoch verlangsamt werden (COTTON 1923, BACK 1939, LIVINGSTONE & REED 1936, REED & VINZEND 1942, GHANI & SWEETMAN 1955). Ist *Callosobruchus chinensis* der Wirt, attackiert *A. calandrae* vor allem Larven des vierten Stadiums (RYOO & CHUN 1993). RYOO & CHUN fanden einen linearen Zusammenhang zwischen Wirtsdichte und Parasitierung. Mit Zunahme der Wirtseier pro Hülsenfrucht von eins auf vier nahm der Erfolg der Parasitoide bei der Wirtssuche zu. HASELL et al. (1985) berichteten dagegen, daß die Parasitierung von *A. calandrae* negativ mit der Wirtsdichte korreliert ist. In dieser Studie wurde jedoch nicht die Zahl der Eier pro Samen berücksichtigt. Ist die Zahl der Wirte nicht beschränkt, attackieren die Weibchen einen Wirt nur ein einziges Mal. Nur selten entwickelt sich mehr als ein Parasitoid pro Wirtslarve. Die Verpuppung erfolgt in der Fraßhöhle des Wirts, und das Imago des Parasitoiden nagt sich heraus. Weibliche Imagines nehmen Wirtshämolymphe auf. Dazu bilden sie ein Rohr, bestehend aus Sekret, welches aus der Region des Ovipositors abgegeben wird. Dieses Rohr erhebt sich aus der Wirtslarve über die Oberfläche des Samens (ARBOGAST & MULLEN 1990). Die Verfügbarkeit von Zucker und Wasser hat positiven Einfluß auf die Vermehrung des Parasitoiden. Mit Honig gefütterte *A. calandrae* legten im Vergleich zu solchen ohne zusätzliche Nahrung etwa 25 % mehr Eier ab (SMITH 1994b). Das Geschlechterverhältnis dieser Art wurde von COOK (1991) untersucht.

WILLIAMS & FLOYD (1971a) bestimmten die Wirksamkeit von *A. calandrae* gegen den Maiskäfer unter Praxisbedingungen. Der Parasitoid reduzierte die Rüsslerpopulation um ca. 50 %. PRESS & MULLEN (1992) prüfte das Potential von *A. calandrae* zum Schutz kommerziell abgepackten Weizens vor Befall durch den Reiskäfer. Obwohl *S. oryzae* um 99,4 % über einen Zeitraum von bis zu vier Monaten reduziert werden konnte, drangen nicht genügend *A. calandrae* in die Getreidesäcke ein, um einen Befall zu verhindern. SMITH (1992, 1993) führte biologische Untersuchungen durch,

um Simulationsmodelle der Populationodynamik des Parasitoiden zu entwickeln (SMITH 1994a). Der Einfluß der Wirtsgröße und des Alters des Wirts auf die Biologie wurden von KISTLER (1985) untersucht. Weitere Beiträge zur Biologie finden sich bei SHIMADA & FUJI (1985a), ASSEM et al. (1984) und SMITH (1993). CHATTERJI (1955) fand folgende Reihenfolge der Wirtspräferenz von *A. calandrae* bei einem multiplen Wahlversuch: *Callosobruchus analis* (F.) > *C. chinensis* > *Sitophilus oryzae* (L.) > *Rhizopertha dominica* (F.). In Laborstudien bewegte sich *A. calandrae* nicht zum Boden von 2,2 m hohen Weizensäulen, um dort gekäfigte *Sitophilus oryzae* zu parasitieren (PRESS 1992). PRESS schloß daraus, daß *A. calandrae* nur gegenüber Populationen von Rüsselkäfern wirksam sein kann, die sich nahe der Oberfläche einer Getreideschicht befinden, oder gegen Restpopulationen in geleerten Lagerstrukturen. ISLAM & NARGIS (1994) schlugen vor, *A. calandrae* in kleinen bäuerlichen Lägern in Bangladesh gegen *Callosobruchus chinensis* freizulassen, besonders wenn die Hülsenfrüchte nicht über einen langen Zeitraum gelagert werden sollen. *A. calandrae* sollte kurz vor oder nach der Einlagerung der Hülsenfrüchte ausgebracht werden, um Restpopulationen von *C. chinensis* im Lager zu reduzieren. Dann könnte ein akzeptabler Bekämpfungserfolg mit einer einmaligen Ausbringung erreicht werden. SMITH (1994b) kam zu dem Schluß, daß aufgrund der langen Lebensdauer der Imagines von *Sitophilus zeamais* mit Hilfe von *A. calandrae* nur eine Verlangsamung der Wachstumsrate der Rüssler erreicht werden kann, nicht aber eine deutliche Reduzierung des Schädlings im zeitlichen Rahmen einer in der Praxis üblichen Lagerdauer. Dazu ist die Etablierung einer ausreichenden Parasitoidenpopulation während der Entwicklung der ersten Wirtsgeneration nötig. Das Wirtsspektrum von *A. calandrae* wurde noch nicht systematisch erfaßt, möglicherweise werden Präpuppen oder Puppen weiterer Käfer parasitiert, KAPIL & CHOWDHURY (1975) gaben als weiteren Wirt beispielsweise den Khaprakäfer *Trogoderma granarium* an.

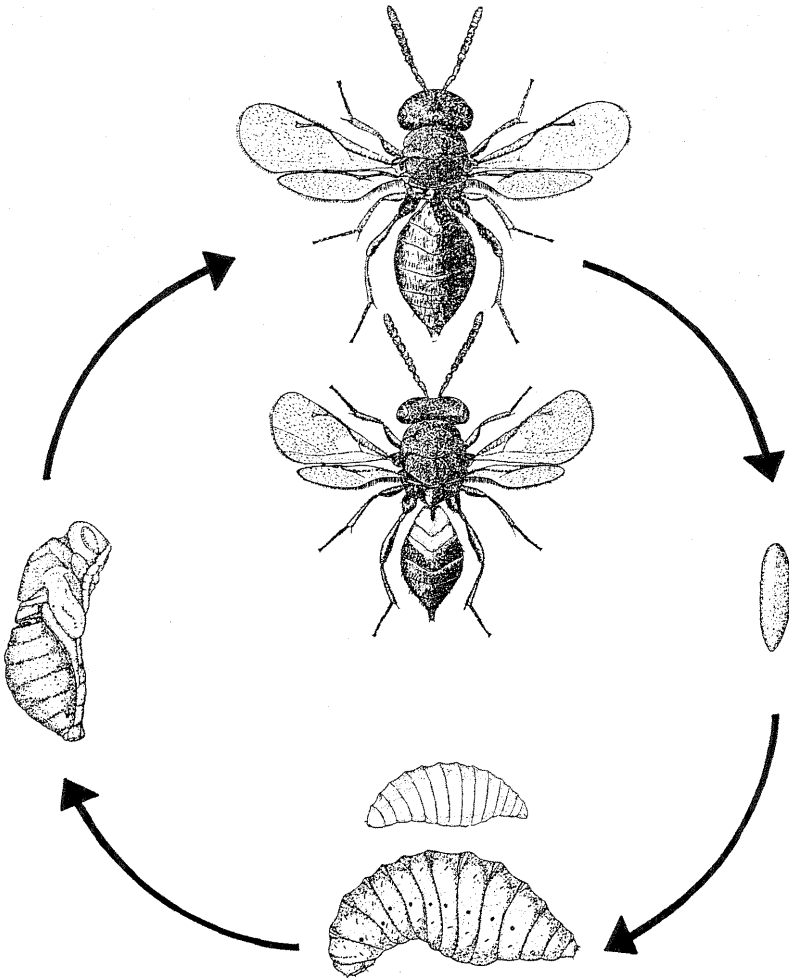


Abbildung 26: *Anisopteromalus calandrae* (Howard); Weibchen (oben) und Männchen, Ei, (aus COTTON 1923), Larven (aus CHATTERJI (1955) und COTTON 1923) und Puppe (aus COTTON 1923).

***Lariophagus distinguendus* Förster (Hymenoptera, Pteromalidae)**

Im Innern von Samen fressende Larven verschiedener vorratschädigender Käfer oder in Puppenwiegen im Substrat verborgene Wirte werden von der Erzwespe *L. distinguendus* parasitiert. Die Biologie von *L. distinguendus* wurde von HASE (1919, 1920, 1924), RYABOV (1926), KASCHEF (1959a) und GONEN & KUGLER (1970) untersucht. Im Kokon eingespinnene bzw. in der Puppenwiege befindliche Präpuppen verschiedener Wirtsarten werden Larven oder Puppen bei der Eiablage bevorzugt (KASCHEF 1961).

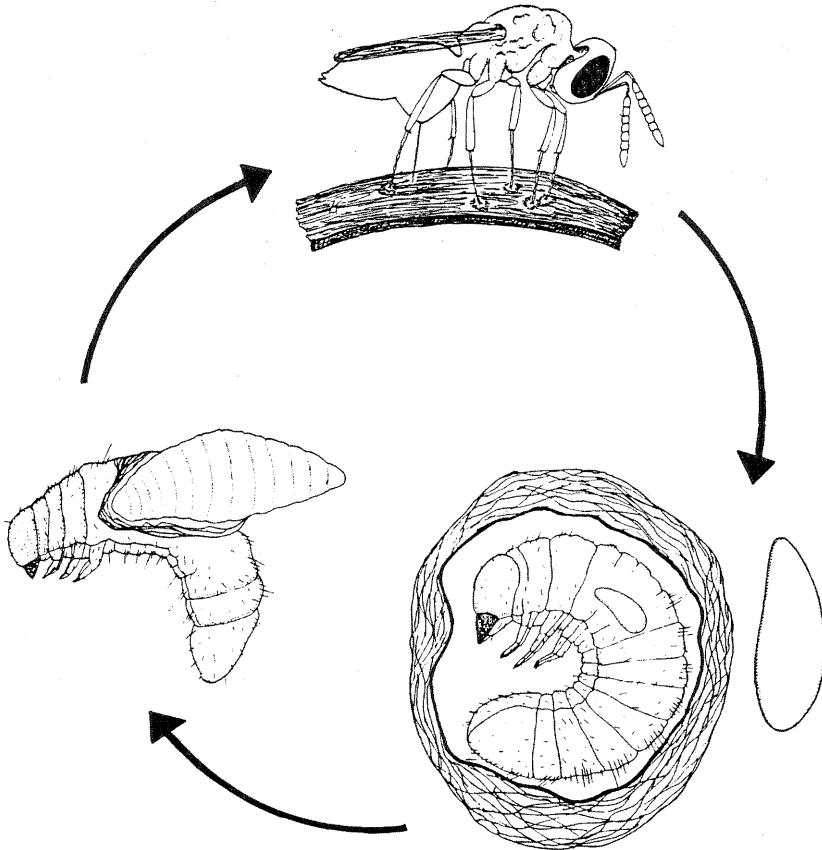


Abbildung 27: *Lariophagus distinguendus*; Weibchen, Ei (aus HASE 1924a), Ei auf Larve von *Gibbium psylloides* und Larve an Wirtslarve fressend (aus KASCHEF 1961).

Ist *Rhizopertha dominica* der Wirt, legt *L. distinguendus* gewöhnlich ein Ei pro Wirtslarve ab (KASCHEF 1959). Bei einem Drittel der parasitierten Larven von *Sitophilus oryzae* wurden zwei Eier gefunden, es entwickelte sich aber gewöhnlich nur ein Parasitoid (Superparasitismus). Die Eiablage erstreckt sich über die gesamte Lebensdauer des Weibchens (GONEN & KUGLER 1970). Weibchen von *L. distinguendus* können die relative Größe der Wirtslarven in Wirtspopulationen feststellen, in denen Larven verschiedener Größe gleichzeitig vorliegen (CHARNOV et al. 1981). Keine auf die Wirtsart bezogene Präferenz wurde zwischen *Sitophilus granarius*, *S. oryzae*, *Stegobium paniceum*, *Rhizopertha dominica* und *Gibbium psylloides* gefunden (KASCHEF 1964). AMBRIZ et al. (1996) stellten fest, daß Extrakte der Kokons von *Lasioderma serricorne* Parasitierungsversuche bei *L. distinguendus* auslösen. Eiablageerfahrung erhöht den Parasitierungserfolg. Bei der Fernorientierung orientieren sich die Parasitoide vor allem olfaktorisch an dem Fraßmehl der Vorratsschädlinge. Weitere Geruchsquellen können mit Parasitierungserfolg assoziiert werden, sogar die Nahrung des Wirts *Sitophilus*

*granarius*, Weizenkörner, wirken auf erfahrene Weibchen attraktiv (STEIDLE & SCHÖLLER 1997). KASCHEF (1959b, 1964) führte Experimente zur Wirtsfindung durch und kam zu dem Ergebnis, daß Weibchen von *L. distinguendus* in der Lage sind, einige mit *Stegobium paniceum* befallene Körner zwischen 96000 unbefallenen Körnern zu finden.

<b><i>Lariophagus distinguendus</i> Först.</b>	
Größe der Weibchen	2 -3 mm (RUSCHKA 1921)
Größe der Männchen	1,2 - 2 mm (RUSCHKA 1921)
Modus der Larvalentwicklung	ektoparasitisch
Forschungsstand	Laborversuche
Entwicklungsdauer	20 d; 26°C, 70% r. F. (KASCHEF 1959); 18,6 d, 32,5 °C, 60% r. F. (KASCHEF 1961)
Lebensdauer der Imagines	
Weibchen	12d bei 26±1°C, 60-70% RH (GONEN & KUGLER 1970)
Männchen	7d bei 26±1°C, 60-70% RH (GONEN & KUGLER 1970)

Bereits RYABOV (1926) beschrieb die auffällige Fähigkeit von *L. distinguendus*, mit Larven des Kornkäfers befallene Körner zu entdecken. Er schlug die Zucht der Wespe auf dem Brotkäfer *Stegobium paniceum* vor und die anschließende Ausbringung gegen den Kornkäfer.

### Ausblick

Eine Vielzahl von Organismen entwickeln sich an oder in vorratschädigenden Insekten. Der Einsatz dieser Organismen wird in jüngster Zeit wieder eingehender erforscht (BROWER & SMITH 1996). Ursachen dafür sind die Verbreitung insektizidresistenter Stämme vorratschädigender Insekten und die daraus folgenden Mehrkosten für die chemische Bekämpfung, die rückläufige Anzahl zugelassener Insektizide und die kritische Haltung vieler Endverbraucher gegenüber chemischen Bekämpfungsmethoden im Pflanzenschutz. Seit längerem (BURKHOLDER 1981) wird bereits abgewogen, ob die Anwesenheit von Nützlingen oder Rückstände chemischer Insektizide ein größeres Gefahrenpotential für den Verbraucher darstellen.

Gegen alle wichtigen Vorratsschädlinge sind natürliche Feinde bekannt. Günstig für den Einsatz biologischer Bekämpfung im Vorratsschutz ist die Tatsache, daß es sich bei den Insekten und Milben, die Vorräte befallen, um eine gut definierte, räumlich eng begrenzte Lebensgemeinschaft handelt. Diese Gemeinschaft ist vergleichsweise artenarm.

Mit der Freilassung von Räubern und Parasitoiden werden zusätzlich Insekten in das Lagersystem eingebracht. Die kontrollierte Freilassung natürlicher Feinde in Lagerstrukturen ist in der Praxis noch nicht vollständig als Methode zur Regulierung von Schädlingpopulationen akzeptiert (STUART & BURKHOLDER 1991). Weltweit bestehen rechtliche Regelungen in Bezug auf Insekten und Milben in Lebensmitteln. Die Ausnahme von Fragmenten der Nützlinge aus 13 Hymenopteren-gattungen und drei Hemipteren-gattungen aus den Toleranzbestimmungen durch die US-Amerikanische Nahrungsmittelbehörde (ANONYMUS 1992) stellte einen wichtigen Schritt in Bezug auf die Zulassung bzw. Akzeptanz biologischer Bekämpfung im

Vorratsschutz dar. Auch kleine Fragmente lassen sich zuordnen. Um den Beitrag von Parasitoiden und Räubern an der Kontamination von Lagergut durch Insekten quantifizieren zu können, generierten STUART & BURKHOLDER (1991) monoklonale Antikörper gegen *Laelius pedatus* und *Habrobracon hebetor*.

Biologische Bekämpfung ist im Vorratsschutz vor allem dann vielversprechend, wenn sie in ein integriertes Konzept eingebunden wird. Ein integrierter Vorratsschutz wird voraussichtlich speziell auf die aktuell aufgetretenen Schädlinge eingehen, auch in Fällen, in denen eine Begasung bevorzugt wird, um die Aufwandmenge an Insektiziden zu reduzieren. WEIDNER (1984) faßte die notwendigen Bedingungen für die Entwicklung eines integrierten Vorratsschutzes zusammen. Er schloß die Notwendigkeit ein, die Wirkung der natürlichen Feinde der Vorratsschädlinge zu erheben. Auch für den Fall, daß biologische Bekämpfung im Vorratsschutz in bestimmten Ländern nicht zugelassen bzw. nicht angewendet wird, kann das Studium der natürlichen Feinde vorratsschädigender Insekten zur Entwicklung wirksamer und umweltfreundlicher Bekämpfungsstrategien beitragen. Auch DUNKEL (1992) nannte die genaue Kenntnis der Biologie der wichtigsten Schädlinge als Voraussetzung, um routinemäßige, prophylaktische Insektizidbehandlungen zu ersetzen. Darüberhinaus seien Informationen aus Schädlingsmonitoring und Risiko-Nutzenanalysen nötig. Für solche Analysen sind computergestützte Expertensysteme ein wichtiges Hilfsmittel, wie sie für einige Bereiche des Vorratsschutzes, beispielsweise von FLINN & HAGSTRUM (1990), entwickelt wurden.

Entwicklungs- und Forschungsarbeit bleibt noch auf vielen Gebieten zu leisten, bis biologische Bekämpfung kommerziell im Vorratsschutz angewendet werden kann. Am dringlichsten erscheinen:

#### 1. Bestimmung von Schwellenwerten für die wichtigsten Schädlinge

Für die meisten Bereiche des Vorratsschutzes liegen keine realistischen Schwellenwerte für eine Bekämpfung vor. Die Bestimmung der Größe der Schädlingspopulationen ist unter Freilandbedingungen in der Regel nicht exakt möglich.

#### 2. Freilassungstechnik und Massenzucht

Für wenige der hier behandelten Nützlingsarten stehen Systeme zur Massenzucht zur Verfügung. Die Entwicklung von Kunstnahrung und die Automatisierung würde die Preise senken. Neben deren Entwicklung sind geeignete Freilassungstechniken für den Vorratsschutz dringend erforderlich. Zur Ermittlung dieser Informationen sind vor allem Praxisversuche nötig.

#### 3. Anwendung der Theorien der Populationsökologie.

Modelle können das Verständnis von Räuber-Beute- und Wirt-Parasitoid-Beziehungen erweitern und zur Entwicklung wirkungsvoller Programme zur biologischen Bekämpfung führen (z. B. GORDON et al. 1991, SMITH 1994a).



### **Bibliographie: Prozedur der Zusammenstellung**

Die Bibliographie wurde mit Hilfe von vier Quellen zusammengestellt:

1. Literaturdatenbanken; Zoological Abstracts, CAB Abstracts, Biosys, Phytomed,
2. Angaben von Kollegen anderer Institute, die auf dem Gebiet arbeiten,
3. durch Abgleich der Literaturangaben in den eingesehenen Veröffentlichungen und
4. dem Internet.

Etwa 80% der Arbeiten wurden eingesehen. Einige der restlichen Zitate aus Sekundärquellen könnten Fehler enthalten, der Autor hofft für diesen Fall, daß die Angaben ausreichen, um die Veröffentlichungen zu erhalten. Die Zitate sind bis zur Nummer 731 alphabetisch geordnet. Die folgenden Zitate wurden nach Abschluß einer früheren Version dieses Manuskripts nachgetragen und sind nur über Tabelle 2 zu erschließen. Nicht alle unpublizierten Dissertationen und nicht alle Arbeiten zur Modellbildung wurden berücksichtigt, erstere sind nicht öffentlich verfügbar und letztere enthalten Rohdaten, die bereits an anderer Stelle publiziert wurden.

### **Danksagung**

Der Bibliothek der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, besonders Herrn Alain Leprêtre und Herrn Dr. Olaf Hering, danke ich für die Unterstützung bei der Beschaffung von Literatur und bei der Durchführung der Literaturrecherchen in Literaturdatenbanken. Durch zahlreiche Literaturhinweise trugen Dr. Terry Arbogast, Dr. John Brower, Dr. Paul Flinn, Dr. Rüdiger Plarre, Dr. G.-A. Laborius sowie Dr. Chris Haines zur Vollständigkeit bei, denen an dieser Stelle herzlich gedankt sei. Sabine Prozell und Dr. Christoph Reichmuth danke ich für die kritische Durchsicht des Manuskripts und wertvolle Anregungen. Birgit Brack führte freundlicherweise die Formatierung der Tabellen durch. Diese Arbeit wurde von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt gefördert.

## Literatur und Bibliographie

1	ABDEL-RAHMAN, H. A., SHAUMRAR, N. F., SOLIMAN, Z. A. & EL-AGOZE, M. N. (1977) Survey and taxonomy of parasites and predators of stored grain and grain products insects. Bull. Soc. Ent. Egypte 61, 53-74.
2	ABDEL-RAHMAN, H. A., SHAUMRAR, N. F., SOLIMAN, Z. A. & EL-AGOZE, M. M. (1978 - 1979) Efficiency of the anthocorid predator <i>Xylocoris flavipes</i> (Reut.) in biological control of stored grain insects. Bull. Entomol. Soc. Egypt Econ. Ser. 11, 27-34.
3	ABDELLA, M. M. H., TAWFIK, M. F. S. & AWADALLAH, K. T. (1985) Biological studies on the bethylid parasitoid <i>Holepyris sylvanidis</i> Berthes. Annals of Agric. Sc. Moshtobor 23, 1355-1363.
4	ADASHKEVICH, B. P. (1989) The status of <i>Bracon hebetor</i> Say. Zashchita Rastenii (Moskva) 3, 28.
5	ADASHKEVICH, B. P. & SAIDOVA, Z. K. (1985) Storage of <i>Habrobracon</i> . Zashchita Rastenii 7, 26.
6	ADASHKEVICH, B. P. & SAIDOVA, Z. K. (1987) Osobennosti razvitiya <i>Habrobracon hebetor</i> (Hymenoptera, Braconidae) pri razvedenii v laboratorii [Development of <i>Habrobracon hebetor</i> (Hymenoptera, Braconidae) in laboratory maintenance]. Zool. Zh. 66, 1509-1515.
7	ADASHKEVICH, B. P.; SAIDOVA, E. & TAKANAEV, A. A. (1986) Migration of <i>Habrobracon</i> . Zashchita Rastenii 7, 35-36.
8	AFIFI, A. I. & IBRAHIM, A. M. A. (1991) Effect of prey on various stages of the predator <i>Xylocoris galactinus</i> (Fieber) (Hemiptera: Anthocoridae). Bull. Fac. Agric. Univ. Cairo 42, 139-149.
9	AHMAD, T. (1936) The influence of ecological factors on the Mediterranean flour moth, <i>Ephestia kühniella</i> and its parasite, <i>Nemeritis canescens</i> . J. An. Ecol. 5, 67-93.
10	AHMED, K. N. & KABIR, S. M. H. (1995) Role of the ectoparasite, <i>Anisopteromalus calandrae</i> (Howard) (Hymenoptera: Pteromalidae) in the suppression of <i>Sitophilus oryzae</i> and <i>Rhyzopertha dominica</i> . Entomon 20, 175-182.
11	AHMED, K. N. & KHATUN, M. (1988) <i>Lasioderma serricorne</i> (F.) a possible alternate host of <i>Anisopteromalus calandrae</i> (Howard) (Hymenoptera: Pteromalidae) in Bangladesh. Bangladesh J. Zool. 16, 165-166.
12	AHMED, K. S. (1996) Studies on the ectoparasitoid, <i>Anisopteromalus calandrae</i> How. (Hymenoptera: Pteromalidae) as a biocontrol agent against the lesser grain borer, <i>Rhyzopertha dominica</i> (Fab.) in Saudi Arabia. Journal of Stored Products Research 32, 137-140.
13	AHMED, M. S. K., AL-MALI KY, S. K., AL-TAWEEL, A. A., JABO, N. F. & AL-HAKKAK, Z. S. (1985) Effects of three temperature regimes on rearing and biological activities of <i>Bracon hebetor</i> (Say) (Hymenoptera: Braconidae). J. stored Prod. Res. 21, 65-68.
14	ALEBEEK, F. A. N. van (1991) Interspecific host discrimination by two solitary ectoparasitoids of immature stages of Bruchidae. Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen, Rijksuniversiteit Gent 56, 1011-1020.
15	ALEBEEK, F. A. N. van (1994a) The functional response of <i>Uscana lariophaga</i> Steffan (Hym.: Trichogrammatidae) under different egg distributions of its host <i>Callosobruchus maculatus</i> L. (Col.: Bruchidae). Proc. 6th Int. Wkng. Conf. Stored-product Prot., Canberra, Australia, 1152-1157.
16	ALEBEEK, F. A. N. van (1994b) A survey of bruchid pests and their parasitoids in stored cowpea in Niger. In: SOMMEIJER, M. J. & BLOM, J. van der (Hrsg.) Proceedings of the section experimental and applied entomology of the Netherlands Entomological Society 5, 145-150.
17	ALEBEEK, F. A. N. van (1996a) Foraging behaviour of the egg parasitoid <i>Uscana lariophaga</i> . Towards biological control of bruchid pests in stored cowpea in West Africa. PhD Dissertation, Wageningen, 176 pp.
18	ALEBEEK, F. A. N. van, ROJAS-ROUSSE, D. & LEVEQUE, L. (1993) Interspecific competition between <i>Eupelmus vuilleti</i> and <i>Dinarmus basalis</i> , two solitary ectoparasitoids of Bruchidae larvae and pupae. Entomologia experimentalis et applicata 69, 21-31.
19	ALI, A. A., AZIZ, F. M. & AHMED, A. M. (1987) Influence of lethal high temperature with vacuum on <i>Bracon hebetor</i> Say, a parasitoid of the fig moth <i>Ephestia cautella</i> Walk. Date Palm Journal (FAO/NENADATES) 5, 172-187.

SCHÖLLER - Räuber und Parasitoide

20	AL-KIRSHI, A.-G., BOCHOW, H., BURKHOLDER, W. E. & REICHMUTH, CH. (1996a) The biology of the parasitoid <i>Laelius pedatus</i> (Say) (Hymenoptera: Bethyliidae), and its potential for the biological control of <i>Trogoderma granarium</i> Everts and <i>Trogoderma angustum</i> (Solier) (Coleoptera: Dermestidae). Proceedings of the 20th International Congress of Entomology, Firenze, Italy, August 25-31, 554.
21	AL-KIRSHI, A.-G., BOCHOW, H., & REICHMUTH, CH. (1996b) Eignung traditioneller Läger in den Tropen für den Einsatz biologischer Gegenspieler wie Parasitoide zur Bekämpfung von Vorratsschädlingen. Mitt. a. d. Biol. Bundesanstalt 321, 622.
22	ALMEIDA, A. A. & MATIOLI, J. C. (1984) Ocorrência de <i>Choetospila elegans</i> Westwood, 1874 (Hym. Pteromalidae) como parasito de <i>Sitophilus oryzae</i> (Linnaeus, 1763) (Col., Curculionidae). Ann. Soc. Entomol. Brasil 13, 107-115.
23	ALZOUOMA, I. (1995) Connaissance et controle des coleopteres Bruchidae ravageurs des legumineuses alimentaires au Sahel. Sahel IPM (Mali) 1, 2-16.
24	AMARAL FILHO, B. F. do (1985) Contribuição ao cohecimento do ciclo biológico de <i>Venturia canescens</i> (Gravenhorst, 1829) (Hymenoptera: Ichneumonidae) sob condições de laboratório [Contribution to the knowledge of the life cycle of <i>Venturia canescens</i> (Gravenhorst, 1829) (Hymenoptera, Ichneumonidae) under laboratory conditions]. Ann. Soc. Entomol. Brasil 14, 17-22.
25	ANONYMUS (1992) Parasitic and predaceous insects used to control insect pests; exemption from a tolerance. Federal Register, 57(78): 14645-14646.
26	ANTOLIN, M. F. & STRAND, M. R. (1992) Mating system of <i>Bracon hebetor</i> (Hymenoptera: Braconidae). Ecological Entomology 17, 1-7.
27	ARBOGAST, R. T. (1975) Population growth of <i>Xylocoris flavipes</i> (Hemiptera: Anthocoridae): Influence of temperature and humidity. Environ. Entomol. 4, 825-831.
28	ARBOGAST, R. T. (1976) Suppression of <i>Oryzaephilus surinamensis</i> (L.) (Coleoptera, Cucujidae) on shelled corn by the predator <i>Xylocoris flavipes</i> (Reuter) (Hemiptera: Anthocoridae). J. Georgia Ent. Soc. 11, 67-71.
29	ARBOGAST, R. T. (1978) The biology and impact of the predatory bug <i>Xylocoris flavipes</i> (Reuter). Proceedings 2nd International Conference on Stored-Product Entomology, Ibadan, Nigeria, September 10-16, 1978, 91-105.
30	ARBOGAST, R. T. (1979a) Cannibalism in <i>Xylocoris flavipes</i> (Hemiptera: Anthocoridae), a predator of stored-product insects. Ent. Exp. Appl. 25, 128-135.
31	ARBOGAST, R. T. (1979b) The biology and impact of the predatory bug <i>Xylocoris flavipes</i> (Reuter) (Hemiptera: Anthocoridae). Int. Working Conf. Stored-Prod. Entomol. Proc. 2, 91-105.
32	ARBOGAST, R. T. (1983) Natural enemies as control agents for stored-product insects. Proc. 3th Int. Workn. Conf. Stored-Product Ent., Manhattan, Kansas, 360-374.
33	ARBOGAST, R. T. (1984a) Biological control of stored-product insects: status and prospects. In: Baur, F. J. (ed.): Insect Management for Food Storage and Processing, Am. Ass. Cereal Chem. Inc., St. Paul, Minn., 225-238.
34	ARBOGAST, R. T. (1984b) Demography of the predaceous bug <i>Dufouriellus ater</i> (Hemiptera: Anthocoridae). Environ. Entomol. 13, 990-994.
35	ARBOGAST, R. T. (1984c) Natural enemies control agents for stored-product insects. Proceedings Third International Working Conference on Stored-Product Entomology, October 23-28, Kansas State University, Manhattan, KS, 360-374.
36	ARBOGAST, R. T., CARTHON, M. & ROBERTS, J. R. Jr. (1971) Developmental stages of <i>Xylocoris flavipes</i> (Hemiptera: Anthocoridae), a predator of stored-product insects. Ann. Ent. Soc. Am. 64, 1131-1134.
37	ARBOGAST, R. T., FLAHERTY, B. R. & PRESS, J. W. (1983) Demography of the predaceous bug <i>Xylocoris sordidus</i> (Reuter). Am. Midland Naturalist 109, 398-405.
38	ARBOGAST, R. T., LECATO, G. L. & CARTHON, M. (1977) Longevity of fed and starved <i>Xylocoris flavipes</i> (Reuter) (Hemiptera: Anthocoridae) under laboratory conditions. J. Georgia Ent. Soc. 12, 56-58.
39	ARBOGAST, R. T. & MULLEN, M. A. (1988) Insect succession in a stored-corn ecosystem in southeast Georgia, USA. Annals of the Entomological Society of America 81, 899-912.
40	ARBOGAST, R. T. & MULLEN, M. A. (1990) Interaction of maize weevil (Coleoptera: Curculionidae) and parasitoid <i>Anisopteromalus calandrae</i> (Hymenoptera: Pteromalidae) in a small bulk of stored corn. J. Econ. Ent. 83, 2462-2468.

Schöller - Räuber und Parasitoide

41	ARTHUR, A. P. (1981) Host acceptance by parasitoids. In: Nordlund, D. A., Jones, R. L. and Lewis, W. J. (eds.): Semiochemicals: Their role in pest control. John Wiley and Sons, New York, 329-352.
42	ARTHUR, A. P. (1971) Assoziative learning by <i>Nemeritis canescens</i> (Hymenoptera: Ichneumonidae). <i>Can. Entomol.</i> 103, 1137-1141.
43	ASANOV, K. (1980) Predators and parasites of the lesser grain borer. <i>Zashchita Rastenii</i> 5, 23.
44	ASKEW, R. R. (1971) Parasitic insects. American Elsevier, New York, 820pp.
45	ASSEM, J. van den (1970) Courtship and mating in <i>Lariophagus distinguendus</i> . <i>Neth. J. Zool.</i> 20, 329-352.
46	ASSEM, J. van den (1971) Some experiments on sex ratio and sex regulation in the pteromalid <i>Lariophagus distinguendus</i> . <i>Neth. J. Zool.</i> 21, 373-402.
47	ASSEM, J. van den (1979) Sluipwespen in relatie tothum gastheren. In: Klomp, H. and Wiehes, J. T., Centrum voor Landbouwpublicaties en documentatie Wageningen.
48	ASSEM, J. van den (1996) Mating behaviour. In: JERVIS, M. & KIDD, N. (eds.) <i>Insect natural enemies</i> , 163-221. Chapman & Hall, London.
49	ASSEM, J. van den, GUISWIJT, M. J. & NUBEL, B. K. (1989) Courtship and mating strategies in a few species of parasitic wasps (Chalcidoidea). <i>Netherlands Journal of Zoology</i> 30, 208-227.
50	ASSEM, J. VAN DEN, IERSAL, J. A. VAN & LOS-DEN-HARTOGH, R. L. (1989) Is being large more important for female than male parasitic wasps? <i>Behaviour</i> 108, 160-195.
51	ASSEM, J. VAN DEN & KUENEN, D. J. (1958) Host finding of <i>Choetospila elegans</i> Westw. (Hym. Chalcid.) a parasite of <i>Sitophilus granarius</i> . <i>Ent. Exp. Appl.</i> 1, 174-180.
52	ASSEM, F. VAN DEN, PUTTERS, F. A. & PRINS, T. C. (1984) Host quality effects on sex ratio of the parasitic wasp <i>Anisopteromalus calandrae</i> (Chalcidoidea, Pteromalidae). <i>Neth. J. Zool.</i> 34, 33-62.
53	AWADALLAH, K. T. & TAWFIK, M. F. S. (1972) The biology of <i>Xylocoris</i> (= <i>Piezostethus</i> ) <i>flavipes</i> (Reut.). <i>Bull. Soc. Ent. Egypte</i> 56, 177-189.
54	AWADALLAH, K. T., TAWFIK, M. F. S. & ABDELLAH, M. M. H. (1984a) Suppression effect of the reduviid predator, <i>Allaocranum biannulipes</i> (Montr. et Sign.) on populations of some stored-product insect pests. <i>Z. Angew. Ent.</i> 97, 249 - 253.
55	AWADALLAH, K. T., TAWFIK, M. F. S. & ABDELLAH, M. M. H. (1984b) Intraspezifische Konkurrenz in der Populationsdynamik von <i>Bracon hebetor</i> Say (Hym., Braconidae). <i>Anz. Schädlingsskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz</i> 57, 91-93.
56	AWADALLAH, K. T., TAWFIK, M. F. S. & ABDELLAH, M. M. H. (1985a) Population studies on flour insect pests and their natural enemies at four localities of Egypt. <i>Bull. Soc. Entomol. Egypte</i> 64, 95-109.
57	AWADALLAH, K. T., TAWFIK, M. F. S. & ABDELLAH, M. M. H. (1985b) Seasonal fluctuations of insect pests and their associated natural enemies in stored barley and sorghum at Foyoun Governorate, Egypt. <i>Bull. Soc. Entomol. Egypte</i> 64, 111-119.
58	AWADALLAH, K. T., TAWFIK, M. F. S., EL-HUSSEINI, M. M. & IBRAHIM, A. M. A. (1981) The life history of <i>Dufouriellus ater</i> (Duf.). <i>Bull. Soc. Entomol. Egypte</i> 63, 191-197.
59	AYYAPPA, P. K. & CHEEMA, P. S. (1952) An ectoparasite on the larvae of <i>Anthrenus vorax</i> Waterhouse. <i>Proc Indian Acad. Sci.</i> 36 B, 215-222.
60	BACK, E. A. (1939) The cigarette beetle as a pest of cotton seed meal. <i>J. Econ. Ent.</i> 32, 747.
61	BACK, E. A. (1940) A new parasite of <i>Anthrenus vorax</i> Waterhouse. <i>Proc. Ent. Soc. Washington</i> 42, 110-113.
62	BAKER, J. E. (1994a) Sensitivities of laboratory and field strains of the parasitoid <i>Anisopteromalus calandrae</i> (Hymenoptera: Pteromalidae) and its host, <i>Sitophilus oryzae</i> (Coleoptera: Curculionidae), to deltamethrin and cyfluthrin. <i>Journal of entomological science</i> 29, 100-109.
63	BAKER, J. E. (1994b) Resistance mechanism in the Bamberg strain of <i>Anisopteromalus calandrae</i> (Hymenoptera: Pteromalidae). <i>Journal of Entomological Science</i> 29, 580-584.
64	BAKER, J. E. (1995a) Stability of malathion resistance in two hymenopterous parasitoids. <i>J. Econom. Entomol.</i> 88, 232-236.
65	BAKER, J. E. (1995b) Evaluation of a resistant parasitoid for biological control of weevils in insecticide-treated wheat. <i>J. Econon. Entomol.</i> 88, 232-236.

66	BAKER, J. E. & ARBOGAST, R. T. (1995) Malathion resistance in field strains of the warehouse pirate bug (Heteroptera: Anthocoridae) and a prey species <i>Tribolium castaneum</i> (Coleoptera: Tenebrionidae). J. Econon. Entomol. 88, 241-245.
67	BAKER, J. E. & THRONE, J. E. (1995a) Evaluation of a resistant parasitoid for biological control of weevils in insecticide-treated wheat. J. Econon. Entomol. 88, 1570-1579.
68	BAKER, J. E. & THRONE, J. E. (1995b) Insecticide resistance in beneficial insects associated with stored grain in the southeastern United States. Resistant Pest Management 7, 17.
69	BAKER, J. E. & WEAVER, D. K. (1993) Resistance in field strains of the parasitoid <i>Anisopteromalus calandrae</i> (Hymenoptera: Pteromalidae) and its host, <i>Sitophilus oryzae</i> (L.) (Coleoptera: Curculionidae), to malathion, Chlorpyrifos-methyl, and pirimiphos-methyl. Biological Control 3, 233-242.
70	BAKER, J. E., WEAVER, D. K., THRONE, J. E. & ZETTLER, J. L. (1995) Resistance to protectant insecticides in two field strains of the parasitoid <i>Bracon hebetor</i> (Hymenoptera: Braconidae). J. Econon. Entomol. 88, 512-519.
71	BAMBARA, S. B. & AMBROSE, J. T. (1981) Three parasites of the greater wax moth, <i>Galleria melonella</i> L., observed in North Carolina. American bee journal 121, 104-105.
72	BANKS, H. J. & SHARP, A. K. (1979) Insect control with CO <sub>2</sub> in a small stack of bagged grain in a plastic film enclosure. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry 19, 102-107.
73	BARE C. O. (1942) Some enemies of stored-tobacco insects, with biological notes. J. econ. Ent. 35, 185-189.
74	BARKER, P. S. (1967) Bionomics of <i>Blattisocius keegani</i> (Fox) (Acarina: Ascidae), a predator on eggs of pests of stored grain. Can. J. Zool. 45, 1093-1099.
75	BARKER, P. S. (1991) Bionomics of <i>Cheyletus eruditus</i> (Schrank) (Acarina: Cheyletidae) a predator of <i>Lepidoglyphus destructor</i> (Schrank) (Acarina: Glycyphagidae) at three constant temperatures. Can. J. Zool. 69, 2321-2325.
76	BARKER, P. S. (1992) Bionomics of <i>Nodele calamondin</i> Muma (Acarina: Cheyletidae) fed on <i>Lepidoglyphus destructor</i> (Schrank) (Acarina: Glycyphagidae) at two constant temperatures. Can. J. Zool. 70, 2333-2337.
77	BATTU, G. S. & DHALIWAL, G. S. (1976) Seasonal fluctuations in the population of <i>Anisopteromalus calandrae</i> (Howard) in the laboratory culture of <i>Rhizopertha dominica</i> Fabricius. Current Research 5, 106-107.
78	BEARD, R. L. (1952) The toxicology of <i>Habrobracon</i> venom: a study of a natural insecticide. Conn. Agric. Exp. Sta. Bull. 562, 27pp.
79	BEGON, M., SAIT, S. M. & THOMPSON, D. J. (1995) Persistence of a parasitoid-host system: refuges and generation cycles? Proceedings of the Royal Society of London, Series B, Biological sciences 260, 131-137.
80	BEGON, M. & THOMPSON, D. J. (1996) Predator-prey cycles with period shifts between two- and three-species systems. Nature (London), 381, 311-315.
81	BEGUM, S. (1994) Host selection behaviour of <i>Anisopteromalus calandrae</i> Howard (Hymenoptera: Pteromalidae). Bangladesh Journal of Zoology 22, 203-208.
82	BEGUM, S. (1995) Mating and oviposition behaviour of <i>Anisopteromalus calandrae</i> (Howard) (Hymenoptera: Pteromalidae). Bangladesh Journal of Zoology, 23, 29-34.
83	BELING, I. (1932) Zur Biologie von <i>Nemeritis canescens</i> Grav. (Hymen. Ophion.) I. Züchtungsverfahren und ökologische Beobachtungen. Z. Angew. Ent. 19, 223-249.
84	BELING, I. & STEIN, J. v. (1934) Über den Anflug der Schlupfwespe <i>Nemeritis canescens</i> Grav. und über die Bedeutung des Geruchsinnes bei der Rückkehr zum Wirt. Biologisches Zentralblatt 54, 147-169.
85	BELLOWS, T. S. Jr. (1985a) Effects of host age and host availability on developmental period, adult size, sex ratio, longevity and fecundity in <i>Lariophagus distinguendus</i> Förster (Hymenoptera: Pteromalidae). Res. Popul. Ecol. (Kyoto) 27, 55-64.
86	BELLOWS, T. S. Jr. (1985b) Effects of host age and parasitoid age on search behaviour and oviposition rates in <i>Lariophagus distinguendus</i> Förster (Hymenoptera: Pteromalidae). Res. Popul. Ecol. (Kyoto) 27, 65-76.
87	BELLOWS, T. S. Jr. & HASSELL, M. P. (1988) The dynamics of age-structured host-parasitoid interactions. J. Anim. Ecol. 57, 259-268.

Schölller - Räuber und Parasitoide

88	BENSON, J. F. (1973) Intraspecific competition in the population dynamics of <i>Bracon hebetor</i> SAY (Hymenoptera: Braconidae). J. Anim. Ecol. 42, 105-124.
89	BENSON, J. F. (1974) Population dynamics of <i>Bracon hebetor</i> SAY (Hymenoptera: Braconidae) and <i>Ephestia cautella</i> (Walker) (Lepidoptera: Phycitidae) in a laboratory ecosystem. J. Anim. Ecol. 43, 71-86.
90	BERATLIEF, C. (1966) Un parazit important al gargaritelor cerealelor - <i>Anisopteromalus calandrae</i> How. [An important parasite of the rice weevil, <i>Anisopteromalus calandrae</i> How.]. Analele, Inst. Cercet. Pentru Protect. Plantelor 4, 253-254.
91	BERGER, H. K. (1991) Nützlingseinsatz auch im Vorratsschutz. Der Pflanzenarzt 6, 20-22.
92	BERLINER, E. (1911) Einige Beobachtungen über Lebensweise und Fortpflanzung von <i>Habrobracon hebetor</i> Say, dem Schädling der Mehlmotte. Z. für das gesamte Getreidewesen 3, 42-53.
93	BERLINER, E. (1915) Über die Schlafsucht der Mehlmottenraupe ( <i>Ephestia kühniella</i> Zell.) und ihren Erreger <i>Bacillus thuringiensis</i> n. sp. Z. angew. Ent. 2, 29-56.
94	BERNSTEIN, C. & DRIESSEN, G. (1996) Patch-marking and optimal search patterns in the parasitoid <i>Venturia canescens</i> . Journal of Animal Ecology 65, 211-219.
95	BHATTI, U. S., BHATTI, S. K. & TEOTIA, U. V. S. (1990) Status of natural enemies as biological control agents of stored products insect pests. Proc. 5th Int. Wkng. Conf. Stored Product Prot. Bordeaux, 1990, 1255-1256.
96	BITAW, A. A. & SAAD, A. A. (1988) Natural enemies of date palm pests in Jamahiriya. Arab and Near East Plant Protection Newsletter 7, 26.
97	BITAW, A. A. & SAAD, A. A. (1990) [Survey of natural enemies of date palm pests in Libya]. Arab Journal of Plant Protection (Lebanon) 8, 12-15.
98	BOCZEK, J. (1959) Biologia i ekologia sierposza rozkruszkowca <i>Cheyletus eruditus</i> (Schrank, 1781) (Acarina, Cheyletidae) [Biology and ecology of <i>Cheyletus eruditus</i> (Schrank, 1781)]. Prace nauk. Inst. Ochr. Rosl. 1, 175-230.
99	BODENHEIMER, F. S. (1951) Insects as human food. Junk, The Hague.
100	BÖYE, J. (1988) Autökologische Untersuchungen zum Verhalten des Großen Kornbohrers <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn) (Col.: Bostrichidae) in Costa Rica. PhD Dissertation, Christian-Albrechts-Universität Kiel, xiii + 195 pp.
101	BÖYE, J., LABORIUS, G.-A. & SCHULZ, F. A. (1991) Response of <i>Teretriosoma nigrescens</i> Lewis (Col., Histeridae) to the pheromone of <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn) (Col., Bostrichidae). Anzeiger für Schädlingskunde, Pflanzenschutz und Umweltschutz 65, 153-157.
102	BÖYE, J., BILIWA, A., FISCHER, H. U., HELBIG, J. & RICHTER, J. (1994) The dispersion pattern of <i>Teretriosoma nigrescens</i> Lewis (Col., Histeridae) after its release and monitoring of the occurrence of its host <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn) (Col., Bostrichidae) in the natural environment in Togo. Proc. 6th Int. Wkng. Conf. Stored-product Prot., Canberra, Australia, 1098-1102.
103	BÖYE, J., BILIWA, A., FISCHER, H. U., HELBIG, J. & RICHTER, J. (1995) Le lâcher et la dispersion d'un prédateur du grand capucin du maïs au Togo. SAHEL IPM 2, 2-10.
104	BÖYE, J. & FISCHER, H. U. (1993) Auswanderung von <i>Teretriosoma nigrescens</i> Lewis (Col.: Histeridae) aus einem künstlich besetzten Maisspeicher unter Feldbedingungen in Südtogo. Anz. Schädlnkde., Pflschtz, Umwtschzt. 66, 151-155.
105	BOLDT, P. E. & MARSTON, N. (1974) Eggs of the greater wax moth as a host for <i>Trichogramma</i> . Env. Ent. 3, 545-548.
106	BOONGEUA, W. (1987) Phon khong ya kha malaeng bang chanit thi mi to phisua khaosan <i>Coryca cephalonica</i> Stainton (Lepidoptera: Galleriinae) lae taenbian <i>Bracon hebetor</i> Say (Hymenoptera: Braconidae) [Effect of some common insecticide treatments on the rice moth <i>Coryca cephalonica</i> Stainton (Lepidoptera: Galleriinae) and its parasitoid, <i>Bracon hebetor</i> Say (Hymenoptera: Braconidae)]. Songklanakarin Journal of Science and Technology (Thailand) 9, 343-351.
107	BORGEMEISTER, C., ADDA, C., MARKHAM, R. H., CAMARA, M., OUSSOU, R., SCHOLZ, D., SCHNEIDER, H., MEIKLE, W. G. & Poehling, H.-M. (1996) Advances in the understanding of the ecology of <i>Teretriosoma nigrescens</i> Lewis (Coleoptera: Histeridae), a natural enemy of the exotic larger grain borer <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae). Mitt. a. d. Biol. Bundesanst. 321, 617.
108	BORSTEL, R. C. VON und 20 Coautoren (1968) Mutational response of <i>Habrobracon</i> in the Biosatellite II experiment. Bioscience 18, 598-601.

SCHÖLLER - Räuber und Parasitoide

109	BRICKEY, P. M. & GORHAM, J. R. (1989) Preliminary comments on federal regulations pertaining to insects as food. Food Insects Newsletter 2, 7.
110	BRIDWELL, J. C. (1919) Some additional notes on Bruchidae and their parasites in the Hawaiian Islands. Proc. Hawaiian Ent. Soc. 4, 15.
111	BROOKS, W. M. (1993) Host-parasitoid-pathogen interactions. In: Beckage, N. E., Thomson, S. N. and Federici, B. A.: Parasites and pathogens of insects, Vol. 2: Pathogens. Academic Press, San Diego, 231-727.
112	BROWER, J. H. (1982) Parasitization of irradiated eggs and eggs from irradiated adults of the Indianmeal moth (Lepidoptera: Pyralidae) by <i>Trichogramma pretiosum</i> (Hymenoptera: Trichogrammatidae). J. Econ. Ent. 75, 939-944.
113	BROWER, J. H. (1983a) Eggs of stored-product Lepidoptera as hosts for <i>Trichogramma evanescens</i> (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Entomophaga 28, 355-362.
114	BROWER, J. H. (1983b) Utilization of stored-product Lepidoptera eggs as hosts by <i>Trichogramma pretiosum</i> Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). J. Kansas Entomol. Soc. 56, 50-54.
115	BROWER, J. H. (1984a) The natural occurrence of the egg parasite, <i>Trichogramma</i> , on almond moth eggs in peanut storages in Georgia. J. Georgia Ent. Soc. 19, 285-290.
116	BROWER, J. H. (1984b) <i>Trichogramma</i> : potential new biological control method for stored-product-Lepidoptera. - Proceedings of the Third International Working Conference on Stored-Product Entomology October 23-28, Kansas State University Press, Manhattan, USA, 726 pp.
117	BROWER, J. H. (1984c): Suppression of stored-product moth populations by release of <i>Trichogramma</i> . Int. Congr. Ent. (Hamburg) 17, 790.
118	BROWER, J. H. (1988a): Parasite and predator rearing facilitated by irradiation of hosts or artificial diets. In: Gupta, V. K. (ed.), Advances in Parasitic Hymenoptera Research, Brill, Leiden, 533-546.
119	BROWER, J. H. (1988b): Population suppression of the Almond Moth and the Indianmeal Moth (Lepidoptera: Pyralidae) by release of <i>Trichogramma pretiosum</i> (Hymenoptera: Trichogrammatidae) into simulated peanut storages. J. Econ. Ent. 81, 944-948.
120	BROWER, J. H. (1990a) Host locating ability of <i>Trichogramma pretiosum</i> RILEY (Hymenoptera: Trichogrammatidae) in inshell peanuts under laboratory conditions. J. Agric. Ent. 7, 265-273.
121	BROWER, J. H. (1990b) Biological control of <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn) with parasitic Hymenoptera. Proc. 5th Int. Wkng. Conf. Stored Product Prot. Bordeaux, 1990, 1257-1258.
122	BROWER, J. H. (1990c) Pests of stored products. In: HABECK, D. H., BENNETT, F. D. & FRANK, J. H. (eds.). Classical biological control in the southern United States. Southern States Cooperative Series Bulletin 355, 113-122. Gainesville, Florida, 197pp.
123	BROWER, J. H. (1991a) Influence of light on dispersal of <i>Trichogramma pretiosum</i> in a warehouse. Les Colloques d'INRA 56, 55-58.
124	BROWER, J. H. (1991b) Potential host range and performance of a reportedly monophagous parasitoid, <i>Pteromalus cerealellae</i> (Hymenoptera: Pteromalidae). Entomol. News 102, 231-235.
125	BROWER, J. H. (1991c) Replacing fumigants with beneficial insects. Agric. Res. 39, 14-16.
126	BROWER, J. H. (1991d) Biologicals: insect diseases, insect parasites, and predators. In: KRISCHIK, V., CUPERUS, G. & GALLIART, D. (eds.) Management of grain, bulk commodities, and bagged products. USDA, Cooperative Extension Service, Circular E-912, 195-200.
127	BROWER, J. H. & CLINE, L. D. (1984) Response of <i>Trichogramma pretiosum</i> and <i>T. evanescens</i> (Hymenoptera, Trichogrammatidae) to whitelight, blacklight or no-light suction traps. Florida Ent. 67, 262 - 267.
128	BROWER, J. H. & MULLEN, M. A. (1990) Effects of <i>Xylocoris flavipes</i> (Hemiptera: Anthocoridae) releases on moth populations in experimental peanut storages. J. ent. Sci. 25, 268-276.
129	BROWER, J. H., PARKER, R. & COGBURN, R. (1995) Biologicals: Insect diseases, insect parasites, and predators. In: KRISCHIK, V., CUPERUS, G. & GALLIART, D. (eds.) Stored product management. Circular E-912. Cooperative Extension Service, Oklahoma State University 219-225.
130	BROWER, J. H. & PRESS, J. W. (1988) Interactions between the egg parasite <i>Trichogramma pretiosum</i> (Hymenoptera: Trichogrammatidae) and a predator, <i>Xylocoris flavipes</i> (Hemiptera: Anthocoridae) of the almond moth, <i>Cadra cautella</i> , (Lepidoptera: Pyralidae). J. ent. Sci. 23, 342-349.

## Schölller - Räuber und Parasitoide

131	BROWER, J. H. & PRESS, J. W. (1990) Interaction of <i>Bracon hebetor</i> (Hymenoptera: Braconidae) and <i>Trichogramma pretiosum</i> (Hymenoptera: Trichogrammatidae) in suppressing stored-product moth populations in small inshell peanut storages. J. Econ. Ent. 83, 1096-1101.
132	BROWER, J. H. & PRESS, J. W. (1992) Suppression of residual populations of stored-product pests in empty corn bins by releasing the predator <i>Xylocoris flavipes</i> (REUTER). Biol. Control 2, 66-72.
133	BROWER, J. H., SMITH, L., VAIL, P. V. & FLINN, P. W. (1996) Biological control. In: SUBRAMANYAM, B. H. & HAGSTRUM, D. W. (eds.) Integrated Management of insects in stored products, pp. 223-286. Marcel Dekker, New York.
134	BROWER, J. H., SMITH, L. & WILEYTO, E. P. (1994) The use of multiple trapping methods to assess population size: an evaluation. In Proceedings of the 6th International working Conference on Stored-product Protection (Edited by HIGHLEY E., WRIGHT E. J., BANKS H. J. & CHAMP B. R.), pp. 385-389. Canberra, Australia, 1994.
135	BRUCE, W. A. (1983) Current status and potential for use of mites as biological control agents of stored product pests. In: HOY, M. A., CUNNINGHAM, G. L. & KNUTSON, L. V. (eds.) Biological Control of pests by mites. Spec. Publ. 3304, Div. Agr. Nat. Resour. Univ. Calif., Berkeley, 74-78.
136	BRUCE, W. A. & LECATO, G. L. (1983) <i>Pyemotes tritici</i> : Potential biological control agent of stored-product insects. In: RODRIGUEZ, J. G. (ed.) Rec. Adv. Acarol. 1, 213-220. Academic Press, New York.
137	BUCHWALD, J. & BERLINER, E. (1910) <i>Habrobracon hebetor</i> Say. Ein Bundesgenosse im Kampf gegen die Mehlmotte. Z. f. das ges. Getreidewesen 2, 1-4.
138	BÜTTIGER, W. & RUTHER, H. (1979) Ein Fall von Belästigung des Menschen durch <i>Lyctocoris campestris</i> Fabr. (Ins. Hemiptera) in der Schweiz. Mitt. Schweiz. Entomol. Ges. 52, 427-430.
139	BURGES, H. D. (1965) Possibilities of biological control of stored product insects. Proc. 12. Intern. Congr. Ent. London, 659.
140	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) 5, 391-399. Allanheld, Osmun, Totowa.
141	CANDURA, G. S. (1928) Contributo alla cocoscenza della tignola grigia delle provviste alimentari, <i>Ephestia kuehniella</i> Zeller e del suo parassita, <i>Nemeritis canescens</i> Gravenhorst. Boll. Zool. Gen. Agr. Portici 21, 149-251.
142	CHARNOV, E. L., LOS-DEN-HARTOGH, R. L., JONES, W. T. & ASSEM, J. van den (1981) Sex ratio evolution in a variable environment. Nature 289, 27-33.
143	CHATTERJI, S. (1954) Notes on <i>Bruchobius lariceps</i> (Hymenoptera: Chalcididae) parasitic on <i>Bruchus chinensis</i> L. Indian J. Entomol. 16, 77-78.
144	CHATTERJI, S. (1955) Studies on the biology of <i>Aplastomorpha calandreae</i> Howard (Insecta: Hymenoptera: Chalcidae) parasitic on some storage pests. Proc. Zool. Soc. 8, 11-23.
145	CHEEMA, P. S. & MISRA, J. N. (1962) Mode of oviposition of <i>Bruchobius lariceps</i> Ashm. (Hym., Chalcidoidea) a parasite of <i>Callisobruchus</i> sp.. Curr. Sci. 31, 21-22.
146	CHIHRANE, J., LAUGÉ, G. & HAWLITZKY, N. (1993) Effects of high temperature shocks on the development and biology of <i>Trichogramma brassicae</i> (Hym.: Trichogrammatidae). Entomophaga 38, 185-192.
147	CHO, H. W. (1989) Influence of food combination on the life history of the rice weevil, <i>Sitophilus oryzae</i> (L.) (Coleoptera: Curculionidae), and interaction with its ectoparasitoid, <i>Lariophagus distinguendus</i> (Förster) (Hymenoptera: Pteromalidae). M. S. thesis, Korean Univ. Seoul (in Korean with English summary).
148	CHOON, K. Y. & MUN, I. R. (1989) Host preference of <i>Lariophagus distinguendus</i> Förster (Hymenoptera: Pteromalidae) for the instars of the rice weevil ( <i>Sitophilus oryzae</i> (L.)) (Coleoptera: Curculionidae) and sex ratio of the parasitoid in relation to the host. Korean J. Appl. Entomol. 28, 28-31.
149	CHUN, Y. S., RYOO, M. I. & SHIN, S. S. (1993) Effects of host on the life history of parasitoids, <i>Anisopteromalus calandreae</i> and <i>Lariophagus distinguendus</i> (Pteromalidae, Hymenoptera). Korean Journal of Entomology 23, 253-259.



SCHÖLLER - Räuber und Parasitoide

150	CHUN, Y. S., YOON, T. J., SHIN, S. S. & RYOO, M. I. (1992) Relationship between temperature and development of an ectoparasitoid of rice weevil (Curculionidae: Coleoptera), <i>Anisopteromalus calandrae</i> (Pteromalidae: Hymenoptera). Korean journal of entomology 22, 297-303.
151	CLARK, A. M. (1963) The influence of diet upon adult life span of two species of <i>Bracon</i> . Ann. Ent. Soc. Am. 56, 616-619.
152	CLINE, L. D. (1989) Effect of host availability and light conditions on light trap catches of <i>Bracon hebetor</i> (Hymenoptera: Braconidae). J. Econ. Ent. 82, 430-432.
153	CLINE, L. D., FLAHERTY, B. R. & PRESS, J. W. (1983) Response of selected parasitoids and predators of stored-product insects to whitelight or blacklight traps. J. econ. Entomol. 76, 298-301.
154	CLINE, L. D. & PRESS, J. W. (1990) Reduction in almond moth (Lepidoptera: Pyralidae) infestations using commercial packaging of foods in combination with the parasitic wasp, <i>Bracon hebetor</i> (Hymenoptera: Braconidae). J. econ. Entomol. 83, 1110-1113.
155	CLINE, L. D., PRESS, J. W. & FLAHERTY, B. R. (1984) Preventing the spread of the Almond moth (Lepidoptera: Pyralidae) from infested food debris to adjacent uninfested packages, using the parasite <i>Bracon hebetor</i> (Hymenoptera: Braconidae). J. Econ. Entomol. 77, 331-333.
156	CLINE, L. D., PRESS, J. W. & FLAHERTY, B. R. (1985) Suppression of the rice weevil <i>Sitophilus oryzae</i> (Coleoptera; Curculionidae), inside and outside of burlap, woven polypropylene and cotton bags by the parasitic wasp <i>Anisopteromalus calandrae</i> (Hymenoptera; Pteromalidae). J. Econ. Ent. 78, 835-838.
157	CLINE, L. D., PRESS, J. W. & FLAHERTY, B. R. (1986) Protecting uninfested packages from attack by <i>Cadra cautella</i> (Lepidoptera: Pyralidae) with the parasitic wasp <i>Venturia canescens</i> (Hymenoptera: Ichneumonidae). J. Econ. Ent. 79, 418-420.
158	COGBURN, R. R. & BROWER, J. H. (1990) Biological control of stored-product insects in rice. In: Proceedings of 23rd Rice Technology Working Conference Biloxi, MS.
159	COGBURN, R. R. & BROWER, J. H. (1991) Insect parasitoids and predators for biological control of insect pests of rough rice stored in cylindrical metal bins. J. Econ. Ent. ?
160	COMBESCOT, C., ESLAMI, J., GOMEZ-ALVAREZ, L., KALMES, R. & ROJAS-ROUSSE, D. (1988) Bilan nutritionnel au cours du développement de l'ectoparasite grégaire <i>Dinarmus vagabundis</i> et du solitaire <i>Dinarmus basalis</i> . Ent. exp. appl. 46, 63-70.
161	COMSTOCK, J. H. (1881) Report of the entomologist. U. S. D. A. Rept. (1880), 273.
162	COOK, J. M. (1991) Sex determination and sex ratios in parasitoid wasps. Ph. D. diss., Universität London.
163	COOK, R. M. & HUBBARD, S. F. (1980) Effect of host density on searching behaviour of <i>Nemeritis canescens</i> (Hymenoptera: Ichneumonidae). Entomol. Exp. Appl. 27, 205-210.
164	COOK, J. M., RIVERO LYNCH, A. P. & GODFRAY, H. C. J. (1994) Sex ratio and foundress number in the parasitoid wasp <i>Bracon hebetor</i> . Animal behaviour 47, 687-696.
165	COOMBS, C. W. & WOODROFFE, G., E. (1968) Changes in arthropod fauna of an experimental bulk of stored wheat. J. Appl. Ecol. 5, 563-574.
166	CORBET, S. A. (1966) Delayed development in the ichneumonid parasite <i>Nemeritis canescens</i> (Gravenhorst). Ph.D. thesis, Cambridge.
167	CORBET, S. A. (1968) The influence of <i>Ephestia kuehniella</i> on the development of its parasite <i>Nemeritis canescens</i> . J. Exp. Biol. 48, 291-304.
168	CORBET, S. A. (1971) Mandibular gland secretion of larvae of the flour moth, <i>Anagasta kuehniella</i> , contains an epideitic pheromone and elicits oviposition movements in a hymenopteran parasite. Nature (Lond.) 232, 481-484.
169	CORBET, S. A. (1973a) Concentration effects and the response of <i>Nemeritis canescens</i> to a secretion of its host. J. Insect. Physiol. 19, 2119-2128.
170	CORBET, S. A. (1973b) Oviposition pheromone in larval mandibular glands of <i>Ephestia kuehniella</i> . Nature 243 (5409), 537-538.
171	CORBET, S. A. & ROTHERAM, S. (1965) The life history of the ichneumonid <i>Nemeritis</i> ( <i>Devorgilla</i> ) <i>canescens</i> (Gravenhorst) as a parasite of the Mediterranean flour moth, <i>Ephestia</i> ( <i>Anagasta</i> ) <i>kuehniella</i> Zeller, under laboratory conditions. Proc. R. Entomol. Soc. London (A) 40, 67-72.
172	COTTON, R. T. (1922) Broad-nosed grain weevil. U. S. D. A. Bull. 1085. 10pp.

## Schöller - Räuber und Parasitoide

173	COTTON, R. T. (1923) <i>Aplastomorpha vandinei</i> Tucker, an important parasite of <i>Sitophilus oryzae</i> L. J. Agric. Res. 23, 549-555.
174	COTTON, R. T. & GOOD, N. E. (1937) Annotated list of the insects and mites associated with stored grain and cereal products, and of their arthropod parasites and predators. U. S. Dep. Agr. Misc. Pub. 258, Washington, 81pp.
175	COX, P. D. & BELL C. H. (1981) A review of the biology of moth pests on stored products. ADAS Publ., Slough Laboratory, Berks, 224pp.
176	CROOK, L. J., BULL, J. O. & CORNWELL, P. B. (1960) Some biological and ecological studies on flour-mill moth, <i>Anagasta (Ephestia) kuhniella</i> Zell., for an appraisal of sterile male release. A.E.R.E.-Publication R 3297, Harwell, 35pp.
177	DANIEL, M. & KUMAR, T. P. (1979) Storage pests of arecanut - a survey. Journal of Plantation Crops 7, 36-41.
178	DARST, P. H. & KING, E. W. (1969) Biology of <i>Melichares tarsalis</i> in association with <i>Plodia interpunctella</i> . Ann. Entomol. Soc. Am. 62, 747-749.
179	DAVIAULT, L. (1930) Notes biologiques sur <i>Nemeritis canescens</i> Grav. et sur la morphologie de ses divers stades. Rev. Path. vég. Ent. Agr. 17, 82-93.
180	DEBACH, P. (1974) Biological control by natural enemies. London, Cambr. Univ. Press, 323 pp.
181	DELOBEL, A. (1989) <i>Uscana caryedoni</i> (Hym. Trichogrammatidae): possibilités d'utilisation en lutte biologique contre la bruche de l'arachide, <i>Caryedon serratus</i> (Col.: Bruchidae). Entomophaga 34, 351-363.
182	DE ONG, E. R. (1923) <i>Habrobracon juglandis</i> Ashmead, as a parasite of <i>Plodia interpunctella</i> Hübn. J. econ. ent 16, 550-551.
183	DETMERS, H.-B. (1992) Empfindlichkeit der Entwicklungsstadien von <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn) (Col: Bostrichidae) und <i>Teretriosoma nigrescens</i> Lewis (Col: Histeridae) gegenüber Methylbromid. Ph.D. dissertation Technische Univ. Berlin, 189 pp.
184	DHALIWAL, G. S. (1975) Incidence of <i>Anisopteromalus calandrae</i> How. (Hymenoptera: Pteromalidae) on <i>Sitophilus oryzae</i> L. Ent. Newslett. 5, 23.
185	DHALIWAL, G. S. (1977) Incidence of storage insect pests in rural areas. Indian Journal of Entomology 39, 114-116.
186	DHALIWAL, G. S. & BATTU, G. S. (1976) Occurrence of <i>Anisopteromalus calandrae</i> How. in the laboratory culture of <i>Rhyzopertha dominica</i> F. Bull. Grain. Tech. 14, 156-157.
187	DHIR, S. (1977) Further observations on oviposition of <i>Dinarmus vagabundus</i> Timb. (Hymenoptera: Pteromalidae). Curr. Sci. 46, 18.
188	DIAMOND, M. A. (1929) The biology of <i>Nemeritis canescens</i> , a parasite of the Mediterranean flour moth. 60th Ann Rep. Ent. Soc. Ontario, 84-89.
189	DOBIE, P. (1984) Integrated control: the role of biological methods. Trop. Stored Prod. Inf. 48, 37-45.
190	DOUTT, R. L. (1959) Distribution of eggs by <i>Microbracon hebetor</i> (Hymenoptera: Braconidae). Ecology 40, 302-303.
191	DRIESSEN, G., BERNSTEIN, C., ALPHEN, J. J. M. VAN & KACELNIK, A. (1995) A count-down mechanism for host search in the parasitoid <i>Venturia canescens</i> . Journal of Animal Ecology 64, 117-125.
192	DUNKEL, F. V. (1992) The stored grain ecosystem: a global perspective. J. stored Prod. Res. 28, 73-87.
193	ELLIOT, M, JANES, N. F., STEVENSON, J. H. & WALTERS, J. H. H. (1983) Insecticidal activity of the pyrethrins and related compounds. Part XIV: Selectivity of pyrethroid insecticides between <i>Ephestia kuehniella</i> and its parasite <i>Venturia canescens</i> . Pestic. Sci. 14, 423-426.
194	EL-SAYED, H. S., EL-MOURSRY, A. A., EESA, N. M. & RAMADAN, H. A. (1993) Toxicity of certain insecticides to the cigarette beetle <i>Lasioderma serricorne</i> (F.) (Coleoptera: Anobiidae) and its parasitoid, <i>Anisopteromalus calandrae</i> (Howard) (Hymenoptera: Pteromalidae). Bulletin of the Entomological Society of Egypt 20, 239-251.
195	ELSEY, K. D. & CHEATHAM, J. S. (1976) Contact toxicity of insecticides to three natural enemies of the tobacco hornworm and tobacco budworm. Tobacco Sci. 20, 92-93.
196	EMDEN, F. van (1931) Zur Kenntnis der Morphologie und Ökologie des Brotkäfer-Parasiten <i>Cephalonomia quadridentata</i> Duchaussoy. Z. f. Morphol. u. Ökol. d. Tiere 23, 425-574.
197	ESLAMI, D. (1982) Mise en évidence du gréganisme larvaire chez <i>Dinarmus vagabundus</i> (T.). D.E.A. Université François Rabelais Tours, 30 pp.

198	ESLAMI, D. (1985) Comportement de ponte, fécondité et descendance de l'Hyménoptère grégaire <i>Dinarmus vagabundus</i> . Thèse Université François Rabelais, Tours, 75 pp.
199	EVANS, H. E. (1978) The Bethyliidae of America north of Mexico. Am. Ent. Inst. Mem. 27. Ann Arbor, Michigan.
200	FABRES, G. & REYMONET, C. (1991) L'induction maternelle de la diapause larvaire chez <i>Dinarmus acutus</i> (Hym.: Pteromalidae). Entomophaga 36, 121-129.
201	FARGHALY, H. T. & RAGAB, Z. A. (1987) Relationship between relative humidity and adult biology of <i>Bracon hebetor</i> Say. Bull. Soc. Entomol. Egypte 65, 131-135.
202	FARGHALY, H. T. & RAGAB, Z. A. (1993) Effect of low-temperature storage on pupae of <i>Bracon hebetor</i> Say (Hymenoptera: Braconidae). Bulletin of Faculty of Agriculture, University of Cairo 44, 697-706.
203	FINLAYSON, L. H. (1950a) The biology of <i>Cephalonomia waterstoni</i> Gahan (Hym., Bethyliidae), a parasite of <i>Laemophloeus</i> (Col., Cucujidae). Bulletin of Entomological Research 41, 79-97.
204	FINLAYSON, L. H. (1950b) Host preference of <i>Cephalonomia waterstoni</i> Gahan, a bethylid parasitoid of <i>Laemophloeus</i> species. Behaviour 2, 275-316.
205	FLANDERS, S. E. (1943) Partial oosorption as a possible cause of diploid males in <i>Microbracon hebetor</i> . Am. Nat. 77, 479-480.
206	FLANDERS, S. E. & BADGLEY, M. E. (1960) A host-parasite interaction conditioned by predation. Ecology 41, 363-365.
207	FLANDERS, S. E. & BADGLEY, M. E. (1963) Predator-prey interaction in self-balanced laboratory populations. Hilgardia 35, 145-183.
208	FLETCHER, J. P., HUGHES, J. P. & HARVEY, I. F. (1994) Life expectancy and egg load affect oviposition decisions of a solitary parasitoid. Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences 258, 163-167.
209	FLINN, P. W. (1991) Temperature-dependent functional response of the parasitoid <i>Cephalonomia waterstoni</i> (Gahan) (Hymenoptera: Bethyliidae) attacking rusty grain beetle larvae (Coleoptera: Cucujidae). Environ. Ent. 20, 872-876.
210	FLINN, P. W. & HAGSTRUM, D. W. (1990) Stored grain advisor: knowledge-based system for management of insect pests of stored grain. Artif. Intell. applic. Nat. Resour. 4, 44-52.
211	FLINN, P. W. & HAGSTRUM, D. W. (1995) Simulation model of <i>Cephalonomia waterstoni</i> (Hymenoptera: Bethyliidae) parasitizing the rusty grain beetle (Coleoptera: Cucujidae). Environ. Entomol. 24, 1608-1615.
212	FLINN, P. W., HAGSTRUM, D. W. & MCGAUGHEY, W. H. (1994) Suppression of insects in stored wheat by augmentation with parasitoid wasps. Proc. 6th Int. Wkng. Conf. Stored-product Prot. Canberra, Australia, 1103-1105.
213	FLINN, P. W., HAGSTRUM, D. W. & MCGAUGHEY, W. H. (1996) Suppression of beetles in stored wheat by augmentative releases of parasitic wasps. Environ. Entomol. 25, 505-511.
214	FRANQUI RIVERA, R. A. (1995) Behavior, patterns of seasonal field activity and cold tolerance in <i>Bracon hebetor</i> Say (hymenoptera: Braconidae). Dissertation, University of Wisconsin-Madison, 143 S.
215	FRANZ, J. M. & KRIEG, A. (1982) Biologische Schädlingsbekämpfung. 3. Aufl, Parey, Berlin 252 pp.
216	FROGGATT, W. W. (1912) Parasitic enemies of the mediterranean flour-moth ( <i>Ephesia kuehniella</i> , Zeller). Agric. Gaz. New South Wales 23, 307-311.
217	FUJII, K. (1983) Resource dependent stability in an experimental laboratory resource-herbivore-carnivore system. Res. Popul. Ecol. Suppl. 3, 15-26.
218	FUJII, K. & WAI, K. M. (1990) Sex-ratio determination in three wasp species ectoparasitic on bean weevil larvae. In: FUJII, K., GATEHOUSE, A. M. R., JOHNSON, C. D., MITCHELL, R. and YOSHIDA, Y. (eds.) Bruchids and legumes: economics, ecology and coevolution, 331-340. Kluwer Academic Publishers, Series Entomologica 46, Dordrecht.
219	FULTON, B. B. (1933) Notes on <i>Habrocytus cerealellae</i> , parasite of the Angoumois grain moth. Ann. Entomol. Soc. Am. 26, 536-553.
220	FUKUSHIMA, J.-I., KUWAHARA, Y. & SUZUKI, T. (1989) Isolation and identification of a kairomone responsible for the stinging behavior of <i>Bracon hebetor</i> Say (Hymenoptera: Braconidae) from frass of the almond moth <i>Cadra cautella</i> Walker. Agr. Biol. Chem. 53, 3057-3059.
221	FUXA, J. R. (1993) Insect resistance to viruses. In: Beckage, N. E., Thomson, S. N. and Federici, B. A.: Parasites and pathogens of insects, Vol. 2: Pathogens. Academic Press, San Diego, 197-209.

## Schöller - Räuber und Parasitoide

222	GAHAN, A. B. (1931) On certain hymenopterous parasites of stored-grain insects. J. Washington Acad. Sci. 21, 213-221.
223	GAHUKAR, R. T. (1994) Storage of food grains and insect control in developing countries. Insect. Sci. Applic. 15, 383-400.
224	GALLOWAY, K. S. & GRANT, B. (1989) Reverse sex-ratio adjustment in an apparently outbreeding wasp, <i>Bracon hebetor</i> . Evolution 43, 465-468.
225	GANESALINGAM, V. K. (1974) Mechanism of discrimination between parasitized and unparasitized hosts by <i>Venturia canescens</i> (Hymenoptera: Ichneumonidae). Ent. exp. appl. 17, 36-44.
226	GARDNER, S. M. & VAN LENTEREN, J. C. (1986) Characterisation of the arrestment responses of <i>Trichogramma evanescens</i> . Oecologia (Berlin) 68, 265-270.
227	GELOSI, A. (1982) Punteruolo del riso ( <i>Sitophilus oryzae</i> Linneus) [Rice weevil ( <i>Sitophilus oryzae</i> Linneus)]. Informatore Fitopatologico 32, 31-34.
228	GELOSI, A. & ARCOZZI, L. (1983) Tonchio del fagiolo ( <i>Acanthoscelides obsoletus</i> Say) [Bean bruchid ( <i>Acanthoscelides obsoletus</i> Say)]. Informatore Fitopatologico 33, 35-38.
229	GENIEYS, P. (1924). <i>Habrobracon brevicornis</i> Wesm.: the effects of the environment and the variation which it produces Ann. Ent. Soc. Am. 18, 143-202.
230	GERLING, D. & MORDECHAI, Y. B. (1973) Biological observations with <i>Zeteticontus</i> sp. (Hymenoptera: Encyrtidae), a parasite of <i>Carpophilus hemipterus</i> (L.) (Coleoptera: Nitidulidae). Proc. Hawaiian Entomol. Soc. 23, 351-354.
231	GHANI, M. A. (1943) Ecological studies of I. the book louse, <i>Liposcelis divinatorius</i> (Müll.) II. the granary weevil parasite, <i>Aplastomorpha calandreae</i> (How.). PhD. dissertation, University of Massachusetts, Amherst, Massachusetts.
232	GHANI, M. A. & SWEETMAN, H. L. (1955) Ecological studies on the granary weevil parasite, <i>Aplastomorpha calandreae</i> (Howard). Biologia 1, 115-139.
233	GLORIA, B. R. (1972) Informacion preliminar sobre las principales plagas de los granos Imacenados en la costa peruana [Preliminary information on the principal pests of stored grain on the coast of Peru]. Revista Peruana de Entomologia 15, 219-224.
234	GLOVER, P. M. & CHATTERJEE, K. C. (1936) A preliminary note on the bionomics and economic importance of <i>Microbracon hebetor</i> Say, a braconid new to North India. Proc. Indian. Acad. Sci., B, 3, 195-211.
235	GODFRAY, H. C. J. (1994) Parasitoids: Behavioral and evolutionary ecology. Princeton University Press, Princeton, ix+447 pp.
236	GOLOB, P., BROADHEAD, P. & WRIGHT, M. (1990) Susceptibility of <i>Teretriosoma nigrescens</i> Lewis (Coleoptera: Histeridae) to insecticide. Proc. 5th Int. Wkng. Conf. Stored Product Prot. Bordeaux, 1990, 1259-1264.
237	GOMEZ-ALVAREZ, L. E. (1980) Etudes de quelques aspects de la biologie d'un chalcidien <i>Dinarmus basalis</i> ectoparasite de bruchidae nécessaires à l'étude du taux sexuel. Thèse de l'Université François Rabelais, Tours, France, 96 pp..
238	GONCALVES, L. I., BITRAN, H. V. & BITRAN, E. A. (1976) Contribuicao ao estudo da biologia do caruncho do cafe <i>Araecerus fasciculatus</i> (De Geer, 1775) (Coleoptera, Anthribidae) [Contribution on the biology study of the coffee-bean weevil <i>Aeracerus fasciculatus</i> (Coleoptera: Anthribidae).] Arquivos do Instituto Biologico Sao Paulo 43, 81-88.
239	GONEN, M. & KUGLER, J. (1970) Notes on the biology of <i>Lariophagus distinguendus</i> (Foerster) (Hym. Pteromalidae) as a parasite of <i>Sitophilus oryzae</i> (L.) (Col. Curculionidae). Israel Journal of Entomology 5, 133-140.
240	GOODRICH, E. S. (1921) Note on the Hymenoptera parasitic on beetles infesting grain. Rep. grain pest Com. 9
241	GORDH, G. (1987) Parasitic wasps (Apocrita, Hymenoptera). In: GORHAM, J. R. (ed.) Insect and mite pests in food. An illustrated key. U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook 655, 449-477.
242	GORDH, G. & HARTMAN, H. (1991) Hymenopterous parasites of stored-food insect pests. In: GORHAM, J. R. (ed.) Ecology and management of food-industry pests. Food and Drug Admin., Tech. Bull. 4, 217-227.
243	GORDON, D. M., NISBET, R. M., DE ROOS, A., GURNEY, W. S. C. & STEWART, R. K. (1991) Discrete generations in host-parasitoid models with contrasting life cycles. Journal of animal ecology 60, 295-308.

SCHÖLLER - Räuber und Parasitoide

244	GORDON, D. M. & TRUDEAU, D. (1989) Factors determining the functional response of the parasitoid <i>Venturia canescens</i> . <i>Entomologia experimentalis et applicata</i> 50, 3-6.
245	GORHAM, J. R. (1989) Foodborne filth and human disease. <i>J. Food Protection</i> 52, 674-677.
246	GRILLO RAVELO, H. & CASTELLO ROSSELL, G. (1987) Bionomia de <i>Bracon hebetor</i> Say (Hymenoptera: Braconidae), parasito en las crías artificiales de <i>Galleria mellonella</i> (Lin.) (Lepidoptera: Pyralidae) [Bionomy of <i>Bracon hebetor</i> Say (Hymenoptera: Braconidae), parasite of the artificial larvae of <i>Galleria mellonella</i> Lin. (Lepidoptera, Pyralidae)]. <i>Centro agrícola (Cuba)</i> 14, 22-30.
247	GROSCH, D. S. (1948a) Dwarfism and differential mortality in <i>Habrobracon</i> . <i>J. Exp. Zool.</i> 107, 289-313.
248	GROSCH, D. S. (1949) The relation of the midgut to growth and development of <i>Habrobracon</i> , with pertinent note on sporozoan infection. <i>J. Elisha Mitchell Sci. Soc.</i> 65, 61-70.
249	GROSCH, D. S. (1950) Starvation studies with the parasitic <i>Habrobracon</i> . <i>Biol. Bull. mar. biol. Lab. Woods Hole</i> 99, 65-73.
250	GUEDES, R. N. (1991) Manejo integrado para a proteção de grãos armazenados contra insetos. <i>Rev. Bras. de Armaz., Viçosa</i> 15 and 16 1990/91, 3-48.
251	GUERTIN, D. S., ODE, P. J., STRAND, M. R. & ANTOLIN, M. F. (1996) Host-searching and mating in an outbreeding parasitoid wasp. <i>Ecological Entomology</i> 21, 27-33.
252	GÜLEL, A. (1982) Studies on the biology of <i>Dibrachis boarmiae</i> (Walker) (Hymen., Pteromalidae) parasitic on <i>Galleria mellonella</i> L. <i>Z. Ang. Entomol.</i> 94, 138-149.
253	GUL, M. & GÜLEL, A. (1995a) Effect of superparasitism in parasitoid <i>Bracon hebetor</i> (Say) (Hymenoptera: Braconidae) on Fecundity and Sex-Ratio. <i>Turkish Journal of Zoology</i> , 19, 237-240.
254	GUL, M. & GÜLEL, A. (1995b) Biology of parasitoid <i>Bracon hebetor</i> (Say) (Hymenoptera: Braconidae) and the effect of host larva size on fecundity and sex-ratio. <i>Turkish Journal of Zoology</i> , 19, 231-235.
255	HAGSTRUM, D. W. (1983) Self-provisioning with paralyzed hosts and age, density, and concealment of hosts as factors influencing parasitization of <i>Ephestia cautella</i> (Walker) (Lepidoptera, Pyralidae) by <i>Bracon hebetor</i> Say (Hymenoptera: Braconidae). <i>Environ. Entomol.</i> 12, 1727-1732.
256	HAGSTRUM, D. W. (1987) Seasonal variation of stored wheat environment and insect populations. <i>Environ. Entomol.</i> 16, 77-83.
257	HAGSTRUM, D. W. & FLINN, P. W. (1992) Integrated pest management of stored-grain insects. In: Saurer, D. B. ed., <i>Storage of cereal grains and their products</i> . American Association of Cereal Chemists. St. Paul, Minnesota, USA, 535 - 562.
258	HAGSTRUM, D. W. & FLINN, P. W. (1996) Integrated pest management. In: SUBRAMANYAM, B. H. & HAGSTRUM, D. W. (eds.) <i>Integrated Management of insects in stored products</i> , pp. 399-408. Marcel Dekker, New York.
259	HAGSTRUM, D. W. & SHARP, J. E. (1975) Population studies on <i>Cadra cautella</i> in a citrus pulp warehouse with particular reference to diapause. <i>J. Econ. Ent.</i> 68, 11-14.
260	HAGSTRUM, D. W. & SMITTLE B. J. (1978) Host-utilization by <i>Bracon hebetor</i> . <i>Env. Ent.</i> 7, 596-600.
261	HAGSTRUM, D. W. & SMITTLE B. J. (1992) Host-finding ability of <i>Bracon hebetor</i> and its influence upon adult parasite survival and fecundity. <i>Env. Ent.</i> , 6, 437-439.
262	HAINES, C. P. (1981) Laboratory studies on the role of an egg predator, <i>Blattisocius tarsalis</i> (Berlese) (Acari: Ascidae), in relation to the natural control of <i>Ephestia cautella</i> (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae) in warehouses. <i>Bull. Entomol. Research</i> 71, 555-574.
263	HAINES, C. P. (1984) Biological methods for integrated control of insects and mites in tropical stored products III The use of predators and parasites. <i>Trop. Stored Prod. Inf.</i> 48, 17-25.
264	HALL, D. W. (1951) Observations on the distribution, habits and life history of the bug <i>Piezostethus galactinus</i> (Fieb.) (Hemiptera: Anthocoridae). <i>Ent. monthly Mag.</i> 87, 45-52.
265	HARCOURT, D. G. (1969) The development of life-tables. <i>A. Rev. Ent.</i> 14, 175-196.
266	HARDY, I. C. W. & BLACKBURN, T. M. (1991) Brood guarding in a bethylid wasp. <i>Ecological Entomology</i> 16, 55-62.
267	HARRIES, F. H. (1937) Some effects of temperature on the development and oviposition of <i>Microbracon hebetor</i> (Say). <i>Ohio J. Sci.</i> 37, 165-171.
268	HARRISON, E. G., FISHER, R. C. & ROSS, K. M. (1985) The temporal effects of Dufour's gland secretion in host discrimination by <i>Nemeritis canescens</i> . <i>Entomol. Exp. Appl.</i> 38, 215-220.

## Schöller - Räuber und Parasitoide

269	HARVEY, I. F., MARRIS, G. & HUBBARD, S. (1988) Adaptive patterns in the avoidance of superparasitism by solitary parasitic wasps. <i>Colloques de l'INRA</i> 48, 137-142.
270	HARVEY, J. A., HARVEY, I. F. & THOMPSON, D. J. (1993) The effect of superparasitism on development of the solitary parasitoid wasp, <i>Venturia canescens</i> (Hymenoptera: Ichneumonidae). <i>Ecological Entomology</i> 18, 203-208.
271	HARVEY, J. A., HARVEY, I. F. & THOMPSON, D. J. (1994) Flexible larval growth allows use of a range of host sizes by a parasitoid wasp. <i>Ecology</i> 75, 1420-1428.
272	HARVEY, J. A., HARVEY, I. F. & THOMPSON, D. J. (1995) The effect of host nutrition on growth and development of the parasitoid wasp <i>Venturia canescens</i> . <i>Entomologia experimentalis et applicata</i> 75, 213-220.
273	HARVEY, J. A. & THOMPSON, D. J. (1994) Some factors affecting host suitability for the solitary parasitoid wasp, <i>Venturia canescens</i> (Hymenoptera: Ichneumonidae). <i>Norwegian journal of agricultural sciences, suppl.</i> 16, 321-327.
274	HARVEY, J. A. & THOMPSON, D. J. (1995a) Host behaviour and its influence on foraging and acceptance by the solitary parasitoid wasp, <i>Venturia canescens</i> (Hym.: Ichneumonidae). <i>Entomophaga</i> 40, 193-210.
275	HASE, A. (1919) Beiträge zur morphologischen und biologischen Kenntnis der Schlupfwespe ( <i>Lariophagus distinguendus</i> (Först.) Kurdj. Sitzungsberichte der Gesellschaft naturforschender Freunde Berlin 10, 402-432.
276	HASE, A. (1920) Über den Putzvorgang bei der Schlupfwespe <i>Lariophagus distinguendus</i> (Först.). <i>Naturwissenschaftl. Wochenschrift</i> 35, 81-87.
277	HASE, A. (1922) Biologie der Schlupfwespe ( <i>Habrobracon brevicornis</i> Wesmäl (Braconidae)). Zugleich ein Beitrag zur Frage der biologischen Bekämpfung von Schadinsekten. <i>Arb. Biol. Reichsanst. Land. Forstw.</i> 11, 95-168.
278	HASE, A. (1923) Über die Monophagie und Polyphagie der Schmarotzerwespen; ein Beitrag zur Kenntnis des Geruchsinnens der Insekten. <i>Die Naturwissenschaften</i> 39, 801-806.
279	HASE, A. (1924a) Zur Kenntnis wirtschaftlich wichtiger Tierformen 1. Über den Stech- und Legeakt, sowie über den Wirtswechsel von <i>Lariophagus distinguendus</i> , Chalcididae, Pteromalini. <i>Die Naturwissenschaften</i> 12, 377-384.
280	HASE, A. (1924b) Die Schlupfwespen als Gifttiere. Zur Kenntnis wirtschaftlich wichtiger Tierformen 2. <i>Biolog. Zentralblatt</i> 44, 209-243.
281	HASE, A. (1925a) Weitere Beiträge zur Frage der biologischen Bekämpfung von Schadinsekten, insbesondere über die Bekämpfung der Mehlmotten mit Hilfe von Schlupfwespen. <i>Arb. Biol. Reichsanst. Land. Forstw.</i> 14, 51-78.
282	HASE, A. (1925b) Weitere Versuche zur Frage der biologischen Bekämpfung von Mehlmotten mit Hilfe von Schlupfwespen. <i>Arb. Biol. Reichsanst. Land. Forstw.</i> 14, 164-169.
283	HASE, A. (1925c) Beiträge zur Lebensgeschichte der Schlupfwespe <i>Trichogramma evanescens</i> Westwood. <i>Arb. Biol. Reichsanst. Land. Forstw.</i> 14, 171-224.
284	HASE, A. (1925d) Beiträge zur Kenntnis des Geschlechtslebens männlicher Schlupfwespen. <i>Arb. Biol. Reichsanst. Land. Forstw.</i> 12, 339-346.
285	HASE, A. (1931) Versuche und Untersuchungen zur Epidemiologie des Maiszünslers ( <i>Pyrausta nüb.</i> Hbn.) in den Jahren 1927 und 1928. Zur Kenntnis wirtschaftlich wichtiger Tierformen 10. <i>Z. angew. Entomol.</i> 17, 345-385.
286	HASE, A. (1937) Neue Beobachtungen über die Männchen und Weibchen der Schlupfwespe <i>Nemeritis canescens</i> . <i>Arb. morph. taxon. Ent. Berlin-Dahlem</i> 4, 47-61.
287	HASSAN, S. A. (1974) Eine Methode zur Prüfung der Einwirkung von Pflanzenschutzmitteln auf Eiparasiten der Gattung <i>Trichogramma</i> (Hymenoptera: Trichogrammatidae) - Ergebnisse einer Versuchsreihe mit Fungiziden. <i>Z. ang. Ent.</i> 76, 120-134.
288	HASSAN, S. A. (1981) Mass production and utilization of <i>Trichogramma</i> 1. Production of the host <i>Sitotroga cerealella</i> . <i>Entomophaga</i> 26, 339-348.
289	HASSAN, S. A. (1983) Ergebnisse der Laborprüfung einer Reihe von Pflanzenschutzmitteln auf Eiparasiten der Gattung <i>Trichogramma</i> (Hymenoptera, Trichogrammatidae). <i>Nachrichtenbl. Dtsch. Pflanzenschutzdienstes (Braunschweig)</i> 35, 21-25.
290	HASSAN, S. A. (1989) Selection of suitable <i>Trichogramma</i> strains to control the codling moth <i>Cydia pomonella</i> and the summer fruit tortrix moth <i>Adoxophyes orana</i> , <i>Pandemis heparana</i> (Lep.: Tortricidae). <i>Entomophaga</i> 34, 19-27.

SCHÖLLER - Räuber und Parasitoide

291	HASSAN, S. A. (1991) A simple method to select effective <i>Trichogramma</i> strains for use in biological control. Les Colloques d'INRA 56, 201-204.
292	HASSAN, S. A. & GRÖNER, A. (1977) Die Wirkung von Kernpolyedern ( <i>Baculovirus spec.</i> ) aus <i>Mamestra brassicae</i> auf <i>Trichogramma cacoeciae</i> (Hym. Trichogrammatidae) und <i>Chrysopa carnea</i> (Neur.: Chrysopidae). Entomophaga 22, 281-288.
293	HASSAN, S. A. & KRIEG, A. (1975) Über die schonende Wirkung von <i>Bacillus thuringiensis</i> -Präparaten auf den Parasiten <i>Trichogramma cacoeciae</i> (Hym.: Trichogrammatidae). PflKrankh. 8, 515-521.
294	HASSAN, S. A. & PROZELL, S. (1992) Einsatz von <i>Trichogramma sp.</i> gegen Vorratsschädlinge. Phytomedizin 22, 16.
295	HASSELL, M. P. (1978) The dynamics of arthropod predator-prey systems. Princeton University Press, New York.
296	HASSELL, M. P. & HUFFAKER, C. B. (1969) Regulatory processes and population cyclicity in laboratory populations of <i>Ephesia kuehniella</i> (Zeller) (Lepidoptera: Phycitidae). III. The development of population models. Res. Popul. Ecol. Kyoto Univ. 11, 186-210.
297	HASSELL, M. P., LESSELLS, C. M. & MCGAVIN, G. C. (1985) Inverse density dependent parasitism in a patchy environment: a laboratory system. Ecological Entomology 10, 393-402.
298	HELBIG, J. (1993a) Untersuchungen zu Ökologie und Biologie von <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn) (Col., Bostrichidae) in Togo unter besonderer Berücksichtigung der Wechselbeziehung mit dem Prädator <i>Teretriosoma nigrescens</i> Lewis (Col., Histeridae). Dissertation, Technische Universität Berlin, 242 S.
299	HELBIG, J. (1993b) Biologische Bekämpfung von <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn) mit dem Prädator <i>Teretriosoma nigrescens</i> Lewis in Togo. Mitteilungen der Deutschen Phytomedizinischen Gesellschaft e.V. 23, 41.
300	HELBIG, J. (1995) The ecology of <i>Prostephanus truncatus</i> in Togo with particular emphasis on interaction with the predator <i>Teretriosoma nigrescens</i> (auch auf französisch als <i>Écologie de Prostephanus truncatus au Togo, examiné notamment du point de vue des interactions avec le prédateur Teretriosoma nigrescens</i> ). GTZ, Eschborn, 111pp.
301	HELBIG, J. (1996a) Biological control of post-harvest pests - a realistic alternative. Proceedings international forum stored product protection and post-harvest treatment of plant products, Strasbourg (France) 7-8 November 1995, 189-198.
302	HELBIG, J. (1996b) Ability of the predator <i>Teretriosoma nigrescens</i> Lewis (Col., Histeridae) to suppress <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn) (Col., Bostrichidae) on dried cassava chips and cassava wood. Mitt. a. d. Biol. Bundesanst. 321, 619.
303	HELBIG, J. (1996c) Ability of naturally occurring parasitoids to suppress the introduced pest <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn) (Col., Bostrichidae) in Togo. Mitt. a. d. Biol. Bundesanst. 321, 625.
304	HELBIG, J. (1996d) Potential von <i>Xylocoris flavipes</i> (Het., Anthicoridae) als möglicher Gegenspieler von <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn) (Col., Bostrichidae) in Togo. Mitteilungen der Deutschen Phytomedizinischen Gesellschaft e.V. 26, 55.
305	HELBIG, J., BÖYE, J., BILIWA, A., FISCHER, H. U., & RICHTER, J. (1995) Dispersionsverhalten von <i>Teretriosoma nigrescens</i> Lewis (Col., Histeridae) nach dessen Erstfreilassung in Togo. Mitteilungen der Deutschen Phytomedizinischen Gesellschaft e.V. 25, 36-37.
306	HELBIG, J., LABORIUS, G.-A. & SCHULZ, F. A. (1992a) Untersuchungen zum Einfluß von <i>Teretriosoma nigrescens</i> auf die Populationsentwicklung von <i>Prostephanus truncatus</i> unter praxisnahen Bedingungen in Togo. Phytomedizin 22, 17-18.
307	HELBIG, J., LABORIUS, G.-A. & SCHULZ, F. A. (1992b) Untersuchungen zur Attraktion verschiedener Lagergüter pflanzlichen Ursprungs auf den Prädator <i>Teretriosoma nigrescens</i> . Mitteilungen der Deutschen Phytomedizinischen Gesellschaft e.V. 22, 18.
308	HELBIG, J., LABORIUS, G.-A. & SCHULZ, F. A. (1992c) Untersuchungen zur Distanz der Anlockwirkung des synthetischen Pheromons des Großen Kornbohrers <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn) (Col., Bostrichidae) 'Trunc-call (1+2)' auf dessen Prädator <i>Teretriosoma nigrescens</i> Lewis (Col., Histeridae). J. Appl. Ent. 113, 425-429.
309	HELBIG, J. & SCHULZ, F. A. (1996) The potential of the predator <i>Teretriosoma nigrescens</i> Lewis (Coleoptera: Histeridae) for the control of <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae) on dried cassava chips and cassava wood. J. stored Prod. Res. 32, 91-96.

## Schölller - Räuber und Parasitoide

310	HENCKES, C. (1992) Investigations into insect population dynamics, damage and loss of stored maize: an approach to IPM on small farms in Tanzania with special reference to <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn). Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, Projekt für Nacherntefragen (GTZ), Hamburg; Germany, xiv + 124 pp.
311	HENNING-HELBIG, S. (1994) Anleitung zum Einsatz von <i>Teretriosoma nigrescens</i> zur biologischen Bekämpfung von <i>Prostephanus truncatus</i> . GTZ, Eschborn, 50 pp.
312	HEONG, K. L. (1981) Searching preference of the parasitoid, <i>Anisopteromalus calandrae</i> (Howard), for different stages of the host, <i>Callosobruchus maculatus</i> (F.) in the laboratory. Res. Pop. Ecol. 23, 177-191.
313	HEONG, K. L. (1982) The function responses of <i>Anisopteromalus calandrae</i> (Howard), a parasitoid of <i>Callosobruchus maculatus</i> (F.). MARDI Res. Bull. 10, 15-25.
314	HETZ, M. & JOHNSON, C. D. (1988) Hymenopterous parasites of some bruchid beetles of North and Central America. J. Stored Prod. Res. 24, 131-143.
315	HILL, D.S. (1990) Pests of stored products and their control. CRC Press, Boca Raton, Fl. 274 pp.
316	HINTON, H. E. (1945) The Histeridae associated with stored products. Bull. Ent. Res. 35, 309-340.
317	HOCHBERG, M. E., HASSELL, M. P. & MAY, R. M. (1990) The dynamics of host-parasitoid-pathogen interaction. Am. Nat. 135, 74-94.
318	HOKKANEN, H. M. T., LYNCH, J. M. & ROBINSON, J. (1995) Preface: Overview of benefits and risks of biological control introductions. In Biological control: Benefits and risks (Edited by HOKKANEN H. M. T. and LYNCH J. M.), pp. xvii-xxii. Cambridge University Press, Cambridge.
319	HONG, Y. S. & RYOO, M. I. (1991) Effect of temperature on the functional and numerical responses of <i>Lariophagus distinguendus</i> (Hymenoptera: Pteromalidae) to various densities of the host, <i>Sitophilus oryzae</i> (Coleoptera: Curculionidae). Journal of Economic Entomology 84, 837-840.
320	HOSCHELE, W. & TANIGOSHI, L. K. (1993) <i>Pyemotes tritici</i> (Acari: Pyemotidae), a potential biological control agent of <i>Anagasta kuehniella</i> (Lepidoptera: Pyralidae). Exp. Appl. Acarol. 17, 781-792.
321	HOWARD, R. W. (1992) Comparative analysis of cuticular hydrocarbons from the ectoparasitoids <i>Cephalonomia waterstoni</i> and <i>Laelius utilis</i> (Hymenoptera: Bethyilidae) and their respective hosts, <i>Cryptolestes ferrugineus</i> (Coleoptera: Cucujidae) and <i>Trogoderma variabile</i> (Coleoptera: Dermestidae). Ann. Ent. Soc. Am. 85, 317-325.
322	HOWARD, R. W. & FLINN, P. W. (1992) Larval trails of <i>Cryptolestes ferrugineus</i> (Coleoptera: Cucujidae) as kairomonal host-finding cues for the parasitoid <i>Cephalonomia waterstoni</i> (Hymenoptera: Bethyilidae). Ann. Ent. Soc. Am. 83, 239-245.
323	HOWARD, R. W. & LIANG, Y. (1993) Cuticular hydrocarbons of winged and wingless morphs of the ectoparasitoid <i>Choetospila elegans</i> Westwood (Hymenoptera: Pteromalidae) and its host, larval lesser grain borer ( <i>Rhyzopertha dominica</i> ) (Coleoptera: Bostrichidae). Comparative biochemistry and physiology B Comparative biochemistry 106, 407-414.
324	HUANG, X. F. (1986) [Use of <i>Habrobracon hebetor</i> Say in granary pest control]. Chinese Journal of Biological Control 2, 78-80.
325	HUBBARD, S. F., MARRIS, G., REYNOLDS, A. & ROWE, G. W. (1987) Adaptive patterns in the avoidance of superparasitism by solitary parasitic wasps. Journal of Animal Ecology 56, 387-402.
326	HUBBARD, S. F. & COOK, R. M. (1978) Optimal foraging by parasitoid wasps. J. Anim. Ecol. 47, 593-604.
327	HUFFACKER, C. B. & MATSUMOTO, B. M. (1982a) Differences in egg wastage by superparasitism contrasting <i>Venturia canescens</i> searching singly vs. searching in groups. Researches on population ecology (Kyoto) 24, 270-275.
328	HUFFACKER, C. B. & MATSUMOTO, B. M. (1982b) Group versus individual functional responses of <i>Venturia canescens</i> equals. Researches on population ecology (Kyoto) 24, 250-269.
329	HÜSING, J. (1935) Über einen Parasiten, <i>Lariophagus distinguendus</i> Först. (Hym., Chalc.), an <i>Ptinus fur</i> L. (Col., Ptin.). Zool. Anz. 110.
330	HUGER, A. M. (1984) Susceptibility of the egg parasitoid <i>Trichogramma evanescens</i> to the microsporidium <i>Nosema pyrausta</i> and its impact on fecundity. J. Invertebr. Pathol. 44, 228-29.



SCHÖLLER - Räuber und Parasitoide

331	HUGHES J. P., HARVEY, I. F. & HUBBARD, S. F. (1994a) Host-searching behavior of <i>Venturia canescens</i> (Grav.) (Hymenoptera: Ichneumonidae): superparasitism. Journal of insect behavior 7, 455-464.
332	HUGHES J. P., HARVEY, I. F. & HUBBARD, S. F. (1994b) Host-searching behavior of <i>Venturia canescens</i> (Grav.) (Hymenoptera: Ichneumonidae): interference: the effect of mature egg load and prior behavior. Journal of insect behavior 7, 433-454.
333	HUIS, A. van (1991) Biological methods of bruchid control in the tropics: a review. Ins. Sci. Appl. 12, 87-102.
334	HUIS, A. VAN, ARENDSE, P. W., SCHILTHUIZEN, M., WIEGERS, P. P., HEERING, H., HULSHOF, M. & KAASHOEK, N. K. (1994) <i>Uscana lariophaga</i> , egg parasitoid of bruchid beetle storage pests of cowpea in West Africa: the effect of temperature and humidity. Ent. exp. appl. 70, 41-53.
335	HUIS, A. VAN, KAASHOEK, N. K. & LAMMERS, P. M. (1990) <i>Uscana lariophaga</i> (Hym.: Trichogrammatidae), egg parasitoid of two bruchid species of cowpea in West Africa. Proceedings of the Section Experimental and Applied Entomology of the Netherlands Entomological Society (N. E. V.), Amsterdam 1, 101-106.
336	HUIS, A. VAN, KAASHOEK, N. K. & MAES, H. M. (1991a) Biological control of bruchids (Col.: Bruchidae) in stored pulses by using egg parasitoids of the genus <i>Uscana</i> (Hym.: Trichogrammatidae): a review. In: Fleurat-Lessart, F. and Ducom, P. (eds.) Proceedings of the 5th International Working Conference on stored-product protection, Bordeaux, France, 1990, 1, 99-108.
337	HUIS, A. VAN, SCHÜTTE, C., COOLS, M. H., FANGET, PH., HOEK, H. VAN DER & PIQUET, S. P. (1994) The role of semiochemicals in host location by <i>Uscana lariophaga</i> , egg parasitoid of <i>Callosobruchus maculatus</i> . Proc. 6th Int. Wkng. Conf. Stored-product Prot., Canberra, Australia, 1158-1164.
338	HUIS, A. VAN, WIJKAMP, M. G., LAMMERS, P. M., KLEIN GOLDEWIJK, C. G. M. SEETERS, J. H. VAN & KAASHOEK, N. K. (1991b) <i>Uscana lariophaga</i> (Hym.: Trichogrammatidae), an egg parasitoid of bruchid beetle (Coleoptera: Bruchidae) storage pests in West Africa: host-age and host-species selection. Bull. entomol Res. 81, 65-75.
339	HUSSAIN, A. A. & JAFAR, K. M. (1969) Biology of <i>Habrobracon hebetor</i> Say, with other mortality factors of its host, in Iraq (Hymenoptera: Braconidae). Bull. Soc. Ent. Egypt. 53, 227-233.
340	ISLAM, W. (1991) Biology of some hymenopteran parasitoids and evaluation of their potential as a control agent against <i>Callosobruchus chinensis</i> (L.) Ph.D. Thesis, University of Dhaka, Bangladesh.
341	ISLAM, W. (1992) Mating and egg-laying behaviour of <i>Dinarmus basalis</i> (Rondani) (Hymenoptera: Pteromalidae), a larval-pupal parasitoid of <i>Callosobruchus chinensis</i> (Linnaeus). Annals of Entomology (India) 10, 13-16.
342	ISLAM, W. (1994a) Effect of host age on rate of development of <i>Dinarmus basalis</i> (Rond.) (Hym., Pteromalidae). J. Appl. Ent. 118, 392-398.
343	ISLAM, W. (1994b) The biology of <i>Anisopteromalus calandrae</i> How., ectoparasitoid on <i>Callosobruchus chinensis</i> L. Bangladesh journal of Zoology 21, 123-132.
344	ISLAM, W. (1995) Longevity and fecundity of <i>Dinarmus basalis</i> (Rondani) (Hymenoptera: Pteromalidae), a useful parasitoid of <i>Callosobruchus chinensis</i> (L.) (Coleoptera: Bruchidae). Entomon 20, 19-21.
345	ISLAM, W., AHMED, K. N. & MALEK, M. A. (1985) Hymenopterous parasites of insect pests of two stored pulses. Bangladesh J. zool. 13, 81-85.
346	ISLAM, W. & KABIR, S. M. H. (1995) Biological control potential of <i>Dinarmus basalis</i> (Rond) (Hymenoptera, Pteromalidae), a larval-pupal ectoparasitoid of the pulse beetle, <i>Callosobruchus chinensis</i> (L.). Crop Protection 14, 439-443.
347	ISLAM, W., KABIR, S. M. H. & KABIR, A. (1991) Influence of host age on progeny production by <i>Uscana muckerjii</i> (Mani) (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Bangladesh Journal of Zoology 19, 179-182.
348	ISLAM, W. & NARGIS, A. (1992) Mass rearing technique for a pteromalid parasitoid, <i>Anisopteromalus calandrae</i> (How.) (Hymenoptera: Pteromalidae). Annals of Entomology (Dehra Dun) 10, 33-36.
349	ISLAM, W. & NARGIS, A. (1993) Influence of host's body fluid on the longevity and fecundity of the parasitoid <i>Anisopteromalus calandrae</i> (Howard) (Hymenoptera: Pteromalidae). Bangladesh journal of scientific and industrial research 28, 94-99.

Schöller - Räuber und Parasitoide

350	ISLAM, W. & NARGIS, A. (1994) Control of the pulse beetle, <i>Callosobruchus chinensis</i> (L.) in warehouses by a parasitoid, <i>Anisopteromalus calandrae</i> (How.). Int. Pest Control 36, 72-73.
351	JAY, E., DAVIS, R. & BROWN, S. (1968) Studies on the predacious habits of <i>Xylocoris flavipes</i> (Reuter) (Hemiptera: Anthocoridae). J. Georgia Ent. Soc. 3, 126-130.
352	JERVIS, M. A., KIDD, N. A. C. & ALMEY, H. E. (1994) Post-reproductive life in the parasitoid <i>Bracon hebetor</i> (Say) (Hym., Braconidae). J. Appl. Ent. 117, 72-77.
353	JERVIS, M. A. & KIDD, N. A. C. (1996) Insect natural enemies. Practical approaches to their study and evaluation. Chapman & Hall, London, 465 pp.
354	JIMENEZ AMBRIZ, S., STRAND, M. R. & BURKHOLDER, W. E. (1996) Behavioral response of the Parasitoid <i>Lariophagus distinguendus</i> (Forst) (Hymenoptera: Pteromalidae) to extracts from cocoons of <i>Lasioderma serricorne</i> Fab. (Coleoptera: Anobiidae) and their effects on subsequent oviposition responses. Biological control 6, 51-56.
355	KANSU, I. A. & UGUR, A. (1986) <i>Venturia canescens</i> (Grav.) (Hym. - Ichneumonidae) in yetistirilmesinde uygun asalak: konukcu orani ile birlikte tutulma suresinin belirlenmesi uzerinde bir arastirma. [An investigation to determine a favourable parasitoid:host ratio and exposure period for rearing <i>Venturia canescens</i> (Grav.) (Hym. - Ichneumonidae).]. Doga Bilim Dergisi 10, 80-83.
356	KAPIL, R. P. & CHOWDHURY, J. P. (1975) Record of new hymenopterous parasite from Khapra beetle, <i>Trogoderma granarium</i> Everts (Coleoptera: Dermestidae). Indian J. Ent. 35, 353-355.
357	KAPILA, R. & AGARWAL, H. C. (1990) Biology of an egg parasite of <i>Callosobruchus maculatus</i> (Fab.) (Coleoptera: Bruchidae). Proc. 5th Int. Wkng. Conf. Stored Product Prot. Bordeaux, 1990, 1265- 1273.
358	KAPILA, R. & AGARWAL, H. C. (1995) Biology of an egg parasite of <i>Callosobruchus maculatus</i> (Fab.) (Coleoptera: Bruchidae). J. stored Prod. Res. 31, 335-341.
359	KAPUL, R. P. & CHAUDHARY, J. P. (1973) Record of new hymenopterous parasites from Khapra beetle, <i>Trogoderma granarium</i> (Coleoptera: Dermestidae). Indian Journal of Entomology 35, 353-355.
360	KASCHEF, A. H. (1953) Sur la présence de formations particulières dans les mandibules de <i>Lariophagus distinguendus</i> . Bull. Soc. entomol. Fr. 58, 141-143.
361	KASCHEF, A. H. (1954a) La fécondité et la parthénogenèse de <i>Lariophagus distinguendus</i> Först. (Hym. Pteromalidae). Bull. Soc. entom. Fr. 59, 42-46.
362	KASCHEF, A. H. (1954b) Morphologie et anatomie de la larve de <i>Lariophagus distinguendus</i> . Bull. Soc. entomol. Fr. 59, 93-96.
363	KASCHEF, A. H. (1955) Étude biologique du <i>Stegobium paniceum</i> L. (Col. Anobiidae) et de son parasite <i>Lariophagus distinguendus</i> Först. (Hym. Pteromalidae). Ann. Soc. Ent. Fr. 124, 1-88.
364	KASCHEF, A. H. (1959a) <i>Lariophagus distinguendus</i> Först. [Hymenoptera: Pteromalidae] ectoparasite on <i>Rhizopertha dominica</i> Fab. [Coleoptera: Bostrichidae]. Bull. Soc. Ent. Egypte 43, 165-184.
365	KASCHEF, A. H. (1959b) Sur le comportement de <i>Lariophagus distinguendus</i> Först. (Hymenoptera: Pteromalidae). Behaviour 14, 108-122.
366	KASCHEF, A. H. (1961) <i>Gibbium psylloides</i> Czemp. (Col., Ptinidae) new host of <i>Lariophagus distinguendus</i> Först. (Hym., Pteromalidae). Z. f. Parasitenkunde 21, 65-70.
367	KASCHEF, A. H. (1964) Further studies of olfaction in <i>Lariophagus distinguendus</i> Först. (Hymenoptera: Pteromalidae). Behaviour 23, 31-42.
368	KAYA, H. K. & TANADA, Y. (1972) Response of <i>Apanteles militaris</i> to toxin produced in a granulosis-virus-infected host. J. Invertebr. Pathol. 19, 1-7.
369	KEARNS, C. W. (1934) A hymenopterous parasite ( <i>Cephalonomia gallicola</i> Ashm.) new to the cigarette beetle ( <i>Lasioderma serricorne</i> Fab.). J. econ. ent. 27, 801-806.
370	KEEVER, D. W., ARBOGAST, R. T. & MULLEN, M. A. (1985) Population trends and distribution of <i>Bracon hebetor</i> Say (Hymenoptera: Braconidae) and lepidopterous pests in commercially stored peanuts. Env. Ent. 14, 722-725.
371	KEEVER, D. W., MULLEN, M. A., PRESS, J. W. & ARBOGAST, R. T. (1986) Augmentation of natural enemies for suppressing two major insect pests in stored farmers stock peanuts. Env. Ent. 15, 767-770.

SCHÖLLER - Räuber und Parasitoide

372	KHAN, B. A. & ANWARULLAH, M. (1970) Predators and parasites associated with stored grain pests in Karachi, West Pakistan. <i>Science and Industry</i> 7, 45-49.
373	KIM, J., CHUN, Y. S. & RYOO, M. I. (1995) Adaptation of <i>Anisopteromalus calandrae</i> (Hymenoptera: Pteromalidae) to an alternative host, <i>Callosobruchus chinensis</i> (Coleoptera: Bruchidae). <i>Korean Journal of Applied Entomology</i> 34, 278-286.
374	KING, E. G. & BELL, J. V. (1978) Interactions between a braconid, <i>Microplitis croceipes</i> , and a fungus, <i>Nomuraean rileyi</i> , in laboratory-reared bollworm larvae. <i>J. Invertebr. Pathol.</i> 31, 337-340.
375	KISTLER, R. A. (1985) Host-age structure and parasitism in a laboratory system of two hymenopterous parasitoids and larvae of <i>Zabrotes subfasciatus</i> (Coleoptera: Bruchidae). <i>Environmental Entomology</i> 14, 507-511.
376	KLEIN, J. A., BALLARD, DONNA K., LIEBER, KATE S., BURKHOLDER, W. E. & BECKAGE, N. E. (1991) Host developmental stage and size as factors affecting parasitization of <i>Trogoderma variabile</i> (Coleoptera: Dermestidae) by <i>Laelius pedatus</i> (Hymenoptera: Bethyilidae). <i>Ann. Ent. Soc. Am.</i> 84, 72-78.
377	KLEIN, J. A. & BECKAGE, N. E. (1990) Comparative suitability of <i>Trogoderma variabile</i> and <i>T. glabrum</i> (Coleoptera: Dermestidae) as hosts for the ectoparasite <i>Laelius pedatus</i> (Hymenoptera: Bethyilidae). <i>Ann. Ent. Soc. Am.</i> 83, 809-816.
378	KLEIN, J. A. & BURKHOLDER, W. E. (1983) Sawtooth projections and associated secretion of <i>Oryzaephilus surinamensis</i> (Coleoptera: Cucujidae) pupae: structure and function. <i>Ann. Entomol. Soc. Am.</i> 76, 69-74.
379	KLUGER, M. J. (1979) <i>Fever: Its biology, evolution and function</i> . Princeton Univ. Press, Princeton, New York.
380	KOVALENKOV, V. G. & TYURINA, N. M. (1988) Kasetta dlya otlova brakona iz prirody [A cassette for catching <i>Bracon hebetor</i> in nature]. <i>Zashchita rastenij</i> (USSR) 7, 37-38.
381	KRASZPULSKI, P. & DAVIS, R. (1988) Interactions of a parasite, <i>Bracon hebetor</i> (Hymenoptera: Braconidae), and a predator, <i>Xylocoris flavipes</i> (Hemiptera: Anthracoridae), with populations of <i>Tribolium castaneum</i> and <i>Plodia interpunctella</i> . <i>Amer. Midland Naturalist</i> 119, 71-76.
382	KRIEG, A. HASSAN, S. A. & PINSORF, W. (1980) Wirkungsvergleich der Varietät <i>israelensis</i> mit anderen Varietäten des <i>Bacillus thuringiensis</i> an Nicht-Zielorganismen der Ordnung Hymenoptera: <i>Trichogramma cacoeciae</i> und <i>Apis mellifera</i> . <i>Anz. Schädlingkunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz</i> 53, 81-83.
383	KRIEG, A. & LANGENBRUCH, G. A. (1981) Susceptibility of arthropod species to <i>Bacillus thuringiensis</i> . In: Burges, H. D. (ed.): <i>Microbial control of pests and plant diseases 1970-1980</i> . Academic Press, New York, 837-896.
384	KRÜGER, P. (1921) Beobachtungen am Mehlmottenparasiten <i>Nemeritis canescens</i> Gravenhorst; zugleich ein Beitrag zur Kenntnis der äußeren Anatomie der Ichneumoniden. <i>Z. angew. Ent</i> 7, 58-67.
385	KUGLER, J. & NITZAN, Y. (1977) Biology of <i>Clausicella suturata</i> (Dipt.: Tachinidae) a parasite of <i>Ectomyelois ceratoniae</i> (Lep.: Phycitidae). <i>Entomophaga</i> 22, 93-105.
386	KUNDRÁ, S. (1976) Some observations on the biology of <i>Dinarmus vagabundus</i> Timberlake (Pteromalidae: Hymenoptera). <i>Bulletin of grain technology</i> 15, 126-129.
387	KURSTAK, E. S. (1964a) Influence de <i>Nemeritis canescens</i> (Ichneumonidae) dans le déclenchement de l'épizootie à <i>Bacillus thuringiensis</i> chez <i>Ephestia kuehniella</i> Zell. <i>C. R. Hebd. Seances Acad. Sci.</i> 258, 757-759.
388	KURSTAK, E. S. (1964b) Le processus de l'infection par <i>Bacillus thuringiensis</i> Berl. d' <i>Ephestia kuehniella</i> Zell. déclenché par le parasitisme de <i>Nemeritis canescens</i> Grav. (Ichneumonidae). <i>C. R. Hebd. Seances Acad. Sci.</i> 259, 211-212.
389	KURSTAK, E. S. (1966) Le rôle de <i>Nemeritis canescens</i> Gravenhorst dans l'infection à <i>Bacillus thuringiensis</i> Berliner chez <i>Ephestia kuehniella</i> Zeller. <i>Ann. Épiphyties.</i> 17, 335-383.
390	KURSTAK, E. S. & VAGO, C. (1967) Transmission du virus de la denonuclease par le parasitisme d'un hyménoptère. <i>Rev. Can. Biol.</i> 26, 311-316.
391	KUWAHARA, Y., NEMOTO, T., SHIBUYA, M., MATSUURA, H. & SHIRAIWA, Y. (1983) 2-palmitoyl- and 2-oleoyl-cyclohexane-1,3-dione from feces of the Indian meal moth, <i>Plodia interpunctella</i> : kairomone components against a parasitic wasp, <i>Venturia canescens</i> . <i>Agr. Biol. Chem.</i> 47, 1929-1931.

## Schölller - Räuber und Parasitoide

392	LABORIUS, G.-A. (1988) Biologische Bekämpfung des Grossen Kornbohrers, <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn), in Afrika - Evaluierung der sich bietenden Möglichkeiten [Biological control of the greater maize borer, <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn), in Africa - evaluation of the current possibilities]. Gesunde Pflanzen 40, 49-52.
393	LAI, C. H. & YOSHIDA, T. (1989) Experimental study on the diversity and stability in the laboratory ecosystem I. persistency of community. Chinese Journal of entomology 9, 169-188.
394	LAI, C. H. & YOSHIDA, T. (1992) Population stability in laboratory ecosystem of stored product insects and parasitoids. Chinese journal of entomology 12, 183-191.
395	LAI, P. Y. & FUNASAKI, G. Y. (1986) Introduction for biological control in Hawaii: 1983 and 1984. Proceedings of the Hawaiian Entomological Society 26, 89-91.
396	LAMMERS, P. M. & HUIS, A. van (1989) <i>Uscana lariophaga</i> Steffan (Hym.: Trichogrammatidae), egg parasitoid of the stored insect pests <i>Callosobruchus maculatus</i> (F.) and <i>Bruchidius atrolineatus</i> (Pic) (Col.: Bruchidae): population studies in the field and in storage in Niger. Proc. Int. Conf. Integrated Pest Management Trop. Subtrop. Cropping Systems, Bad Dürkheim, 1989, 3, 1013-1022.
397	LECATO, G. L. (1974) Habitat-influencing predation by <i>Xylocoris flavipes</i> (Reuter) (Hemiptera: Anthocoridae). The Am. Midland Naturalist 93, 510-512.
398	LECATO, G. L. (1976) Predation by <i>Xylocoris flavipes</i> (Hemiptera: Anthocoridae): Influence of stage, species, and density of prey, and of starvation and density of predator. Entomophaga 21, 217-221.
399	LECATO, G. L. & ARBOGAST, R. T. (1979) Functional response of <i>Xylocoris flavipes</i> (Hemiptera: Anthocoridae) to Angoumois Grain Moth (Lepidoptera: Gelechiidae) and influence of predation on regulation of laboratory populations. J. Econ. Ent. 72, 847-849.
400	LECATO, G. L. & COLLINS, J. M. (1976) <i>Xylocoris flavipes</i> : maximum kill of <i>Tribolium castaneum</i> and minimum kill required for survival of the predator. Env. Ent. 5, 1059-1061.
401	LECATO, G. L., COLLINS, J. M. & ARBOGAST, R. T. (1977) Reduction of residual populations of stored-product insects by <i>Xylocoris flavipes</i> (Hemiptera: Anthocoridae). J. Kans. Ent. Soc. 50, 84-88.
402	LECATO, G. L. & DAVIS, R. (1973) Preferences of the predator <i>Xylocoris flavipes</i> (Hemiptera: Anthocoridae) for species and instars of stored-product insects. Fla. Ent. 56, 57-59.
403	LEIBENGUTH, F. (1972) Die Entwicklung von <i>Mattesia dispersa</i> in <i>Habrobracon juglandis</i> . Z. Parasitenkd. 38, 162-173.
404	LEIUS, K. (1967) Influence of wild flowers on parasitism of tent capillar and codling moth. Can. Ent. 99, 444 - 446.
405	LELIVELDT, B. (1990) Antagonisten von <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae). Dissertation, Freie Universität Berlin, ix+215 S.
406	LELIVELDT, B. & LABORIUS, G.-A. (1990) Effectiveness and specificity of the antagonist <i>Teretriosoma nigrescens</i> Lewis (Col.: Histeridae) on the larger grain borer, <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn) (Col.: Bostrichidae). - In: Markham, R. H. and Herren, H. R. (eds): Biological control of the larger grain borer. Proc. IITA/FAO Coord. Meeting, Cotonou. IITA, Ibadan, Nigeria, 171 pp.
407	LEONG, K. L. & DICKASON, E. A. (1975) Biology of <i>Dinarmus acutus</i> , a chalcidoid parasite of the vetch bruchid. Ann. Entomol. Soc. Amer. 68, 943-948.
408	LEPESME, P. (1944) Les Coleoptères des denrées alimentaires et des produits industriels entreposés. Encyclopédie Entomologique 22, 198-223.
409	LEVEQUE, L. (1991) Analyse de la compétition interspécifique entre <i>Eupelmus vuilleti</i> Cwf. (Eupelmidae) et <i>Dinarmus basalis</i> Rond. (Pteromalidae) (Hyménoptères) au niveau d'un de leurs hôtes communs, <i>Bruchidius atrolineatus</i> Pic. (Coléoptère: Bruchidae). Rapport de stage, IBEAS, Université François Rabelais, Tours, France, 43pp..
410	LEVEQUE, L., MONGE, J. P. ROJAS-ROUSSE, D., ALEBEEK, F. VAN & HUGNARD, J. (1993) Analysis of multiparasitism by <i>Eupelmus vuilleti</i> (Craw.) (Eupelmidae) and <i>Dinarmus basalis</i> (Rond.) (Pteromalidae) in the presence of one of their common hosts, <i>Bruchidius atrolineatus</i> (Pic) (Coleoptera: Bruchidae). Oecologia (Berlin) 94, 272-277.
411	LEWIS, W. J. & REDLINGER, L. M. (1969) Suitability of eggs of the almond moth, <i>Cadra cautella</i> , of various ages for parasitism by <i>Trichogramma evanescens</i> . Ann. Ent. Soc. Am. 62, 1482-1484.
412	LI, L. (1992) In-vitro rearing of parasitoids of insect pests in China. Korean journal of applied entomology 31,241-246.

SCHÖLLER - Räuber und Parasitoide

413	LIMA, C. P. F. DE (1977) An ecological study of traditional on-farm maize storage in Kenya and the effects of a control action. In: Packer, J. S. & White, D. (eds) Proceedings of XV International Congress of Entomology, 699-704. Washington, D.C., August 19-27, 1976.
414	LISANSKY, S. G. (1984) Biological alternatives to chemical pesticides. <i>World Biotechnology Report</i> 1, Online Publications, Pinner, 455-466.
415	LIVINGSTONE, E. M. & REED, W. D. (1936) Insect fauna of cured tobacco in storage in the United States. <i>J. econ. Ent.</i> 29, 1017-1022.
416	LI-YING, L. (1996) The use of <i>Trichogramma</i> spp., reared in vitro in China. IOBC wprs Bulletin 19, 77.
417	LOOSJES, F. E. (1957) Ervariingen met <i>Chaetospila elegans</i> (Westw.) (Hymenoptera: Pteromalidae), een parasiet van eniige soorten voorraadinsecten. <i>Ent. Ber. (Amsterdam)</i> 17, 74-77.
418	LUCA, Y. de (1965) Catalogue des metazoaires parasites et prédateurs de Bruchides (Coleoptera). <i>Journal of Stored Product Research</i> 1, 51-98.
419	LUND, H. O. (1938) Studies on longevity and productivity in <i>Trichogramma evanescens</i> . <i>J. Agric. Res.</i> 56, 421-439.
420	MA, M., BURKHOLDER, W. E. & CARLSON, S. D. (1978) Supra-anal organ: a defensive mechanism of the Furniture Carpet Beetle, <i>Anthrenus flavipes</i> (Coleoptera: Dermestidae). <i>Ann. Ent. Soc. Am.</i> 71, 718-723
421	MAERCKS, H. (1933) Der Einfluss von Temperatur und Luftfeuchtigkeit auf die Embryonalentwicklung der Mehlmottenschlupfwespe <i>Habrobracon juglandis</i> Ashmead. <i>Arb. Biol. Reichsanstalt</i> 20, 347-362.
422	MALDONADO-CAPRILES, J. (1992) New host for <i>Pseudopteromalus calandrae</i> (Howard) (Hymenoptera: Pteromalidae) in Puerto Rico. <i>Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico</i> 76, 209.
423	MALEK, M. A., KHANOM, L. A. M. & PARVEEN, B. (1988) New record of an alternate host plant of cigarette beetle <i>Lasioderma serricorne</i> Fab. (Anobiidae, Coleoptera). <i>Bangladesh Journal of Zoology</i> 16, 59-60.
424	MARKHAM, R. H., BORGEMEISTER, C. & MEIKLE, W. G. (1994a) Can biological control resolve the larger grain borer crisis? <i>Proc. 6th Int. Wkng. Conf. Stored-product Prot., Canberra, Australia, 1087-1097.</i>
425	MARKHAM, R. H., DJOSSOU, F., HIRABAYASHI, J. M., NOVILLO, P., WRIGHT, V. F., RIOS, R. M., TRUJILLO, F. J., MEIKLE, W. G. & BORGEMEISTER, C. (1994b) Biological control in the context of an integrated management strategy for the larger grain borer, <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae) and associated storage pests. <i>Proc. 6th Int. Wkng. Conf. Stored-product Prot., Canberra, Australia, 1106-1111.</i>
426	MARKHAM, R. H. & HERREN, H. R. (Eds.) (1990) Biological control of the larger grain borer. <i>Proc. IITA/FAO Meeting, Cotonou, Benin 1989.</i> IITA, Ibadan, 171 pp.
427	MARKHAM, R. H., WRIGHT, V. F. & IBARRA, R. M. R. (1991) A selective review of research on <i>Prostephanus truncatus</i> (Col.: Bostrichidae) with an annotated and updated bibliography. <i>CEIBA</i> 32, 1-91.
428	MARRIS, G. C. & CASPERD, J. (1996) The relationship between conspecific superparasitism and the outcome of in vitro contests staged between different larval instars of the solitary endoparasitoid <i>Venturia canescens</i> . <i>Behavioral ecology and sociobiology</i> 39, 61-69.
429	MARRIS, G., HUBBARD, S. & HUGHES, J. (1986) Use of patchy resources by <i>Nemeritis canescens</i> (Hymenoptera: Ichneumonidae). I. Optimal solutions. <i>Journal of animal ecology</i> 55, 631-640.
430	MATSUMOTO, B. M. (1974) On the adult longevity of the entomophagous parasite, <i>Venturia canescens</i> (Hymenoptera: Ichneumonidae). <i>Entomophaga</i> 19, 325-329.
431	MAY, R. M. & HASSELL, M. P. (1988) Population dynamics and biological control. <i>Philosophical Transactions of the Royal Society of London (Series B)</i> 318, 129-169.
432	MAYER, K. (1934) Beiträge zur Sinnesphysiologie der Schlupfwespe <i>Nemeritis canescens</i> Grav. (Hym.: Ichneumonidae, Ophioninae). <i>Arb. Physiol. Angew. Ent.</i> 1, 245-248.
433	MCLAUGHLIN, R. E. & ADAMS, C. H. (1966) Infection of <i>Bracon mellitor</i> (Hymenoptera: Braconidae) by <i>Mattesia grandis</i> (Protozoa: Neogregarinida). <i>Ann. Ent. Soc. Am.</i> 59, 800-802.
434	MENON, M. G. R., CHATTERJI, S. & SARUP, P. (1961) A new species of <i>Rhabdopyris</i> Kieffer ( <i>R. rhizoperthae</i> sp. n.) (Bethyidae: Hymenoptera) parasitic on <i>Rhizopertha dominica</i> Fabricius, pest of stored cereals (at New Delhi). <i>Indian J. Ent.</i> 21, 196-197.

## Schöller - Räuber und Parasitoide

435	MERTINS, J. W. (1980) Life history and behaviour of <i>Laelius pedatus</i> , a gregarious bethylid ectoparasitoid of <i>Anthrenus verbasci</i> . Ann. Ent. Soc. Am. 73, 686-693.
436	MERTINS, J. W. (1985) <i>Laelius utilis</i> (Hym.: Bethyilidae, a parasitoid of <i>Anthrenus fuscus</i> (Col.: Dermestidae) in Iowa. Entomophaga 30, 65-68.
437	MITAL, V. P. (1969) <i>Anisopteromalus calandrae</i> , Howard. (Hymenoptera Chalcididae) a new record of pupal parasite of groundnut bruchid ( <i>Caryedon gonagra</i> , F.) a serious pest of groundnut ( <i>Arachis hypogaea</i> L.) and tamarind ( <i>Tamarindus indica</i> L.). Bull. Grain Technol. 7, 234-235.
438	MOHAMMED, A. K. H. & AL-JABERY, I. A. R. (1988) Comparative toxicity of some insecticides in the laboratory to the southern cowpea weevil, <i>Callosobruchus maculatus</i> (F.) and the parasite, <i>Anisopteromalus calandrae</i> (How.). Mesopotamia J. Agric. 20, 289-306.
439	MOHAMMED, A. K. H. (1985) Biological study and comparative toxicity of some insecticides in the lab. and field to the southern cowpea weevil <i>Callosobruchus maculatus</i> (F.) (Bruchidae; Coleoptera) and the parasite <i>Anisopteromalus calandrae</i> (How.) (Pteromalidae; Hymenoptera). Mosul Univ., Nineveh province (Iraq). Coll. of Agriculture and Forestry, 80 p.
440	MONGE, J. P., DUPONT, P., IDI, A. & HUIGNARD, J. (1995) The consequences of interspecific competition between <i>Dinarmus basalis</i> (Rond.) (Hymenoptera: Pteromalidae) and <i>Eupelmus vuilleti</i> (Craw.) (Hymenoptera: Eupelmidae) on the development of their host populations. Acta Oecologia 16, 19-30.
441	MONGE, J. P. & HUIGNARD, J. (1991) Population fluctuations of two bruchid species <i>Callosobruchus maculatus</i> (F.) and <i>Bruchidius atrolineatus</i> Pic (Coleoptera: Bruchidae) and their parasitoids <i>Dinarmus basalis</i> (Rondani) and <i>Eupelmus vuilleti</i> (Crawford) (Hymenoptera: Pteromalidae, Eupelmidae) in a storage situation in Niger. J. African Zool. 105, 187-196.
442	MONGE, J. P., QUEDRAOGO, A. P. & HUIGNARD, J. (1991) Development of two bruchid species <i>Bruchidius atrolineatus</i> (Pic) and <i>Callosobruchus maculatus</i> (F.) and their larval parasitoids during storage of cowpea seeds <i>Vigna unguiculata</i> (Walp) in West Africa. In: Fleurat-Lessard, F. and Ducom, P. (eds.) Proc. 5th Int. Wkng. Conf. Stored Product Prot. Bordeaux, 1990, 151-160.
443	MORENO, J. & JIMENEZ, R. (1993) Parasitization of <i>Ephestia kuehniella</i> Zeller (Lep., Pyralidae) by <i>Phanerotoma</i> ( <i>Phanerotoma</i> ) <i>ocularis</i> Kohl (Hym., Braconidae). Parasitism, superparasitism and emergency rates. J. Appl. Ent. 115, 273-276.
444	MORENO, J., BARRY, P. & JIMENEZ, R. (1994) Morphological changes on the egg surface of <i>Ephestia kuehniella</i> Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) after parasitization by <i>Phanerotoma</i> ( <i>Phanerotoma</i> ) <i>ocularis</i> Kohl (Hymenoptera: Braconidae). Appl. Ent. Zool. 29, 282-284.
445	MORGAN, D. J. W. & COOK, J. M. (1994) Extremely precise sex ratios in small clutches of a bethylid wasp. Oikos 71, 423-430.
446	MORRILL, A. W. (1942) Notes on the biology of <i>Microbracon hebetor</i> . J. Econ. Ent. 35, 593-594.
447	MORRISON, R. K. (1985) Mass production of <i>Trichogramma pretiosum</i> Riley. Southwest. Entomol., Suppl. 8, 21-27.
448	MOSSADEGH, M. S. (1980) Inter- and intra-specific effects of the mandibular gland secretion of larvae of the Indian-meal moth <i>Plodia interpunctella</i> . Physiol. Ent. 5, 165-173.
449	MUDD, A. (1985) Synthesis of kairomonal 2 Acylcyclohexane-1, 3-dione components of larval mandibular glands of <i>Ephestia kuehniella</i> . Journal of chemical ecology 11, 51-58.
450	MUDD, A. & CORBET, S. A. (1973) Mandibular gland secretion of larvae of stored products pests <i>Anagasta kuehniella</i> , <i>Ephestia cautella</i> , <i>Plodia interpunctella</i> and <i>Ephestia elutella</i> . Ent. Exp. Appl. 16, 291-293.
451	MUDD, A. & CORBET, S. A. (1982) Response of the ichneumonid parasite <i>Nemeritis canescens</i> to kairomones from the Flour Moth, <i>Ephestia kuehniella</i> . J. Chem. Ecol. 8, 843-850.
452	MUDD, A., FISHER, R. C. & SMITH, M. C. (1982) Volatile hydro carbons in the Dufours gland of the parasite <i>Nemeritis canescens</i> (Hymenoptera: Ichneumonidae). Journal of chemical ecology 8, 1035-1042.
453	MUDD, A., WALTERS, J. H. H. & CORBET, S. A. (1984) Relative kairomonal activities of 2-acylcyclohexane-1,3-diones in eliciting oviposition behavior from parasite <i>Nemeritis canescens</i> (Grav.). Journal of chemical ecology 10, 1597-1601.
454	MUESEBECK, C. F. W., KROMBEIN, K. V. & TOWNES, H. K. (1951) Hymenoptera of America north of Mexico synoptic catalog. U. S. D. A. Agric. Monograph No.2, 1420 pp.

SCHÖLLER - Räuber und Parasitoide

455	MURR, L. (1930) Über den Geruchsinne der Mehlmottenschlupfwespe <i>Habrobracon juglandis</i> , zugleich ein Beitrag zum Orientierungsproblem. Z. Vergl. Physiol. 2, 210-270.
456	MUTLU, P. (1994) Ability of the predator <i>Teretriosoma nigrescens</i> Lewis (Col.: Histeridae) to control larger grain borer ( <i>Prostephanus truncatus</i> ) (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae) under rural storage conditions in the southern region of Togo. Proc. 6th Int. Wkng. Conf. Stored-product Prot., Canberra, Australia, 1116-1121.
457	MYERS, J. G. (1929) Notes on some natural enemies of <i>Plodia interpunctella</i> and <i>Silvanus surinamensis</i> in Australia. Bull. Ent. Res. 20, 425-430.
458	NACHMAN, G. (1981) A simulation model of spatial heterogeneity and nonrandom search in an insect host-parasitoid system. Journal of animal ecology 50, 27-48.
459	NAGY, C. G. (1986) Les femelles de <i>Laelius anthrenivorous</i> Trani (Hymenoptera: Bethyliidae) attaquent l'homme. Riv. Parassitol. 29, 71-74.
460	NAVARAJAN PAUL, A. V., RAM DASS, R. A. & PARSHAD, B. (1979) Effect of some insecticides on parasitism by the parasitoid <i>Trichogramma brasiliensis</i> (Ashmead) (Trichogrammatidae: Hymenoptera). Z. Angew. Entomol. 88, 399-403.
461	NAVARAJAN, P. A. V., MOHANASUNDARAM, M. & SUBRAMANIAM, T. R. (1976) Effect of insecticides on the survival and emergence of egg parasite, <i>Trichogramma</i> spp. Madras agric. J. 63, 557-560.
462	NEMOTO, T., KUWAHARA, Y. & SUZUKI, T. (1987) Interspecific difference in <i>Venturia kairomonis</i> in larval feces of four stored phycitid moths. Appl. Ent. Zool. 22, 553-559.
463	NEMOTO, T., KUWAHARA, SHIBUYA, M. Y. & SUZUKI, T. (1988) New 2-acylcyclohexane-1,3-diones: Kairomone components against a parasitic wasp, <i>Venturia canescens</i> , from feces of the almond moth, <i>Cadra cautella</i> , and the Indian meal moth, <i>Plodia interpunctella</i> . Agricultural and Biological Chemistry 51, 1805-1810.
464	NICKLE, D. A. & HAGSTRUM, D. W. (1981) Provisioning with pre-paralyzed hosts to improve parasite effectiveness: a pest management strategy for stored commodities. Env. Ent. 10, 560-564
465	NILAKHE, S. S. & PARKER, R. D. (1990) Implementation of parasites and predators for control of stored-product pests. Proceedings of the 3rd National Stored Grain Pest Management Training Conference, Kansas City, Missouri, Oct. 20-25, 1990, 241-250.
466	NIKAM, P. K. & PAWAR, C. V. (1993) Life tables and intrinsic rate of natural increase of <i>Bracon hebetor</i> Say (Hym., Braconidae) population on <i>Corcyra cephalonica</i> Staint. (Lep., Pyralidae), a key parasitoid of <i>Helicoverpa armigera</i> Hbn. (Lep., Noctuidae). J. Appl. Ent. 115, 210-213.
467	NISHIMURA, K. (1993) Oviposition strategy of the parasitic wasp <i>Dinarmus basalis</i> (Hymenoptera, Pteromalidae). Evolutionary Ecology 7, 199-206.
468	NISHIMURA, K. & JAHN, G. C. (1996) Sex allocation of three solitary ectoparasitic wasp species on bean weevil larvae: Sex ratio change with host quality and local mate competition. Journal of Ethology 14, 27-33.
469	NOBLE, N. S. (1932) Studies of <i>Habrocytus cerealellae</i> (Ashmead), a pteromalid parasite of the Angoumois grain moth, <i>Sitotroga cerealella</i> (Olivier). Univ. Calif. Publ. Entomol. 5, 311-354.
470	NOYES, J. S. (1982) A new species of <i>Zeteticontus</i> Silvestri (Hymenoptera: Encyrtidae) from Israel and Kenya, a parasite of <i>Carpophilus hemipterus</i> (L.) (Coleoptera: Nitidulidae). Bull. Entomol. Res. 72, 457-460.
471	ODE, P. J., ANTOLIN, M. F. & STRAND, M. R. (1995) Brood-mate avoidance in the parasitic wasp <i>Bracon hebetor</i> Say. Animal behaviour 49, 1239-1248.
472	OFUYA, T. & CREDLAND, P. F. (1995) Differences in the susceptibility of seeds of selected varieties of cowpea to <i>Bruchidius atrolineatus</i> (Coleoptera: Bruchidae). Bulletin of Entomological Research 85, 259-265.
473	OHYASHI, T., IWABUCHI, K. & MITSUHASHI, J. (1994) In vitro rearing of a larval endoparasitoid, <i>Venturia canescens</i> (Gravenhorst) (Hymenoptera: Ichneumonidae). 1. Embryonic development. Appl. Ent. Zool. 29, 123-126.
474	OH, M. H. (1993) Studies on biological characteristics of parasitic Hymenoptera, <i>Bracon hebetor</i> Say (Braconidae, Hymenoptera). Korean Journal of Entomology 23, 143-149.
475	OKAMOTO, K. (1971a) The synchronization of the life cycles between <i>Callosobruchus chinensis</i> (L.) and its parasite <i>Anisopteromalus calandrae</i> [sic.] (Howard). Japanese Journal of Ecology 20, 233-237.
476	OKAMOTO, K. (1971b) The reproduction curve of host in host parasite interacting system and parasite free system. Jap. J. Ecol. 21, 197-203.

Schöller - Räuber und Parasitoide

477	OKAMOTO, K. (1972) The synchronization of the life cycles between <i>Callosobruchus chinensis</i> (L.) and its parasite <i>Anisopteromalus calandrae</i> (Howard) II. The relationship between the development of the parasite and the developmental stage of the host. Jpn. J. Ecol. 22, 238-244.
478	ORMEL, G. J., GORT, G. & ALEBEEK, F. A. N. van (1995) Analysing host location in <i>Uscana lariophaga</i> (Hymenoptera: Trichogrammatidae), using Cox's proportional hazards model. Bull. Ent. Res. 85, 113-123.
479	OUEDRAOGO, P. A., SOU, S., SANON, A., MONGE, J. P., HUIGNARD, J., TRAN, B. & CREDLAND, P. F. (1996) Influence of temperature and humidity on populations of <i>Callosobruchus maculatus</i> (Coleoptera: Bruchidae) and its parasitoid <i>Dinarmus basalis</i> (Pteromalidae) in two climatic zones of Burkina Faso. Bulletin of Entomological Research 86, 695-702.
480	OZER, M. & YUCEL, A. (1989) Guneysdogu anadolu bolgesinde baklagillerde zararli baklagil tohum bocekleri, yayilislari, en onemli turun biyo - okolojisi ve savas yontemleri [ Bruchids of pulses in southeast Anatolia, their distribution, bioecology and control methods of the most important species]. Doga, Turk Tarim ve Ormancilik Dergisi 13, 361-381.
481	PAJNI, H. R. (1990) Status of <i>Uscana mukerjii</i> (Mani) in the biocontrol of bruchids (Trichogrammatidae; Hymenoptera). Proc. 5th Int. Wkng. Conf. Stored Product Prot. Bordeaux, 1990, 1279-1280.
482	PARAJULEE, M. N. & PHILLIPS, T. W. (1992a) Biology and field activity of <i>Lyctocoris campestris</i> (Heteroptera: Anthocoridae), a predator of stored-product insects. In: JAYAS, D. S., WHITE, N. D. G., MUIR, W. E. & SINHA, R. N. (eds.) Int. Symp. Stored-grain ecosystems. Dep. Agric. Eng., Univ. Manitoba, Winnipeg, Canada, 11-13.
483	PARAJULEE, M. N. & PHILLIPS, T. W. (1992b) Laboratory rearing and field observations of <i>Lyctocoris campestris</i> (Heteroptera: Anthocoridae), a predator of stored-product insects. Ann. Ent. Soc. Am. 85, 736-743.
484	PARAJULEE, M. N. & PHILLIPS, T. W. (1993) Effects of prey species on development and reproduction of the predator <i>Lyctocoris campestris</i> (Heteroptera: Anthocoridae). Env. Entomol. 22, 1035-1042.
485	PARAJULEE, M. N. & PHILLIPS, T. W. (1994) Monitoring field populations of <i>Lyctocoris campestris</i> , a predator of stored-grain insects: assessment of different trap designs. In Proceedings of the 6th International working Conference on Stored-product Protection (Edited by Highley E., Wright E. J., Banks H. J. and Champ B. R.), pp. 429-434. Canberra, Australia, 1994.
486	PARAJULEE, M. N. & PHILLIPS, T. W. (1994) Life history, predatory biology, and population ecology of <i>Lyctocoris campestris</i> (F.) (Heteroptera: Anthocoridae). Proc. 6th Int. Wkng. Conf. Stored-product Prot., Canberra, Australia, 1122-1131.
487	PARAJULEE, M. N., PHILLIPS, T. W. & HOGG, D. B. (1994) Functional response of <i>Lyctocoris campestris</i> (F.) adults: Effects of predator sex, prey type, and experimental habitat. Biological Control 4, 80-87.
488	PARKER, R. D. & NILAKHE, S. S. (1990) Evaluation of predators and parasites and chemical grain protectants on insect pests of sorghum stored in commercial bins. Proceedings of the 3rd National Stored Grain Pest Management Training Conference, Kansas City, Missouri, Oct. 20-25, 1990, 229-239.
489	PARRA, J. R. P., VINSON, S. B., GOMES, S. M. & CONSOLI, F. L. (1996) Flight response of <i>Habrobracon hebetor</i> (Say) (Hymenoptera: Braconidae) in a wind tunnel to volatiles associated with infestations of <i>Ephestia kuehniella</i> Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). Biological Control 6, 143-150.
490	PAYNE, N. M. (1933) The differential effect of environmental factors upon <i>Microbracon hebetor</i> Say (Hymenoptera: Braconidae) and its host <i>Ephestia kuehniella</i> Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). I. Biol. Bull. 65, 187-205.
491	PEREZ, G. & BONET, A. (1984a) Himenopteros parasitoides de <i>Acanthoscelides obtectus</i> (Say) (Coleoptera, Bruchidae) en Tepoztlan, Morelos. Folia Entomol. Mexicana 59, 71-78.
492	PEREZ, G. & BONET, A. (1984b) Algunas características biológicas de <i>Stenocorse bruchivora</i> (Crawford) (Hymenoptera: Braconidae), ectoparasitoide de <i>Acanthoscelides obtectus</i> (Say) (Coleoptera, Bruchidae). Folia Entomol. Mexicana 59, 59-64.
493	PETTERS, R. M. & GROSCH, D. S. (1977) Reproductive performance of <i>Bracon hebetor</i> females with more or fewer than normal number of ovarioles. Ann. Ent. Soc. Amer. 70, 577-582.
494	PETTERS, R. M., GROSCH, D. S. & OLSON, C. S. (1978) A flightless mutation in the wasp <i>Habrobracon juglandis</i> . The Journal of Heredity 69, 113-116.



SCHÖLLER - Räuber und Parasitoide

495	PETTERS, R. M. & STEFANELLI, J. (1983) Developmental arrest of endoparasitoid wasp larvae ( <i>Nemeritis canescens</i> Grav.) caused by an ectoparasitoid wasp ( <i>Bracon hebetor</i> Say). <i>Journal of experimental zoology</i> 225, 459-465.
496	PHILLIPS, T. W. (1994) Pheromones of stored-product insects: current status and future perspectives. In <i>Proceedings of the 6th International working Conference on Stored-product Protection</i> (Edited by HIGHLEY E., WRIGHT E. J., BANKS H. J. & CHAMP B. R.), 479-486. Canberra, Australia, 1994.
497	PIMENTEL, D., KIRBY, C. & SHROFF, A. (1993) The relationship between "cosmetic standards" for foods and pesticide use. In: Pimentel, D. and Lehman, H. (eds.): <i>The pesticide question. Environment, economics and ethics</i> . Chapman and Hall, New York, 85-105.
498	PINGALE, S. V. (1954) Biological control of some stored grain pests by the use of a bug predator, <i>Amphibolus venator</i> Klug. <i>Indian J. Entomol.</i> 16, 300-302.
499	PINTO, J. D. & STOUTHAMER, R. (1994) Systematics of the Trichogrammatidae with emphasis on <i>Trichogramma</i> . In: WAJNBURG, E. & HASSAN, S. A. (Hrsg.) <i>Biological control with egg parasitoids</i> , 1-36. CAB International, Wallingford.
500	PIREVA, I. & ILIC, B. (1982) Pests in water mills and mills in the serbian autonomous province of Kosovo, Yugoslavia. <i>Zastita Bilja</i> 33, 39-44.
501	PLARRE, R. (1994) Einfluß des synthetischen Aggregationspheromons Sitophilat auf Ausbreitung und Ansammlung des Kornkäfers <i>Sitophilus granarius</i> L. (Coleoptera: Curculionidae) in Weizen. Dissertation Freie Universität Berlin, 124 S.
502	PODOLER, H. (1974a) Effects of intraspecific competition in the Indian meal-moth ( <i>Plodia interpunctella</i> Hübner) (Lepidoptera: Phycitidae) on populations of the moth and its parasite <i>Nemeritis canescens</i> (Gravenhorst) (Hymenoptera: Ichneumonidae). <i>J. Anim. Ecol.</i> 43, 641-651.
503	PODOLER, H. (1974b) Analysis of life tables for a host and parasite ( <i>Plodia-Nemeritis</i> ) Ecosystem. <i>J. Anim. Ecol.</i> 43, 653-670.
504	PÖSCHKO, M. (1993) Biologie und Wirtsspezifität von <i>Teretriosoma nigrescens</i> Lewis (Coleoptera: Histeridae). PhD. dissertation Technische Univ. Berlin, 128 pp.
505	PÖSCHKO, M., LABORIUS, G. -A. & SCHULZ, F. A. (1992) Ability of <i>Teretriosoma nigrescens</i> to survive and breed on stored product pests other than <i>Prostephanus truncatus</i> . Proc. FAO/GTZ coordinating meeting, implementation of and further research biological control of the larger grain borer, Lomé, Togo, 85-95.
506	PÖSCHKO, M., LABORIUS, G. -A. & SCHULZ, F. A. (1992) The significance of plant material for nourishment and development of the predator <i>Teretriosoma nigrescens</i> In: BÖYE, J., WRIGHT, M. & LABORIUS, G.-A. (eds.) <i>Implementation of and further research on biological control of the larger grain borer</i> . Proc. FAO/GTZ Coord. Meeting, Lomé, Togo, GTZ Hamburg, 71-82.
507	PÖSCHKO, M. (1994) Host specificity of <i>Teretriosoma nigrescens</i> Lewis (Coleoptera: Histeridae). Proc. 6th Int. Wkng. Conf. Stored-product Prot., Canberra, Australia, 1134-1141.
508	POWELL, D. (1938) The biology of <i>Cephalonomia tarsalis</i> (Ash.), a vespoid wasp (Bethyilidae: Hymenoptera) parasitic on the sawtoothed grain beetle. <i>Ann. Ent. Soc. Am.</i> 31, 44-48.
509	PRESS, J. W. (1988b) Avoidance of the red flour beetle, <i>Tribolium castaneum</i> (Coleoptera: Tenebrionidae), by <i>Bracon hebetor</i> Say (Hymenoptera: Braconidae). <i>J. Kansas Entomol. Soc.</i> 61, 228-230.
510	PRESS, J. W. (1988a) Movement of a weevil parasitoid, <i>Anisopteromalus calandrae</i> (Howard), within a column of wheat in relation to host location. <i>Journal of agricultural entomology</i> 5, 205-208.
511	PRESS, J. W. (1989) Compatibility of <i>Xylocoris flavipes</i> (Hemiptera: Anthocoridae) and <i>Venturia canescens</i> (Hymenoptera: Ichneumonidae) for suppression of the almond moth, <i>Cadra cautella</i> (Lepidoptera: Pyralidae). <i>Journal of entomological science</i> 24, 156-160.
512	PRESS, J. W. (1992) Comparative penetration efficacy in wheat between the weevil parasitoids <i>Anisopteromalus calandrae</i> and <i>Chaetospila elegans</i> (Hymenoptera: Pteromalidae). <i>J. Ent. Sci.</i> 27, 154-157.
513	PRESS, J. W. & ARBOGAST, R. T. (1991) Effect of low temperature on survival of immatures of the parasite <i>Venturia canescens</i> (Gravenhorst) (Hymenoptera: Ichneumonidae). <i>Journal of the Kansas Entomological Society</i> 64, 345-348.

Schöller - Räuber und Parasitoide

514	PRESS, J. W., CLINE, L. D. & FLAHERTY B. R. (1982) A comparison of two parasitoids, <i>Bracon hebetor</i> (Hymenoptera: Braconidae) and <i>Venturia canescens</i> (Hymenoptera: Ichneumonidae), and a predator <i>Xylocoris flavipes</i> (Hemiptera: Anthocoridae) in suppressing residual populations of the almond moth, <i>Ephesia cautella</i> (Lepidoptera: Pyralidae). J. Kans. Ent. Soc. 55, 725-728.
515	PRESS, J. W., CLINE, L. D. & FLAHERTY B. R. (1984a) Suppression of residual populations of the rice weevil, <i>Sitophilus oryzae</i> , by the parasitic wasp <i>Anisopteromalus calandrae</i> . J. Georgia Ent. Soc. 19, 110-113.
516	PRESS, J. W., CLINE, L. D. & FLAHERTY B. R. (1986) Impact of the red flour beetle, <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst), on suppression of the almond moth, <i>Cadra cautella</i> (Walker), by the parasitic wasps, <i>Bracon hebetor</i> Say and <i>Venturia canescens</i> (Gravenhorst). Journal of Entomological Science 21, 271-275.
517	PRESS, J. W. & FLAHERTY, B. R. (1978) The effect of carbon dioxide on the adults and eggs of the predaceous bug <i>Xylocoris flavipes</i> (Hemiptera: Anthocoridae). J. Georgia Ent. Soc. 13, 91-93.
518	PRESS, J. W. & FLAHERTY, B. R. (1981) Reproductive potential of <i>Bracon hebetor</i> Say on three moth species, <i>Ephesia cautella</i> (Walker), <i>Achroia grisella</i> (F.), and <i>Galleria mellonella</i> (L.). J. Georgia Ent. Soc. 16, 342-345.
519	PRESS J. W. & FLAHERTY B. R. (1985) Potential for storage nymphs of the predaceous bug <i>Xylocoris flavipes</i> at 15°C. J. Agric. Ent. 2, 395-397.
520	PRESS, J. W., FLAHERTY, B. R. & ARBOGAST, R. T. (1974) Interactions among <i>Plodia interpunctella</i> , <i>Bracon hebetor</i> , and <i>Xylocoris flavipes</i> . Env. Ent. 3, 183-184.
521	PRESS, J. W., FLAHERTY, B. R. & ARBOGAST, R. T. (1975a) Control of the red flour beetle, <i>Tribolium castaneum</i> , in a warehouse by a predaceous bug, <i>Xylocoris flavipes</i> . J. Georgia Ent. Soc. 10, 76-78.
522	PRESS, J. W., FLAHERTY, B. R. & ARBOGAST, R. T. (1975b) The effect of low temperature on the egg hatch and subsequent nymphal survival of the predaceous bug <i>Xylocoris flavipes</i> (Hemiptera: Anthocoridae). J. Georgia Ent. Soc. 11, 150-153.
523	PRESS, J. W., FLAHERTY, B. R. & ARBOGAST, R. T. (1977) Interactions among <i>Nemeritis canescens</i> (Hymenoptera: Ichneumonidae), <i>Bracon hebetor</i> (Hymenoptera: Braconidae), and <i>Ephesia cautella</i> (Lepidoptera: Pyralidae). J. Kansas Ent. Soc. 50, 259-262.
524	PRESS, J. W., FLAHERTY, B. R. & ARBOGAST, R. T. (1979) Vertical dispersion and control efficacy of the predator <i>Xylocoris flavipes</i> (Reuter) (Hemiptera: Anthocoridae) in farmers stock peanuts. J. Kans. Ent. Soc. 52, 561-564.
525	PRESS, J. W., FLAHERTY, B. R. DAVIS, R. & ARBOGAST, R. T. (1973) Development of <i>Xylocoris flavipes</i> (Hemiptera: Anthocoridae) on eggs of <i>Plodia interpunctella</i> (Lepidoptera: Phycitidae) killed by gamma radiation or by freezing. Env. Ent. 2, 335-336.
526	PRESS, J. W., FLAHERTY, B. R. & LECATO, G. L. (1974b) Interactions among <i>Tribolium castaneum</i> (Coleoptera: Tenebrionidae), <i>Cadra cautella</i> (Lepidoptera: Pyralidae) and <i>Xylocoris flavipes</i> (Hemiptera: Anthocoridae). J. Georgia Ent. Soc. 9, 101-103.
527	PRESS, J. W., FLAHERTY, B. R. & McDONALD, L. L. (1981) Survival and reproduction of <i>Bracon hebetor</i> on insecticide-treated <i>Ephesia cautella</i> larvae. J. Georgia Ent. Soc. 16, 231-234.
528	PRESS, J. P., LECATO, G. L. & FLAHERTY, B. R. (1978) Influence of media particle size on the distribution of the predaceous bug <i>Xylocoris flavipes</i> . J. Georgia Ent. Soc. 13, 275-278.
529	PRESS, J. P. & MULLEN, M. A. (1992) Potential of the weevil parasitoid, <i>Anisopteromalus calandrae</i> (Howard) (Hymenoptera: Pteromalidae) for protecting commercially packaged wheat from infestation by the rice weevil, <i>Sitophilus oryzae</i> (L.) (Coleoptera: Curculionidae). J. Kans. ent. Soc. 65, 348-351.
530	PREVETT, P. F. (1966) Observations on biology in the genus <i>Caryedon</i> Schönherr (Coleoptera: Bruchidae) in Northern Nigeria, with a list of associated parasitic Hymenoptera. Proc. R. Entomol. Soc. London (A) 41, 9-16.
531	PROZELL, S. (1994) Biologische Bekämpfung im Vorratsschutz - Einsatzmöglichkeiten von <i>Trichogramma evanescens</i> [Biological control in stored product protection - potential of <i>Trichogramma evanescens</i> ]. Mitteilungen der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft 301, 346.

SCHÖLLER - Räuber und Parasitoide

532	PROZELL, S., SCHÖLLER, M., HASSAN, S. A. & REICHMUTH, CH. (1996a) Release of <i>Trichogramma evanescens</i> as a component of an integrated pest management programme in organic food bakeries and stores (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Proceedings of the 20th International Congress of Entomology, Firenze, Italy, August 25-31, 555.
533	PROZELL, S., SCHÖLLER, M., HASSAN, S. A., WÜHRER, B. & REICHMUTH, CH. (1996b) From research to practice: biological control of stored product pest moths (Lepidoptera: Pyralidae) in organic food processing industry with <i>Trichogramma evanescens</i> (Hymenoptera: Trichogrammatidae). IOBC wprs Bulletin 19, 256.
534	PROZELL, S. & SCHÖLLER, M. (1997) Die Insektenfauna einer Großbäckerei nach Massenfreilassung von <i>Trichogramma evanescens</i> Westwood und Verzicht auf synthetische chemische Insektizide. Mitt. Dtsch. Ges. Allg. Angew. Ent. 10, (im Druck).
535	PROZELL, S., SCHÖLLER, M., REICHMUTH, CH., HASSAN, S. A. & WÜHRER, B. (1995a) Akzeptanz von <i>Trichogramma</i> -Freilassungen im Einzelhandel - Monitoring und Erfolgskontrolle. [Acceptance of <i>Trichogramma</i> releases in retail trade - monitoring and efficacy]. Deutsche Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie Nachrichten 9, 121.
536	PROZELL, S., WIEDENMANN, G. & HASSAN, S. A. (1995b) The egg-parasitoid <i>Trichogramma evanescens</i> (Hym.: Trichogrammatidae) as a potential biological control agent against the Indian meal moth <i>Plodia interpunctella</i> (Lep.: Pyralidae). In: <i>Trichogramma</i> and other egg parasitoids, 4. Symposium (Edited by Wajnberg E.), pp. 131-132. Cairo, Egypt 1994. Les Colloques de l'INRA 73.
537	PROZELL, S., WIEDENMANN, G., WOHLGEMUTH, R. & HASSAN, S. A. (1995c) Untersuchung zum Verhalten des Eiparasitoiden <i>Trichogramma evanescens</i> Westwood (Hym.: Trichogrammatidae) unter Berücksichtigung eines möglichen Einsatzes im Vorratsschutz gegen <i>Plodia interpunctella</i> (Lep.: Pyralidae). Mitt. Dtsch. Ges. Allg. Angew. Ent. 9, 507-510.
538	PULPÁN, J. & VERNER, P. H. (1965) Control of tyroglyphoid mites in stored grain by the predatory mite <i>Cheyletus eruditus</i> (Schränk). Can. J. Zool. 43, 417-432.
539	Putters, F. A. & ASSEM, F. VAN DEN (1988) The analysis of partial preferences in a parasitic wasp. Anim. Behav. 36, 933-935.
540	PUTTARUDRIAH, M. & CHANNA BASAVANNA, G. P. (1956) A study of the identity of <i>Bracon hebetor</i> Say and <i>Bracon brevicornis</i> Wesmael (Hymenoptera: Braconidae). Bull. Ent. Res. 47, 183-191.
541	QI, Y., ANDERSEN, J. F., PHILLIPS, J. & BURKHOLDER, W. E. (1990) Isolation and identification of <i>Trogoderma variabile</i> (Coleoptera: Dermestidae) larval kairomone for the female parasitoid <i>Laelius pedatus</i> (Hymenoptera: Bethyridae). Contributions from Shanghai Institute of Entomology 9, 57-66.
542	QI, Y. & BURKHOLDER, W. E. (1990) Attraction of larval kairomone of <i>Trogoderma</i> spp. to the parasitoid <i>Laelius pedatus</i> (Hymenoptera: Bethyridae). Contributions from Shanghai Institute of Entomology 9, 49-56.
543	RAWNSLEY, J. (1959) The natural relationship between the hymenopterous parasite, <i>Bracon hebetor</i> , and its host, the cocoa moth, <i>Ephesia cautella</i> : The importance of this relationship in designing chemical control. Ghana Cocoa Mark. Bd., Insect Control Unit, Pub. 7, 1-3.
544	RAWNSLEY, J. (1968) Biological studies in Ghana in the control of <i>Cadra cautella</i> (Wlk.), the tropical warehouse moth. Ghana J. Agr. Sci. 1, 155-159.
545	REED, D. J., BEGON, M. & THOMPSON, D. J. (1996) Differential cannibalism and population dynamics in a host-parasitoid system. Oecologia 105, 189-193.
546	REED, W. D. & VINZANT, J. P. (1942) Control of insects attacking stored tobacco and tobacco products. U. S. D. A. Circ. 635, 12.
547	REES, D. P. (1985) Life history of <i>Teretriosoma nigrescens</i> Lewis (Col.: Histeridae) and its ability to suppress populations of <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn) (Col.: Bostrichidae). J. Stored Prod. Res. 21, 115-118.
548	REES, D. P. (1987) Laboratory studies on predation by <i>Teretriosoma nigrescens</i> Lewis (Col.: Histeridae) on <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn) (Col.: Bostrichidae) infesting maize cobs in the presence of other maize pests. J. stored Prod. Res. 23, 191-195.
549	REES, D. P. (1990) Ecology and predatory ability of <i>Teretriosoma nigrescens</i> Lewis (Col.: Histeridae), a potential bio-control agent for <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn) (Col.: Bostrichidae). Proc. 5th Int. Wkng. Conf. Stored Product Prot. Bordeaux, 1990, 1281-1288.

550	REES, D. P. (1991) The effect of <i>Teretriosoma nigrescens</i> Lewis (Coleoptera: Histeridae) on three species of storage Bostrichidae infesting shelled maize. J. Stored Prod. Res. 27, 83-86.
551	REES, D. P., RODRIGUEZ, R. & HERRERA, F. J. (1990a) Observations on the ecology of <i>Teretriosoma nigrescens</i> Lewis (Col.: Histeridae) and its prey <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn) (Col.: Bostrichidae) in the Yucatan peninsula, Mexico. Trop. Sci. 30, 153-165.
552	REES, D. P., RODRIGUEZ, R., HERRERA, F. J. & OFOSU, A. (1990b) Advances in monitoring <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn) (Col.: Bostrichidae) and <i>Teretriosoma nigrescens</i> Lewis (Col.: Histeridae) populations. Proc. 5th Int. Wkng. Conf. Stored Product Prot. Bordeaux, 1990, 1417-1424.
553	REINERT, J. A. & KING, E. W. (1971) Action of <i>Bracon hebetor</i> Say as a parasite of <i>Plodia interpunctella</i> at controlled densities. Ann. Ent. Soc. Am. 64, 1335-1340.
554	REMADEVI, O. K., SASIDHARAN, T. O. & ABDURAHIMAN, U. C. (1994) Oviposition preference of <i>Goniozus nephantidis</i> Mues. (Hymenoptera: Bethyliidae). Insect. Sci. Applic. 15, 439-443.
555	REYMONET, C., FABRES, G. & LABEYRIE, V. (1987) Étude préliminaire d'un marqueur physiologique externe de la diapause chez <i>Dinarmus acutus</i> (Hym. Pteromalidae) parasite de <i>Bruchus affinis</i> (Col. Bruchidae). Annales Soc. ent. France (N.S.) 23, 241-246.
556	RICHARDS, O. W. & THOMSON, W. S. (1932) A contribution to the study of the genera <i>Ephestia</i> , Gn. (including <i>Strymax</i> , Dyar), and <i>Plodia</i> , Gn. (Lepidoptera, Phycitidae), with notes on parasites of the larvae Trans. R. Ent. Soc. Lond. 80, 169-250.
557	RICHMOND, R. G. (1925) Wax moth parasite. J. econ. Ent. 18, 425.
558	RICHTER, J., BILIWA, A., HELBIG, J., J., FISCHER, H. U., & HENNING-HELBIG, S. (1997) Impact of <i>Teretriosoma nigrescens</i> Lewis (Col., Histeridae) on <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn) (Col., Bostrichidae) and losses in traditional maize in southern Togo. Journal of stored Product Research 33, 137-142.
559	RIDOUT, L. M. (1981) Mutual interference - behavioral consequences of encounters between adults of the parasitoid wasp <i>Venturia canescens</i> (Hymenoptera, Ichneumonidae). Animal behaviour 29, 897-903.
560	RIETRA, E. (1932) Iets over den Bouw en de Levenswijze van <i>Nemeritis canescens</i> (Gravenhorst) als interne Parasiet van de Larve von <i>Ephestia kühniella</i> Zeller. Proefschrift Leiden, S-Hertogenbosch: Teutlings, Kon. Druk., 120 S.
561	RILETT, R. O. (1949) The biology of <i>Cephalonomia waterstoni</i> Gahan. Can. J. Res. 27 (D), 93-111.
562	ROGERS, D. (1972) The ichneumon wasp <i>Venturia canescens</i> : oviposition and avoidance of superparasitism. Ent. exp. appl. 15, 190-194.
563	ROJAS-ROUSSE, D., ESLAMI, D. & LAGRANGE, P. (1983) Conséquence de la variation des effectifs des femelles de <i>Dinarmus vagabundus</i> , sur le parasitisme de l'un de leurs hôtes <i>Callosobruchus maculatus</i> . Ent. exp. appl. 34, 317-325.
564	ROJAS-ROUSSE, D., ESLAMI, D. & PERIQUET, G. (1988) Reproductive strategy of <i>Dinarmus vagabundus</i> Timb. (Hym., Pteromalidae): real sex ratio, sequence of emitting diploid and haploid eggs and effects of inbreeding on progeny. J. Appl. Entom. 106, 276-285.
565	ROJAS-ROUSSE, D., KALMES, R., COMBESCOT, C., ESLAMI, J. & GOMEZ-ALVAREZ, L. (1988) Bilan nutritionnel au cours du développement de l'ectoparasite grégaire <i>Dinarmus vagabundus</i> et du solitaire <i>Dinarmus basalis</i> . Entomol. exp. appl. 46, 63-70.
566	ROTARY, N. & GERLING, D. (1973) The influence of some external factors upon sex ratio of <i>Bracon hebetor</i> Say (Hymenoptera: Braconidae). Environ. Ent. 2, 134-138.
567	RUSCHKA, F. (1921) Zur Morphologie und Systematik des Kornkäfer-Chalcidiers <i>Lariophagus distinguendus</i> Först. Z. angew. Ent. Berlin 7, 463-465.
568	RYABOV, M. A. (1926) The possibilities of applying the parasitic method of control in the case of granary pests. Bull. N. Caucasian Plant Prot. Sta. 1, 19-54. [Abstract in Rev. Appl. Ent. 14, 393, 1926].
569	RYOO, M. I., CHO, H. W. & KIM, Y. B. (1990) Ecological successions of arthropod communities in stored rough rice, polished rice and brown rice. Korean journal of applied entomology 29, 31-42.
570	RYOO, M. I. & CHUN, Y. S. (1993) Oviposition behaviour of <i>Callosobruchus chinensis</i> (Coleoptera: Bruchidae) and weevil population growth: effects of larval parasitism and competition. Environ. Ent. 22, 1009-1015.
571	RYOO, M. I., HONG, Y. S. & YOo, C. K. (1991) Relationship between temperature and development of <i>Lariophagus distinguendus</i> (Hymenoptera: Pteromalidae), an ectoparasitoid of <i>Sitophilus oryzae</i> (Coleoptera: Curculionidae). Journal of Economic Entomology 84, 825-829.

SCHÖLLER - Räuber und Parasitoide

572	RYOO, M. I., YOO, C. K. & HONG, Y. S. (1990) Influences of food quality for <i>Sitophilus oryzae</i> (Coleoptera: Curculionidae) on life history of <i>Lariophagus distinguendus</i> (Hymenoptera: Pteromalidae). Proc. 5th Int. Wkng. Conf. Stored Product Prot. Bordeaux, 1990, 211-218.
573	RYOO, M. I., YOON, T. J. & SHIN, S. S. (1996) Intra- and interspecific competition among two parasitoids of the rice weevil (Coleoptera: Curculionidae). Environ. Entomol. 25, 1101-1108.
574	SÄ-FISCHER, A. & SCHÖLLER, M. (1994) Nachweis der Parasitierung von <i>Dermestes maculatus</i> DeGeer durch <i>Trichogramma evanescens</i> Westwood. Mitt Dtsch. Ges. Allg. Angew. Ent. 9, 161-164.
575	SAGNIA, S. B. (1994) Mortality factors affecting <i>Callosobruchus maculatus</i> (F.) (Coleoptera: Bruchidae) under field conditions in Niger. J. stored Prod. Res. 30, 71-74.
576	SAIT, S. M., ANDREEV, R. A., BEGON, M., THOMPSON, D. J., HARVEY, J. A. & SWAIN, R. D. (1995) <i>Venturia canescens</i> parasitizing <i>Plodia interpunctella</i> : host vulnerability - a matter of degree. Ecological Entomology 20, 199-201.
577	SAJAP, A. S. & LEWIS, L. C. (1988) Effects of the microsporidium <i>Nosema pyrausta</i> (Microsporida: Nosematidae) on the egg parasitoid <i>Trichogramma nubilale</i> (Hymenoptera: Trichogrammatidae). J. Invertebr. Pathol. 52, 294-300.
578	SALAMA, H. S., EL-MOURS, A., ZAKI, F. N., ABOUL-ELA, R. & ABDEL-RAZEK, A. (1991) Parasites and predators of the meal moth <i>Plodia interpunctella</i> Hbn. as affected by <i>Bacillus thuringiensis</i> Berl. J. Appl. Ent. 112, 244-253.
579	SALAMA, H. S. & ZAKI, F. N. (1985) Biological effects of <i>Bacillus thuringiensis</i> on the egg parasitoid <i>Trichogramma evanescens</i> . Insect Sci. Appl. 6, 145-148.
580	SALT, G. (1936) Experimental studies in insect parasitism IV. - The effect of superparasitism on populations of <i>Trichogramma evanescens</i> . J. Exp. Biol. 13, 363-375.
581	SALT, G. (1961) Competition among insect parasitoids. Symp. Soc. Exper. Biol. 15, 96-119.
582	SALT, G. (1964) The ichneumonid parasite <i>Venturia canescens</i> (Gravenhorst) in relation to the wax moth <i>Galleria mellonella</i> (L.). Trans. R. ent. Soc. Lond. 116, 1-14.
583	SALT, G. (1976) The host of <i>Nemeritis canescens</i> a problem in the host specificity of insect parasitoids. Ecol. Ent. 1, 63-67.
584	SALT, G. (1980) A note on the resistance of two parasitoids to the defence reactions of their insect hosts. Proceedings of the Royal Society of London, B, 207, 351-353.
585	SANG, S. S., YONG, S. C., RYOO, M. I. (1994) Functional and numerical responses of <i>Anisopteromalus calandrae</i> and <i>Lariophagus distinguendus</i> (Hymenoptera: Pteromalidae) to the various densities of an alternative host, <i>Callosobruchus chinensis</i> . Korean journal of entomology 24, 199-206.
586	SCHLOTTKE, E. (1926) Über die Variabilität der schwarzen Pigmentierung und ihre Beeinflussbarkeit durch Temperaturen bei <i>Habrobracon juglandis</i> Ashmead. Zeitschrift für vergleichende Physiologie 3, 692-736.
587	SCHMIDT, J. M. (1991) The role of physical factors in tritrophic interactions. Redia 74, "Appendice", 43-93.
588	SCHÖLLER, M. (1995) Auswahl geeigneter <i>Trichogramma</i> -Arten zur biologischen Bekämpfung von vorratsschädlichen Motten. DGaE-Nachr. 9, 13-14.
589	SCHÖLLER, M., HASSAN, S. A. & REICHMUTH, CH. (1995): Untersuchungen zur Bekämpfung von <i>Ephestia</i> spp. (Lep., Pyralidae) in Getreide mit <i>Trichogramma evanescens</i> Westwood (Hym., Trichogrammatidae)- Eindringtiefe in geschütteten Weizen und Parasitoidendichte. Mitt. Dtsch. Ges. Allg. Angew. Ent. 10, 259-262.
590	SCHÖLLER, M. & PROZELL, S. (1996) Response of <i>Trichogramma evanescens</i> to synthetic (Z,E)-9,12-tetra-decadienyl acetate (TDA), a sex pheromone component of <i>Ephestia kuehniella</i> and <i>Plodia interpunctella</i> (Hymenoptera: Trichogrammatidae - Lepidoptera: Pyralidae). Proceedings of the 20th International Congress of Entomology, Firenze, Italy, August 25-31, 646.
591	SCHÖLLER, M., PROZELL, S., AL-KIRSHI, A.-G. & REICHMUTH, Ch. (1997) Towards biological control as a major component of integrated pest management in stored product protection. Journal of Stored Product Research 33, 81-97.
592	SCHÖLLER, M., PROZELL, S., REICHMUTH, CH. & HASSAN, S. A. (1994) Biologische Bekämpfung im Vorratsschutz - Möglichkeiten der Anwendung von <i>Trichogramma</i> (Hym., Trichogrammatidae). DGaE Nachrichten 8, 22.

## Schöller - Räuber und Parasitoide

593	SCHÖLLER, M., REICHMUTH, CH. & HASSAN, S. A. (1994) Studies on biological control of <i>Ephestia kuehniella</i> Zeller (Lep.: Pyralidae) with <i>Trichogramma evanescens</i> Westwood (Hym.: Trichogrammatidae) - host-finding ability in wheat under laboratory conditions. In: Highley, E., Wright, E. J., Banks, H. J. and Champ, B. R. (eds.) Proceedings of the 6th International Working Conference on Stored-product Protection, 17-23 April 1994, Canberra, Australia, Volume 2, 1142-1146.
594	SCHÖLLER, M., REICHMUTH, CH. & HASSAN, S. A. (1996) Konkurrenz zwischen der Speichermotte <i>Ephestia elutella</i> (Hübner), der Mehlmotte <i>Ephestia kuehniella</i> Zeller und die Dörrobstmotte <i>Plodia interpunctella</i> (Hübner) (Lepidoptera, Pyralidae) in Verbindung mit der Wirtsfindung von <i>Trichogramma evanescens</i> Westwood (Hymenoptera, Trichogrammatidae) auf verschiedenen Getreideprodukten. Jahresbericht der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft 138, 163-164.
595	SHARIFI, S. (1972) Radiographic studies of the parasite <i>Choetospila elegans</i> on the maize weevil, <i>Sitophilus zeamais</i> . Ann. Ent. Soc. Am. 65, 852-856.
596	SHIMADA, M. (1985) Niche modification and stability of competitive systems II. persistence of interspecific competitive systems with parasitoid wasps. Researches on population ecology 27, 203-216.
597	SHIMADA, M. & FUJII, K. (1985a) Niche modification and stability of competitive systems. I. Niche modification process. Res. Popul. Ecol. 27, 185-201.
598	SHIMADA, M. & FUJII, K. (1985b) Niche modification and stability of competitive systems. III. Simulation model analysis. Researches on Population Ecology 27, 217-230.
599	SHIN, S. S., CHUN, Y. S. & RYOO, M. I. (1994) Functional and numerical responses of <i>Anisopteromalus calandrae</i> and <i>Lariophagus distinguendus</i> (Hymenoptera: Pteromalidae) to the various densities of an alternative host, <i>Callosobruchus chinensis</i> . Korean Journal of Entomology 24, 199-206.
600	SIEMENS, D. H. & DAN JOHNSON, C. (1992) Density-dependent egg parasitism as a determinant of clutch size in bruchid beetles (Coleoptera: Bruchidae). Env. Ent. 21, 610-619.
601	SILVA, A. G. D. A., GONCALVES, C. R., GALVAO, D. M., GONCALVES, A. J. L., GOMES, J., SILVA, M. N. & SIMONI, L. de (1968) Quarto catalogo dos insetos que vivem nas plantas do Brasil, seus parasitos e predadores. Part II, Tomo 1, Insetos, hospedeiros e inimigos naturais. Min. Agr. Depto. Def. Inspecao Agropecuaria, Rio de Janeiro, Brazil, 422 pp.
602	SILVA, P. (1947) Controle biologico da „traça do cacau" pelo <i>Microbracon hebetor</i> (Say). Instituto de Cacau da Bahia (Brazil) Boletim Tecnico 7, 39pp.
603	SIMMONDS, F. J. (1943) The occurrence of superparasitism in <i>Nemeritis canescens</i> Grav. Rev. canad. Biol. 2, 15-58.
604	SING, S., ARBOGAST, R. T., BROWER, J. H. & STEWARD, R. K. (1996) Potential biological control of bruchids infesting stored dried legumes with the generalist predator <i>Xylocoris flavipes</i> (Reuter) (Hemiptera: Anthocoridae). Proceedings of the 20th International Congress of Entomology, Firenze, Italy, August 25-31, 572.
605	SIROT, E. (1996) The pay-off from superparasitism in the solitary parasitoid <i>Venturia canescens</i> . Ecological Entomology 21, 305-307.
606	SLOBODCHIKOFF, C. N. (1983) Why asexual reproduction?: Variation in populations of the parthenogenetic wasp, <i>Venturia canescens</i> (Hymenoptera: Ichneumonidae). Annals of the Entomological Society of America 76, 23-29.
607	SMARAGDOVA, N. P. (1936) The interaction between phytophagous and predatory mites in relation to their environment and concentration. Zool. Zhur. 15, 720-730.
608	SMIRNOFF, E. S. & PALEJAEFF, V. G. (1937) Conduite de <i>Lariophagus distinguendus</i> F. Rev. Russe Zool. 16, 959.
609	SMITS VAN BURGST, C. A. L. (1921) Parasieten van het Meelmotje ( <i>Ephestia kuehniella</i> Zeller). Tijdschr. Plantenziekten Wageningen 27, 77-79.
610	SMITH, H. S. (1919) On some phases of insect control by the biological method. J. Econ. Entomol. 12, 288-292.
611	SMITH, L. (1992) Effect of temperature on life history characteristics of <i>Anisopteromalus calandrae</i> (Hymenoptera: Pteromalidae) parasitizing maize weevil larvae in corn kernels. Environ. Entomol. 21, 877-887.
612	SMITH, L. (1993a) Host-size preference of the parasitoid <i>Anisopteromalus calandrae</i> (Hym.: Pteromalidae) on <i>Sitophilus zeamais</i> (Col.: Curculionidae) larvae with a uniform age distribution. Entomophaga 38, 225-233.

SCHÖLLER - Räuber und Parasitoide

613	SMITH, L. (1993b) Effect of humidity on life history characteristics of <i>Anisopteromalus calandrae</i> (Hymenoptera: Pteromalidae) parasitizing maize weevil (Coleoptera: Curculionidae) larvae in shelled corn. <i>Env. Ent.</i> 22, 618-624.
614	SMITH, L. (1993c) Validation of an age-structured simulation model of host-parasitoid population dynamics. <i>Bulletin of the Ecological Society of America</i> 74 (2 Suppl.), 439-440.
615	SMITH, L. (1994a) Computer simulation model for biological control of maize weevil by the parasitoid <i>Anisopteromalus calandrae</i> . Proc. 6th Int. Wkng. Conf. Stored-product Prot., Canberra, Australia, 1147-1151.
616	SMITH, L. (1994b) Temperature influences functional response of <i>Anisopteromalus calandrae</i> (Hymenoptera: Pteromalidae) parasitizing maize weevil larvae in shelled corn. <i>Ann. Entomol. Soc. Am.</i> 87, 849-855.
617	SMITH, L. & ARBOGAST, R. T. (1990) Effect of temperature on life history statistics of <i>Anisopteromalus calandrae</i> (Hymenoptera: Pteromalidae), a parasitoid of <i>Sitophilus zeamais</i> (Coleoptera: Curculionidae). Proc. 5th Int. Wkng. Conf. Stored Product Prot. Bordeaux, 1990, 1291-1292.
618	SMITH, L. & PRESS, J. W. (1993) Functional response of <i>Anisopteromalus calandrae</i> (Hymenoptera: Pteromalidae): Influence of host numbers versus host density. <i>J. Ent. Sci.</i> 27, 375-382.
619	SMITH, L., WEAVER, D. K. & ARBOGAST, R. T. (1995) Suitability of the maize weevil and Angoumois grain moth as hosts for the parasitoids <i>Anisopteromalus calandrae</i> and <i>Pteromalus cerealellae</i> . <i>Entomol. Exp. Appl.</i> 76, 171-177.
620	SOLIMAN, H. S. (1940) Studies in the biology of <i>Microbracon hebetor</i> Say. <i>Bull. Soc. ent. Egypte</i> 24, 215-247.
621	SOLOMON, M. E. (1967) Experiments on predatory-prey interactions of storage mites. <i>Acarologia</i> 11, 484-503.
622	SPITLER, G. H. & HARTSELL, P. L. (1975) Pirimiphos-methyl as a protectant for inshell almonds. <i>J. Econ. Entomol.</i> 68, 777-780.
623	STEFFAN, J. R. (1991) The parasites of bruchids. <i>Ser. Entomol.</i> 19, 223-229.
624	STEIDLE, J. & SCHÖLLER, M. (1997) Olfactory host location and learning in the granary weevil parasitoid <i>Lariophagus distinguendus</i> (Hymenoptera: Pteromalidae). <i>Journal of Insect Behavior</i> 10, 331-342.
625	STEINKRAUS, C. & CROSS, E. A. (1993) Description and life history of <i>Acarophenax mahunkai</i> n. sp. (Acari, Tarsonemina: Acarophenacidae), an egg parasite of the lesser mealworm (Coleoptera: Tenebrionidae). <i>Ann. Entomol. Soc. Am.</i> 86, 239-249.
626	STINNER, R. E. (1977) Efficacy of inundative releases. <i>Ann. Rev. Ent.</i> 22, 515-531.
627	STRAND, M. R. & GODFRAY, H. C. J. (1989) Superparasitism and ovicide in parasitic Hymenoptera: theory and a case study of the ectoparasitoid <i>Bracon hebetor</i> . <i>Behavioural Ecology and Sociobiology</i> 24, 421-432.
628	STRAND, M. R., WILLIAMS, H. J., VINSON, S. B. & MUDD, A. (1989) Kairomonal activities of 2-acylcyclohexane-1,3-diones produced by <i>Ephestia kuehniella</i> Zeller in eliciting searching behaviour by the parasitoid <i>Bracon hebetor</i> (Say). <i>Journal of Chemical Ecology</i> 15, 1491-1500.
629	STUART, M. K. & BURKHOLDER, W. E. (1991) Monoclonal Antibodies specific for <i>Laelius pedatus</i> (Bethyidae) and <i>Bracon hebetor</i> (Braconidae), two hymenopterous parasitoids of stored-product pests. <i>Biological Control</i> 1, 302-308.
630	STYS, P. & DANIEL, M. (1957) <i>Lyctocoris campestris</i> (F.) (Heteroptera: Anthocoridae) as a human facultative ectoparasite. <i>Acta Soc. Entomol. Cech.</i> 54, 1-10.
631	SUBBA RAO, B. R. & KUMAR, S. S. (1960) Effect of temperature and host density on the rate of increase of <i>Bracon brevicornis</i> Wesmael. (Hymenoptera: Braconidae). <i>Beitr. Ent.</i> 10, 872-885.
632	TAKAHASHI, F. (1953) On the difference of the action between two parasitic wasps in the fluctuations of the host and parasite (preliminary). <i>Res. Popul. Ecol. Kyoto Univ.</i> 2, 47-54.
633	TAKAHASHI, F. (1956) The fluctuations of host population influenced by the two parasitoid wasps. <i>Res. Popul. Ecol. Kyoto Univ.</i> 3, 36-44.
634	TAKAHASHI, F. (1957) Synchrony between the parasitoid wasp and its host in their interacting system. <i>Japan J. Appl. Ent. Zool.</i> 1, 259-264.

Schöller - Räuber und Parasitoide

635	TAKAHASHI, F. (1959) The effect of host finding efficiency of parasite on the cyclic fluctuation of population in the interacting system of <i>Ephestia</i> and <i>Nemeritis</i> . Japan J. Ecol. 9, 88-93.
636	TAKAHASHI, F. (1963) Changes in some ecological characters of the almond moth caused by the selective action of an ichneumon wasp in their interacting system. Res. Popul. Ecol. Kyoto Univ. 5, 117-129.
637	TAKAHASHI, F. (1968) Functional response to host density in a parasitic wasp with reference to population regulation. Res. Popul. Ecol. Kyoto Univ. 10, 54-58.
638	TAKAHASHI, F. (1969) An experimental study on the suppression and regulation of the host population by the action of the parasitic wasp. Japan J. Ecol. 19, 225-232.
639	TAKAHASHI, F. (1973) An experimental study on the suppression and regulation of the population of <i>Cadra cautella</i> (Walker) (Lepidoptera; Pyralidae) by the action of a parasitic wasp, <i>Nemeritis canescens</i> Gravenhorst (Hymenoptera; Ichneumonidae). Mem. Coll. Agric., Kyoto Univ. 104, 1-12.
640	TAKAHASHI, F. (1976) Natural enemies as a control agent of pests and the environmental complexity from the theoretical and experimental points of view. In: COULSTON, F. & KORTE, F. (eds.): Environmental quality and safety, Vol. 5. Global aspects of chemistry, toxicology and technology as applied to the environment, 39-47. Thieme Publishers, Stuttgart, Germany.
641	TANNERT, W. (1968) Bekämpfung von Vorrats- und Materialschädlingen. In: FRITZSCHE, R., GEILER, H. & SEDLAG, U.: Angewandte Entomologie. Fischer, Stuttgart, p. 727.
642	TAWFIK, M. F. S. & AWADALLAH, K. T. (1985a) Effect of temperature and relative humidity on various stages of the predator, <i>Allaeocranum biannulipes</i> (Montr. et Sign.) (Hemiptera, Reduviidae). Bull. Soc. Ent. Egypte 64, 239-250.
643	TAWFIK, M. F. S. & AWADALLAH, K. T. (1985b) Effect of prey on various stages of the predator, <i>Allaeocranum biannulipes</i> (Montr. et Sign.) (Hemiptera, Reduviidae). Bull. Soc. Entomol. Egypte 64, 251-258.
644	TAWFIK, M. F. S., AWADALLAH, K. T. & ABDELLA, M. M. H. (1984) Population studies on wheat grain insect pests and their natural enemies at four localities in Egypt. Arab. Gulf J. sci. Res. 2, 267-280.
645	TAWFIK, M. F. S., AWADALLAH, K. T. & ABDELLA, M. M. H. (1985) Natural enemies of the greater wax moth, <i>Galleria mellonella</i> L. with reference to the bionomics of the braconid <i>Apanteles galleriae</i> (Wilkinson). Annals of Agricultural Science, Moshtohor 23, 335-341.
646	TAWFIK, M. F. S., AWADALLAH, K. T. & ABOU-ZEID, N. A. (1985) The biology of the reduvid <i>Allaeocranum biannulipes</i> (Montr. et Sign.), a predator of stored-product insects. Bull. Soc. Ent. Egypte 64, 231-237.
647	TAWFIK, M. F. S., AWADALLAH, K. T., ABOU-ZEID, N. A. & ABDELLA, M. M. H. (1982) Effect of feeding on various preys on the bio-cycle of <i>Xylocoris flavipes</i> (Reuter). Res. Bull. No. 623, Faculty of Agriculture, Zagazig University, 1-10.
648	TAWFIK, M. F. S., AWADALLAH, K. T., EL-HUSSEINI, M. M. & AFIFI, A. I. (1984-1985) Survey on stored drug insect mite pests and their associated natural enemies in Egypt. Bull. Soc. Entomol. Egypte 64, 267-274.
649	TAWFIK, M. F. S., AWADALLAH, K. T., EL-HUSSEINI, M. M. & IBRAHIM, A. M. A. (1996) Effect of temperature and relative humidity on the biocycle of <i>Xylocoris sordidus</i> . Deutsche Entomologische Zeitschrift N. F. (in press).
650	TAWFIK, M. F. S. & EL-HUSSEINI, M. M. (1971) The life history of <i>Xylocoris (Piezostethus) galactinus</i> (Fieber) (Hemiptera: Anthocoridae). Bull. Soc. Entomol. Egypte 55, 171-183.
651	TAYLOR, A. D. (1988a) Host effects on larval competition in the gregarious parasitoid <i>Bracon hebetor</i> . J. Anim. Ecol. 57, 163-172.
652	TAYLOR, A. D. (1988b) Host effects on functional and ovipositional responses of <i>Bracon hebetor</i> . J. anim. ecol. 57, 173-184.
653	TEMERAK, S. A. (1982a) Übertragung zweier bakterieller Pathogene in den Körper von <i>Sesamia cretica</i> Led. (Lep., Tortricidae) mittels des Legebohrers von <i>Bracon brevicornis</i> Wesm. (Hym., Braconidae). Anz. Schädlingsskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz 55, 89-92.
654	TEMERAK, S. A. (1982b) Wirkungen zwischen <i>Bacillus thuringiensis</i> Berl. und Larven der Schlupfwespe <i>Bracon brevicornis</i> Wesm. in bzw. an den Raupen von <i>Sesamia cretica</i> Led. bei verschiedenen Temperaturen. Anz. Schädlingsskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz 55, 137-140.



SCHÖLLER - Räuber und Parasitoide

655	TERRASSE, C. (1986) Mise en évidence et hypothèse de régulation du stade de l'hôte <i>Callosobruchus maculatus</i> (F.) (Coléoptères, Bruchidae) et de sa taille sur le taux sexuel d'un de ses parasitoïdes <i>Bruchocida vuilleti</i> Cwf. (Hyménoptère, Eupelmidae). Thèse de l'Université François Rabelais, Tours, France, 187 pp..
656	TERRASSE, C. & ROJAS-ROUSSE, D. (1986) Distribution de la ponte et évitement du superparasitisme chez l'hyménoptère solitaire <i>Bruchocida vuilleti</i> , parasite des stades larvaires de son hôte, <i>Callosobruchus maculatus</i> (F.) (Col., Bruchidae). J. Appl. Entomol. 101, 243-256.
657	THOMAS-ODJO, A. A. & GASPAR, C. (1994) Utilisation de <i>Dinarmus basalis</i> (Rondani) (Hyménoptera; Pteromalidae) pour le contrôle de <i>Callosobruchus maculatus</i> (F.) (Coleoptera: Bruchidae). Mededelingen Fac. Landbouww. Univ. Gent 59/2a, 451-456.
658	THORPE, W. H. (1938) Further experiments on olfactory conditioning in a parasitic insect. The nature of the conditioning process. Proc. Roy. Soc. (B) 126, 370-397.
659	THORPE, W. H. & JONES, F. G. W. (1937) Olfactory conditioning in an endoparasitic insect, the ichneumonid <i>Nemeritis canescens</i> and its relation to host selection. Proc. roy Soc. Lond. (B) 155, 56-87.
660	TIERTO NIBER, B. (1994) The effect of neem and pyrethrum products on <i>Anisopteromalus calandrae</i> Howard (Hyménoptera: Pteromalidae), a parasitic wasp of stored grain beetle pests. Helsingin Yliopisto Soveltavan Eläintieteen Laitos Julkaisuja 20, 1-8.
661	TIGAR, B. J., KEY, G. E., FLORES, M. E. & VAZQUES, A. (1994) Field and post-maturation infestation of maize by stored product pests in Mexico. J. stored Prod. Res. 30, 1-8.
662	TRUDEAU, D. & GORDON, D. M. (1989) Factors determining the functional response of the parasitoid <i>Venturia canescens</i> . Entomol. Exp. Appl. 50, 3-6.
663	TUDA, M. & SHIMADA, M. (1995) Developmental schedules and persistence of experimental host-parasitoid systems at two different temperatures. Oecologia (Berlin) 103, 283-291..
664	ULLYETT, G. C. (1945) Distribution of progeny by <i>Microbracon hebetor</i> Say. J. Ent. Soc. S. Afr. 8, 123-131.
665	URBAN, A. J. & SCHMIDT, J. (1972) Raisin pest management using inundative releases of <i>Bracon hebetor</i> (Hyménoptera: Braconidae). Proceedings of the ninth entomological congress organized by the entomological society of southern Africa, 28 Jun - 1 Jul 1993 Johannesburg (South Africa); ISBN 0-620-17722-5, 99.
666	URBAN, A. J. & SCHMIDT, H. (1993) Motplae op sultanas biologies hogeslaan. [Moth pests on sultanas controlled biologically]. Plant Protection News 31, 8-9.
667	U. S. D. A. (1972) Stored tobacco insects - Biology and control. United States Dep. Agr. Handbook 233, Washington, 236 pp.
668	UTIDA, S. (1950) On the equilibrium state of the interacting population of an insect and its parasite. Ecology 31, 165-175.
669	UTIDA, S. (1953) Population fluctuation in the system of host-parasite interaction. Res Popul. Ecol. 2, 22-46.
670	UTIDA, S. (1955a) Population fluctuation in the system of host-parasite interaction. Mem. Coll. Agr. Kyoto Univ. 71, Ent. Ser. 11, 34 pp.
671	UTIDA, S. (1955b) Population fluctuation in the system of interaction between a host and its two species of parasite, experimental studies on synparasitism, III. Ōyō-Kontyū 11, 43-48.
672	UTIDA, S. (1956) Population fluctuation in the system of host-parasite interaction in different size of their environment. Res. Popul. Ecol. 3, 45-51.
673	UTIDA, S. (1957) Cyclic fluctuations of population density intrinsic to the host-parasite system. Ecology 38, 442-449.
674	VANCE, A. M. & PARKER, H. L. (1932) <i>Laelius anthrenivorus</i> Trani, an interesting bethylid parasite of <i>Anthrenus verbasci</i> L. in France. Proc. Ent. Soc. Wash. 34, 1-7.
675	VASSILIEV, E. M. (1916) The position of the question of the parasite of <i>Calandra granaria</i> L. (Husbandry). Kiev 11, 20-23.
676	VERMA, R. (1990) Host habitat location and host location by <i>Dinarmus basalis</i> , a parasite of bruchids of stored legumes. Indian J. Exper. Biology 28, 179-184.
677	VERMA, R. (1991) Life-history and some aspects of biology of <i>Dinarmus basalis</i> (Hyménoptera, Pteromalidae), a parasite of stored legume bruchids. Acta Entomol. Bohemoslov. 88, 359-366.
678	VINSON, S. B. (1976) Host selection by insect parasitoids. Ann. Rev. Ent. 21, 109-133.

## Schöller - Räuber und Parasitoide

679	VINSON, S. B. & IWANTSCH, G. F. (1980) Host suitability for insect parasitoids. Annual Review of Entomology 25, 397-419.
680	VISSER, B. J. , LABRUYÈRE, W. T. , SPANJER, W. & PIEK, T. (1983) Characterization of two paralyzing protein toxins (A-MTX and B-MTX), isolated from a homogenate of the wasp <i>Microbracon hebetor</i> (Say). Comp. Biochem. Physiol. 75B, 523-530.
681	VOJNOVSKAJA-KRIEGER, T. K. (1927) Zur Biologie von <i>Nemeritis canescens</i> Grav. des Parasiten der Mehlmotte <i>Ephestia kuehniella</i> Zeller. Reports of the Bureau of Applied Entomology 3, 24-35.
682	WAAGE, J. K. (1978) Arrestment responses of the parasitoid <i>Nemeritis canescens</i> , to a contact chemical produced by its host, <i>Plodia interpunctella</i> . Physiol. Ent. 3, 135-146.
683	WAAGE, J. K. (1979) Foraging for patchily-distributed hosts by the parasitoid, <i>Nemeritis canescens</i> . J. Anim. Ecol. 48, 353-371.
684	WAAGE, J. K. (1982) Sex ratio and population dynamics of natural enemies - some possible interactions. Ann. Appl. Biol. 101, 159-164.
685	WAI, K. M. & FUJII, K. (1990) Intraspecific larval competition among wasps parasitic of bean weevil larvae. Researches on Population Ecology 32, 85-98.
686	WAJNBERG, E. & HASSAN, S. A. (1994) Biological control with egg parasitoids. CAB International, Wallingford, 304 pp.
687	WALLER, J. B. (1982) A record of <i>Venturia canescens</i> (Hymenoptera: Ichneumonidae) in New Zealand. New Zealand Entomol. 7, 319.
688	WATERSTON, J. (1921) Report on parasitic Hymenoptera bred from pests of stored grain. Rep. grain Pest Com. 9, 25.
689	WEIDNER, H. (1983) Vorratsschädlinge. In: Heinze, K. (ed.): Leitfaden der Schädlingbekämpfung, Band IV, Vorrats- und Materialschädlinge (Vorratsschutz). Stuttgart, 348 pp.
690	WEN, B. & BROWER, J. H. (1994a) Suppression of maize weevil, <i>Sitophilus zeamais</i> (Coleoptera: Curculionidae), populations in drums of corn by single and multiple releases of the parasitoid <i>Anisopteromalus calandrae</i> (Hymenoptera: Pteromalidae). J. Kansas Ent. Soc. 67, 331-339.
691	WEN, B. & BROWER, J. H. (1994b) Suppression of <i>Sitotroga cerealella</i> in shelled corn by the parasitoid <i>Pteromalus cerealellae</i> . J. Entomol. Sci. 29, 254-258.
692	WEN, B. & BROWER, J. H. (1995) Competition between <i>Anisopteromalus calandrae</i> and <i>Choetospila elegans</i> (Hymenoptera: Pteromalidae) at different parasitoid densities on immature rice weevils (Coleoptera: Curculionidae) in wheat. Biological control : theory and applications in pest management 5, 151-157.
693	WEN, B., BROWER, J. H. & SMITH, L. (1994) Interaction of host ( <i>Sitophilus zeamais</i> ) and parasitoid ( <i>Anisopteromalus calandrae</i> ) densities on parasitism of immature maize weevil in corn. Env. Ent.
694	WEN, B., BROWER, J. H. & WEAVER, D. K. (1995) Host size preference and progeny sex ratio for the parasitoid <i>Pteromalus cerealellae</i> (Hymenoptera: Pteromalidae) when parasitizing <i>Sitotroga cerealella</i> (Lepidoptera: Gelechiidae). Environ. Entomol. (in press).
695	WEN, B. & DENG, W. (1988) Studies on the simulated control of several stored product insect pests by the predator <i>Xylocoris</i> sp.. Acta Phytophyl. Sin. 15, 273-278.
696	WEN, B., SMITH, L. & BROWER J. H. (1994) Competition between <i>Anisopteromalus calandrae</i> and <i>Choetospila elegans</i> (Hymenoptera: Pteromalidae) at different parasitoid densities on immature maize weevils (Coleoptera: Curculionidae) in corn. Environmental Entomology 23, 367-373.
697	WEN, B., WEAVER, D. K. & BROWER J. H. (1995) Size preference and sex ratio for <i>Pteromalus cerealellae</i> (Hymenoptera: Pteromalidae) parasitizing <i>Sitotroga cerealella</i> (Lepidoptera: Gelechiidae) in stored corn. Environ. Entomol. 24, 1160-1166.
698	WERNER, J. J. & WILLIAMS, R. N. (1985) Observations on the development and behavior of <i>Zeteticontus utilis</i> (Hymenoptera: Encyrtidae), a parasite of <i>Carpophilus</i> spp. (Coleoptera: Nitidulidae). J. Entomol. Sci. 20, 450-453.
699	WERREN, J. H. & SIMBOLOTTI, G. (1989) Combined effects of host quality and local mate competition on sex allocation in <i>Lariophagus distinguendus</i> Evolutionary Ecology 3, 203-213.
700	WHITE, E. G. & HUFFAKER, C. B. (1969a) Regulatory processes and population cyclicity in laboratory populations of <i>Anagasta kühniella</i> (Zeller) (Lepidoptera: Phycitidae). I. Competition for food and predation. Res. Popul. Ecol. 2, 57-83.

SCHÖLLER - Räuber und Parasitoide

701	WHITE, E. G. & HUFFAKER, C. B. (1969b) Regulatory processes and population cyclicity in laboratory populations of <i>Anagasta kühniella</i> (Zeller) (Lepidoptera: Phycitidae). II. Parasitism, predation, competition and protective cover. Res. Popul. Ecol. 11, 150-185.
702	WHITING, A. R. (1961) Genetics of <i>Habrobracon</i> . Advances in Genetics 10, 333-406.
703	WHITING, P. W. (1918) Sex-determination and biology of a parasitic wasp, <i>Habrobracon brevicornis</i> (Wesmael.). Biological Bulletin Marine Biolog. Lab. Woods Hole Mass. Lancaster Pa. 34.
704	WHITING, P. W. (1921a) Rearing meal moths and parasitic wasps for experimental purposes. J. Heredity 12, 255-261.
705	WHITING, P. W. (1921b) Heredity in wasps. A study of heredity in a parthenogenetic insect, the parasitic wasp, <i>Habrobracon</i> . J. Heredity 12, 315-327.
706	WHITING, P. W. (1928) Biological notes on <i>Nemeritis canescens</i> (Grav.) (Ichneumonidae). Psyche 35, 125-126.
707	WHITING, P. W. (1939) Sex determination and reproductive economy in <i>Habrobracon</i> . Genetics 24, 110-111.
708	WHITING, P. W. (1943) Multiple alleles in complementary sex determination of <i>Habrobracon</i> . Genetics 28, 365-382.
709	WHITING, P. W. & ANDERSON, R. L. (1932) Temperature and other factors concerned in male biparentalism in <i>Habrobracon</i> . Am. Nat. 66, 420-432.
710	WILLIAMS, J. R. (1951) The factors which promote and influence the oviposition of <i>Nemeritis canescens</i> Grav. Proc. Roy. Entomol. Soc. Lond. Ser. A 26, 49-58.
711	WILLIAMS, R. N. & FLOYD, E. H. (1971a) Effect of two parasites, <i>Anisopteromalus calandrae</i> and <i>Choetospila elegans</i> upon populations of maize weevil under laboratory and natural conditions. J. Econ. Ent. 64, 1407-1408.
712	WILLIAMS, R. N. & FLOYD, E. H. (1971b) Effect of low temperatures on hymenopterous parasites <i>Choetospila elegans</i> and <i>Anisopteromalus calandrae</i> of the maize weevil. J. Econ. Ent. 64, 1438-1439.
713	WITETHOM, B. (1980) Natural control of the rice moth <i>Corcyra cephalonica</i> Staiton (Lepidoptera, Galleriinae) by a parasitic wasp <i>Bracon hebetor</i> Say (Hymenoptera, Braconidae) and the effect of some common insecticide treatments on the host-parasite relationship. Research report submitted to BIOTROP, Bogor, Indonesia, v + 48 pp., cited in HAINES 1984.
714	WOODWARD, T. E. (1951) A case of persistent attacks on a human by <i>Lyctocoris campestris</i> (F.) (Hem., Anthocoridae). Entomol. Mon. Mag. 87, 44.
715	WOOL, D., BROWER, J. H. & KAMIN-BELSKY, N. (1987) The relative importance of factors affecting the size of laboratory populations of the almond moth <i>Ephestia cautella</i> Walker (Lepidoptera: Pyralidae). Journal of Applied Entomology 104, 217-227.
716	YAMADA, Y. (1955) Studies on the natural enemy of the woolen pest, <i>Anthrenus verasci</i> Linné ( <i>Allepyris microneurus</i> Kieffer) (Hymenoptera, Bethyliidae). Mushi 28, 13-29.
717	YAZLOVETSKII, I. G. & NEPOMNYASHCHAYA, A. M. (1989) Vospitanie lichenok <i>Bracon hebetor</i> (Hymenoptera, Braconidae) na iskusstvennoi pitatel'noi srede [Culturing larvae of <i>Bracon hebetor</i> (Hymenoptera, Braconidae) on an artificial nutrient medium]. Zool.Zh. 68, 120-125.
718	YAZLOVETSKII, I. G., NEPOMNYASHCHAYA, A. M. & AGEVA, L. I. (1992) Optimizatsiya iskusstvennoi pitatel'noi sredi dlya lichenok <i>Bracon hebetor</i> (Hymenoptera, Braconidae) [Optimization of the artificial nutritional diet for the larvae of <i>Bracon hebetor</i> (Hymenoptera, Braconidae)]. Zoologiceskij zurnal (USSR) 71, 134-138.
719	YONG, S. C., MYUN, I. R. & SANG, S. S. (1993) Effects of host on the life history of parasitoids, <i>Anisopteromalus calandrae</i> and <i>Lariophagus distinguendus</i> (Pteromalidae, Hymenoptera). Korean Journal of Entomology 23, 253-259.
720	YOO, C. K. & RYOO, M. I. (1989) Host preference of <i>Lariophagus distinguendus</i> (Foerster) (Hymenoptera: Pteromalidae) for the instars of rice weevil ( <i>Sitophilus oryzae</i> (L.)) (Coleoptera: Curculionidae) and sex ratio of the parasitoid in relation to the host. Korean J. Appl. Ent. 28, 28-31.
721	Yoshida, S. (1977) A study on females of the Pteromalidae (Hymenoptera) showing the same behaviour as those which have already mated. Japanese Journal of applied entomology and zoology 21, 173.
722	YOSHIDA, S. (1978) Behaviour of males in relation to the female sex pheromone in the parasitoid wasp, <i>Anisopteromalus calandrae</i> (Hymenoptera: Pteromalidae). Entomol. Exp. Appl. 23, 152-162.

## Schöller - Räuber und Parasitoide

723	YOSHIDA, S. & HIDAHA, T. (1979) Determination of the position of courtship display of the young unmated male <i>Anisopteromalus calandrae</i> (Hymenoptera, Pteromalidae). Entomol. Exp. Appl. 26, 115-120.
724	YOUM, O. & GILSTRAP, F. E. (1993) Life-fertility tables of <i>Bracon hebetor</i> Say (Hymenoptera: Braconidae) reared on <i>Heliocheilus albipunctella</i> De Joannis (Lepidoptera: Noctuidae). Insect Sci. Applic. 14, 455-459.
725	ZDÁRKOVÁ, E. (1991a) Stored product acarology. In: (DUSABEK, F. & BUKVO, V. (eds.) Modern Acarology, Vol. 1: VIII International Congress of Acarology, Ceske Budejovice, Czechoslovakia, August 6-11, 1990. SPB Academic Publishing bv, The Hague, Netherlands, 211-218.
726	ZDÁRKOVÁ, E. (1991b) Mites as pests of stored products. Application of the bio-preparation cheyletin in empty stores. In: (DUSABEK, F. & BUKVO, V. (eds.) Modern Acarology, Vol. 1: VIII International Congress of Acarology, Ceske Budejovice, Czechoslovakia, August 6-11, 1990. SPB Academic Publishing bv, The Hague, Netherlands, 607-610.
727	ZDÁRKOVÁ, E. (1996) Control of stored food mites by non-chemical methods. In: Proceedings of the International forum on Stored Product Protection and Post-harvest Treatment of Plant Products (Edited by the Council of Europe) pp. 165-169. Strasbourg, France, 1995.
728	ZDÁRKOVÁ, E. & HORAK, E. (1990) Preventive biological control of stored food mites in empty stores using <i>Cheyletus eruditus</i> (Schrank). Crop. Prot. 9, 378-382.
729	ZEROVA, M. D., ABOL'ZAKHAV, A. O. A., & ZAKHAV, A. O. A. (1983) Discovery in the Ukraine of <i>Lariophagus distinguendus</i> Förster (Hymenoptera, Pteromalidae) - a natural enemy of the biscuit beetle. Vestnik Zoologii 2, 87.
730	ZIL'BERMINTS, I.V., PETRUSHOV, A. Z. & KOVALENKOV, V. G. (1986) Perspektivy polucheniya rezistentnykh ras naezdника [Perspectives of breeding resistant races of <i>Habrobracon hebetor</i> ]. Zashch.Rast. (Moskva), 23-24.
731	ZINOV'EVA, K. B. (1992) Vliyanie pitaniya gemolimfoi khozyaina na fotoperiodicheskuyu reaktsiyu naezdника <i>Bracon hebetor</i> (Hymenoptera, Braconidae) [Effect of feeding on the hemolymph of the host in determination of the photoperiod response of <i>Bracon hebetor</i> (Hymenoptera, Braconidae)]. Zoologicheskij zurnal (USSR) 71, 153-156 + Entomological Review 72, (1993), 162-165.
732	SIMBOLOTTI, G., Putter, F. A. & ASSEM, J. VAN DEN (1986) Rates of attack and control of the offspring sex ratio in the parasitic wasp <i>Lariophagus distinguendus</i> in an environment where host quality varies. Behaviour 100, 1-32.
733	HOWE, R. W. & BURGESS, H. D. (1952) Studies on the beetles of the family Ptinidae VII. The biology of five Ptinid species found in stored products. Bull. Entomol. Res. 43, 153-186.
734	SALT, G. (1975) The fate of an internal parasitoid, <i>Nemeritis canescens</i> , in a variety of insects. Trans. R. Ent. Soc Lond. 127, 141-161.
735	HARVEY, J. A. & THOMPSON, D. J. (1995b) Developmental interactions between the solitary endoparasitoid <i>Venturia canescens</i> and two of its hosts, <i>Plodia interpunctella</i> and <i>Corcyra cephalonica</i> . Eur. J. Entomol. 92, 427-435.
736	HASELL, M. P. (1971) Mutual interference between searching insect parasites. J. Anim. Ecol. 40, 473-486.
737	ABDEL-RAHMAN, H. A., SHAUMRAR, N. F., SOLIMAN, Z. A. & EL-AGOZE, M. N. (1977) Biological studies on the anthocorid bug, <i>Xylocoris flavipes</i> (Reut.). Bull. Soc. ent. Egypte 61, 45-51.
738	HASELL, M. P. & MAY, R. M. (1974) Aggregation of predators and insect parasites and its effect on stability. The Journal of Animal Ecology 43, 567-587.
739	FLANDERS, S. E. (1958) The <i>Ephestia-Idechthis</i> ecosystem for illustrating population dynamics. Ecology 39, 545-547.
740	FLANDERS, S. E. (1959) Areas of discovery in the <i>Ephestia-Idechthis</i> ecosystem delimited by vermiculite. Ecology 40, 165.
741	SCHLUTER, J. (1933) Die Entwicklung bei der Schlupfwespe <i>Habrobracon juglandis</i> Ash.. Zeitschrift für Morphologie und Ökologie der Tiere 27, 488-512.
742	ALEBEEK, F. A. N. van (1996b) Natural suppression of bruchid pests in stored cowpea ( <i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp) in West Africa. International Journal of Pest Management 42, 55-60.
743	CORTESERO, A. M. & MONGE, J. P. (1994) Influence of pre-emergence experience on response to host and host plant odours in the larval parasitoid <i>Eupelmus vuilleti</i> . Entomol. exp. appl. 72, 281-288.

SCHÖLLER - Räuber und Parasitoide

744	CORTESERO, A. M., MONGE, J. P. & HUIGNARD, J. (1993) Response of the parasitoid <i>Eupelmus vuilleti</i> to the odours of the phytophagous host and its host plant in an olfactometer. <i>Entomol. exp. appl.</i> 69, 109-116.
745	CORTESERO, A. M., MONGE, J. P. & HUIGNARD, J. (1995) Influence of two successive learning processes on the response of <i>Eupelmus vuilleti</i> Crw (Hymenoptera: Eupelmidae) to volatile stimuli from hosts and host plants. <i>J. Insect Beh.</i> 8, 751-762.
745	DOURY, G., ROJAS-ROUSSE, D. & PERIQUET, G. (1995) Ability of <i>Eupelmus orientalis</i> ectoparasitoid larvae to develop on an unparalysed host in absence of female stinging behaviour. <i>J. Insect Physiol.</i> 41, 287-296.
746	DOURY, G. & ROJAS-ROUSSE, D. (1994) Reproductive potential in the parasitoid <i>Eupelmus orientalis</i> (Hymenoptera: Eupelmidae). <i>Bull. ent. Res.</i> 84, 199-206.
747	GAUTHIER, N., MONGE, J. P. & HUIGNARD, J. (1996) Superparasitism and host discrimination in the solitary ectoparasitoid <i>Dinarmus basalis</i> . <i>Entomol. exp. appl.</i> 79, 91-99.
748	ISLAM, W. & KABIR, S. M. H. (1992) Mass culture and production of <i>Dinarmus basalis</i> (Rond.) (Hymenoptera: Pteromalidae) a larval pupal parasitoid of the pulse beetle, <i>Callosobruchus chinensis</i> (L.). <i>Pakistan J. Zool.</i> 24, 172-174.
749	TERRASSE, C., NOWBAHARI, B. & ROJAS-ROUSSE, D. (1996) Sex ratio regulation in the wasp <i>Eupelmus vuilleti</i> (Crw.) an ectoparasitoid on bean weevil larvae (Hymenoptera: Eupelmidae). <i>J. Insect Beh.</i> 9, 251-263.
750	TAKACS, S., GRIES, G. & GRIES, R. (1997) Semiochemical-mediated location of host habitat by <i>Apanteles carpatus</i> (Say) (Hymenoptera, Braconidae), a parasitoid of clothes moth larvae. <i>Journal of Chemical Ecology</i> 23, 459-472.
751	ARBOGAST, R. T., FLAHERTY, B. R., BYRD, R. V. & PRESS, J. W. (1985) Developmental stages of <i>Xylocoris sordidus</i> (Hemiptera: Anthocoridae). <i>Entomol. News</i> 96, 53-58.
752	BRUCE, W. A. (1983b) Food uptake by <i>Pyemotes tritici</i> (Acari: Pyemotidae). <i>Proceedings Third International Working Conference on Stored-Product Entomology, October 23-28, Kansas State University, Manhattan, KS</i> , 169.
753	BRUCE, W. A. (1984) Temperature and humidity: effects on survival and fecundity of <i>Pyemotes tritici</i> (Acari: Pyemotidae). <i>Int. J. Acarol.</i> 10, 1355-1358.
754	BRUCE, W. A. (1989) An artificial diet for a parasitic mite, <i>Pyemotes tritici</i> (Acari: Pyemotidae). <i>Exp. Appl. Acarol.</i> 6, 11-18.
755	LUM, P. T. M. (1977) Effect of glucose on autogenous reproduction of <i>Bracon hebetor</i> . <i>J. Georgia Entomol. Soc.</i> 12, 150-153.
756	LUM, P. T. M. & FLAHERTY, B. R. (1973) Influence of continuous light on oocyte maturation in <i>Bracon hebetor</i> . <i>Ann. Entomol. Soc. Am.</i> 66, 355-357.
757	PRESS, J. W., FLAHERTY, B. R. & McDONALD, L. L. (1978) Toxicity of five insecticides to the predaceous bug <i>Xylocoris flavipes</i> (Hemiptera: Anthocoridae). <i>J. Georgia Entomol. Soc.</i> 13, 181-184.
758	TOMALSKI, M. D., BRUCE, W. A., TRAVIS, J. & BLUM, M. S. (1988) Preliminary characterization of toxins from the straw itch mite, <i>Pyemotes tritici</i> , which induce paralysis in the larvae of a moth. <i>Toxicon</i> 26, 127-132.
760	CAUBET, Y. & JAISSON, P. (1991) A post-eclosion early learning involved in host recognition by <i>Dinarmus basalis</i> Rondani (Hymenoptera: Pteromalidae). <i>Anim. Behav.</i> 42, 977-980.
761	LEWIS, W. J., NORDLUND, R. C., GUELDER, R. C., TEAL, P. E. A. & TUMLINSON, J. H. (1982) Kairomones and their use for management of entomophagous insects. XIII. Kairomonal activity for <i>Trichogramma</i> spp. of abdominal tips, excretion, and a synthetic sex pheromone blend of <i>Heliothis zea</i> (Boddie) moths. <i>J. Chem. Ecol.</i> 8, 1323-1331.
762	ALZOUMA, I. (1987) Reproduction et développement de <i>Bruchidius atrolineatus</i> (Pic) (Coleoptera: Bruchidae) aux dépendes de cultures de <i>Vigna unguiculata</i> (Walp) (Leguminosae: Papilionacea) dans un agrosystème sahélien au Niger. Thesis, Université F. Rabelais, Tours, France.
763	ROGERS, D. & HASSEL, M. P. (1974) General models for insect parasite and predator searching behaviour: interference. <i>J. Anim. Ecol.</i> 43, 239-253.
764	YAMADA, Y. (1942) On the biology of <i>Allepyris microneurus</i> Kieffer parasitic on the important woolen pest, <i>Anthrenus verasci</i> . <i>Bôchû Kagaku</i> , 6.
765	MAYHEW, P. J. & GODFRAY, H. C. J. (1997) Mixed sex allocation strategies in a parasitoid wasp. <i>Oecologia</i> 110, 218-221.

## Schölller - Räuber und Parasitoide

766	NAKAHARA, Y., IWABUCHI, K. & MITSUHASHI, J. (1997) <i>In vitro</i> rearing of the larval endoparasitoid, <i>Venturia canescens</i> (Gravenhorst) (Hymenoptera: Ichneumonidae). III Growth promoting ability of the extract of <i>Galleria mellonella</i> pupae. Appl. Entomol. Zool. 32, 91-99.
767	TAKAHASHI, F. (1962) Retardation of development and reproductive power of an Ichneumon fly, <i>Nemeritis canescens</i> Gravenhorst (Hymenoptera) in relation to the parasitizing stage of its host. Japan J. appl. Ent. Zool. 6, 160-161.
768	DAUMAL, J., VOEGELÉ, J. & BRUN, P. (1975) <i>Trichogramma</i> II. Unity of mass and daily production of a substitute host: <i>Ephestia kuehniella</i> Zell. (Lepidoptera, Pyralidae). Ann. Zool. Ecol. Anim. 7, 45-59.
769	BENOIT, M. & VOEGELÉ, J. (1979) Host selection and trophic behavior of <i>Trichogramma evanescens</i> larvae (Hym.: Trichogrammatidae) related to the embryonic development of <i>Ephestia kuehniella</i> and <i>Ostrinia nubilalis</i> (Lep.: Pyralidae). Entomophaga 24, 199-207.
770	FARGHALY, H. T. (1975) Some bionomic dates on the parasite <i>Trichogramma evanescens</i> Westwood in the eggs of <i>Anagasta kuehniella</i> Zeller. Z. angew. Entomol. 39, 332-335.
771	KING, R. C. & CASSIDY, J. D. (1973) Ovarian development in <i>Habrobracon juglandis</i> (Ashmead) II. Observations on growth and differentiation of component cells in egg chamber and their bearing upon interpretation of radiosensitivity data from <i>Habrobracon</i> and <i>Drosophila</i> . Int. J. Insect Morphol. Embryol. 2, 117-136.
772	VOUKASOVITCH, P. (1932) Novi prilog proucavanju entomofagnih insekata parazita. „Rada“ Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti (Zagreb) 244, 20-47.
773	DAUTERT-WILLIMIZIK, E. (1931) Einige Beobachtungen über das bisher unbekannte Männchen der Schlupfwespe <i>Nemeritis canescens</i> Grav. (Ichn.). Zool. Anz. 93, 274.
774	CLARK, A. M. & SMITH, R. E. (1967a) Egg production and adult lifespan in two species of <i>Bracon</i> . Ann. Ent. Soc. Am. 60, 903-905.
775	CLARK, A. M. & SMITH, R. E. (1967b) Urates accumulation and adult life span of two species of <i>Habrobracon</i> . Exp. Gerontol. 2, 217-226.
776	DUNHAM, W. E. (1929) Some parasites of the Indian meal moth. Amer. bee J. 69, 396.
777	GAUTHIER, N., MONGE, J. P. & HUIGNARD, J. (1997) Sex-allocation behaviour of a solitary ectoparasitoid: effects of host-patch characteristics and female density. Entomol. exp. appl. 82, 164-174.
778	CAUBET, Y. (1993) L'éthogénèse chez <i>Dinarmus basalis</i> Rondani (Hymenoptera: Pteromalidae), ectoparasitoïde larvaire de Bruchidae (Coleoptera). Déterminisme et influence de l'expérience précoce. Thèse de Doctorat, Paris XIII, 215 S.
779	SCHÖLLER, M., HASSAN, S. A. & REICHMUTH, CH. (1996) Efficacy assessment of <i>Trichogramma evanescens</i> and <i>T. embryophagum</i> (Hym.: Trichogrammatidae), for control of stored products moth pests in bulk wheat. Entomophaga 41, 125-132.
780	REICHMUTH, CH., SCHÖLLER, M. & ULRICH, CH. (1997) Vorratsschädlinge in Getreide. Verlag Th. Mann, Gelsenkirchen, ISBN 3-7862-0103-X, 119 S.
781	KREIGER, F. (1927) Biology of <i>Nemeritis canescens</i> Grav., parasite of the flour moth <i>E. kuehniella</i> . Rept. Bur. Appl. Ent. 3, 24-35.
782	DOURY, G., BIGOT, Y. & PERIQUET, G. (1997) Physiological and biochemical analysis of factors in the female venom gland and larval salivary secretions of the ectoparasitoid wasp <i>Eupelmus orientalis</i> . J. Insect Physiol. 43, 69-81.
783	QUISTAD, G. B., NGUYEN, Q., BERNASCONI, P. & LEISY, D. J. (1994) Purification and characterization of insecticidal toxins from venom glands of the parasitic wasp <i>Bracon hebetor</i> . Insect Biochem. Mol. Biol. 24, 955-961.
784	RASPLUS, J. Y. (1990) Structure spatio-temporelle d'une communauté parasitaire inféodée aux Coléoptères séminivores de Légumineuses à Lamto (RCI). Bull. Soc. Ent. Fr. 95, 5-15.
785	ROJAS-ROUSSE, D., DOURY, G., TERRASSE, C. & KALMES, R. (1995) Comportemental plasticity of punctures by ectoparasitoid females. Physiol. Ent. 20, 147-157.
786	COX, C. (1990) Biological control of stored grain pests: a small business vs. government regulations. J. pesticide reform 10, 18-19.
787	ANONYMUS (1990) Bio-Integral Resource Center. Directory of producers of natural enemies of common pests. The IPM Practitioner 12, 15-19.
788	KISTLER, R. A. (1979) A simple host-parasitoid system: An examination of factors contributing to stability. M.S. thesis, Purdue University, West Lafayette, Indiana.

SCHÖLLER - Räuber und Parasitoide

789	SINHA, R. N. & KAWAMOTO, H. (1990) Dynamics and distribution patterns of acarine populations in stored-oat ecosystems. Res. Popul. Ecol. 32, 33-46.
790	ORHANIDES, G. M. & GONZALES, D. (1971) Fertility and life table studies with <i>Trichogramma pretiosum</i> and <i>T. tetrorridum</i> (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Ann. Ent. Soc. Amer. 64, 824-834.
791	BRUCE, W. A. & WRENSCH, D. L. (1990) Reproductive potential, sex ratio, and mating efficiency of the straw itch mite (Acari: Pyemotidae). J. Econ. Entomol. 83, 384-391.
792	KEARNS, C. W. (1934b) Method of wing inheritance in <i>Cephalonomia gallicola</i> Ash. (Bethyliidae: Hymenoptera). Ann. Ent. Soc. 27, 533-541.
793	MUTHUKRISHNAN, N., MURALI BASKARAN, R. K., SRIDHAR, S. & VENUGOPAL, M. S. (1993) Effect of plant products on the development of <i>Trichogramma chilonis</i> . Trichogramma News 7, 31.
794	KLEMM, U. & SCHMUTTERER, H. (1993) Wirkungen von Niempräparaten auf die Kohlmotte <i>Plutella xylostella</i> L. und ihre natürlichen Feinde aus der Gattung <i>Trichogramma</i> . Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz 100, 113-128.
795	MURALI BASKARAN, R. K., MUTHUKRISHNAN, N., SHERLI ROY, P. J. & VENUGOPAL, M. S. (1993) Age susceptibility of the eggs of <i>Tribolium castaneum</i> to <i>Trichogramma chilonis</i> . Trichogramma News 7, 31.
796	BURKHOLDER, W. E. & FAUSTINI, D. L. (1991) Biological methods of survey and control. In: GORHAM, J. R., Ecology and management of food-industry pests, 361-372, AOAC Press.
797	JONES, W. T. (1982) Sex ratio and host size in a parasitoid wasp. Beha. Ecol. Sociobiol. 10, 207-210.
798	BRIDWELL, J. C. (1920) Some notes Hawaiian and other Bethyliidae (Hymenoptera) with the description of a new genus and species 2nd paper. Proc. Hawaiian Ent. Soc. 4, 291-314.
799	HASE, A. (1929) Individualverhalten und Artverhalten bei Insekten. In: Emden, F. van & Horn, W., 3. Wanderversammlung Deutscher Entomologen in Giessen, 22.-26.V. 1929, 132-142.
800	JANISCH, E. (19??) Ueber die Wertung der Variabilität bei der mathematischen Erfassung biologischer Gesetzmässigkeiten. Acta Biotheoretica 1, 47-57.
801	FLANDERS, S. E. (1968) Mechanisms of population homeostasis in <i>Anagasta</i> ecosystems. Hilgardia 39, 367-404.
802	LAING, J. (1937) Host-finding by insect parasites I. Observations on the finding of hosts by <i>Alysia manducator</i> , <i>Mormoniella vitripennis</i> and <i>Trichogramma evanescens</i> . Animal Ecology 6, 298-317.
803	LAING, J. (1938) Host-finding by insect parasites II. The chance of <i>Trichogramma evanescens</i> finding its hosts. J. Exp. Biol. 15, 281-302.
804	LEWIS, W. J., SPARKS, A. N. & REDLINGER, L. M. (1971) Moth odor: A method of host finding by <i>Trichogramma evanescens</i> . J. Econ. Entomol. 64, 557-558.
805	LEWIS, W. J., JONES, R. L., NORDLUND, D. A. & SPARKS, A. N. (1975) Kairomones and their use for management of entomophagous insects: I. Evaluation for increasing rates of parasitization by <i>Trichogramma</i> spp. in the field. J. Chem. Ecol. 1, 343-347.
806	PHILLIPS, T. W., PARAJULEE, M. N. & WEAVER, D. K. (1995) Toxicity of terpenes secreted by the predator <i>Xylocoris flavipes</i> (Reuter) to <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst) and <i>Oryzaephilus surinamensis</i> (L.). J. stored Prod. Res. 31, 131-138.
807	MOSER, J. C. (1975) Biosystematics of the straw itch mite with special reference to nomenclature and dermatology. Trans. R. Entomol. Soc. London 127, 185-191.
808	HARDY, I. C. W., GRIFFITHS, N. T. & GODFRAY, H. C. J. (1992) Clutch size in a parasitoid wasp: a manipulation experiment. J. Animal Ecol. 61, 121-129.
809	SALT, G. (1937) The sense used by <i>Trichogramma</i> to distinguish between parasitized and unparasitized hosts. Proc. Royal Soc. London (Ser. B) 122, 57-75.
810	SALT, G. (1938) Experimental studies in insect parasitism. VI. Host suitability. Bull. Entomol. Res. 29, 223-246.
811	HODGES, R. J. (1982) A review of the biology and control of the greater grain borer <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae). Tropical stored prod. inf. 43, 3-9.
812	HAINES, C. P. (1974) Insects and arachnids from stored products: a report on specimens received by the Tropical Stored Products Centre 1972-1973. London, 22 S.
813	HAINES, C. P. (1981b) Insects and arachnids from stored products: a report on specimens received by the Tropical Stored Products Centre 1973-1977. London, 73 S.

Schöller - Räuber und Parasitoide

814	BURDE, S. (1988) Mikrobielle Antagonisten von <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn) (Col.: Bostrichidae) - Grundlagen für eine Biotherapie im tropischen Vorratsschutz. Unveröffentlichter EG-STD1 Abschlußbericht zu den Arbeiten im GTZ-Projekt: „Biologisch-integrierte Bekämpfung des großen Kornbohrers <i>Prostephanus truncatus</i> “. Universität Kiel, 97 S.
815	LABORIUS, G.-A. (1988) The silkworm ( <i>Bombix mori</i> L. (Lep.: Bombycidae)) as a potential host of <i>Teretriosoma nigrescens</i> Lewis (Col.: Histeridae), predator of the larger grain borer. Proc. FAO/GTZ coordinating meeting, implementation of and further research biological control of the larger grain borer, Lomé, Togo, 83-84.
816	ROOMI, M. W., SHAH, A. H. & QURESHI, S. A. (1996) Studies on biological control of the bean-weevil ( <i>Bruchus chinensis</i> L.) by <i>Apanteles flavipes</i> (Cam.) (Hymen., Braconidae). Anz. Schädlingkde. Pflanzenschutz, Umweltschutz 69, 37-38.
817	ROOMI, M. W., KHAN, Z. I. & KHAN, S. A. (1972) <i>Pteromalus schwenkei</i> (Hymenoptera: Pteromalidae) a new species as a primary parasite of the bean-weevil, <i>Bruchus chinensis</i> L., from Pakistan. Zeitschr. angew. Entomol. 72, 395-400.
818	BENDER, J. C. (1943) Anatomy and histology of the female reproductive organs of <i>Habrobracon juglandis</i> (Ashmead). Ann. Entomol. Soc. Am. 36, 537-545.
819	GRAHAM, W. M. (1970) Warehouse ecology studies of bagged maize in Kenya - II Ecological observations of an infestation by <i>Ephestia (Cadra) cautella</i> (Walker) (Lepidoptera, Phycitidae). J. stored Prod. Res. 6, 157-167.
820	ODE, P. J. (1994) Female biased sex allocation in the outcrossing parasitic wasp <i>Bracon hebetor</i> Say (Hymenoptera: Braconidae). Ph.D. dissertation, University of Wisconsin-Madison.
821	BARCLAY, H. J. (1991) Combining pheromone-baited and food-baited traps for insect pest control: effects of additional control by parasitoids. Res. Popul. Ecol. 33, 287-306.
822	BENSON, J. F. (1973b) The biology of lepidoptera infesting stored products, with special reference to population dynamics. Biol. Rev. 48, 1-26.
823	SCHÖLLER, M. (1996) Laborversuche zum Einsatz von Eiparasitoiden der Gattung <i>Trichogramma</i> Westwood gegen vorratschädigende Motten in geschüttetem Getreide. Intarlit Wolfgang Dröge Verlag, Berlin, ISBN 3-88191-500-1, 114 S.
824	KANUNGO, K. (1955) Effect of superparasitism on sex-ratio and mortality. Current Sci. 24, 59-60.
825	MAYER, K. (1957) Der Einfluß ökologischer Faktoren auf das parasitäre Verhalten der Insekten. In: HANNEMANN, H.-J. (ed.) Bericht über die Hundertjahrfeier der Deutschen Entomologischen Gesellschaft Berlin, 122-134. Akademie-Verlag, Berlin.
826	THORPE, W. H. (1939a) On the occurrence of the male of <i>Nemeritis canescens</i> Grav. (Ichneumonidae, Ophioninae) in Britain. Proc. Roy. Soc. London (A) 14, 47.
827	THORPE, W. H. (1939b) Further studies on preimaginal olfactory conditioning in insects. Proc. Roy. Soc. London (B) 127, 427-433.
828	QUEDNAU, W. (1957) Der Wert des physiologischen Experiments für die Artsystematik von <i>Trichogramma</i> (Hym. Chalcididae). In: HANNEMANN, H.-J. (ed.) Bericht über die Hundertjahrfeier der Deutschen Entomologischen Gesellschaft Berlin, 87-92. Akademie-Verlag, Berlin.
829	SALT, G. (1973) Experimental studies in insect parasitism. XVI. The mechanism of the resistance of <i>Nemeritis</i> to defence reactions. Proc. R. Soc. Lond. B 183, 337-350.
830	LEPIGRE, A. (1963) Essais de lutte sur l'arbre contre la pyrale des dattes ( <i>Myelois ceratoniae</i> Zeller - Pyralidae). Annales Epiphyt. 14, 85-101.
831	DONOHUE, H. C. & BARNES, D. F. (1934) Notes on field trapping of Lepidoptera attacking dried fruits. J. econ. Ent. 27, 1067-1072.
832	SALT, G. (1955) Experimental studies in insect parasitism VIII. Host reactions following artificial parasitization. Proc. R. Soc. B 144, 380-398.
833	CANDURA, G. S. (1943) Secondo contributo alla conoscenza della <i>Tinea granella</i> L.. Italia Agric. 80, 395-415.
834	RACK, G. (1959) <i>Acarophenax dermestidarum</i> sp. n. (Acarina, Pyemotidae), ein Eiparasit von <i>Dermestes</i> -Arten. Zeitschrift für Parasitenkunde 19, 411-431.
835	ISLAM, W., AHMED, K. N. & NARGIS, A. (1985) Biological observations and frequency of parasitism of <i>Uscana mukerjii</i> (Mani) (Hymenoptera: Trichogrammatidae): an egg parasite of the pulse weevils ( <i>Callosobruchus</i> spp.). Proc Fifth Nat. Zool. Conf Bangladesh, 85-90.



SCHÖLLER - Räuber und Parasitoide

836	CHATTERJI, S. (1953) Biological notes on <i>Chaetostricha muckerjii</i> Mani (Hymenoptera: Trichogrammatidae) - an egg parasite of <i>Bruchus analis</i> Fabr.. Indian J. Entomol. 15, 382-383.
837	REZNIK, S. Y. & UMAROVA, T. Y. (1985) Reaction of <i>Trichogramma cacoeciae</i> (Hymenoptera: Trichogrammatidae) females to the duration of host egg development. Zool. Zh. 64, 709-714.
838	BORGEMEISTER, C., MEIKLE, W.G., SCHOLZ, D., ADDA, C., DEGBEY, P. & MARKHAM, R.H. (1997) Seasonal and weather factors influencing the annual flight cycle of <i>Prostephanus truncatus</i> (Coleoptera: Bostrichidae) and its predator <i>Teretriusoma nigrescens</i> (Coleoptera: Histeridae) in Benin Bull. Ent. Res. June 1997, Vol. 87, (in press).
839	ZDARKOVÁ, E. (1997) The susceptibility of different strains of <i>Cheyletus eruditus</i> (Acarina: Cheyletidae) to organophosphate acaricides. Experimental and Applied Acarology 21, 259-264.
840	BAKER, J. E., PEREZ-MENDOZA, J., & BEEMAN, R. W. (In press) Inheritance of malathion resistance in the parasitoid, <i>Anisopteromalus calandrae</i> (Hymenoptera: Pteromalidae). J. Econ. Entomol.
841	NORRIS, J. D. (1958) Observations on the control of mite infestations in stored wheat by <i>Cheyletus</i> spp. (Acarina, Cheyletidae). Ann. appl. Biol. 46, 411-422.
842	OKOBI, A. O. (1978) A study of the effect of 5 months storage on bagged cocoa in a 1,250 ton stack. Rep. Nigerian stored Prod. Res. Inst. 1975-76, 13-15.
843	SRIVASTAVA, M., PAUL, A. V. N., RENGASAMY, S. & PARMAR, B.S. (1997) Effect of neem ( <i>Azadirachta indica</i> A. Juss) seed kernel extracts on the larval parasitoid <i>Bracon brevicornis</i> Wesm. (Hym., Braconidae). J. Appl. Ent. 121, 51-57.
844	SRINIVASA BABU, K., MURTHY, M. S. N. & RAMESH BABU, T. (1993) Effect of botanical insecticides on certain parasitoids. Abstracts World Neem Conf. February 24-28, 1993, Bangalore, India.
845	ZDARKOVÁ, E. & PULPÁN, J. (1973) Low temperature storage of the predatory mite <i>Cheyletus eruditus</i> (Schrank) for further use in biological control. J. Stor. Prod. Res. 9, 217-220.
846	BURNETT, T. (1964) An acarine predator-prey population infesting stored products. Can. J. Zool. 42, 655-673.
847	BARKER, P. S. (1968) Bionomics of <i>Androlaelaps casalis</i> (Berlese) (Acarina: Laelapidae), a predator of mite pests of stored cereals. Can. J. Zool. 46, 1099-1102.
848	WHARTON, G. W. & ARLIAN, L. G. (1972) Predatory behaviour of the mite <i>Cheyletus aversor</i> . Animal Behav. 20, 719-723.
849	BERREEN, J. M. (1976) An analysis of feeding in <i>Cheyletus eruditus</i> , a predator of mites. Proc. Assoc. Appl. Biol. 82, 190-192.
850	BRENNAN, P. A. (1979) The role of predators ( <i>Cheyletus</i> spp.), in the biological control of pests of stored products. Proc. Seminar on Biol. Control. 1977, 121-127.
851	BURNETT, T. (1977) Biological models of two acarine predators of the grain mite, <i>Acarus siro</i> L.. Can. J. Zool. 55, 335-442.
852	KAPIL, R. P. & BHANOT, J. P. (1973) Feeding behaviour of the predatory mite <i>Acaropsis docta</i> (Berlese). J. Stored Prod. Res. 9, 1-6.
853	SOMCHOUDHURY, A. K. & MUKHERJEE, A. B. (1971) Bionomics of <i>Acaropsis docta</i> (Berlese) (Acarina: Cheyletidae), a predator on the eggs of some pests of stored grains. Indian J. Entomol. 33, 79-81.
854	MATSUMOTO, B. M. & HUFFACKER, C. B. (1974) Regulatory processes and population cyclicity in laboratory populations of <i>Anagasta kuehniella</i> (Zeller) (Lepidoptera: Phycitidae). VI. Host finding and parasitization in a 'large' universe by an entomophagous parasite, <i>Venturia canescens</i> (Gravenhorst). Researches on population ecology (Kyoto) 15, 193-212.
855	DRENTH, D. (1969) Some aspects of the collection and the action of the venom of <i>Microbracon hebetor</i> (Say). Acta. physiol. pharmac. neerl. 15, 100.
856	DRENTH, D. (1974a) Susceptibility of different species of insects to an extract of the venom gland of the wasp <i>Microbracon hebetor</i> (Say). Toxicon 12, 189-192.
857	DRENTH, D. (1974b) Stability of <i>Microbracon hebetor</i> (Say) venom preparations. Toxicon 12, 541-542.

## Schöller - Räuber und Parasitoide

858	VISSER, B. J., SPANJER, W., DE KLONIA, H., PIEK, T., van der Meer, C. & VAN DER DRIFT, A. C. M. (1976) Isolation and some biological properties of a paralyzing toxin from the venom of the wasp <i>Microbracon hebetor</i> (Say). <i>Toxicon</i> 14, 357-370.
859	EL-SAWAF, B. M., ZOHDY, N. & ZOHDY, M. (1976) Host-parasite relationship 2-Cholinesterase activity of the larvae of the rice moth <i>Corcyra cephalonica</i> (Lep.: Pyralidae) parasitized by <i>Bracon hebetor</i> (Hym.: Braconidae). <i>Entomophaga</i> 21, 99-101.
860	GOTHILF, S. (1969) Natural enemies of the carob moth <i>Ectomyelois ceratoniae</i> (Zeller). <i>Entomophaga</i> 14, 195-202.
861	REICHERT, A. (1933) Entomologisches aus Miltitz 1932. <i>Entomologisches aus Miltitz</i> 1933, 129-132.
862	SPEICHER, B. R. (1937) Oogenesis in a thelytokous wasp, <i>Nemeritis canescens</i> (Grav.). <i>J. Morphol.</i> 61, 453-471.
863	SPEICHER, B. R., SPEICHER, K. G. & ROBERTS, F. L. (1965) Genetic segregation in the unisexual wasp <i>Devorgilla</i> . <i>Genetics</i> 52, 1035-1041.
864	HALL, D. W. (1951) Observations on the distribution, habits and life history of the bug <i>Piezostethus galactinus</i> (Fieb.) (Hem., Anthocoridae). <i>Entomol. Mon. Mag.</i> 86, 45-52.
865	CHU, Y-I. (1969) On the bionomics of <i>Lyctocoris beneficus</i> (Hiura) and <i>Xylocoris galactinus</i> (Fieber) (Anthocoridae, Heteroptera). <i>J. Fac. Agric. Kyushu Univ.</i> 15, 1-136.
866	SINHA, R. N. (1961) Insects and mites associated with hot spots in farm stored grain. <i>Can. Entomol.</i> 93, 609-621.
867	ROGERS, D. J. (1975) A model for avoidance of superparasitism by solitary insect parasitoids. <i>J. anim. ecol.</i> 44, 623-638.
868	DONOHUE, H. C. (1937) Recovery of larvae paralysed by <i>Microbracon hebetor</i> Say. <i>J. econ. Ent.</i> 30, 678-679.
869	HOPPE, E. (1937) Untersuchungen über die Vitalität zweier Stämme von <i>Habrobracon juglandis</i> Ashmead unter verschiedenen Bedingungen. <i>Z. angew. Ent.</i> 23, 559-577.
870	PAYNE, N. M. (1933) The differential effect of environmental factors upon <i>Microbracon hebetor</i> Say (Hymenoptera: Braconidae) and its host <i>Ephestia kuehniella</i> Zeller (Lepidoptera: Pyralidae), II. <i>Ecol. Monogr.</i> 4, 46 S.
871	SPEICHER, K. G. (1934) Impaternate females in <i>Habrobracon juglandis</i> Ashm.. <i>Biol. Bul.</i> 67, 277-293.
872	TSUTSUI, K. (1937) Some natural enemies found when rearing <i>Ephestia cautella</i> Walk. <i>Ovo-Dobuts. Zassehi</i> 9, 165-166.
873	WATANABE, C. (1933) On three species of Braconids bred from larvae of Pyralids. <i>Kotyū</i> 7, 245-248.
874	WATERS, H. B. (1933) Experimental work. <i>Rept. Dept. Agr. Gold Coast 1932-33</i> , 12-16.
875	CHABOUSSOU, F. (1937) Contribution à l'étude d' <i>Ephestia elutella</i> Hübner. <i>Rev. Zool. Agric.</i> 38, 20-32, 36-48, 81-90, 100-109, 184-190.
876	PETTERS, R. M. & KENDALL, M. E., TAYLOR, R. A. J. & METTUS, R. V. (1985) Time required for mating and the degree of genetic relatedness in the parasitoid wasp, <i>Bracon hebetor</i> Say (Hymenoptera: Braconidae). <i>Melsheimer Entomol. Ser.</i> 25, 21-27.
877	ANTOLIN, M. F., ODE, P. J. & STRAND, M. R. (1995) Variable sex ratios and ovicide in an outbreeding wasp. <i>Animal Behaviour</i> 49, 589-600.
878	NEWSTEAD, R. & DUVAL, H. M. (1918) Bionomic, morphological, and economic report on the acarids of stored grain and flour. <i>R. Soc. Rep. Grain Pests (War) Comm.</i> 2, 1-59.
879	CROSS, W. H., MCGOVERN, W. L. & CROSS, E. A. (1975) Insect hosts of the parasitic mites called <i>Pyemotes ventricosus</i> (Newport). <i>J. Ga. Entomol. Soc.</i> 10, 1-8.
880	MURPHY, S. T. & CROSS, A. E. (1992) The IIBC LGB creening program for beneficial insects: summary of results. In: BOYE, J., WRIGHT, M. & LABORIUS, G. A. (Hrsg.) Implementation of and further research on biological control of the larger grain borer. <i>Proceedings of an FAO/GTZ Coordination Meeting, Lomé, Togo, 5-6 November 1990, Hamburg, GTZ</i> , 104-109.
881	NANG'AYO, F. L. O., HILL, M. G., CHANDI, E. A., CHIRO, C. T., NZEVE, D. N. & OBIERO, J. (1993) The natural environment as a reservoir for the larger grain borer <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae) in Kenya. <i>African Crop Science Journal</i> 1, 39-47.
882	TEMERAK, S. A. (1983) Host preferences of the parasitoid <i>Bracon brevicornis</i> Wesmael (Hym., Braconidae) and sensitivity to its venom. <i>Z. ang. Ent.</i> 96, 37-41.

SCHÖLLER - Räuber und Parasitoide

883	BEARD, R. L. (1970) Production and use venom by <i>Bracon brevicornis</i> (Wesm.). Proc. 2nd International Symposium on Animal and plant toxins, Israel 11, 181-191.
884	BEARD, R. L. (1972) Effectiveness of paralyzing venom and ist relation to host discrimination by Braconid wasps. Ann. Entomol. Soc. Amer. 65, 90-93.
885	FRILLI, F. (1965) Studi sugli Imenotteri Icnemonidi. I. - <i>Devorgilla canescens</i> (Grav.). Entomologica (Bari) 1, 119-209.
886	CHAWLA, S. S. & SUBBA RAO, B. R. (1965) Further studies on the <i>Bracon hebetor-brevicornis</i> -complex (Hymenoptera: Braconidae) by paper chromatography. Beiträge zur Entomologie 15, 83-86.
887	NARAYANAN, E. S., SUBBA RAO, B. R. & Sharma, A. K. (1958) Studies on the <i>Bracon hebetor-brevicornis</i> complex (Hym.: Braconidae). Proc. Indian Acad. Sci. 48, 1-13.
888	WÄCKERS, F. (1996) Can food provision increase the efficacy of biological control agents in storage systems?. Proceedings of the 20th International Congress of Entomology, Firenze, Italy, August 25-31, 551.
889	WILEYTO, E. P. & WEAVER, D. K. (1996) Bootstrap significance tests for a biological control experiment using Markov-recapture estimate. Proceedings of the 20th International Congress of Entomology, Firenze, Italy, August 25-31, 571.
890	HABIB, M. E. M. & FAGUNDES, G. G. (1996) Sensitivity of <i>Anagasta kuehniella</i> (Zeller, 1879) (Lepidoptera, Pyralidae) and ist natural ectoparasite, <i>Habrobracon hebetor</i> (Say, 1836) (Hymenoptera, Braconidae) to microwaves (2450 Mhz). Proceedings of the 20th International Congress of Entomology, Firenze, Italy, August 25-31, 581.
891	OUDEMANS, A. C. (1929) Acarologische Aanteekeningen. C. Entomol. DER. (Amsterdam) 8, 28-36.
892	NESBITT, H. H. J. (1951) A taxonomic study of the Phytoseiinae (family Laelaptidae) predaceous upon Tetranychidae of economic importance. Zool. Verh. 12, 1-64.
893	GROSCH, D. S. (1947) The importance of antennae in mating reaction of male <i>Habrobracon</i> . J. comp. physiol. psychol. 40, 23-39.
894	GROSCH, D. S. (1948b) Experimental studies on the mating reaction of male <i>Habrobracon</i> . J. comp. physiol. psychol. 41, 188-195.
895	SCHÖLLER, M. (unpubl. Daten)
896	PROZELL, S. (unpubl. Daten)

## **Brommethan, Phosphorwasserstoff und andere Gase zur Schädlingsbekämpfung im Vorratsschutz**

CHRISTOPH REICHMUTH\*

Das gewählte Thema erfordert zunächst zwei Definitionen:

1) Was ist unter Vorratsschutz zu verstehen?

2) Was sind Gase in diesem Kontext?

Zu 1):

Eine eindeutige Beschreibung des Begriffes Vorratsschutz fällt sehr schwer. ZACHER (1927 [762]) definierte Pflanzenschutz als:

*die Bekämpfung von Feinden und Krankheiten der Kulturpflanzen in der Landwirtschaft,*

und prägt den Begriff Vorratsschutz als Teil der:

*Rationalisierung im Güterverkehr, zu der gleichfalls die Vermeidung von Verlusten durch Tierfraß und Fäulnis gehört.*

REICHMUTH gab 1994 [755] für Vorratsschutz entsprechend dem Deutschen Pflanzenschutzgesetz folgende Definition:

*Integrierter Vorratsschutz dient dem Schutz von Pflanzenerzeugnissen vor Schadorganismen. Dabei erfolgt eine Kombination von Verfahren, bei denen unter vorrangiger Berücksichtigung physikalischer, biologischer, lagertechnologischer sowie verpackungsschützender und lagerhygienischer Maßnahmen die Anwendung chemischer Pflanzenschutzmittel auf das notwendige Maß beschränkt wird. Dem Schutz der menschlichen Gesundheit und der Umwelt sowie geeigneten handelspolitischen Maßnahmen wird hohe Priorität eingeräumt.*

Dem allgemeinen Sprachgebrauch folgend, ist der Schutz jeglicher bevorrateter Güter zu verstehen, von Zahnstochern über Motorräder, Äpfel, Gemüse, Würstchen, Schulhefte, etc. Eine Einengung erfährt der Begriff durch den Gebrauch im Rahmen der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA), dem das deutsche Institut für Vorratsschutz angehört. Da diese Anstalt Aufgaben wahrnimmt, die im deutschen Pflanzenschutzgesetz aufgeführt und namentlich der BBA zugewiesen werden, ergeben sich zwanglos die entsprechenden Vorräte, um die es in diesem Artikel überwiegend gehen soll: Pflanzliche Ernteprodukte und solche Produkte, die mit einfachen Arbeitsschritten aus diesen hergestellt sind. Mehl gehört dazu, Brot und Kekse nicht. Die Großmühle und das Vorratslager des Handels, wo solche Produkte gelagert und/oder bearbeitet werden, sind beispielsweise Objekte des Vorratsschutzes, der Großmarkt und Läden, wo Lebensmittel vertrieben

---

\* Leiter des Instituts für Vorratsschutz

werden, gehören streng genommen nicht mehr dazu. Großmärkte, in denen gesacktes Mehl und Getreide zur Vermahlung durch den Verbraucher vorrätig gehalten werden, fallen wiederum in den Zuständigkeitsbereich des Pflanzenschutzgesetzes, solange die Waren noch nicht zum Lebensmittel geworden sind. Dies erfolgt erst durch den Verkauf an den Endverbraucher, durch „Inverkehrbringen“.

Es ist interessant festzuhalten, daß andererseits auch das Lebensmittel- und Bedarfsgegenständegesetz verbietet, auf Lebensmittelpackungen rückstandsbildende Substanzen aufzutragen, die nicht zu diesen Lebensmitteln gehören. Demnach scheidet die Anwendung von Kontaktinsektiziden zur Bekämpfung von Käfern und Motten in einem Großmarkt aus, wo damit gerechnet werden muß, daß diese Mittel als Rückstand auf Einzelpackungen verbleiben. Hier bleibt die Möglichkeit der Begasung, des Einsatzes von Kälte oder auch eiparasitierender Schlupfwespen und anderer rückstandsfreier Maßnahmen sowie eine Änderung der Lagertechnologie.

Auch leere Lagerräume, die für eine Einlagerung pflanzlicher Produkte vorbereitet werden, gehören zum Geltungsbereich des Pflanzenschutzgesetzes.

Diese juristisch gefärbten Ausführungen tragen nicht dem Verhalten der Schädlinge Rechnung, nach denen man das Gebiet Vorratsschutz günstiger einteilen könnte, wengleich Schädlingsbekämpfung im häuslichen Bereich nicht mit den Methoden erfolgt, die man beispielsweise im Großlager einsetzen kann. Im Institut für Vorratsschutz der BBA in Berlin-Dahlem befinden sich die wichtigsten ca. 80 Arten von Insekten und Milben in Zucht und werden erforscht, die in der Großlagerei und in Fabriken vorkommen und Schäden verursachen, wo die Produkte pflanzlicher Herkunft gelagert und verarbeitet werden. Motten und Käfern derselben Arten werden im Getreidesilo und in der häuslichen Speisekammer gefunden. Das Institut beschränkt sich auf die Untersuchungen von Produkten mit geringem Wassergehalt. Dies läßt sich aus dem Vorratsbegriff mit einiger Mühe ableiten, der seit alters her bevorzugt Getreide, Nüsse, Mandeln und andere trockene Samenkerne, wie auch Hülsenfrüchte als klassische Vorräte subsumiert, aber nicht Äpfel, Birnen und andere Produkte pflanzlicher Herkunft mit Wassergehalten über ca. 20%, für die eine längere Lagerung ausscheidet, weil bereits kurz nach der Einlagerung Verderb durch Schimmelbildung erfolgt. Die moderne Vorratshaltung kann auch solche Produkte z. B. mit Einsatz von Kälte oder Schutzgas ohne Qualitätseinbuße lange lagern. Dieser neue Vorratsschutz bezieht dann Fragen der Mikrobiologie mit ein, die klassisch nicht dazugehörten. Solche Tendenzen sind auch bei den vierjährig tagenden internationalen Vorratsschutztagungen ersichtlich, bei denen seit sechs Jahren nun auch verstärkt mikrobiologische Fragestellungen erörtert werden.

Zur Abrundung der Schilderung der Problematik müssen als Schadorganismen noch Nagetiere, wie z. B. Ratten und Mäuse sowie Vögel und auch Schnecken genannt werden, die in Einzelfällen beträchtlich zu Schäden an Vorräten beitragen.

In einem Beitrag zur 100-jährigen Geschichte des Vorratsschutzes an der Biologischen Bundesanstalt sei dieser verhältnismäßig lange Exkurs zur Definition des Begriffes Vorratsschutz im Pflanzenschutz erlaubt.

Zu 2):

Gasförmige Stoffe werden seit Menschengedenken zur Entwesung von Vorräten, aber auch zur Bekämpfung krankheitsübertragender Tiere wie Mücken, Wanzen und Ratten eingesetzt. Ratten und Flöhe als Überträger der Pest wurden mit Schwefeldämpfen bekämpft. Schwefel und seine Oxide gehören somit zu den ersten Begasungsmitteln, die auch bei der Vorratslagerung Anwendung fanden. Ohne die wissenschaftlichen Zusammenhänge zu überschauen, wurden in der Antike Vorräte, wie z. B. Getreide, in Erdlöchern oder Tongefäßen unter weitgehendem Luftabschluß gelagert. Hierdurch wurde erreicht, daß der miteingeschlossene Sauerstoff durch Mikroben oder Insekten, Milben und Nager, die im Lagergut vorhanden waren, veratmet wurde. Miteingelagerte Schadorganismen starben nach einer gewissen Lagerzeit wegen Sauerstoffmangels ab, Oxidationsprozesse und entsprechender Qualitätsverlust im Lagergut wurden vermindert, Neubefall durch Schädlinge vermieden.

Nach einer Ära des intensiven Einsatzes diverser gasförmiger Mittel stehen auch heute wieder die hermetische Lagerung und der Einsatz inerte sauerstoffarmer Atmosphären als produktschonende Entwesungsmethode im Vorratsschutz im Vordergrund. Gase, wie z. B. Schwefeldioxid ( $\text{SO}_2$ ), Acetonitril ( $\text{CH}_3\text{CN}$ , oder auch Methylcyanid), Äthylenoxid (HASE 1932 [745] und 1937 [746], TESCH 1937 [759] und SCHILCHER 1970 [758]), verschiedenste Halogenkohlenwasserstoffe, wie z. B. Äthylendibromid ( $\text{CH}_2\text{CBr}_2$ ) und Tetrachlorkohlenstoff ( $\text{CCl}_4$ ), sind inzwischen wegen ihrer schädlichen Nebenwirkung für die Anwender aus dem Verkehr gezogen worden. Momentan wird eine intensive Debatte um Brommethan geführt, einen der wenigen gasförmigen Halogenkohlenwasserstoffe, für den bislang eine kanzerogene Wirkung noch nicht eindeutig nachgewiesen werden konnte. Es besteht allerdings begründeter Verdacht dieser Wirkung. Reaktionsprodukte dieser Substanz wurden aber Ende der 80er Jahre in der Ozonschicht festgestellt. Daraufhin untersuchte man das ozonzerstörende Potential (Ozone Depleting Potential, ODP, ein relativer Wert im Verhältnis zur ozonzerstörenden Wirkung eines Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoff) dieses Gases und erhielt einen ODP-Wert von 0,6. Damit ist dieser Stoff in seiner Wirkung mit den Frigenen vergleichbar und fällt unter die Bemühungen der Mitgliedsstaaten des Montrealer Protokolls, die sich auf ein Einstellen der Produktion der ozonzerstörenden Substanzen und des Brommethans zum Jahre 2010 verständigt haben. Auf dem Weg dorthin sollen bereits 2000 und 2005 große Anteile des noch eingesetzten Wirkstoffes eingespart werden. Hiermit wird erstmals ein Gas wegen seiner nachteiligen, umweltbeeinflussenden Wirkung aus dem Vorratsschutz verbannt, das wegen seiner Universalität als Schädlingsbekämpfungsmittel voraussichtlich in absehbarer Zeit nur noch in wenigen Anwendungsgebieten ersetzbar sein wird. So haben die Mitgliedsstaaten des Montrealer Protokolls "Preshipment" und Quarantäne bislang noch von den Einschränkungen ausgenommen.

Cyanwasserstoff (HCN, auch Blausäure)

Einen interessanten Sonderfall bildet der Cyanwasserstoff (HCN). Ende des vorigen Jahrhunderts wurde er mit großem Erfolg erstmals zur Bekämpfung von Schildläusen in Nordamerika eingesetzt, wobei die befallenen Bäume gasdicht eingepackt wurden. Von dort aus trat dieser Stoff seinen Weg in die Schädlingsbekämpfung auch in Europa an. In Deutschland wurden bereits in den Zwanziger Jahren mehrere Millionen Kubikmeter in Mühlen begast (FRICKHINGER 1918 [744]). WILHELM drückte 1919 [761] seine Hoffnung aus, daß „die Zyanwasserstoff-Durchgasung mit Erfolg gegen die Kornmotte der Getreidespeicher (*Tinea granella* [*Nemapogon granellus*]), ferner die Larven des Brotkäfers (*Sitodrepa panicea* [*Stegobium paniceum*]), des Speckkäfers (*Dermestes lardarius*), des Kornkäfers (*Calandra granaria* [*Sitophilus granarius*]), des Reiskäfers (*C. oryzae* [*S. oryzae*]) und des Messingkäfers (*Niptus hololeucus*) eingesetzt werden kann, die früher eine ständige Gefahr für größere Bestände von Waren- oder Lebensmittelvorräten bedeuteten“. Einige weitere Anwendungsgebiete sind bei PETERS 1933 [749], PETERS und GANTER 1935 [748], PETERS und WÜSTINGER 1940 [753] sowie BERAN 1941 [741] erwähnt.

WEIDNER (1967 [760]) beschreibt recht ausführlich, wie CHRISTLIEB (1808-1898, einer der ersten Schädlingsbekämpfer in Hamburg) auf Anraten von REH Blausäure [Cyanwasserstoff] einsetzte.

Als etwas nachteilig stellte sich heraus, daß einige Schädlinge und deren Entwicklungsstadien nur schwer mit diesem Gift abgetötet werden. Hierzu zählt auch der Kornkäfer, ein in der Getreidelagerung besonders bedeutsamer Schädling. Wegen seiner ausgeprägten Wasserlöslichkeit beschränkte sich der Einsatz von Cyanwasserstoff insbesondere auf die Leerraumentwesung einschließlich der Bekämpfung von Ratten und Schaben auf seegehenden Schiffen. PETERS erwähnt, daß 1917 die erste Schiffsbegasung mit Blausäure in Hamburg auf dem Hilfskreuzer „Bosnia“ erfolgte (PETERS, 1942 [752]). Die erste Mühlendurchgasung mit Blausäure fand im April 1917 in Heidingsfeld statt (FRICKHINGER 1918 [744]).

HABER führte dieses Gas im Ersten Weltkrieg in den Kriegsgebrauch als Kampfgas ein und legte unbewußt einen Grundstein für das schwärzeste Kapitel der deutschen Geschichte. Seit dieser Zeit wird Cyanwasserstoff zwar noch zur Schädlingsbekämpfung eingesetzt, ist aber mit einer großen psychologischen Bürde versehen. Australische Kollegen haben kürzlich ein Patent für eine neuartige Art der Erzeugung dieses Wirkstoffs angemeldet. Die starke Wasserlöslichkeit und auch die chemische Reaktivität und Komplexbildung mit Metallen engt die Anwendungsmöglichkeiten dieses Gases ein. Falls allerdings weiterhin die gasförmigen Mittel aus verschiedensten Gründen vom Markt genommen werden, kann mit einer verstärkten Wiederverwendung dieses Mittels gerechnet werden.

---

\* heutiger Name

Brommethan (CH<sub>3</sub>Br, auch Methylbromid)

Als LE GOUPIL Brommethan (BM, früher Methylbromid) erstmals 1932 [143] als Insektizid erwähnte, ahnte er wahrscheinlich nicht, welche Bedeutung diese Substanz für die Schädlingsbekämpfung gewinnen würde. Weil Pflanzen und Früchte vieler Arten gegenüber Konzentrationen, die für Insekten tödlich sind, noch keine Schäden erleiden, wurde dieser Stoff schnell in den Dreißiger Jahren zur Quarantänebehandlung eingeführt. Später wurde BM in großem Umfang bei der Entwesung gelagerter Vorräte, von Mühlen, Lagerhäusern Schiffen und Eisenbahnwaggons eingesetzt (PETERS 1942 [109], MONRO 1969 [145], BOND 1984 [106]).

Weltweit dient BM neben der Bodenentwesung zur Bekämpfung von Schädlingen in Lebens- und Futtermitteln sowie in verarbeitetem Holz und hölzernen Kunstwerken nach Befall. Kurze letale Einwirkzeiten von weniger als zwei Tagen zeichnen diesen Stoff gegenüber Phosphin und inerten Gasen mit niedrigem Sauerstoffrestgehalt aus, mit denen für vollständige Wirkung mehrere Tage oder Wochen erforderlich sind.

Der abtötende Effekt eines giftigen Gases hängt von seiner Anwendungskonzentration  $c$  - meist in Mischung mit Luft - sowie der Einwirkzeit  $t$  ab, während welcher der Zielorganismus der giftigen Substanz ausgesetzt ist. Nach der 1924 [73] erstmals publizierten HABER'SCHEN Regel ist das mathematische Produkt aus Konzentration und Zeit ( $c \cdot t$ ) ein geeignetes Maß, um die relative Giftigkeit eines Gases auszudrücken. Der Regel folgend, gibt es eine Konstante,  $k$ , das  $ct$ -Produkt, das die Letalkonzentration  $c$  und die letale Einwirkzeit enthält, die zu einer bestimmten Mortalität führen. Falls die Konzentration  $c$  in der Formel

$$c \cdot t = k \quad \{ 1 \}$$

verringert wird, muß die Einwirkzeit entsprechend verlängert werden, damit die Konstante  $k$  denselben Wert annimmt. Bei einer halb so hohen Konzentration ( $c/2$ ) führt die doppelt so lange Einwirkzeit ( $2t$ ) zu der selben Mortalität. Umgekehrt wird in der halben Einwirkzeit ( $t/2$ ) dieselbe Mortalität mit einer doppelt so hohen Konzentration erzielt ( $2c$ ). Die Konstante  $k$  in  $\{ 1 \}$  wird sich nicht verändern wenn die beiden Faktoren wie beschrieben verändert werden. Verschiedene Mortalitäten erfordern verschiedene  $ct$ -Produkte. PETERS und GANTER (1935 [74]) bezeichneten  $k$  in Experimenten mit Kornkäfern und Cyanwasserstoff als Wirkungszahl. PETERS (1936 [108], 1942 [109]) schlug als Einheit für  $k$  den Gramm-Stundenwert mit  $g/m^3$  für  $c$  und Stunden für  $t$  als elementare Einheiten vor.

Inzwischen trägt  $k$  international überwiegend den Namen  $ct$ -Produkt mit der Einheit  $mg \cdot h/l$ . Der offensichtliche Vorteil dieser Regel besteht in ihrer praktischen Anwendbarkeit bei Begasungen, wenn die Einwirkzeit den vorgegebenen Umständen angepaßt werden muß und die letale Konzentration mit Hilfe der Formel  $\{ 1 \}$  ausgerechnet werden kann.

Für BM und einige andere Gase bleibt das  $ct$ -Produkt für einen großen Bereich letaler Konzentrationen und Einwirkzeiten konstant. Bei extremen Konzentrationen und Einwirkzeiten gilt Formel  $\{ 1 \}$  nicht mehr, das Produkt verändert seinen Wert. BROWN (1954 [151]) gab  $2 \text{ mg/l}$  als untere Grenze für die Letalkonzentration und konstantes  $k$  an. HOWE and HOLE (1966 [303]) erhielten für die Abtötung von



Kornkäfern mit BM bei 25 °C und 70 % r. F. mit 3 mg/l einen größeren Wert für k als mit 6 mg/l oder 9 mg/l. In Experimenten von BENNET (1969 [353]) zur Abtötung von Puppen des Reismehlkäfers *Tribolium castaneum* ergaben sich mit bis zu 5 mg/l konstante ct-Produkte, wohingegen bei 2,8 mg/l übermäßig lange Einwirkzeiten erforderlich waren. BELL (1988 [19]) bestimmte für 7 Arten vorratsschädlicher Käfer die minimale Konzentration zwischen 0,6 mg/l und 4 mg/l, unterhalb der bei 15 °C und 25 °C HABER'S Regel nicht mehr galt.

Natürlich ist eine Mindesteinwirkzeit zum Eindringen des Gases in den Insektenkörper dorthin erforderlich, wo die Wirkung erfolgt. Unterhalb dieser Zeit gilt die Regel von HABER nicht.

Die Widerstandsfähigkeit von Insekten gegenüber Begasungen ist stark von der Temperatur abhängig. Eine Einwirkung derselben Konzentration führt bei höherer Temperatur in kürzerer Zeit zur Abtötung der Tiere.

Tabelle 1: Vergleich von Literaturangaben zur Widerstandsfähigkeit von Imagines oder den widerstandsfähigsten Entwicklungsstadien vorratsschädlicher Käfer und Kleinschmetterlinge gegenüber Brommethan bei 25 °C nach DETMERS 1993 [263]

REICHMUTH - Gase

Coleoptera	Stadium	Zeit/Konz.	ct-Product in mg/l				Zitat
			LD <sub>50</sub>	LD <sub>95</sub>	LD <sub>99</sub>	LD <sub>99.9</sub>	
Anobiidae:							
<i>Lasioderma serricorne</i> (F.)	Puppe					100	152
Bostrichidae:							
<i>Rhizopertha dominica</i> (F.)	alte Puppe					45	152
<i>Rhizopertha dominica</i> (F.)	Imago					40	152
<i>Rhizopertha dominica</i> (F.)	Imago	5 h	20			37	152
<i>Rhizopertha dominica</i> (F.)	Imago	3,5-4 mg/l	16-17		36-49		152
<i>Prostephanus truncatus</i> HORN	Ei	9,7 mg/l	15,2	20,0		25,6	263
<i>Prostephanus truncatus</i> HORN	Ei	21,9 mg/l	16,1	21,8		28,4	263
<i>Prostephanus truncatus</i> HORN	Puppe	10 mg/l	39,8	48,9		58,6	263
<i>Prostephanus truncatus</i> HORN	Puppe	20,3 mg/l	42,2	50,5		59,2	263
Bruchidae:							
<i>Callosobruchus chinensis</i> (L.)	Puppe					40	152
Cucujidae:							
<i>Cryptolestes minutus</i> OLIVIER	Puppe					125	152
<i>Cryptolestes ferrugineus</i> STEPHENS	junge Imago	5 h	35	41			376
<i>Cryptolestes turcius</i> (GROUVELLE)	junge Imago	5 h	37	43			376
<i>Oryzaephilus mercator</i> (FAUVEL)	Imago	5 h	29			43	284
<i>Oryzaephilus surinamensis</i> (L.)	Imago					50	152
<i>Oryzaephilus surinamensis</i> (L.)	Imago	5 h	29			43	284
<i>Oryzaephilus surinamensis</i> (L.)	Imago	4 mg/l	25-29		36-44		19
Curculionidae:							
<i>Sitophilus granarius</i> (L.)	Imago	9 mg/l	17	30			303
<i>Sitophilus granarius</i> (L.)	Imago	5 h	26			38	284
<i>Sitophilus granarius</i> (L.)	Puppe	9 mg/l	29	43	50	60	303
<i>Sitophilus granarius</i> (L.)	alte Puppe					65	152
<i>Sitophilus oryzae</i> (L.)	Puppe	2 h	29	44			310
<i>Sitophilus oryzae</i> (L.)	Puppe					85	152
<i>Sitophilus oryzae</i> (L.)	Imago	5 h	18			24	284
<i>Sitophilus oryzae</i> (L.)	Imago	3,5-4 mg/l	12-14		19-21		19
<i>Sitophilus zeamais</i> MOTSCHULSKY	Imago	5 h	16			27	284
<i>Sitophilus zeamais</i> MOTSCHULSKY	Imago	4 mg/l	14		22		19
Dermestidae:							
<i>Trogoderma granarium</i> EVERTS	Larve					110	152
<i>Trogoderma granarium</i> EVERTS	diap. Larve	14-30 mg/l	68		160	210	370
<i>Trogoderma variabile</i> BALLION (26,7 °C)	Puppe	2-8 h	44-52	58-62			253
Ostomidae:							
<i>Tenebroides mauritanicus</i> (L.)	Puppe	5 h	88		121		335
Ptinidae:							
<i>Ptinus tectus</i> BOIELDIEU	Puppe					100	152
Tenebrionidae:							
<i>Tribolium castaneum</i> (HERBST)	junge Puppe	10 mg/l	81				356
<i>Tribolium castaneum</i> (HERBST)	Puppe					125	152
<i>Tribolium castaneum</i> (HERBST)	junge Puppe	5 mg/l	69			100	353
<i>Tribolium castaneum</i> (HERBST)	Imago	5 h	42			59	284
<i>Tribolium confusum</i> JACQUELIN DU VAL	Imago	5 h	45		64		335
<i>Tribolium confusum</i> JACQUELIN DU VAL	Imago	4 h (26,7°C)	42-50	54-61			357
<i>Tribolium confusum</i> JACQUELIN DU VAL	Puppe					90	152
<i>Tribolium confusum</i> JACQUELIN DU VAL	Imago	5 h	43			56	284
<i>Tribolium confusum</i> JACQUELIN DU VAL	Imago	4 mg/l	43 l		66 l		19
<i>Tribolium confusum</i> JACQUELIN DU VAL	Imago	4 mg/l	61 r		86 r		19
Lepidoptera							
Pyralidae:							
<i>Ephestia cautella</i> (WALKER)	Puppe	4-11 mg/l				50 l	220
<i>Ephestia elutella</i> (HÜBNER)	Puppe	4-11 mg/l				50 l, f	220
<i>Ephestia elutella</i> (HÜBNER)	diap. Larve	4-11 mg/l	76 f		150 f		221
<i>Ephestia kuehniella</i> ZELLER	Puppe	4-11 mg/l				53 l	220
<i>Plodia interpunctella</i> (HÜBNER)	Puppe	4-11 mg/l			67 f	43 l, f	220
<i>Plodia interpunctella</i> (HÜBNER)	diap. Larve	4-11 mg/l	26 f				221

l = Laborstamm, f = Feldstamm, r = Brommethan- resistenter Stamm, diap. = diapausierende, voll. Bek. = vollständige Bekämpfung

[19] BELL 1988, [220] BELL 1976, [221] BELL 1977, [152] BROWN 1959, [253] VINCENT and LINDGREN 1975, [263] DETMERS 1993, [284] FAO 1975, [303] HOWE and HOLE 1966, [310] KROHNE and LINDGREN 1958, [335] BOND and MONRO 1961, [353] BENNET 1969, [356] GODDEN and HOWE 1965, [357] LINDGREN and VINCENT 1965, [370] EL-LAKWAH 1977, [376] BARKER 1967

**Tabelle 2:** Vergleich von Literaturangaben zur Widerstandsfähigkeit von Imagines oder den widerstandsfähigsten Entwicklungsstadien vorratsschädlicher Käfer und Kleinschmetterlinge gegenüber Brommethan bei 30 °C nach DETMERS 1993 [263]

Coleoptera	Stadium	Zeit/Konz.	ct-Product in mgh/l				Zitat
			LD <sub>50</sub>	LD <sub>95</sub>	LD <sub>99</sub>	LD <sub>99,9</sub>	
<b>Bostrichidae:</b>							
<i>Rhizopertha dominica</i> (F.)	Imago	5 h	7-26	24-62			355
<i>Prostephanus truncatus</i> HORN	Ei	5 - 20 mg/l	8,3	12,1		16,9	263
<i>Prostephanus truncatus</i> HORN	Larve	5 - 21 mg/l	15	22		33,5	263
<i>Prostephanus truncatus</i> HORN	Puppe	6 - 20 mg/l	28,5	37,8		48,8	263
<i>Prostephanus truncatus</i> HORN	Imago	5 - 21 mg/l	17,3	22,4		28,0	263
<b>Cucujidae:</b>							
<i>Oryzaephilus surinamensis</i> (L.)	Imago					40	152
<b>Curculionidae:</b>							
<i>Sitophilus granarius</i> (L.)	alte Puppe					65	152
<i>Sitophilus granarius</i> (L.)	Imago	5 h	14-23	22-46			355
<i>Sitophilus oryzae</i> (L.)	Imago	5 h	6-18	24-54			355
<b>Dermeestidae:</b>							
<i>Trogoderma granarium</i> EVERTS	diap. Larve	7-40 mg/l	44		93	118	370
<i>Trogoderma granarium</i> EVERTS	Larve					70	152
<b>Tenebrionidae:</b>							
<i>Tribolium castaneum</i> (HERBST)	junge Puppe	10 mg/l	81				356
<i>Tribolium castaneum</i> (HERBST)	Imago	5 h	15-49	28-82			355
<b>Lepidoptera</b>							
<b>Pyralidae:</b>							
<i>Ephestia cautella</i> (WALKER)	Puppe	4-11 mg/l				40 l, f	220
<i>Ephestia elutella</i> (HÜBNER)	diap. Larve	4-11 mg/l	41 f		115 f		221
<i>Plodia interpunctella</i> (HÜBNER)	Puppe	4-11 mg/l				40 l, f	220

l = Laborstamm, f = Feldstamm, r = Brommethan- resister Stamm, diap. = diapausierende, voll. Bek. = vollständige Bekämpfung

[152] BROWN 1959, [220] BELL 1976, [221] BELL 1977, [263] DETMERS 1993, [355] EL-NAHAL et al. 1986, [356] GODDEN and HOWE 1965, [370] EL-LAKWAH 1977

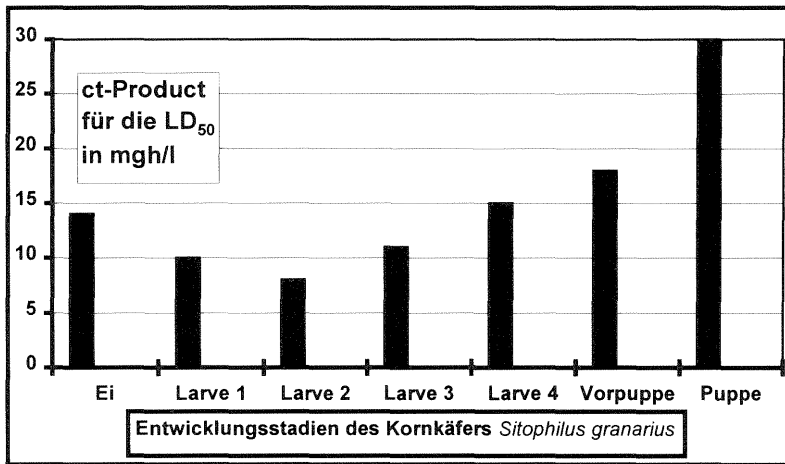
Die Angaben in Tabelle 1 und Tabelle 2 verdeutlichen diesen Zusammenhang. Nach BOGS (1976 [332]) bleibt das ct-Produkt für die Einwirkung von Brommethan in Konzentrationen von 25 mgh/l bis 100 mgh/l zwischen -5 °C und 15 °C in etwa gleich, um einen vergleichbaren Abtötungserfolg zu erzielen.

Tabelle 1 enthält mehrere Literaturangaben zur Empfindlichkeit der Imagines oder der widerstandsfähigsten Entwicklungsstadien verschiedener vorratsschädlicher Insekten gegenüber BM. Viele Publikationen enthalten lediglich Angaben zu Imagines. Bei 25 °C schwanken die Angaben für dieses Stadium zum Erreichen einer LD<sub>50</sub> zwischen 10 mgh/l und 50 mgh/l sowie zwischen 20 mgh/l und 70 mgh/l für eine LD<sub>99,9</sub>. Temperaturerhöhung auf 30 °C führt bei der LD<sub>50</sub> zu einer Verminderung auf 6 mgh/l bis 50 mgh/l (Tabelle 2).

Der Einfluß der relativen Feuchte auf die Empfindlichkeit der Insekten gegenüber Einwirkung von BM konnte noch nicht eindeutig nachgewiesen werden. Temperatureinflüsse sind wesentlich stärker und meist von Veränderungen der Feuchte begleitet (EL-LAKWAH 1977 [173], SCHACHER and KNÜLLE 1980 [172], BOND 1984 [83]).

Bei einem Vergleich verschiedener Entwicklungsstadien erwiesen sich bei 25 °C Puppen und diapausierende Larven als besonders widerstandsfähig gegenüber BM (siehe Tabelle 1). 50 % Mortalität von *Tenebroides mauritanicus*-Puppen erforderte ein ct-Produkt von 88 mgh/l (BOND and MONRO 1961 [335]), das bei *Cryptolestes*

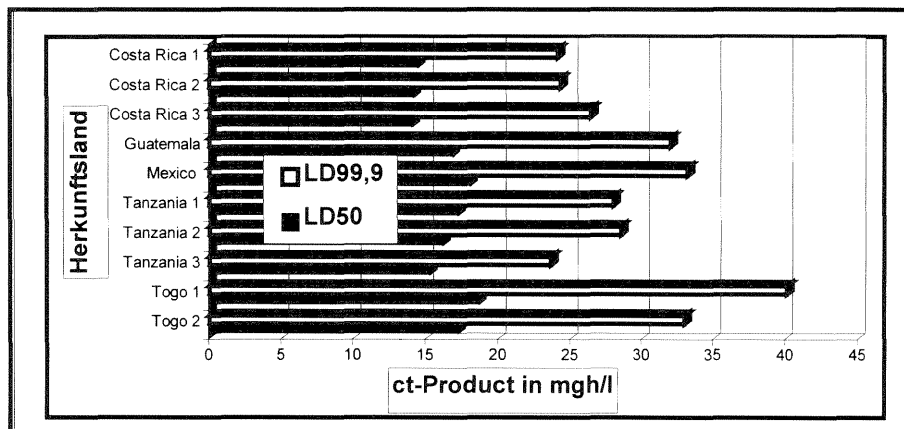
*minutus* und *Tribolium castaneum* für eine  $LD_{99,9}$  auf 125 mg/l gesteigert werden mußte (BROWN 1959 [152]). Hierfür waren bei den diapausierenden Larven von *Trogoderma granarium* (EL-LAKWAH 1977 [379]) bzw. *Ephestia elutella* (BELL 1977 [221]) ct-Produkte von 210 mg/l bzw. 185 mg/l erforderlich.



**Abbildung 1:** Die Empfindlichkeit der Entwicklungsstadien des Kornkäfers *Sitophilus granarius* bei 25 °C gegenüber Brommethan nach HOWE and HOLE (1966 [303]) als ct-Produkt für eine  $LD_{50}$

Abbildung 1 verdeutlicht die unterschiedliche Widerstandsfähigkeit der einzelnen Entwicklungsstadien des Kornkäfers *Sitophilus granarius* (Sg) gegenüber Brommethan. Die Dosis zur Abtötung junger Larven von *Sitophilus granarius* betrug weniger als 30 % der Letaldosis für die Puppen. Die Käfer waren in den beschriebenen Versuchen sehr viel empfindlicher als die Puppen. Um verlässliche Daten über die Abtötung von Kornkäferpopulationen zu erhalten, sollten zumindest die Puppen mit untersucht werden. Diese Resultate der Änderung der Widerstandsfähigkeit verschiedener Brutstadien von Sg entsprechen Daten für die Mortalität nach Einwirkung von Phosphorwasserstoff (REICHMUTH 1986 [75]) und Kohlenstoffdioxid (REICHMUTH 1990 [76]). Vermutlich ist die verhältnismäßig geringe Atmungsaktivität und damit verbundene geringe Giffaufnahme bzw. geringer Sauerstoffverbrauch von Puppen die Ursache für deren hohe Widerstandsfähigkeit.

Ogleich die  $LD_{50}$  eine günstige Variable ist, um Eigenschaften von Gruppen von Insekten zu vergleichen, weil die Vertrauensbereiche hier ihr Minimum haben, konnte DETMERS (1990 [262], 1993 [263]) (Abbildung 2) zeigen, daß die Unterschiede von Insektenarten und -stämmen bei der  $LD_{99}$  noch ausgeprägter sind.



**Abbildung 2:** Vergleich der LD<sub>50</sub> und LD<sub>99,9</sub> für Imagines des Großen Kornbohrers *Prostephanus truncatus* für verschiedene Stämme aus verschiedenen Ländern gegenüber Brommethan (10 mg/l, 4 Wiederholungen) bei 30 °C und 70 % r. F. nach DETMERS 1993 [263])

Die Streuung der ct-Produkte nahm vom der LD<sub>50</sub> zur LD<sub>99,9</sub> stark zu, wie auch deren Vertrauensbereiche. Diese Zunahme der Vertrauensbereiche bei Annäherung an die LD<sub>100</sub> ist typisch für Ergebnisse der Probit-Analyse und läßt sich mit der Normalverteilung der Mortalitätsdaten um die LD<sub>50</sub> erklären, bei der die Vertrauensbereiche minimal sind. DETMERS untersuchte nicht, ob bei den untersuchten Stämmen auch Resistenz vorlag. Die Ergebnisse geben in jedem Fall einen guten Eindruck über die Unterschiede der Empfindlichkeit vorratsschädlicher Insekten gegenüber Brommethan. Stamm 1 aus Togo war mit einer LD<sub>99,9</sub> von 40,1 mg/l etwa 1,7 mal widerstandsfähiger als der Stamm aus Tansania mit LD<sub>99,9</sub> = 23,6 mg/l.

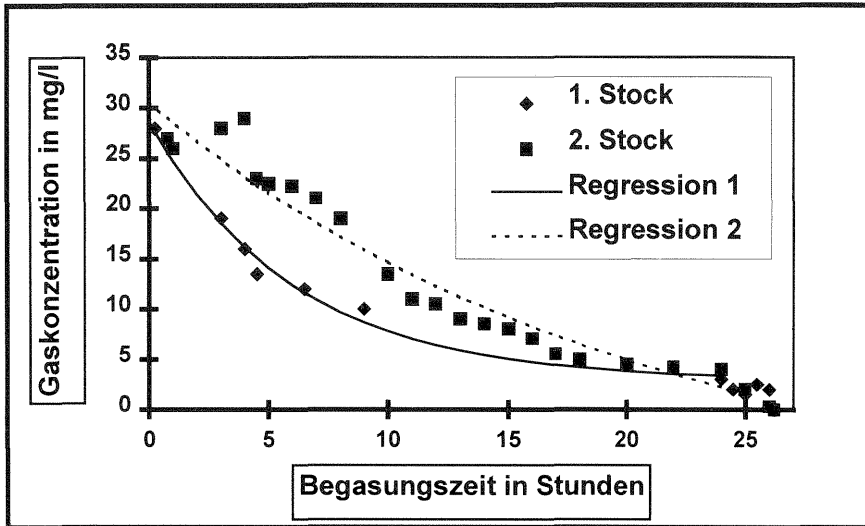
UPITIS et al. (1973 [307]) erreichten geringe Resistenzgrade (nicht mehr als Faktor 3) bei Laborexperimenten mit Sg. Die Resistenz war dabei mit größerem Körpergewicht, verlängerter Entwicklungszeit und verringerter Atmungsrate gekoppelt. Diese Gewichts- und Atmungsintensitätsänderungen unterscheiden sich vom Verhalten Phosphin-resistenter Insekten, die unter Gas länger aktiv bleiben als normalempfindliche Tiere (REICHMUTH 1990 [76], 1991 [288]). CHAMP und DYTE (1976 [286] und CHAMP (1986 [285]) fanden in ihrer Feldstudie ebenfalls nur geringe Resistenzgrade gegenüber BM bei Feldstämmen. Anders als gegenüber Phosphin, wo auch im Labor nach wiederholt subletaler Behandlung deutliche Resistenz ausgebildet wurde, trat dies gegenüber BM nicht auf.

Genaue Daten zum Wirkungsmechanismus von BM bei Insekten liegen nicht vor. Man nimmt an, daß die Methylierung von SH-Gruppen der Proteine eine wichtige Rolle beim Metabolismus der Zelle spielt, wodurch biochemische Reaktionen der Zellproteine gestört werden (WINTERINGHAM und HARRISON 1946 [312], FRANZ et al. 1992 [282]). Dieser Effekt führt vermutlich bei den vielen Enzymen mit SH-Gruppen zu Schäden (PRICE 1985 [214]). Vergiftungssymptome treten bei BM-begasten

Insekten mit Verzögerung von ca. 24 Stunden auf. Daher kann der Erfolg einer BM-Anwendung erst einen Tag nach der Begasung deutlich beurteilt werden.

Die Mortalitätsdaten der Tabellen 1 und 2 beziehen sich auf Laborexperimente. Die Begasung in der Praxis zielt auf die Abtötung aller im behandelten Raum vorhandenen Insekten. Im Laborexperiment soll meist die  $LD_{99}$  oder eine Dosis dicht bei  $LD_{100}$  bestimmt werden. Da in einem Experiment diese Werte nicht genau bestimmt werden können, bedient man sich der Probitanalyse. Die Probitgeraden werden häufig extrapoliert, um die gewünschte Dosierung für den angestrebten Abtötungsgrad zu erhalten (BROWN 1954 [151]). Obgleich theoretische Gründe gegen solche Praxis sprechen, ergaben sich wohl akzeptable Ergebnisse. Offensichtlich ist der Standardfehler dieser vorausgesagten Werte sehr groß und die Genauigkeit hängt stark von der Linearität der Ergebnisse ab. Dennoch ist diese fehlerhafte Anwendung der Probitanalyse weit verbreitet und wahrscheinlich für die Bestimmung einer für die vollständige Insektenbekämpfung erforderlichen Dosis unvermeidlich. HOWE und HOLE (1967 [107]) beschreiben dieses Problem ausführlich. ANNIS (Stored Grain Research Laboratory, (SGRL) Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO), Canberra, Australien, persönliche Mitteilung 1994) versuchte durch Einsatz größerer Mengen von Versuchstieren im Dosisbereich der  $LD_{100}$  zuverlässigere Daten zu erhalten. Theoretisch ist es unmöglich die  $LD_{100}$  genau zu bestimmen, weil dafür eine unendlich große Anzahl von Versuchstieren erforderlich wären (BLISS 1935 [105]).

Es klafft eine große Lücke zwischen den aus Labordaten [73-83] ermittelten Dosierungen (ct-Produkten) zur Erzielung einer bestimmten Mortalität und den für die praktische Anwendung empfohlenen Richtwerten (ANONYMUS 1982 [104], HOWE and HOLE 1967 [107], BOND 1984 [106], ANONYMUS 1994 [111], MONRO 1969 [145]). In der Praxis geht viel Gas während der Anwendung durch Undichtigkeiten (REICHMUTH 1993 [150]) und Sorption (BANKS and PINKERTON 1987 [283], BANKS 1986 [315], FRANZ et al. 1992 [318]) verloren. Bei Mühlenbegasungen betragen diese Verluste innerhalb von zwei Tagen 50 % bis 90 % der eingesetzten Menge (REICHMUTH, bisher unpublizierte Daten, Abbildung 3).



**Abbildung 3:** Brommethankonzentrationen während einer Begasung auf zwei Böden 1 und 2 in einem großen Lagerhaus; die Grafik enthält auch die Regressionen dieser Konzentrationswerte mit einer e-Funktion von der Form der Formel { 2 }.

Wie in Abbildung 3 sichtbar, läßt sich der Verlust etwa durch folgende Formel beschreiben:

$$c = c_0 \cdot \exp \{(- n/24) \cdot t\} \quad \{ 2 \}$$

mit

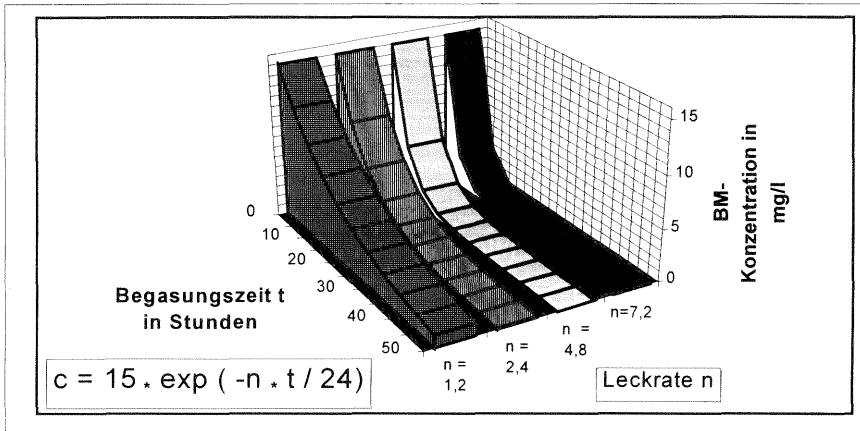
- der Ausgangskonzentration  $c_0$  als der theoretischen Konzentration aus der Einsatzmenge Brommethan in g oder kg und dem Volumen  $V$  des begasteten Raumes und
- der Leckrate  $n$  als annäherndem Faktor für die Undichtigkeit eines abgedichteten Begasungsobjektes. Dieser Wert läßt sich routinemäßig mit einem Drucktest des Objekts vor der Begasung bestimmen.

Dabei wird beim Durchsatztest mit einem regelbaren Gebläse eine konstante Druckdifferenz  $\Delta p$  im Bereich von 10 Pa ( $10 \text{ Pa} = p_o - p_{at}$ ) zwischen der Umgebung ( $p_{at}$ ) und dem Inneren ( $p_o$ ) des Begasungsobjektes erzeugt und die dazugehörige Förderleistung bestimmt und daraus die Leckrate  $n$  berechnet.

Im Halbwertszeittest wird ebenfalls eine Druckdifferenz erzeugt. Anschließend wird die Zeit bestimmt, in der die Druckdifferenz nach Abschalten des Gebläses auf ihren halben Wert absinkt (beispielsweise von 100 Pa auf 50 Pa oder 20 Pa auf 10 Pa). Aus dieser Halbwertszeit  $t_{1/2}$  läßt sich ebenfalls die Leckrate  $n$  des Begasungsraums annähernd berechnen.

$$n = \Delta V / V = \{p_0 \cdot \ln(2) \cdot \Delta t\} / \{105 \cdot t_{1/2}\} \quad \{3\}$$

mit  $\Delta V$  und  $V$  als Teil des ausgetauschten Volumens und dem Gesamtvolumen des begasten Objekts. Der Faktor 24 korrigiert die Formel, falls  $t$  in Stunden eingesetzt wird. Die Ableitung der Formel { 3 } befindet sich bei REICHMUTH (1993 [150]).



**Abbildung 4:** Verlauf der Brommethan- (BM-) Konzentration in einer mit  $15 \text{ g/m}^3$  begasten Mühle in Abhängigkeit von der Leckrate  $n$  gemäß einer modellbeschreibenden Formel

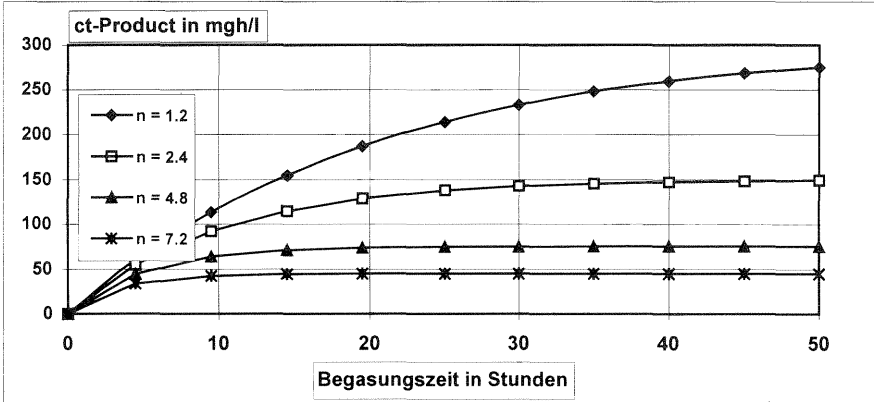
Das Modell beschreibt recht gut praktische Fälle mit unterschiedlicher Leckrate. Abbildung 4 enthält mehrere, in der Praxis ähnlich auftretende und hier theoretisch durchgerechnete Fälle. Bereits nach 24 Stunden Begasungszeit werden häufig nur noch  $2 \text{ mg/l}$  der ursprünglichen Brommethankonzentration gemessen. Deshalb würde in diesen Fällen auch eine Verlängerung der Einwirkzeit die Wirksamkeit der Begasung nicht mehr steigern. Eher muß die Gasdichtigkeit verbessert werden, um die Gasverluste zu vermindern.

Begasungsobjekte müssen deshalb in Deutschland vor der Anwendung einen Gasdichtigkeitstest bestehen (REICHMUTH 1993 [150]). Die gerade noch akzeptierte Verlustrate  $n$  beim Drucktest von mit  $10 \text{ Pa}$  beträgt für die meisten Objekte  $2,4$  Volumenwechsel pro Tag. In den meisten Fällen erfüllen abgedichtete Gebäude diese Anforderung, müssen aber vor der endgültigen Genehmigung häufig noch nachgedichtet werden. Diese Abdichtmaßnahmen sind detailliert von WOHLGEMUTH (1990 [294]) beschrieben worden. REICHMUTH (1993 [150]) versuchte, für verschiedene Leckraten  $n$  die erforderliche Anfangsdosierung bei einer Begasung zu beschreiben.

Um beispielsweise ein ct-Produkt von  $140 \text{ mgh/l}$  in zwei Tagen Einwirkzeit zu gewährleisten, das gemäß Tabelle 1 zur Abtötung der meisten vorratsschädlichen Insekten ausreicht, kann lediglich eine Leckrate von weniger als  $2,4$  Volumenwechsel pro Tag akzeptiert werden, wenn die Ausgangsmenge Gas mit  $15 \text{ g/m}^3$



festgelegt ist (Abbildung 5). Als Integral der Funktion {2} zwischen der unteren Grenze  $t_u = 0$  und der oberen Grenze  $t_o = t$  (in diesem Fall  $t_o = 48$  Stunden), entspricht das  $ct$ -Produkt für jede Zeit  $t$  der Fläche unter der jeweiligen Kurve der Gaskonzentration im Innern des begasteten Objekts (siehe Abbildung 5):



$$c \cdot t = \int_{t_u}^{t_o} \{ 2 \} dt = [c_0 / (n / 24)] \cdot [1 - \exp((-n / 24) \cdot t)] \quad \{ 4 \}$$

**Abbildung 5:**  $ct$ -Produkte für vollständige Abtötung vorratsschädlicher Insekten bei einer Begasung mit Brommethan bei 25 °C in Abhängigkeit von der Leckrate  $n$  des abgedichteten, zu begasenden Gebäudes

Abbildung 5 beschreibt die in Abbildung 4 gezeigten Fälle, in denen das  $ct$ -Produkt entsprechend den angenommenen Undichtigkeiten mit Leckraten  $n$  von 1,2 bis 7,2 Volumenwechsel pro Stunde im Verlauf der Begasung unterschiedlich zunimmt. Es wird deutlich, daß bei Leckraten, die bei etwa 4,8 oder mehr Luftwechseln pro Tag liegen, das jeweilige  $ct$ -Produkt bereits nach 24 Stunden endgültig erreicht wird, wohingegen es bei geringeren Leckraten noch weiter steigt, da noch Gas im Objekt vorhanden ist, das weiterhin zur Abtötung beiträgt.

Abbildungen 4 und 5 geben dies idealisiert wieder. In der Praxis beeinflussen viele variable Faktoren wie Windrichtung und -geschwindigkeit sowie Temperatur die örtliche Konzentration im Gebäude. Beobachtung bei vielen Begasungen in der Praxis unterstützen diese Vermutung.

Dennoch bestätigen die Funktionen in den Abbildungen, daß größere Gasverluste während der Begasung unbedingt auch zu kleineren  $ct$ -Produkten in Gebäuden führen. Im vorliegenden Beispiel werden anfänglich 15  $g/m^3$  eingesetzt. Bei einer Einwirkzeit von 48 Stunden ergäbe sich ohne Gasverluste ein theoretisches  $ct$ -Produkt von 720  $mgh/m^3$ , mehr als das Fünffache der erforderlichen Dosis von 140  $mgh/l$ . Die Division von 140  $mgh/l$  durch 48 Stunden führt zu einer konstanten Konzentration von 2,92  $mg/l$ , die in einer gasdichten Kammer zur vollständigen

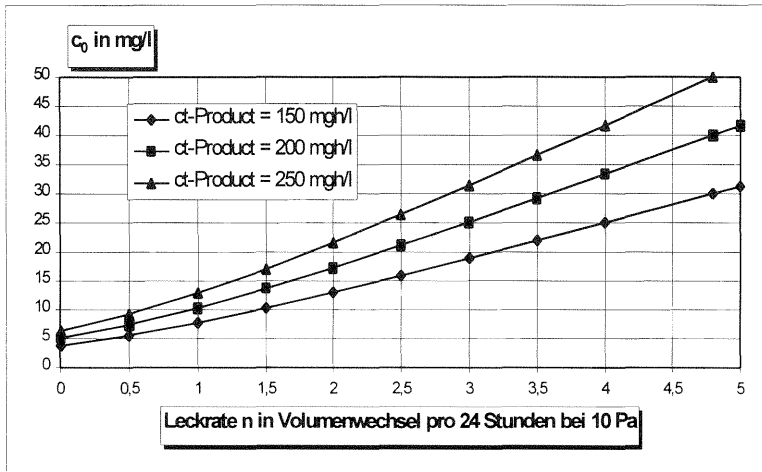
Wirkung eingesetzt werden müßte. Nur 20 % (2,92 mg/l) der ursprünglich im Beispiel eingesetzten 15 g/m<sup>3</sup> kommen demnach für die Insektenabtötung zur Anwendung. 80 % der Ausgangsmenge werden benötigt und in die Umgebung freigesetzt, um trotz ständiger Gasverluste vollständige Wirkung zu gewährleisten. Ein besserer Gasdichtigkeitsstandard ist wünschenswert, um diese großen Gasverluste zu vermeiden. Die entsprechenden Abdichtarbeiten sind aber häufig recht kostenintensiv.

Eine Möglichkeit, um diese Verluste ohne viel bessere Abdichtung zu erreichen besteht in der Veränderung der Begasungstechnik (REICHMUTH 1991 [77]). Anstatt, wie gewohnt, die gesamte Gasmenge zu Anfang der Begasung in einem Zug einzubringen, ist eine Dosierung bis auf eine anfängliche Brommethankonzentration von etwa 10 g/m<sup>3</sup> empfehlenswert. Gasumwälzung im Gebäude würde zur schnellen Gleichverteilung beitragen. Nach einigen Stunden mit permanenter Gasmessung sollten die Gasverluste durch Nachdosieren von außerhalb wieder ausgeglichen werden. Hierdurch kann die Gesamtdosierung von 15 g/m<sup>3</sup> auf etwa 12 g/m<sup>3</sup> vermindert werden, ohne das Ziel der vollständigen Bekämpfung aus den Augen zu verlieren. Andererseits ist im Inneren des Gebäudes etwas mehr als die theoretische Konzentration für die vollständige Schädlingsbekämpfung erforderlich, um die Diffusion des Wirkstoffs bis in alle Ritzen und Spalten in Beton, Mauerwerk und Holz sowie auch die mitzubehandelnden Lagerprodukte zu gewährleisten, wo sich die Insekten verstecken. Das Zahlenbeispiel muß selbstverständlich bei undichteren Objekten entsprechend abgewandelt werden, wo dann statt 17 g/m<sup>3</sup> infolge der modifizierten Technik unter Umständen nur 15 g/m<sup>3</sup> eingesetzt werden müssen.

Eine Formel zur Bestimmung der richtigen Ausgangsdosierung  $c_0$  kann für verschiedene Gasdichtigkeiten  $n$  und die angestrebten  $ct$ -Produkte und Einwirkzeiten angegeben werden { 4 }:

$$c_0 = [24 \cdot (ct\text{-Produkt}) / n] \cdot \{1 - \exp(-n \cdot t / 24)\} \quad \{ 5 \}$$

In Abbildung 6 sind einige Graphen von Funktionen für  $c_0$  mit dem  $ct$ -Produkt als Parameter dargestellt. Eine Halbierung der Leckrate  $n$  durch bessere Abdichtung führt etwa zu 50 %iger Verminderung der Ausgangsdosierung  $c_0$ . Im Bereich  $n < 1$ , wo die Kurven flacher verlaufen, ist dieser Effekt schwächer ausgeprägt. Abhängig von Art und Stadien der zu bekämpfenden Insekten darf die Anfangsdosierung keinesfalls unter die Wirksamkeitsgrenze von etwa 3 mg/l abgesenkt werden.



**Abbildung 6:** Anfangsdosierung von Brommethan für Begasungen eines Gebäudes in Abhängigkeit vom Grad der Gasdichtigkeit, ausgedrückt als Leckrate  $n$  pro Tag bei einer Druckdifferenz von 10 Pascal für verschiedene  $ct$ -Produkte und 48 Stunden Einwirkzeit

Tabelle 3 enthält die zitierten Literaturstellen mit Angaben zu Brommethan mit Zahlen in eckigen Klammern [ ] sowie englische Schlüsselwörter in alphabetischer Reihenfolge. Einige Zitate mit mehreren Schlüsselwörtern erscheinen mehrfach mit jeweils einem Schlüsselwort unter mehreren Nummern. Der Vorteil dieser Darstellung besteht in der Gruppierung verschiedener Zitate und Autoren unter demselben Schlüsselwort. Autor, Jahr und Nummer erscheinen im laufenden Text. Auf diese Weise wird die Identifizierung und das Auffinden von Zitaten, die alle einen Sachverhalt beschreiben, wesentlich erleichtert.

Tabelle 4 enthält einen Überblick über Artikel, welche die Begasung von Insekten einer bestimmten Art beinhalten.

Tabelle 4: Alphabetisch sortierte Arten und Trivialnamen aus Tabelle 3

Schlüsselwörter aus Tabelle 3	Zitat	Schlüsselwörter aus Tabelle 3	Zitat
acari	1	Mediterranean fruit fly	200-202
<i>Acarus siro</i>	2	melon fly	203
<i>Anastrepha suspensa</i>	5,6	Mexican fruit fly	205
<i>Araecerus fasciculatus</i>	14	mites	206,207
<i>Asynonychus cervinus</i>	15	moths	220-222
<i>Asynonychus godmani</i>	16	<i>Myzus persicae</i>	224
beetles	19	old house borer	235
Broadbean weevil	20	Oriental fruit fly	236
<i>Callosobruchus chinensis</i>	22,23	<i>Oryzaephilus mercator</i>	237
<i>Callosobruchus maculatus</i>	24,25	<i>Oryzaephilus surinamensis</i>	238
Caribbean fruit fly	40	pea weevil	240
<i>Carpophilus</i>	41	pecan weevil	242
<i>Celosterna scabrator</i>	42	<i>Phthorimaea operculella</i>	255,256
Coleoptera	55	<i>Plodia interpunctella</i>	257,258
<i>Corcyra cephalonica</i>	65	<i>Prostephanus truncatus</i>	262,263
crucifer weevil	69	<i>Quadraspidiotus perniciosus</i>	264-266
<i>Cryptolestes</i>	70	<i>Rhizopertha dominica</i>	289
<i>Cryptolestes ferrugineus</i>	71	<i>Sitophilus</i>	297
<i>Cryptolestes turcicus</i>	72	<i>Sitophilus granarius</i>	298-307
<i>Cydia pomonella</i>	87-99	<i>Sitophilus oryzae</i>	308-311
<i>Ditylenchus dipsaci</i>	103	<i>Sitophilus zeamais</i>	312
<i>Drosophila melanogaster</i>	114	<i>Sitotroga cerealella</i>	313
<i>Ephestia (Cadra) cautella</i>	116,117	snails	314
<i>Ephestia elutella</i>	118	<i>Spodoptera littoralis</i>	322,323
<i>Ephestia kuehniella</i>	119	storage insects	325
<i>Erwinia amylovora</i>	120	<i>Tenebroides mauritanicus</i>	334,335
flour beetles	130	<i>Teretriosoma nigrescens</i>	336
fuller rose beetle	136	<i>Tribolium</i>	350
<i>Gnornimoschema operculella</i>	156	<i>Tribolium castaneum</i>	351-360
<i>Hylotropes bajulus</i>	177	<i>Tribolium confusum</i>	361-367
insects	181,182	<i>Trogoderma granarium</i>	368-374
<i>Lasioderma serricornis</i>	188,341	<i>Trogoderma variabile</i>	375
<i>Leptinotarsa decemlineata</i>	190,191	<i>Tyrophagus putrescentiae</i>	376
<i>Liriomyza trifolii</i>	192	warehouse moths	379
		Western cherry fruit fly	381,382

Tabellen 3 und 4 mögen nicht vollständig sein, weil sie sich auf Schlüsselwörter und Autoren beziehen, so wie sie von den Dokumentaren eingegeben wurden. Die Angaben stammen aus den allgemein zugänglichen landwirtschaftlichen Datenbanken und enthalten die Autorennamen sowie Information über den Wirkmechanismus [211 - 219] einschließlich Wirbeltiere [346, 348] und Pflanzen [7, 56, 66, 78, 104, 154, 155, 184, 186, 187], Nematoden [103], Daten zu Abdicht- und Begasungskosten [67, 68], zu Gasverlusten während der Begasung, zur Sorption [316 - 321] und anderen mehr technischen Aspekten, wie z. B. der Abdichtung [292 - 294], die heute allgemein zum besseren Verständnis der Begasung zur Schädlingsbekämpfung gehören. Grundsätzliche Information über die Insektentoxizität und die Bedeutung der ct-Produkte sind in [73 - 81, 105, 107 -109, 344, 345] enthalten, mit einigen älteren Zitaten mit entsprechender Sekundärliteratur, die das Studium der Grundlagen dieses Wissenschaftszweiges erlauben.

Abgesehen von vielen Daten über die wichtigen vorratsschädlichen Insekten wie *Sitophilus spec.* [297 -312], *Tribolium spec.* [350 - 367], *Callosobruchus spec.* [22 - 25], *Trogoderma spec.* [368 - 375] und *Ephestia spec.* [117 - 119, 220 -222] enthält Tabelle 4 auch Angaben über Milben [1, 2, 206, 207, 376], holzerstörende Insekten [177, 235], und eine Anzahl frucht- und obstschädigender Insekten [40, 42, 87 - 99, 200-202, 203, 205, 236, 381, 382]. Selbst die Begasung von Schnecken wurde beschrieben [314].

Produkte wie Äpfel [7 - 12], Mais [17, 66, 197, 198], Kardamum [39], Getreide [43, 44], Kastanien [45, 46], Chinakohl [47], Zitrusfrüchte [48], Kakao [49], Kürbis [203, 236], Schnittblumen [85, 86], getrocknete Datteln [112], getrocknete Feigen [113], Expeller [123, 124], Fababohnen [125], Mehl [267], Getreide [157 - 167, 383], Erdnüsse [169, 170], Rettich [172], Persipan [185], Kiwi [186], Hülsenfrüchte [189], Holzbalken [193, 234], Nektarinen [226 - 230], Nüssen [233], ungeschältem und geschältem Reis [239, 290, 291], Birnen [241], Pekannüssen [243], Kernfrüchten [260], Popkorn [261], Rosinen [278], Erdbeeren [201], Süßkirschen [330], Tabak [339, 340], Gemüse [377, 378] und weißer Zucker [385] wurden als geeignete Objekte für eine Brommethanbegasung beschrieben.

Die kombinierte Begasung mit Kohlenstoffdioxid [27 - 37] oder giftigeren Gasen wird in einigen Arbeiten beschrieben [3, 26, 38, 121, 122, 175, 176, 208-210, 248 -254].

Die Kombination von Brommethan mit physikalischen Methoden, wie z. B. Hitze [171], Kälte [50 - 54, 332, 333], Bestrahlung [146, 184] oder vermindertem Druck [279, 280] deuten auf zukünftiges Potential weniger rückstandsbildender, integrierter Schädlingsbekämpfungsmaßnahmen [183].

## Phosphorwasserstoff (PH<sub>3</sub>, Phosphin, Phosphan)

Nach Brommethan ist Phosphorwasserstoff (PH<sub>3</sub>, Phosphin, Phosphan) das wichtigste Begasungsmittel für den Vorratsschutz. 1935 gelang FREYBERG in Delitzsch insofern ein Durchbruch, als er diesen zur Selbstentzündung neigenden Stoff sehr elegant mit inerten Beistoffen formulierte. Ausgangsprodukt für die Bildung des Gases sind Metallverbindungen, wie z. B. Aluminium-, Zink-, Magnesium oder Kalziumphosphid, aus denen durch Reaktion mit Wasser Phosphin entsteht. Die Reaktion verläuft mit Magnesium- und Aluminiumphosphid so schnell, daß in Kürze zündfähige Gemische mit Luft gebildet werden, auch wenn diese nur mittlere Feuchte aufweist. Die Verpressung der Phosphide mit Inertstoffen wie Paraffin sorgt nun für verzögerten Zutritt der Feuchtigkeit der umgebenden Luft und damit für verlangsamte Freisetzung von Phosphorwasserstoff, so daß die Verdünnung des Gases mit Luft am Entstehungsort schneller verläuft als die Bildung. Die Konzentrationen bleiben dadurch unterhalb von 1,8 Vol.-% in Luft, der Zündfähigkeitsgrenze bei Raumtemperatur. In neueren Präparaten ist zusätzlich noch ein stark hygroskopischer Beistoff (Zeolith) enthalten, der zum Einen die vorzeitige Gasentwicklung in den gasdicht mit etwas Restfeuchte verschlossenen Präparatedosen verhindert und andererseits dafür sorgt, daß nach dem Öffnen der Dosen die Bildung von Phosphin ca. 30 Minuten verzögert wird, bevor die hinzutretende Feuchtigkeit sich mit dem Phosphid umsetzen kann. Dem Anwender wird hierdurch ausreichend Zeit gelassen, die Präparate zur Schädlingsbekämpfung ohne Gefahr einer Inhalation geringer Gasmengen auszulegen.

Phosphorwasserstoff dient zur Bekämpfung wichtiger Schadtiere wie z.B. des Kornkäfers *Sitophilus granarius*, der weltweit bedeutende Verluste an Getreide verursacht. Ein naher Verwandter dieses Käfers ist der Reiskäfer *Sitophilus oryzae*, der insbesondere in wärmeren Ländern den Kornkäfer noch an Bedeutung als Getreideschädling übertrifft (Abbildung 7).

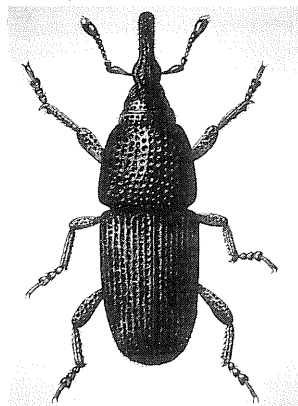


Abbildung 7:  
Imago des Reiskäfers  
*Sitophilus oryzae*

Die Rüsselkäfer, zu denen die beiden *Sitophilus*-Arten gehören, bereiten deshalb bei der Bekämpfung große Schwierigkeiten, weil sie sich vom Ei bis zur Puppe geschützt im Getreidekorn entwickeln. Das Weibchen bohrt vor der Eiablage einen kleinen Kanal in das Getreidekorn, legt das Ei hinein und verschließt die Öffnung des Kanals wieder mit einem Sekretpfropfen, der die Brut während ihrer Entwicklung vor nachteiligen Beeinflussungen schützt. Die Larve frißt während ihrer Entwicklung das Korn weitgehend aus.

Die Begasung von Schüttgetreide, das in Schüttlagern bis zu etwa 10 m hoch und in sogenannten Schüttböden, bei denen Lagerhäuser auf mehreren Stockwerken mit Getreide belegt werden, etwa bis zu 3 m hoch, gelagert wird, erfolgt in Deutschland überwiegend mit sogenannten Beutelpräparaten, bei denen das Phosphorwasserstoff-entwickelnde Mittel, das im wesentlichen aus Aluminiumphosphid mit Hilfsstoffen besteht, in einem Beutel aufbewahrt wird. Das Beutelmateriale hat die Eigenschaft, den Zutritt von Feuchte aus der Umgebung des Beutels zu verzögern, so daß es auch verzögert zur chemischen Reaktion des Wassers mit dem Phosphid kommt, wodurch eine langsame Ausgasung des Phosphorwasserstoffs aus dem Beutel sichergestellt wird. Zusätzlich ist das Präparat selber auch so formuliert, daß die Hilfsstoffe ebenfalls für einen langsamen Wasserzutritt sorgen.

Die Präparatedosen, in die Beutel gasdicht eingelegt werden, enthalten ein Trockenmittel, welches verhindert, daß bereits in den Dosen Phosphorwasserstoff sich entwickelt, bevor die Dose geöffnet wird. Neuere Mittel enthalten bereits von vorn herein Zeolithe, die ebenfalls zunächst mit hinzutretendem Wasser reagieren, bevor nach Absättigung dieser Stoffe das weiterhin zutretende Wasser sich mit dem Phosphid zu Phosphorwasserstoff umsetzen kann. Die Beutel werden von der Oberfläche des zu behandelnden Getreides aus mit Sonden in das Getreide eingestochen, um eine Entwicklung des Wirkstoffs dort einzuleiten, wo sich die Tiere aufhalten (Abbildung 8).



Abbildung 8:  
Einstechen von  $\text{PH}_3$  abgebenden Beuteln im Getreideschüttlager



Abbildung 9:  
ALP-Präparat: Tabletten in gasdichter Aluminiumdose

Neben den Beutelpräparaten wird Phosphorwasserstoff auch aus Tabletten oder Pellets freigesetzt, bei denen durch die Verpressung des Phosphids mit Hilfsstoffen die chemische Reaktion mit Wasser verlangsamt wird. Die formulierten Wirkstoffe werden gasdicht in Aluminiumdosen aufbewahrt, die weltweit verschickt werden (Abbildung 9).

Diese Präparate können automatisch dem Getreide zudosiert werden, das mit einer bestimmten Geschwindigkeit in ein Lager oder eine Silozelle gefördert wird. Ein sogenannter Dispenser sorgt dafür, daß die für die Bekämpfung erforderliche Dosierung erreicht wird (Abbildung 10).

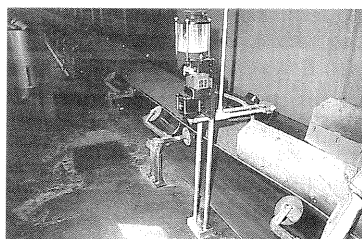


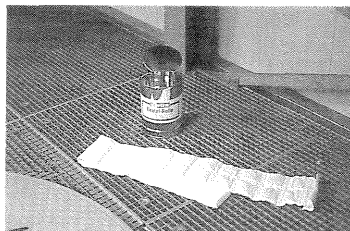
Abbildung 10:  
ALP-Tablettendispenser

Bei Silozellenbegasungen werden die Beutel dem zulaufenden Getreidestrom zugeworfen, das entweder über Förderbänder (Abbildung 11) oder Elevatoren in die Silozelle transportiert wird.



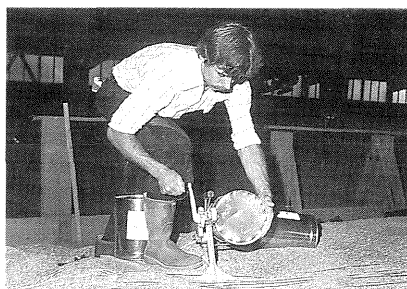
**Abbildung 11:**  
Zugabe von ALP-Beuteln  
zum Getreide auf das För-  
derband

Die Firma Detia entwickelte vor etwa 15 Jahren die Beutelrolle, bei der 100 Phosphorwasserstoff-abgebende Beutel in ein Vlies eingebracht werden. Dadurch wurde die Ausbringung größerer Präparatmengen bei Behandlung großer Partien von Getreide oder anderer Produkte, wie z. B. Tabak, erleichtert. Aus



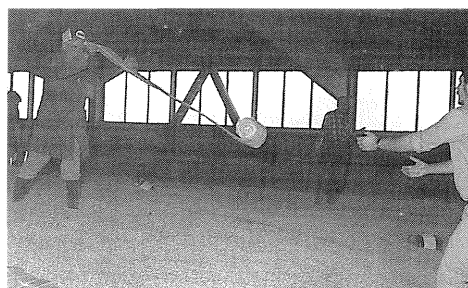
**Abbildung 12:**  
Detia-ALP-Beutelrolle

den gasdicht verschlossenen Dosen werden die Beutelrollen erst kurz vor dem Einsatz entnommen (Abbildung 12), nachdem mit einem Spezialöffner die Deckel aufgeschnitten wurden (Abbildung 13). Das Auslegen dieser Beutelrollen läßt sich einfach vollziehen, indem das Ende der aufgerollten Beutel festgehalten wird und die Rolle vom Körper des Anwenders weg auf das Getreide geworfen wird (Abbildung 14).



**Abbildung 13:**  
Öffnen der ALP-Beutelrollendosen  
mit Spezialöffner

Kurz nach der Entwicklung der Beutelrolle wurden die Präparate auf der Oberfläche ausgelegt und anschließend mit gasdichter Sperrfolie abgedeckt. Daraufhin ergaben sich zwei Probleme. Einerseits entstand eine relativ hohe Gaskonzentration direkt unter dieser Folie, wodurch die Emission durch die Folie und undichte Stöße befördert wurde. Andererseits trat das Wasser nur von unten durch das Material der Beutelrolle zum Präparat, und die Ausgasung war so stark verzögert, daß die erforderliche Gaskonzentration zur Abtötung der Insekten nicht erreicht wurde, weil das Gas gleichzeitig entweichen konnte.

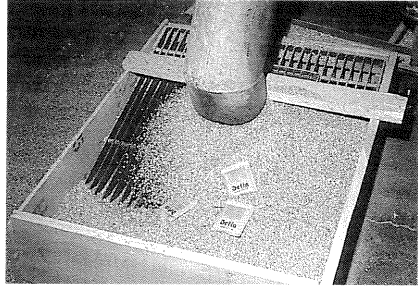


**Abbildung 14:**  
Auswerfen der Detia-Beutelrolle

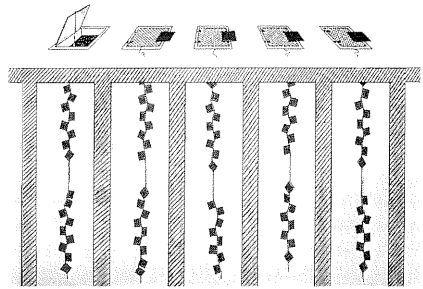
Die klassische Vorgehensweise bei der Silozellenbegasung mit Phosphorwasserstoff beinhaltet eine stetige Zugabe der Präparate zum Getreidestrom, der in die Silozelle gefördert wird. Die Öffnung der Silozelle wurde meistens mit Säcken abgedeckt, um ein Herausstauben auf ein Minimum zu vermindern, das durch die Verdrängung der



Luft durch das eindosierte Getreide verursacht wurde. Heutzutage werden die meisten größeren Siloanlagen automatisch entstaubt, so daß bei der Füllung der Getreidesilozellen keine Staubeentwicklung erfolgt, wenn durch die obere Siloöffnung Präparate zudosiert werden. Die Beutel oder auch Tabletten oder Pellets sind nach Einfüllen des Getreides weitgehend gleichmäßig in der Ware verteilt, und der Phosphorwasserstoff entwickelt sich von den vielen Quellen ebenfalls so gleichmäßig, daß in kurzer Zeit hohe Konzentrationen an allen Stellen im Getreide erzielt werden, wo die Käfer und Motten sich befinden können. Nach einer Einwirkzeit von ein bis zwei Wochen sind die Präparate weitgehend ausgegast und die Insekten abgetötet, so daß anschließend das Getreide abgelassen werden kann und die Beutel entnommen werden (Abbildung 15). Auch für die Entwesung leerer Getreidesilozellen wird Phosphorwasserstoff eingesetzt, wobei wesentlich geringere Dosierungen angewendet werden.



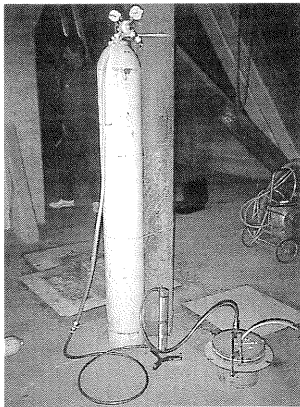
**Abbildung 15:**  
Entnahme der ausgegasten ALP-Beutel an einem Sieb unter dem Getreideauslauf einer Silozelle



**Abbildung 16:**  
Einhängen von ALP-Beuteln zur Entwesung einer leeren Silozelle

Die Präparate werden z.T. an einer Schnur in die Silozelle gehängt (Abbildung 16).

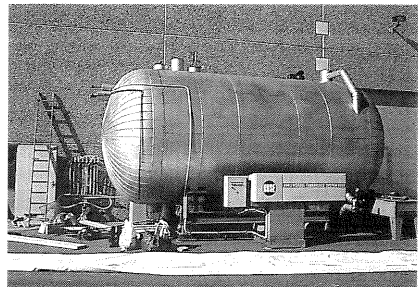
Bei längerer Lagerung von Getreide muß damit gerechnet werden, daß in Silozellen



**Abbildung 17:**  
CO<sub>2</sub> aus einer Gasflasche als Schlepplgas bei einer PH<sub>3</sub>-Silozellenbegasung

oder auch in Schüttböden Staubbänke und Ablagerungen von Spelzen sich zu Zonen entwickeln, die vom Gas schwerer durchdrungen werden als das restliche Getreide. Diese Zonen werden von Insekten gerne aufgesucht, wohl weil sich dort auch Schimmelpilze bevorzugt entwickeln und das Getreide befeuchten und erwärmen. Diese sogenannten „Staubbänke“ können den Bekämpfungserfolg gefährden.

Neueste Entwicklungen der Phosphorwasserstoff-



**Abbildung 18:**  
CO<sub>2</sub>-Tank bei einer Getreideentwesung

Begasung von Getreide in Deutschland verbinden die Anwendung des giftigen Gases mit dem gleichzeitigen Einsatz von Kohlenstoffdioxid ( $\text{CO}_2$ ). Dieses wird in Form von Trockeneis oder aus Gaszylindern (Abbildung 17) oder Tanks (Abbildung 18) zu Beginn der Ausgasung des Phosphorwasserstoffs zudosiert. Die Entwicklung dieses Verfahrens geht auf Israelische Versuche zurück, wobei zunächst Brommethan zusammen mit Kohlenstoffdioxid eingesetzt wurde, um das giftige Gas möglichst schnell durch sehr große Getreideschichten zu fördern. In Vorversuchen in einer Berliner Silozelle konnte nachgewiesen werden, daß Phosphorwasserstoff ohne das Hilfsgas selbst in 4 Wochen nicht den Fuß der Silozelle erreichte, und dort nur mit Konzentrationen von 10 ppm festgestellt wurde, obwohl im Kopfraum der Silozelle Gaskonzentrationen von 30.000 ppm auftraten. Abbildung 19 zeigt den Zusammenhang zwischen Phosphorwasserstoff-Entwicklung und Kohlenstoffdioxid-Dosierung sowie der Verteilung des Gases in einer Silozelle.

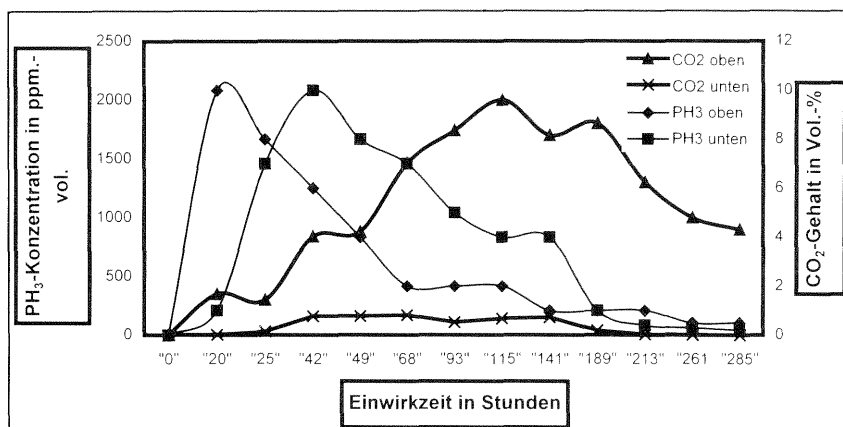


Abbildung 19: Kombinierte Begasung einer 18 m hohen Getreidesilozelle aus Beton (240 t in 330 m<sup>3</sup>) mit Phosphin aus Beuteln und Kohlenstoffdioxid als Schleppegas aus einer Gasflasche von der Getreideoberfläche, Drucktesthalbwertszeit  $t_{1/2} = 4$  Sekunden

Das Kohlenstoffdioxid sorgte dafür, daß die Konzentration des Phosphorwasserstoffs im Kopfraum entsprechend verlangsamt anstieg. Am Fuß der Silozelle wurde bereits nach etwa einem Tag eine Phosphorwasserstoff-Konzentration von über 100 ppm erzielt, die für etwa 4 Tage vorherrschte, was für eine Abtötung unter den gegebenen Bedingungen ausreichend war. Die Zugabe des Kohlenstoffdioxids wurde nach 24 Stunden abgebrochen, was aus der Konzentrationsabnahme im Kopfraum der Silozelle und auch dem verzögerten Auftreten des Maximums der Konzentration am Fuß der Silozelle deutlich wird. Ein Vergleich der beiden Maxima ergibt wieder die erwähnten 24 Stunden, die es benötigte, um vom Kopf bis zum Fuß der Silozelle vorzudringen. Die Grafik verdeutlicht, daß sich relativ viel Phosphorwasserstoff im Kopfraum der Silozelle befand. Durch veränderte Zugabe von Kohlenstoffdioxid kann die Gleichverteilung des Phosphorwasserstoffs noch weiter optimiert werden. Die Abtötung vorratsschädlicher Insekten mit Phosphorwasserstoff erfordert mehrere Tage Einwirkzeit. Auch um Zeit zu sparen,

wird beim Transport von geschütteter Ware in seegehenden Schiffen und Schuten der Wirkstoff im Transit eingesetzt, so daß die Transportzeit gleichzeitig für die Behandlung genutzt werden kann. In Amerika werden die Schuten unter Gas auf dem Mississippi befördert. In Deutschland werden die gasdicht abgedichteten Kähne am Ufer vertäut und unter Bewachung für mehrere Tage unter Gas gelassen. Die Kähne lassen sich erfahrungsgemäß sehr gut abdichten, weil die Laderaumwände meist gasdicht verschweißt sind und lediglich die Schutendeckel mit gasdichter Folie verschlossen werden müssen.



Abbildung 20:  
In-Transit-Begasung eines seegehenden Schiffes mit  $\text{PH}_3$

Beim Import nach Deutschland, insbesondere aus den USA, sowie auch beim Export aus Deutschland in den Nahen Osten oder nach Asien wird bei der Verwendung von Schiffen als Transportmittel in Transit begast. Die Fahrzeit der Schiffe von mehreren Wochen (Abbildung 20) reicht dabei vollständig für die Abtötung der Insekten aus, so daß keine weiteren Lagerzeiten erforderlich sind. Das Gas wird im Exporthafen oder auf Reede während der Beladung der Laderäume in Form von Phosphidpräparaten hinzu dosiert (Abbildung 21).

Anschließend werden die Ladeluckendeckel gasdicht verschlossen, so daß sich das Gas langsam im Getreide gleichmäßig verteilt. Bei einer neueren Technik, insbesondere wenn die Laderäume tiefer als 15 m sind, werden in den Laderaum Schläuche eingeführt, so daß mit einem Gebläse für eine Gleichverteilung des Gases gesorgt werden kann, obgleich die Präparate nur auf der Oberfläche des Getreides ausgelegt werden. In jedem Fall wird der Kapitän und der technische Offizier des Schiffes vor der Begasung intensiv über die Gefährlichkeit des Mittels informiert. Die Gaskonzentration muß während der Fahrt erfaßt werden. Mannschaftsräume und Räume, wo gearbeitet wird, werden routinemäßig überwacht.

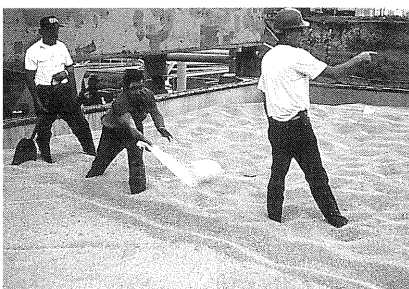
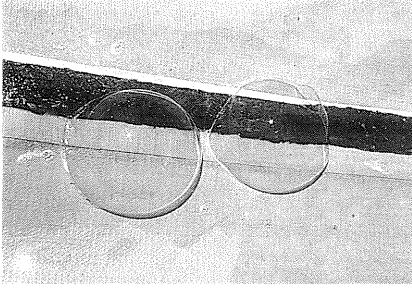


Abbildung 21:  
Einbringen der ALP-Detia-Beutelrollen bei einer Schiffsbegasung

Bei der Verwendung gasförmiger Mittel zur Schädlingsbekämpfung ist es unerlässlich, die zu entwesenden Gebäudeteile, Sackstapel oder geschütteten Güter gasdicht von der umgebenden Atmosphäre abzutrennen. Hierzu stehen vielfältige Kunststoffolien zur

Abbildung 22: Schrägrohrmanometer für Drucktest, rechts daneben Polyurethanschaum-Dose

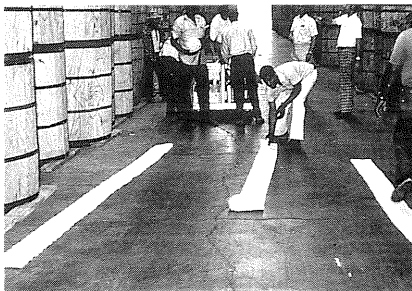




**Abbildung 23:**  
Prüfung eines Folienschlusses auf Gasdichtigkeit mit einer Seifenlösung und Überdruck im Inneren der Abplattung

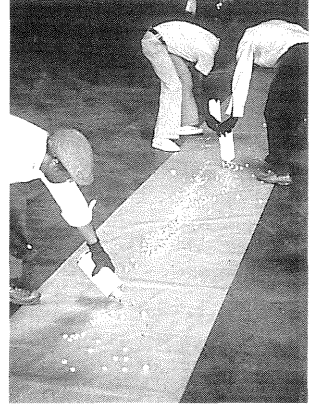
Verfügung, die vor Gebrauch möglichst bedarfsgerecht so miteinander verklebt werden sollten, daß keine undichten Nähte bleiben. Die Folien können anschließend an den Wänden gasdicht fixiert werden. Am Markt stehen Sprühkleber, Polyurethanschaum (Abbildung 21) sowie Silikonkautschuk zur Verfügung, um gasdichte Verschlüsse zwischen Folien und Wänden unterschiedlichsten Materials zu erzielen. Zur Untersuchung der Gasdichtigkeit wird im Institut für Vorratsschutz ein Versuchsgerät eingesetzt, bei dem die mechanische Festigkeit der Folie durch gleichzeitiges Verdrehen und Stauchen eines Probestückes nachgewiesen wird. Vor und nach dem Knittervorgang wird die Gasdurchlässigkeit durch Einspannen des Probestücks zwischen zwei Exsikkatoren untersucht, wobei Gas einer bestimmten Konzentration im unteren Exsikkator freigesetzt und im oberen auf dieses Gas geprüft wird.

Eine Untersuchung der Gasdichtigkeit abgeplanter Vorräte läßt sich leicht dadurch erzielen, daß unter der Plane geringfügiger Überdruck erzeugt wird. Die eingeschlossene Luft versucht, durch Undichtigkeiten zu entweichen, die sich unter Verwendung einer Seifenlösung leicht lokalisieren lassen, falls sie leicht zugänglich sind (Abbildung 23). Zur Überprüfung und Einstellung des leichten Überdrucks lassen sich Schrägrohr-Manometer

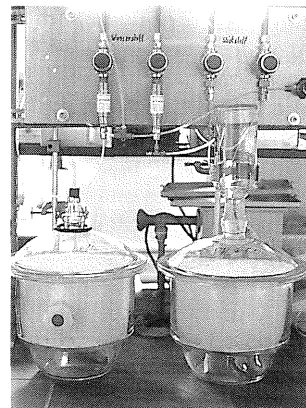


**Abbildung 25:**  
Tabakbegasung mit  $\text{PH}_3$  aus Beutelrollen

(Abbildung 21) oder auch elektronische Manometer einsetzen. Auch dichtgepreßte Produkte wie Tabak lassen sich erfolgreich mit Phosphorwasserstoff durchgreifend entwesen. Die Beutel werden dabei außen an die zu behandelnden Produkte gehängt oder Tabletten (Abbildung 24) oder Beutelrollen



**Abbildung 24:**  
Tabakbegasung mit  $\text{PH}_3$  aus Tabletten



**Abbildung 26:**  
Bestimmung der  $\text{PH}_3$ -Durchlässigkeit von Mehl im Exsikkator

(Abbildung 25) werden in den Lägern ausgelegt. Die ausgegasten Tabletten sind weitgehend zu Aluminiumhydroxid-Staub zerfallen und werden zusammen mit dem ausgelegten Papier nach der Begasung eingesammelt.

Für die Behandlung mehlförmiger Güter ist Phosphorwasserstoff nur bedingt geeignet, da er von der sehr großen Oberfläche der kleinen Partikel weitgehend sorbiert wird. Mehlgefüllte Silozellen lassen sich deshalb nur schwierig mit Phosphin begasen, wohingegen Mehl in Papiersäcken in ausreichender Zeit durchdrungen wird. Dieses ließ sich im Exsikkatorversuch nachweisen (Abbildung 26).

Bei Begasungen von Gebäuden und Gebäudekomplexen ist es für die Wirksamkeit und auch zur Vermeidung unerwünschter Emissionen erforderlich, alle undichten Stellen wie z. B. Kabeldurchführungen und Schächte, durch die Rohre gelegt wurden, vor der Begasung aufzuspüren und abzudichten (Abbildung 27). Früher war man bei dieser Suche auf die Ortskenntnis des betreffenden Silomeisters oder Obermüllers angewiesen. Heute lassen sich solche Undichtigkeiten während der Durchführung des Drucktestes für die Begasungsfähigkeit entdecken. Dabei wird ständig leichter Unter- oder Überdruck im Gebäude aufgebaut. Geht man nun durch so ein unter Druckdifferenz stehendes Gebäude, lassen sich Luftströmungen sehr empfindlich nachweisen, zum einen über die Wahrnehmung durch die Haare auf der Haut der Hände oder auch durch Einsatz von Prüfröhrchen, mit denen Dämpfe erzeugt werden können. Beim Durchlaufen der betroffenen Gebäudetrakte führt das verstärkte Strömen der Luft durch die Undichtigkeiten zu deutlichen Temperaturunterschieden, die sich ebenfalls gut wahrnehmen lassen, woraufhin gezielte Nachdichtung erfolgen kann. Bei der hermetischen Abdichtung, insbesondere größerer Gebäude muß dafür gesorgt werden, daß Druckdifferenzen zwischen dem Gebäudeinneren und der Umgebung zügig ausgeglichen werden, damit es nicht zu Zerstörungen an der Bausubstanz kommt. Die Druckdifferenzen treten z. B. durch unterschiedlich starke Sonneneinstrahlung auf. Hierfür sind spezielle Druckentlastungsventile entwickelt worden, die den Bau vor Zerstörungen schützen.

Bei Langzeitversuchen mit vorratsschädlichen Käfern und ihrer Brut in 2 Liter-Versuchsgefäßen mit Getreide (Abbildung 28) wurde in Australien am dortigen Vorratsschutzinstitut in Canberra der Zeitraum bestimmt, in dem Phosphorwasserstoff-Konzentrationen von weniger als 100 ppm zu vollständiger Abtötung führten.



Abbildung 27:  
Undichtigkeiten im Kellerbereich eines Lagers

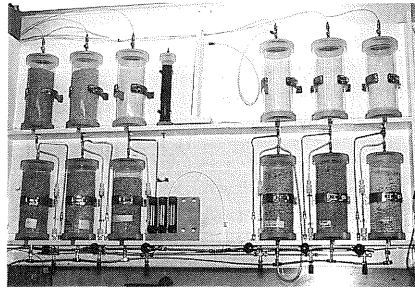
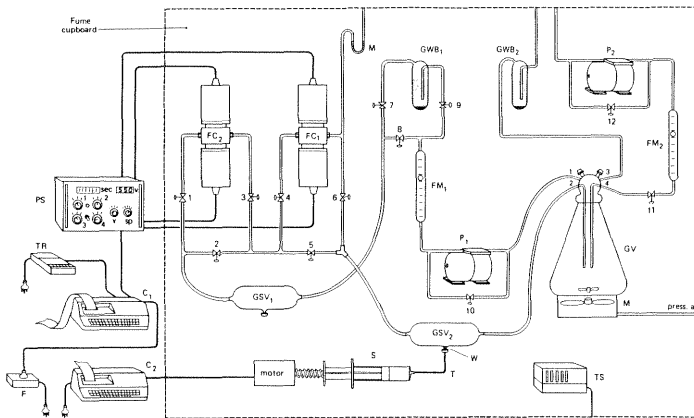


Abbildung 28:  
Versuchsgefäße zur Ermittlung der Widerstandsfähigkeit von Rüsselkäferpopulationen gegenüber der Einwirkung niedriger  $\text{PH}_3$ -Konzentrationen (Stored Grain Research Laboratory der CSIRO in Australien)

Phosphorwasserstoff in geringer Konzentration wurde ständig durch die Versuchsgefäße befördert. Als Kriterium für das Absterben der Schädlingspopulation in den Versuchsgefäßen wurde der nachlassende  $\text{CO}_2$ -Gehalt in dem aus den Gefäßen strömenden Gas herangezogen. Die Ergebnisse dienen zur Entwicklung eines neuartigen Begasungsverfahrens, bei dem ständig Gas geringer Konzentration von unten her in Silozellen eingeblasen wird, das letztendlich an der Oberfläche des Getreides wieder austritt. Geringfügige Gasverluste treten auch durch die Seitenwände der Silozellen auf. Diese Technik dient insbesondere zur Behandlung der typischen australischen freistehenden Silozellen, die sich am oberen Ende sehr schwer abdichten lassen. Die Gesamtmenge des erforderlichen Phosphorwasserstoffs für eine vollständige Bekämpfung ist relativ gering. Dennoch kann man sich schwer mit dem Gedanken anfreunden, daß bewußt ständige Emissionen auftreten. Das Verfahren ist unter dem Namen SIROFLO geschützt. Der Vorteil besteht auch darin, daß überall im Getreide ein leichter Überdruck erzeugt wird, so daß keine geschützten Bereiche auftreten, in denen die Tiere wegen unzureichender Gaskonzentration überleben.

Eigene Begasungsversuche mit Phosphorwasserstoff und Kornkäfern führten zu dem Ergebnis, daß niedrige konstante Konzentrationen von Phosphorwasserstoff eine wesentlich stärkere Wirkung entfalten als zeitweilig auftretende hohe Konzentrationen (REICHMUTH, 1985, [636]). Zur Unterstützung dieser Hypothese wurden anlässlich eines Aufenthaltes am australischen Forschungsinstitut Begasungsversuche mit radioaktiv markiertem Phosphorwasserstoff durchgeführt. Dabei befanden sich die zu begasenden Insekten zwischen zwei GEIGER-Zählrohren, welche die Zunahme der Radioaktivität durch die Insekten im Verhältnis zu einer Meßzelle registrierten, durch die lediglich markierter Phosphorwasserstoff strömte.



Die Anordnung (Abbildung 29) war so gewählt, daß einerseits konstante Temperatur eingestellt werden konnte, andererseits die Feuchte im Gas geregelt werden konnte, durch einen Mikroprozessor gesteuerten Dosiermechanismus sowie gezielte Undichtigkeit war die Simulation praxisgerecht anfänglich zunehmender und anschließend abnehmender

Abbildung 29:

Geräteanordnung zur Bestimmung der Phosphorwasserstoffaufnahme ( $^{32}\text{PH}_3$ ) von Insekten bei konstanten oder variierenden Begasungskonzentrationen bei  $25^\circ\text{C}$

Gaskonzentrationen möglich. Gewöhnlich wurden 10 Tiere exponiert und vermessen, aber auch einzelne Käfer konnten bezüglich ihrer Aufnahme an Phosphorwasserstoff vermessen werden.

Erklärung zu Abbildung 29:

**Begasungskammern** FC1 und FC2; FC1 enthält während der Begasung die Insekten; **Stromversorgung** (PS) und **Zähleinrichtung** (Computer C1) für die GEIGER-ZÄHLROHRE; Die Spannung an den GEIGER-Zählrohren (550 V) kann mit dem **Schalter** V für die vier Rohre 1, 2, 3 und 4 eingestellt werden; die Versuchszeit wird in Sekunden erfaßt; **Pumpe** P1 wälzt das Gas um; ein **Durchflußmesser** FM1 befindet sich an der **Schlauchklemme** 10; wo der Durchfluß eingestellt wird, das Gas wird in der **Gaswaschflasche** GWB1 befeuchtet; die **Gaskonzentration** wird im **Gassammelgefäß** GSV1 nach Entnahme mit gasdichter Spritze durch das gasdichte Septum in diesem Gefäß bestimmt; die Einstellungen der **Schlauchklemmen** 1 bis 6 legen den Weg des Gases fest; das **Speptum** des **Gassammelgefäßes** GSV2 kann benutzt werden, um Gas langsam mit einer **Spritze** S und durch **Schlauch** T einzudosieren; der Stempel der Spritze wird von einem Motor betrieben, dessen Vortrieb entsprechend der Freisetzung des Gases aus Präparaten mit **Computer** C2 programmiert werden kann; das Gas im **Gasmischgefäß** GV mit zwei Septen zur Einspritzung und Entnahme von Gas wird mit einem **Magnetrührer** M vermischt.

Zur **Simulation** von **Gasverlusten** durch undichte Stellen kann die **Öffnung** 3 und 4 von GV verwendet werden, wobei **Pumpe** P2 ständig Gas absaugt, das durch Frischluft wieder ersetzt wird, die bei GWB2 befeuchtet wird.

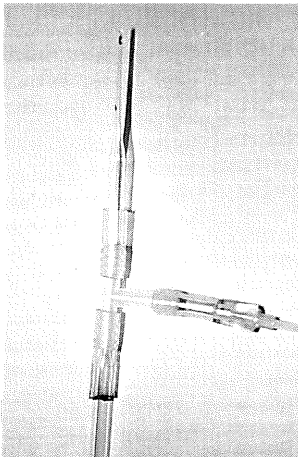
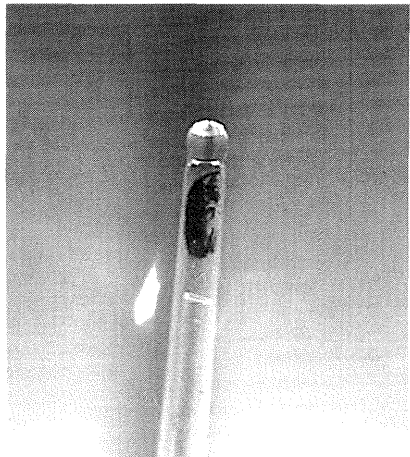


Abbildung 30  
(links):  
gläserne Begasungsapparatur für einen einzelnen Kornkäfer

Abbildung 31  
(rechts oben):  
Spitze der Einzelbegasungsapparatur (Abbildung 30) mit einem Kornkäfer



Abbildungen 30, 31 und 32 zeigen die Versuchsanordnung für die Einzeltiermessung mit den beiden GEIGER-Zählrohren. Um die Aufnahme an radioaktivem Phosphin, die letztlich nur zur Messung des radioaktiv markierten  $^{32}\text{P}$  führte, mit dem Gehalt an aufgenommenem Phosphin zu vergleichen, wurde eine Spezialmethode entwickelt, um Phosphorwasserstoff aus begasten Insekten zu desorbieren (Abbildung 33). Dabei wird eine Anzahl phosphinbegaster Insekten mit konzentrierter Kalilauge gekocht, um das Chitin zu zerstören und den in den Insekten sorbierten Phosphorwasserstoff auszutreiben.

Die Volumenausdehnung wird durch einen beweglichen Spritzenkolben ausgelichen.

Die Abbildung 34 zeigt die Aufnahme an Phosphorwasserstoff während der Begasung von Kornkäfern bei zunehmender Phosphorwasserstoff-Konzentration (Abbildung 35). Die Untersuchungen führten zu der deutlichen Erkenntnis, daß Phosphorwasserstoff von resistenten Tieren zu einem sehr viel geringeren Maße aufgenommen werden als von normalempfindlichen Insekten. Dies ist auch von BOND (1980 [419]) und PRICE (1981 [602], 1984 [604], 1988 [601]) erwähnt worden. Weiterhin konnte erstmalig festgestellt werden, daß resistente Tiere gegenüber normal-empfindlichen Tieren im Gas wesentlich länger aktiv bleiben (REICHMUTH 1990 [76] und 1991 [288]). Auf der Grundlage dieser Tatsache wurde inzwischen ein Schnelltest zur Bestimmung einer Phosphinresistenz bei vorrutschädlichen Insekten entwickelt (REICHMUTH 1991 [629]), der ins-

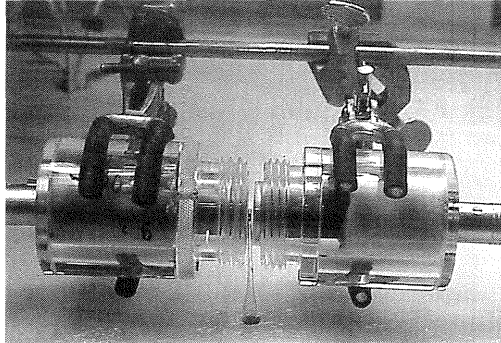


Abbildung 32:  
Kornkäfer zwischen zwei GEIGER-Zählrohren

besondere bei zu untersuchenden Importen

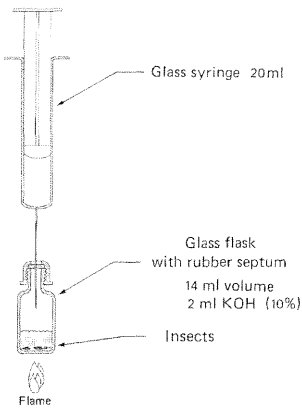


Abbildung 33 (links):  
PH<sub>3</sub>-Desorptionsapparatur für Insekten

und Exporten in Häfen, wo Verweilzeit von Ware teuer ist, preisgünstig eingesetzt werden kann.

In Abbildung 34 ist dargestellt, wie Mortalität und Immobilisierung (Narkose) bei langsam ansteigenden Konzentrationen voneinander abhängen. Nach einer Einwirkzeit von etwa 2,5 Stunden sind gleichermaßen etwa 50% der

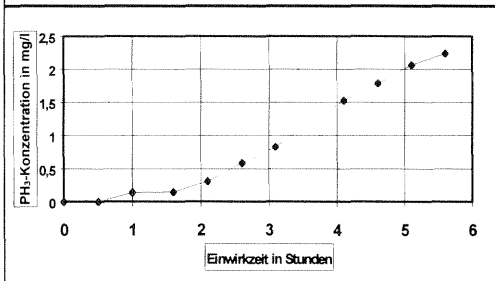
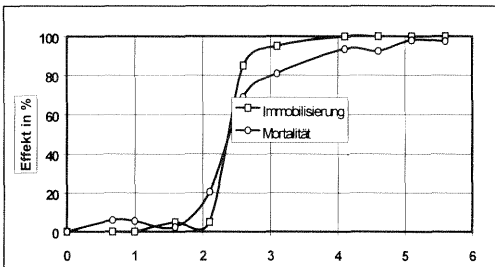


Abbildung 34 (oben) und 35 (unten):  
Abtötung und Narkotisierung adulter Kornkäfer durch Begasung bei langsam ansteigender PH<sub>3</sub>-Konzentration



Tiere leblos und tödlich vergiftet. Bei weiterer Einwirkung nimmt auf 100 % nach vier Stunden zu, die Abtötung erfordert aber noch weitere Einwirkzeit und ist nach

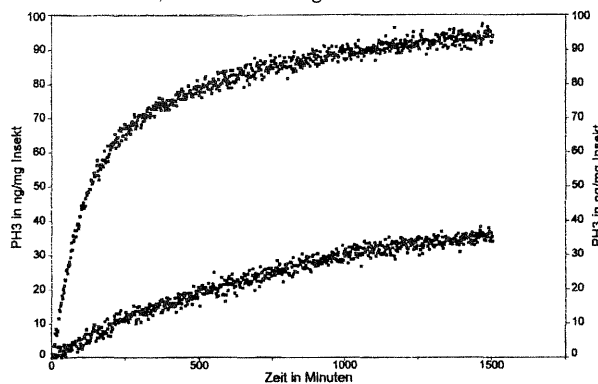


Abbildung 36:

$\text{PH}_3$ -Aufnahme resistenter (untere Linie) und nicht-resistenter (obere Linie) Reismehlkäfer bei einer Begasung mit 1 mg/l bei 20 °C

6 Stunden noch nicht vollständig erreicht. Im vorliegenden Beispiel nimmt die Gaskonzentration stark zu bis auf über 2 mg/l (ca. 1500 ppm-vol.  $\text{PH}_3$ ) nach 6 Stunden. Die Narkose bzw. Immobilisierung geht der tödlichen Vergiftung gewöhnlich deutlich voran.

Abbildung 36 zeigt die stark unterschiedliche Tendenz der Aufnahme von Phosphorwasserstoff bei resistenten Reismehlkäfern (untere Linie) im Verhältnis zu normalempfindlichen Tieren (obere Linie). Zusätzlich läßt

sich aus der Abbildung entnehmen, daß es bei normalempfindlichen Tieren wesentlich schneller zur Änderung der Steigung der Aufnahme rate kommt. Die deutliche Veränderung der Steigung dieser Kurven läßt sich ohne Schwierigkeiten dem Absterben der Tiere bzw. der Mortalität zuordnen. Auch resistente Tiere lassen sich mit Phosphorwasserstoff abtöten. Die Einwirkzeit muß wesentlich länger angesetzt werden, und interessanterweise scheint die insgesamt erforderliche inkorporierte Phosphorwasserstoffmenge zur Abtötung der resistenten Tiere geringer zu sein als für die normalempfindlichen Tiere.

Um den Umgang mit Phosphorwasserstoff-Präparaten für die Anwender zu erleichtern, hat die Industrie modifizierte Präparate und Begasungsarten entwickelt. Aus neuartigen Beuteln wird Phosphorwasserstoff erst nach Verzögerung von mehr als 20 Minuten freisetzt. Mit diesen TYVEK-Beuteln kann gewährleistet werden, daß Anwender beim Auslegen der Präparate bei Begasungsbeginn nicht in Gefahr sind, den Wirkstoff selbst einzusatmen, da die Ausgasung erst nach einer Zeit einsetzt, die ausreichend ist, um den Verteilungsvorgang abzuschließen.

Andere Firmen dichten die zu begasende Ware mit gasdichter Folie gut ab und führen anschließend die Präparate durch Schlitze in die Ware, die anschließend wieder gasdicht verklebt werden. Auch auf diese Weise werden die Arbeiter dem Gas nicht mehr ausgesetzt.

REICHMUTH konnte bereits 1985 [636] auf Anregung von WOHLGEMUTH nachweisen, daß Einwirkung geringer aber bei konstanten Konzentrationen eingesetzter Gasmengen die gleiche abtötende Wirkung wie die üblicherweise in der Praxis einwirkenden, zunächst ansteigenden und dann wieder abfallenden Konzentrationen haben. Die insgesamt erforderliche Gasmenge ist bei der zweiten Variante wesentlich größer. Auf dieser Erkenntnis bauen neuere Verfahren wie SIROFLO/Australien (WINKS UND RYAN, 1990 [702]) mit Flaschengas und auch die sich langsam einbürgernde Verwendung eines neu entwickelten

Phosphorwasserstoffgenerators auf [Abbildung auf Seite 16 und Kurzbeschreibung in REICHMUTH 1997 [257] und REICHMUTH und HORN 1996 [756]. Fachliteratur zum Thema Phosphin im Vorratsschutz und zur Schädlingsbekämpfung ist im zweiten Teil des insgesamt durchnummerierten Literaturverzeichnisses aufgeführt (Tabelle 5, [387-710]).

#### Inerte Gase (Stickstoff und Kohlenstoffdioxid)

Insekten und Milben sowie alle Schadtiere benötigen Sauerstoff zum Atmen. Seit altersher bemüht sich der Mensch deshalb, seine Vorräte nach Möglichkeit so zu verschließen, daß miteingelagerte Schädlinge an Sauerstoffmangel zugrunde gehen. Die Amphoren der Griechen und Römer sind hierfür ein gutes Beispiel. Seit mehren Jahrzehnten wird im modernen Vorratsschutz versucht, diese Erkenntnis mit den neuen Abdichttechniken und -Materialien zu nutzen. Gegenüber den beschriebenen giftigen Gasen erfordern die sauerstoffarmen Atmosphären längere letale Einwirkzeiten und besonders gute Abdichtung. Der Übersicht halber sind einige wichtige Zitate zu dieser Technik angeführt ([711-749]), die darüberhinaus von Dr. Cornel Adler in seinem Beitrag in diesem Heft ausführlich beschrieben wird. Verbunden mit der Erhöhung der Behandlungstemperatur oder dem Behandlungsdruck bieten sauerstoffarme Atmosphären, die vor Ort auch aus der Umgebungsluft erzeugt werden können, erfolgversprechende Alternativtechniken für einige Anwendungsgebiete des Vorratsschutzes.

Literaturverzeichnis

- 1) Tabelle 3: Literatur über Brommethan Begasung zur Schädlingsbekämpfung bis 1994 aus den Datenbanken PHYTOMED, BIOSIS, AGRIS, AGRICOLA und CAB, Schlüsselwörter sind alphabetisch sortiert

No.	Zitat	Schlüsselwörter (englisch) in alphabetischer Reihenfolge
1	Golebiowska Z, 1969: Le problème des acariens dans les produits entreposés en magasin - [The problem of mites in stored products in warehouses]. EPPO Publ.; Ser D, 1-33.	acari
2	Burkholder WE, 1966: Toxicity of methyl bromide to <i>Acarus siro</i> , a cheese-infesting mite. J Econ Entomol.; 59, 1110-1112.	<i>Acarus siro</i>
3	Bond EJ; Buckland CT, 1976: Control of insects with fumigants at low temperatures: toxicity of mixtures of methyl bromide and acrylonitrile to three species of insects. J Econ Entomol.; 69, 725-727.	acrylonitrile
4	Forney CF; Aung LH; Brandl DG; Soderstrom EL; Moss JI, 1991: Reduction of adenosine triphosphate in eggs of fuller rose beetle (Coleoptera: Curculionidae) induced by lethal temperature and methyl bromide. J Econ Entomol.; 84, 198-201.	adenosine
5	Benschoter CA, 1979: Fumigation of grapefruit with methyl bromide for control of <i>Anastrepha suspensa</i> . J Econ Entomol.; 72, 401-402.	<i>Anastrepha suspensa</i>
6	Benschoter CA, 1982: Methyl bromide fumigation followed by cold storage as a treatment for <i>Anastrepha suspensa</i> (Diptera: Tephritidae) in grapefruit. J Econ Entomol.; 75, 860-862.	<i>Anastrepha suspensa</i>
7	Drake SR; Moffitt HR; Fellman JK; Sell CR, 1988: Apple quality as influenced by fumigation with methyl bromide. Journal of Food Science; 53, 1710-1712.	apples
8	Moffitt HR, 1971: Methyl bromide fumigation combined with storage for control of codling moth in apples. J Econ Entomol.; 64, 1258-1260.	apples
9	Morgan CVG; Gaunce AP; Jong C, 1974: Control of codling moth larvae in harvested apples by methyl bromide fumigation and cold storage. Can Entomol.; 106, 917-920.	apples
10	Morgan CVG; Gaunce AP; Madsen BJ, 1975: Control of the San José scale on harvested apples by methyl bromide fumigation and cold storage. Can Entomol.; 107, 367-368.	apples
11	Roberts RG; Reymond ST, 1989: Evaluation of post-harvest treatments for eradication of <i>Erwinia amylovora</i> from apple fruit. Crop Protect.; 8, 283-288.	apples
12	Sproul AN; O'Loughlin JB; Terauds A; Hardisty S, 1976: The use of diphenylamine to protect apples from methyl bromide injury. Austral J Agr Res.; 27, 541-545.	apples
13	Anonymus, 1988: Vorsichtsmaßnahmen bei der Anwendung von Methylbromid zur Schädlingsbekämpfung in Räumen, Fahrzeugen, Begasungsanlagen oder unter gasdichten Planen. - [Safety precautions for the use of methyl bromide to control pests in rooms, vessels, fumigationinstallations, or under gastight tarpaulins]. Merkblatt 22 der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Saphir Verlag, Ribbesbüttel, 26 p.	application
14	Puzzi D; et al, 1968: Estudos sobre a caao da temperatura na eficiencia dos fumigantes brometo de metil e fosfina, no expurgo do caruncho do cafe - <i>Araecerus fasciculatus</i> (DE GEER) - [Studies on the effect of temperature on the efficiency of the fumigants methyl bromide and phosphine for the extermination of the coffee weevil, <i>Araecerus fasciculatus</i> (DE GEER)]. Biologico (Sao Paulo): 34, 51-55.	<i>Araecerus fasciculatus</i>

REICHMUTH - Gase

15	Jessup AJ; Hood CW; Sloggett RF, 1993: The effects of hot water dipping methyl bromide with or without cold storage and gamma irradiation on egg hatch of <i>Asynonychus-cervinus</i> Boheman (Coleoptera: Curculionidae). J.Austr.Entomol.Soc., 32, 99-101.	<i>Asynonychus cervinus</i>
16	Soderstrom EL; Brandl DG; Hartsell; Mackey B, 1991: Fumigants as treatments for harvested citrus fruits infested with <i>Asynonychus godmani</i> (Coleoptera: Curculionidae). J.Econ Entomol., 84, 936-941.	<i>Asynonychus godmani</i>
17	Graham WM, 1970: Warehouse ecology studies of bagged maize in Kenya - IV. Reinfestation following fumigation with methyl bromide gas. J.Stored Prod.Res., 6, 177-180.	bagged maize
18	Fuchs G, 1984: Einsatz von Sperrschichtfolie zur Bekämpfung von tierischen Schädlingen und Pflanzenkrankheiten . - (The use of barrier-film to combat pests and plant diseases). Mededel.Fac.Landbouwwetenschap.Rijksuniv.Gent, 49, 385-388.	barrier-film
19	Bell CH, 1988: Minimum concentration levels of methyl bromide required for full efficacy against seven species of stored-product beetle at two temperatures. Pesticide Sci., 24, 97-109.	beetles
20	Roth H; Richardson HH, 1974: Broadbean weevil: methyl bromide fumigation of infested faba beans. J.Econ Entomol., 67, 799.	Broadbean weevil
21	Wainman HE; Chakrabarti B; Harris AH, 1974: Fumigation of grain in butyl rubber silos. Intern.Pest Control, 16, 5-9.	butyl rubber silos
22	Adu OO; Muthu M, 1985: The relative toxicity of seven fumigants to life cycle stages of <i>Callosobruchus chinensis</i> (L). Insect Sci.Appl., 6, 75-78.	<i>Callosobruchus chinensis</i>
23	Anonymus, 1968(1969): Disinfestation method and schedules for farm produce against the legume bruchid - <i>Callosobruchus chinensis</i> L.. EPPO Publ., Ser. A, 15.	<i>Callosobruchus chinensis</i>
24	El-Nahal AKM; Barakat AA; Hashem MY, 1986: Effect of sublethal concentration time products on the biology and fecundity of the cowpea weevil, <i>Callosobruchus maculatus</i> (F.) fumigated with methyl bromide. Bull Entomol Soc.Egypt Econ Ser., 14, 133-139.	<i>Callosobruchus maculatus</i>
25	Magalhaes Bastos JA, 1974: Controle do gorgulho do feijao-decorda, <i>Callosobruchus maculatus</i> (F.1792) (Col.: Bruchidae), com brometo de metila . - [Control of cowpea beetles, <i>Callosobruchus maculatus</i> (F. 1792) (Col.: Bruchidae), with methyl bromide]. Turrialba, 24, 230-232.	<i>Callosobruchus maculatus</i>
26	Mostafa SAS; Kamel AH; El-Nahal AKM; El-Borollosy FM, 1972: Toxicity of carbon bisulphide and methyl bromide to the eggs of four stored product insects. J.Stored Prod.Res., 8, 193-198.	carbon bisulphide
27	Bond EJ; Buckland CT, 1978: Control of insects with fumigants at low temperatures: toxicity of fumigants in atmospheres of carbon dioxide. J.Econ Entomol., 71, 307-309.	carbon dioxide
28	Calderon M; Carmi Y, 1972: Fumigation trials with a mixture of methyl bromide and carbon dioxide in vertical bins. J.Stored Prod.Res.,8, 315-321.	carbon dioxide
29	Calderon M; Leesch JG, 1983: Effect of reduced pressure and CO <sub>2</sub> on the toxicity of methyl bromide to two species of stored-product insects. J.Econ Entomol., 76, 1125-1128.	carbon dioxide
30	Carmi Y, 1973: Fumigation of vertical bins with a mixture of methyl bromide and carbon dioxide. Progress report for the year 1972- 1973 of the Stored Products Division, Institute for Technology and Storage of Agricultural Products, Tel Aviv, Israel, 4-5, 6-7, 51-57.	carbon dioxide
31	Navarro S; Donahaye E, 1987: Sensitization of two <i>Carpophilus spp.</i> exposed to methyl bromide alone, in a mixture with CO <sub>2</sub> , and at reduced pressure. Progress report for the year 1984-85 of the Stored Products Division, Institute for Technology and Storage of Agricultural Products, Tel Aviv, Israel, 39-47.	carbon dioxide

## REICHMUTH - Gase

32	Rajendran S, 1990: The toxicity of phosphine, methyl bromide, 1,1,1-trichloroethane and carbon dioxide alone and as mixtures to the pupae of red flour beetle, <i>Tribolium castaneum</i> Herbst. Pesticide Sci.; 29, 75-83.	carbon dioxide
33	Rajendran S; Muthu M, 1989: The toxic action of phosphine in combination with some alkyl halide fumigants and carbon dioxide against the eggs of <i>Tribolium castaneum</i> Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae). J.Stored Prod.Res.; 25, 225-230.	carbon dioxide
34	Taskeen AliNiazee M; Lindgren DL, 1969: Effect of carbon dioxide on toxicity of hydrocyanic acid and methyl bromide to adults of the confused flour beetle and granary weevil at two different temperatures. J.Econ.Entomol.; 62, 904-906.	carbon dioxide
35	Viljoen JH; Coetzer JJ; Vermaak CJ, 1981: Fumigation trials with a mixture of methyl bromide and carbon dioxide in larger type silo bins. Phytophylactica; 13, 127-137.	carbon dioxide
36	Viljoen JH; Coetzer JJ; Vermaak CJ, 1984: Fumigation trials with a mixture of methyl bromide and carbon dioxide in larger type silo bins. In: Ripp, B.E. (ed.), Developments in Agricultural Engineering. Controlled Atmosphere and Fumigation in Grain Storages. Elsevier, Amsterdam, Netherlands; 5, 395-417.	carbon dioxide
37	Williams P; Minett W; Savage P; Wilson AD; Buchanan SA; Guiffre V, 1984: Commercial potential of methyl bromide and carbon dioxide mixtures for disinfecting grain. In: Ripp, B.E. (ed.), Developments in Agricultural Engineering. Controlled Atmosphere and Fumigation in Grain Storages. Elsevier, Amsterdam, Netherlands; 5, 55-65.	carbon dioxide
38	Girish GK, 1965: Methyl bromide and 3/1 ED/CT mixture as grain fumigants. Bull.Grain Technol.; 3, 97-104.	carbon tetrachloride
39	Ramchandani NP; Muthaiyan MC; Renjhen PL, 1971: A note on fumigation of cardamom. Plant Protect Bull. (New Delhi) 23, 15-16.	cardamom
40	Benschoter CA, 1988: Methyl bromide fumigation and cold storage as treatments for California stone fruits and pears infested with the Caribbean fruit fly (Diptera: Tephritidae). J.Econ.Entomol.; 81, 1665-1667.	Caribbean fruit fly
41	Navarro S; Donahaye E, 1987: Sensitization of two <i>Carpophilus</i> spp. exposed to methyl bromide alone, in a mixture with CO <sub>2</sub> , and at reduced pressure. Progress report for the year 1984-85 of the Stored Products Division, Institute for Technology and Storage of Agricultural Products, Tel Aviv, Israel, 39-47.	<i>Carpophilus</i>
42	Gandhale DN; Awate BG; Pokharkar RN, 1987: Chemical control of grapevine stem borer <i>Celosterna scabrator</i> F. (Lamiidae: Coleoptera) in Maharashtra. Entomon; 8, 307-308.	<i>Celosterna scabrator</i>
43	Akiyama H, 1984: Plant quarantine and fumigation of imported cereals in Japan. In: Ripp, B.E. (ed.), Developments in Agricultural Engineering. Controlled Atmosphere and Fumigation in Grain Storages. Elsevier, Amsterdam, Netherlands; 5, 31-45.	cereals
44	Ozeren HM, 1982: Les pertes enregistrées après récolte, en Turquie, pour les produits: figues, noisettes, tabac, légumineuses et céréales dans les différentes conditions d'entreposage et mesures prises - [Post harvest losses of figs, nuts, tobacco, legumes and cereals in Turkey under different storage conditions and control measures]. Cah.Rech.Agron.; 39, 131-141.	cereals
45	Gai T; Eke I; Seregelyes B; Peczoeli I, 1976: A szelidgesztenye-termes gazositasa. - [Fumigation treatment of chestnut fruits]. Noevenyvedelem; 12, 407-412.	chestnuts
46	Jae-Kyu Hah; Cheon-Koo Lee; Ki-Yull Yu, 1982: Study on fumigation method of harvested produced in Korea. Korean J.Plant Protect.: 21, 133-137.	chestnuts

## REICHMUTH - Gase

47	Carmi Y, 1973: Fumigation of Chinese cabbage. Progress report for the year 1972- 1973 of the Stored Products Division, Institute for Technology and Storage of Agricultural Products, Tel Aviv, Israel, 8-10, 6-7.	Chinese cabbage
48	Soderstrom EL; Brandl DG; Hartsell; Mackey B, 1991: Fumigants as treatments for harvested citrus fruits infested with <i>Asynonychus godmani</i> (Coleoptera: Curculionidae). J.Econ.Entomol.; 84, 936-941.	citrus
49	Ayeni FO; Onyuike P, 1977: Studies on the fumigation of cocoa. Ann.Rept Nigerian Stored Prod.Res.Inst. 11, 23-25.	cocoa
50	Morgan CVG; Gaunce AP; Madsen BJ, 1975: Control of the San José scale on harvested apples by methyl bromide fumigation and cold storage. Can.Entomol.; 107, 367-368.	cold storage
51	Mortimer EA; Powell DF, 1984: Development of a combined cold storage and methyl bromide fumigation treatment to control the American serpentine leaf miner <i>Liriomyza trifolii</i> (Diptera: Agromyzidae) in imported chrysanthemum cuttings. Ann.Appl.Biol.; 105, 443-454.	cold storage
52	Powell DF, 1979: Combining methyl bromide fumigation with cold storage to eradicate <i>Spodoptera littoralis</i> on chrysanthemum cuttings. Plant Pathol.; 28, 178-180.	cold storage
53	Powell DF; Gostick KG, 1971: Control of <i>Spodoptera littoralis</i> (Boisd.), <i>Myzus persicae</i> (Sulz.) and <i>Tetranychus urticae</i> (Koch) by cold storage and fumigation. Bull.Entomol.Res.; 61, 235-240.	cold storage
54	Hatton TT, 1987: Reducing susceptibility of horticultural commodities to chilling injury during cold treatment. In: Donahaye E; Navarro S, eds., Proceedings of the 4th International Working Conference on Stored-Product Protection, Tel Aviv, Israel, September 1986, 559-565.	cold treatment
55	Hole BD, 1981: Variation in tolerance of seven species of stored product Coleoptera to methyl bromide and phosphine in strains from twenty-nine countries. Bull.Entomol.Res.; 71, 299-306.	coleoptera
56	Bond EJ, 1985: Fumigation of raw and processed commodities In: Baur FJ, ed., Insect Management for Food Storage and Processing. St. Paul (USA); American Association of Cereal Chemists; 143-160.	commodities, raw and processed
57	Heseltine HK, 1961: The use of thermal conductivity meters in fumigation research and control. H.M.S.O. London, Pest.Infest.Res. Bull.; No.2, 12 p.	concentration
58	Wohlgemuth R, 1971: Methoden zur Konzentrationsbestimmung von Methylbromid im Vorratsschutz - [Methods to determine concentrations of methyl bromide in stored product protection]. Mitteilungen der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft; 142, 33 p.	concentration
59	Zakladnoi GA; Myl'nikova IA, 1977: The influence of temperature and grain moisture on the concentration of methyl bromide in the area between grains. (in Russian). Trudy, Vsesoyuznyi Nauchno-issledovatel'skii Institut Zerna i Productov ego Pererabotki; 86, 50-56.	concentration
60	Powell DF, 1985: A simple multiport valve and sampling technique for use in determining fumigant gas concentrations inside small enclosures. EPPO Bull.; 15, 65-69.	concentration determinaton
61	Bell CH, 1987: The response of insects to fumigant concentration gradients. In: Donahaye E; Navarro S, eds., Proceedings of the 4th International Working Conference on Stored-Product Protection, Tel Aviv, Israel, September 1986, 316-326.	concentration gradients
62	Wiseman JR, 1984: A methyl bromide monitor In: Ripp, B.E. (ed.). Developments in Agricultural Engineering. Controlled Atmosphere and Fumigation in Grain Storages. Elsevier, Amsterdam, Netherlands; 5, 739-749.	concentration monitor

REICHMUTH - Gase

63	Smith KG, 1974: Containerisation of cargo and its effects on the control of stored products insect pests in international trade. <i>Trop.Stored Prod.Inform.</i> ; 27, 31-36.	container
64	Kawamoto N; Tateya A; Hoshino Y, 1973: Comparison between the two methods of dry container fumigation with methyl bromide. <i>Res.Bull.Plant Protect.Serv.Japan</i> ; 11, 15-19.	container fumigation
65	Hodges RJ, 1979: A review of the biology and control of the rice moth <i>Corcyra cephalonica</i> Stainton (Lepidoptera: Galleriinae). <i>Rept.Trop. Prod.Inst.</i> ; 125, 1-26.	<i>Corcyra cephalonica</i>
66	Strong RG; Lindgren DL, 1961: Effect of methyl bromide and hydrocyanic acid fumigation on the germination of corn seed. <i>J.Econ.Entomol.</i> ; 54, 764-770.	corn seed
67	Love G, 1984: Cost comparison of different insect control measures. In: Ripp, B.E. (ed.). <i>Developments in Agricultural Engineering. Controlled Atmosphere and Fumigation in Grain Storages.</i> Elsevier, Amsterdam, Netherlands; 5, 481-487.	cost
68	Hall R, 1986: Fumigation costs to rise. <i>Pest Control</i> ; 54, 30-35.	costs
69	Foster RE; Sherrod DW; Eastman CE; Randell R, 1979: Treatment of horseradish propagative stocks for control of the imported crucifer weevil. <i>J.Econ.Entomol.</i> ; 72, 555-556.	crucifer weevil
70	Lefkovitch LP, 1965: Differences between six species of <i>Cryptolestes</i> (Coleoptera, Cucujidae) in susceptibility to methyl bromide vapour. <i>Bull.Entomol.Res.</i> ; 56, 197-200.	<i>Cryptolestes</i>
71	Baker PS, 1967: Susceptibility of eggs and young adults of <i>Cryptolestes ferrugineus</i> and <i>C. turcicus</i> to methyl bromide. <i>J.Econ.Entomol.</i> ; 60, 1434-1436.	<i>Cryptolestes ferrugineus</i>
72	Baker PS, 1967 b: Susceptibility of eggs and young adults of <i>Cryptolestes ferrugineus</i> and <i>C. turcicus</i> to methyl bromide. <i>J.Econ. Entomol.</i> ; 60, 1434-1436.	<i>Cryptolestes turcicus</i>
73	Haber F, 1924: Fünf Vorträge aus den Jahren 1920-1923. No. 5: Zur Geschichte des Gaskrieges - [Five lectures from the years 1920-1923; No.5: The History of the Gas War]. Verlag von Julius Springer, 76-92.	ct-product
74	Peters G; Ganter W, 1935: Zur Frage der Abtötung des Kornkäfers mit Blausäure - [Controlling the granary weevil with hydrocyanic acid.]. <i>Z ang Entomol.</i> ; 21, 547-559.	ct-product
75	Reichmuth C, 1986: The significance of changing concentrations in toxicity of phosphine. In: <i>Proceedings of the GASGA Seminar on Fumigation Technology in Developing Countries.</i> Slough, U.K. Overseas Development and Administration, Tropical Development and Research Institute, 88-98.	ct-product
76	Reichmuth C, 1990: Toxic gas treatment responses of insect pests of stored products and impact on the environment. In: Champ BR; Highley E; Banks HJ, eds., <i>Fumigation and Controlled Atmosphere Storage of Grain, Proceedings of an International Conference, Singapore, September 1990; ACIAR Proceedings No. 25, 56-69.</i>	ct-product
77	Reichmuth C, 1991: New techniques in fumigation research today. In: Fleurat-Lessard F. and Ducom P., eds., <i>Proceedings of the 5th International Working Conference on Stored.-Product Protection, Bordeaux, France, September 1990; 2, 709-725.</i>	ct-product
78	Unger W; Reichmuth C; Unger A; Detmers H-B, 1992: Zur Bekämpfung des echten Hausschwamms [ <i>Serpula lacrymans</i> (Wulf.: Fr.) Schroet.] in Kulturgütern mit Brommethan - [Control of <i>Serpula lacrymans</i> (Wulf.: Fr.) Schroet. in artefacts with methyl bromide]. <i>Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung</i> ; 6, 244-259.	ct-product
79	Winks RG, 1982: The toxicity of phosphine to adults of <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst): Time as a response factor. <i>J.Stored Prod Res.</i> ; 18, 159-169.	ct-product

## REICHMUTH - Gase

80	Winks RG, 1984. The toxicity of phosphine to adults of <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst): Time as a dosage factor. J.Stored Prod.Res.; 20, 45-56	ct-product
81	Winks RG, 1986: The biological efficacy of fumigants: time/dose response phenomena. In: Champ BR; Highley E, eds., Pesticides and Humid Tropical Grain Storage Systems, Proceedings of an International Seminar, Manila, Philippines, May 1985; ACIAR Proceedings No. 14, 211-221.	ct-product
82	Bell CH, 1988: Minimum concentration levels of methyl bromide required for full efficacy against seven species of stored-product beetle at two temperatures. Pesticide Sci.; 24, 97-109.	ct-products
83	Bond EJ, 1984 (Reprinted 1989): Manual of Fumigation for Insect Control. FAO Plant Protection Paper, Rome; No. 54, 432 p.	ct-products
84	Roche R; Ganem F; Reinecke D, 1977: Bekämpfung von Vorratsschädlingen in kubanischen Reislagern - [Control of stored product pests in rice warehouses in Cuba]. J.Pflanzensch. Schädlingsbekämpfungsmittel DDR; 1, 33-34.	Cuba
85	Wit AKH, 1986: Post harvest control of insects and mites. Third International Symposium on Post-Harvest Physiology of Ornamentals. Acta Horticulturae (Netherlands); 181, 482.	cutflowers
86	Wit AKH; Vrie M van de, 1985: Fumigation of insects and mites in cutflowers for post harvest control. Mededel.Fac. Landbouwwetenschap. Rijksuniv.Gent; 50, 705-712.	cutflowers
87	Anthon EW; Moffitt HR; Couey HM; Smith LO, 1975: Control of codling moth in harvested sweet cherries with methyl bromide and effects upon quality and taste of treated fruit. J.Econ.Entomol.; 68, 524-526.	<i>Cydia pomonella</i>
88	Anthon EW; Moffitt HR; Smith LO, 1977: Codling moth: dosage response of larvae in cherries to methyl bromide fumigation. J.Econ.Entomol.; 70, 381-382.	<i>Cydia pomonella</i>
89	Cheatham T, 1990: Pathological alterations in embryos of the codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) induced by methyl bromide. Ann.Entomol.Soc.Am.; 83, 59-67.	<i>Cydia pomonella</i>
90	Hartsell PL; Vail PV; Tebbets JS; Nelson HD, 1991: Methyl bromide quarantine treatment for codling moth (Lepidoptera: Tortricidae). J.Econ.Entomol.; 84, 1289-1293.	<i>Cydia pomonella</i>
91	Moffitt HR, 1971: Methyl bromide fumigation combined with storage for control of codling moth in apples. J.Econ.Entomol.; 64, 1258-1260.	<i>Cydia pomonella</i>
92	Morgan CVG; Gaunce AP; Jong C, 1974: Control of codling moth larvae in harvested apples by methyl bromide fumigation and cold storage. Can.Entomol.; 106, 917-920.	<i>Cydia pomonella</i>
93	Peggie ID, 1982: Codling moth disinfestation of pome fruit. Intern.Hort.Congr. (Hamburg); 21, 1799.	<i>Cydia pomonella</i>
94	Tebbetts JS; Vail PV; Hartsell PL; Nelson HD, 1986: Dose-response of codling moth <i>Cydia-pomonella</i> (Lepidoptera: Tortricidae) eggs and nondiapausing and diapausing larvae to fumigation with methyl bromide. J.Econ.Entomol.; 79, 1039-1043.	<i>Cydia pomonella</i>
95	Yokoyama VY; Miller GT; Dowell RV, 1991: Response of codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) to high temperature, a potential quarantine treatment for exported commodities. J.Econ.Entomol.; 84, 528-531.	<i>Cydia pomonella</i>
96	Yokoyama VY; Miller GT; Hartsell PL, 1987: Methyl bromide fumigation for quarantine control of codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) on nectarines. J.Econ.Entomol.; 80, 840-842.	<i>Cydia pomonella</i>
97	Yokoyama VY; Miller GT; Hartsell PL, 1988: Rearing, large-scale tests, and egg response to confirm efficacy of a methyl bromide quarantine treatment for codling moth (Lepidoptera:Tortricidae) on exported nectarines. J.Econ.Entomol.; 81, 1437-1442.	<i>Cydia pomonella</i>



## REICHMUTH - Gase

98	Yokoyama VY; Miller GT; Hartsell PL, 1990: A methyl bromide quarantine treatment to control codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) on nectarines packed in shipping containers for export to Japan and effect on fruit attributes. J.Econ. Entomol.; 83, 2335-2339.	<i>Cydia pomonella</i>
99	Yokoyama VY; Miller GT; Hartsell PL, 1990: Evaluation of a methyl bromide quarantine treatment to control codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) on nectarine cultivars proposed for export to Japan. J.Econ.Entomol.; 83, 466-471.	<i>Cydia pomonella</i>
100	Duviard J, 1974: La desinsectisation par le bromure de méthyle - [Desinsectisation with methyl bromide]. Oléagineux; 29, 319-322.	desinsectisation
101	Sato K, 1983: Movement of methyl bromide vapour through a concrete plate. Intern.Congr.Plant Protect.; 10, 569.	diffusion through concrete
102	Sproul AN; O'Loughlin JB; Terauds A; Hardisty S, 1976: The use of diphenylamine to protect apples from methyl bromide injury. Austral.J.Agr.Res.; 27, 541-545.	diphenylamine
103	Caubel G; Ducom P; Marre R, 1985: La fumigation au bromure de méthyle dirigée contre le nématode des tiges, <i>Ditylenchus dipsaci</i> , contenu dans des lots de semences et de bulbes -[Methyl bromide fumigation against <i>Ditylenchus dipsaci</i> in seed or bulb lots.] EPPO Bull.; 15, 17-22.	<i>Ditylenchus dipsaci</i>
104	Anonymus, 1982: Recommendations on fumigation standards. European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO); 2nd edition, 31 p.	dosage
105	Bliss CI, 1935: The calculation of the dosage-mortality curve. Annals appl.biol.; 22, 134-167.	dosage
106	Bond EJ, 1984 (Reprinted 1989): Manual of Fumigation for Insect Control. FAO, Plant Protection Paper, Rome; No. 54, 434 p.	dosage
107	Howe RW; Hole BD, 1967: Predicting the dosage of fumigant needed to eradicate insect pests from stored products. J.Appl.Ecol.; 337-351.	dosage
108	Peters G, 1936: Chemie und Toxikologie der Schädlingsbekämpfung. Sammlung chemischer und chemisch-technischer Vorträge - [Chemistry and Toxicology in Pest Control. Collection of chemical and chemical-technical lectures]. Verlag von Ferdinand Encke in Stuttgart, Neue Folge; 31, 1-120.	dosage
109	Peters G, 1942: Die hochwirksamen Gase und Dämpfe in der Schädlingsbekämpfung. I. Einführung und Allgemeiner Teil. Sammlung chemischer und chemisch-technischer Vorträge - [The high efficient Gases and Vapors in Pest Control. I. Introduction and General Part. Collection of chemical and chemical-technical lectures]. Neue Folge; 47a, 143 p.	dosage
110	Reichmuth Ch, 1990: Möglichkeiten der Schädlingsbekämpfung in der Müllerei - [Possibilities of pest control in flour mills]. Getreide, Mehl und Brot; 44, 367-371.	dosage
111	Anonymus, 1994: Pflanzenschutzmittel-Verzeichnis 1994, Teil 5, Vorratsschutz - [Plantprotection Manual 1994, Part 5, Stored Product Protection]. Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (ed.), Saphir Verlag, Ribbesbüttel, Germany 42. Aufl., ISSN 0178-0638, 54p.	dosages
112	Hussein F; Gouhar KA, 1973: Effect of fumigation with methyl bromide on fruit quality and insect infestation of dry dates. Bull.Entomol.Soc.Egypt Econ.Ser.; 107-112.	dried dates
113	Erakay S; Oezar AI, 1979: Ege Boelgesinde kuru incirlerde zararlı boceklerin bulasma oranlari ve savas yoentemleri uezerinde oen arastirmalar. - (Preliminary works on the infestation rates and the control measures of insects in dried figs in Aegean region). Bitki Koruma Buelteni; 19, 159-173.	dried figs

## REICHMUTH - Gase

114	Noack S; Reichmuth Ch, 1981: Bestimmung von Schwellenwerten für die Schädigung von tierischen und pflanzlichen Organismen durch Phosphorwasserstoff und Methylbromid; 1. Untersuchungen an <i>Drosophila melanogaster</i> - [Determination of limits for injuring animals and plants by phosphine or methyl bromide; 1. Studies on <i>Drosophila melanogaster</i> ]. Anzeiger für Schädlingkunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz; 54, 23-27.	<i>Drosophila melanogaster</i>
115	Prickett AJ; Muggleton J, 1991: Commercial grain stores 1988/89 in England and Wales. Pest incidence and storage practice - Part I and Part II. HGCA Project Report, 99 and 119.	England, Wales
116	Latif M; Tsvetkov D, 1987: Khimicheski sredstva za borba sos sukhoplodoviya molets ( <i>Ephestia (Cadra) cautella</i> Walk.) - [Studies on the efficacy of some insecticides for the control of dried fruit moth ( <i>Ephestia (Cadra) cautella</i> Walk.)]. Pochvozn.Agrokhim. Rast.Zasht.; 22, 75-82.	<i>Ephestia (Cadra) cautella</i>
117	Al-Hakkak ZS; Shukri NM; Murad AMB; Afaf F, 1982: Toxicological studies with a whole diet of phosphine-fumigated dry dates in the fig moth <i>Ephestia cautella</i> (Walker). Intern.Congr.Pesticide Chem.(IUPAC) (Kyoto), 5, 7-25.	<i>Ephestia cautella</i>
118	Bell CH, 1981: Effect of short exposures to a high concentration on the subsequent toxicity of low concentrations of methyl bromide to diapausing larvae of the warehouse moth, <i>Ephestia elutella</i> (Hübner). Pesticide Sci.; 12, 59-64.	<i>Ephestia elutella</i>
119	Cox PD; Bell CH; Pearson J; Beirne MA, 1984: The effect of diapause on the tolerance of larvae of <i>Ephestia kuehniella</i> to methyl bromide and phosphine. J.Stored Prod.Res.; 20, 215-219.	<i>Ephestia kuehniella</i>
120	Roberts RG; Reymond ST, 1989: Evaluation of post-harvest treatments for eradication of <i>Erwinia amylovora</i> from apple fruit. Crop Protect.; 8, 283-288.	<i>Erwinia amylovora</i>
121	Girish GK, 1965: Methyl bromide and 3/1 ED/CT mixture as grain fumigants. Bull.Grain Technol.; 3, 97-104.	ethylene dibromide
122	Richardson HH; Roth H, 1966: Methyl bromide, ethylene dibromide, and other fumigants for control of plum curculio in fruit. J.Econ.Entomol.; 59, 1149-1152.	ethylene dibromide
123	Rothert H, 1975: Die Bekämpfung von Vorratsschädlingen in Expellern nach dem Stand der Zulassung für Pflanzenschutzmittel am 1. Januar 1975 - [Control of insects infesting oilcakes according to the approval of pesticides on January 1, 1975]. Nachrichtenbl.Deut. Pflanzenschutzd.; 27, 7-9.	expeller
124	Wohlgemuth R; Drosihn J; El-Lakwah F, 1976: Versuche zur Begasung unter Quarantäne liegender geschütteter Expeller in Schuten gegen Khaprakäfer ( <i>Trogoderma granarium</i> Ev.) - [Tests for fumigation of bulk-loaded expeller in barges against Khapra-beetle ( <i>Trogoderma granarium</i> Ev.)]. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft; 173, 1-29.	expeller
125	Roth H; Richardson HH, 1974: Broadbean weevil: methyl bromide fumigation of infested faba beans. J.Econ.Entomol.; 67, 799.	faba beans
126	Moulden J, 1979: Fumigating a farm to control grain insects. J.Agr.Western Austral.; 20, 70-71.	farm
127	Tsvetkov D; Atanasov Kh, 1976: Opiti za ustanovyavane na nova tekhnologiya za dezinfektsiya na furazhni zavodi s metilbromid protiv skladowi nepriyateli . - [Experiments to develop a new technology for disinfestation of feed plants with methyl bromide against pests of stored products]. Rast.-Zashchitna Nauka, 3, 96-110.	feed

128	Richter K, 1990: Integrated pest control in mixed feed production and application in tropical countries. In: Fleurat-Lessard F. and Ducom P., eds., Proceedings of the 5th International Working Conference on Stored-Product Protection, Bordeaux, France, September 1990; 3, 1693-1701.	feed production
129	Ozeren HM, 1982: Les pertes enregistrées après récolte, en Turquie, pour les produits: figues, noisettes, tabac, légumineuses et céréales dans les différentes conditions d'entreposage et mesures prises - [Post harvest losses of figs, nuts, tobacco, legumes and cereals in Turkey under different storage conditions and control measures]. Cah.Rech.Agron.; 39, 131-141.	figs
130	Listov MV; Nesterov VA, 1980: ORIG: Ustoichivost' lichinok malykh khrushchakov (Coleoptera: Tenebrionidae) k brommetilu v svyazi s ikh zarazheniem mikrosporidiyami <i>Nosema whitei</i> Weiser, 1953 i koktsidiyami <i>Adelina tribolii</i> Bhatia, 1937 - [Resistance of flour beetles larvae (Coleoptera: Tenebrionidae) to methyl bromide with response to their infection with microsporidian <i>Nosema whitei</i> Weiser, 1953 and coccidian <i>Adelina tribolii</i> Bhatia, 1937]. Entomol.Obozr.; 59, 725-729 and 939.	flour beetles
131	Reichmuth Ch, 1979: Mühlenbegasung in England -[Fumigation of mills in Great Britain]. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes; 31, 72-73.	flour mills
132	Schmidt HU; Gräbner H, 1992: Aus der Vorratsschutz-Arbeit des Pflanzenschutzamtes Berlin. Tierische Schädlinge in Nahrungs- und Genußmitteln der Großlagerhaltung und Bekämpfungsmaßnahmen in den Jahren 1980-1986 -[Stored products protection activities of the Berlin Plant Protection Office. Animal pests in foodstuffs in warehouses and control measures in the years 1980-1986]. Anzeiger für Schädlingskunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz; 65, 110-113.	foodstuffs
133	Abe Y; Kawakami F, 1980: Studies on the fumigation of vegetable insect pests and fresh fruit and vegetables. Res.Bull.Plant Protect.Serv.-Japan; 16, 11-25.	fruits
134	Fischer H, 1967: Begasung von Frischobst und Baumschulmaterial mit Methylbromid und Blausäure zur Bekämpfung der San-José-Schildlaus ( <i>Quadraspidiotus perniciosus</i> Comst.) - [Fumigation of fresh fruits and plant tree material with methyl bromide and hydrocyanic acid to control San José scale ( <i>Quadraspidiotus perniciosus</i> Comst.)]. Arch.Pflanzensch.; 3, 213-239.	fruits
135	Richardson HH; Roth H, 1966: Methyl bromide, ethylene dibromide, and other fumigants for control of plum curculio in fruit. J.Econ.Entomol.; 59, 1149-1152.	fruits
136	Forney CF; Aung LH; Brandl DG; Soderstrom EL; Moss JI, 1991: Reduction of adenosine triphosphate in eggs of fuller rose beetle (Coleoptera: Curculionidae) induced by lethal temperature and methyl bromide. J.Econ.Entomol.; 84, 198-201.	fuller rose beetle
137	Thompson RH, 1966: A review of the properties and usage of methyl bromide as a fumigant. J.Stored Prod.Res.; 1 353-376.	fumigant
138	Adesuyi SA, 1979: The role of fumigants in food conservation with special reference to some African countries. Ann.Rept.Nigerian Stored Prod.Res.Inst.; 14, 87-99.	fumigants
139	Anonymus, 1974: Fumigation with methyl bromide under gas-proof sheets. 3rd ed., Slough, Bucks., Ministry of Agriculture, Fisheries, and Food, 64 p.	fumigation
140	Armstrong JW; Couey HM, 1989: Fruit disinfestation. Fumigation, heat, and cold. World Crop Pests; 3B, 411-424.	fumigation

## REICHMUTH - Gase

141	Erakay S; Oezar AI, 1978: Ege boelgesinde bazi ambar zararilarina karsi methyl bromide fumigasyonunun degisik kosullarda etkisi uezerinde arastirmalar - [Investigations on the effectiveness of methyl bromide fumigation on some pests of products under different conditions]. Bitki Koruma Buelteni; 18, 32-37.	fumigation
142	Ignatowicz S, 1981: Zmiany w magazynowanych produktach spozywczych po gazowaniu [Fumigation of stored products]. Ochr.-Rosl. (Warszawa); 25, 22-24.	fumigation
143	Le Goupil M, 1932: Les propriétés insecticides du bromure de méthyle. Rev.Pathol.vég.; 19, 167-172.	fumigation
144	Bell CH, 1978: Limiting concentrations for fumigation efficiency in the control of insect pests. In: Davis R, ed., Proceeding of the 2nd. International Working Conference on Stored-Product Entomology, Ibadan, Nigeria; Septeber 1978, 182-192.	fumigation efficiency
145	Monro HAU, 1969: Manual of Fumigation for Insect Control. 2nd ed., FAO Agricultural Studies, No. 79, FAO, Rome, 381 p.	fumigation manual
146	Cogburn RR; Gillenwater HB, 1972: Interaction of gamma radiation and fumigation on confused flour beetles. J.Econ.Entomol.; 65, 245-248.	gamma radiation
147	Banks HJ; Sharp AK, 1986: Influence of transport on gas loss from freight containers under fumigation. Part 2. Descriptive model. Pesticide Sci.; 17, 221-229.	gas loss
148	Banks HJ; Sharp AK; Irving AR, 1986: Influence of transport on gas loss from freight containers under fumigation. Part 1. Experimental investigation. Pesticide Sci.; 17, 207-220.	gas loss
149	Wainman HE; Chakrabarti B, 1973: Gas proofing mushroom houses and similar structures for treatment with methyl bromide. Intern.Pest Control; 15, 6-10.	gas proofing
150	Reichmuth Ch, 1993: Drucktest zur Bestimmung der Begasungsfähigkeit von Gebäuden, Kammern oder abgeplanten Gütern bei der Schädlingbekämpfung - [Pressure test to determine the suitability for fumigation as pest control measure of buildings, chambers, and stored products under gastight plastic]. Merkblatt 71 der Biologischen Bundesanstalt für Land und Forstwirtschaft, Saphir Verlag, Ribbesbüttel, Germany, 38 p.	gas tightness
151	Brown WB, 1954: Fumigation with methyl bromide under gas-proof sheets. Department of Scientific and Industrial Research, London. Pest Infest.Res.Bull.; No. 1, 38p.	gas-proof sheets
152	Brown WB, 1959: Fumigation with methyl bromide under gas-proof sheets. 2nd ed., Department of Scientific and Industrial Research, London. Pest Infest.Res.Bull.; No. 1.	gas-proof sheets
153	Reichmuth Ch, 1988: Zur Situation der Begasung im Vorratsschutz - [Fumigation in stored product protection]. Gesunde Pflanzen; 40, 33-39.	Germany
154	Kapoor AS; Singh SM, 1984: Effect of repeated fumigation with methyl bromide on the germination of wheat seeds. Plant Protect.Bull. (New Delhi); 36, 135-136.	germination
155	Rouziere A, 1983: Effet de la desinsectisation par le bromure de méthyle sur la viabilité des semences d'arachide decortiquées - [Effect of disinsectisation by methyl bromide on the viability of shelled groundnut seed]. Oléagineux; 38, 243-251.	germination
156	Chien N; Chou C; Cheng W; Tu L, 1965: Methyl bromide fumigation of infested potatoes for control of the potato tuber worm ( <i>Gnorimoschema operculella</i> ZELLER). Acta Phytophyl.Sin.; 4, 237-248.	<i>Gnorimoschema operculella</i>
157	Anonymus, 1988: Tiny predators preserve grain. Pest Control; 56, 52,56.	grain
158	Bower VS, 1965: Methyl bromide - as a grain fumigant. Bull.Grain Technol.; 3, 14-23.	grain

REICHMUTH - Gase

159	Costa MRS da; Jordao BA, 1973: Armazenamento de graos - [Grain storage]. Bol.Campo; 36, 7-9.	grain
160	Moulden J, 1979: Fumigating a farm to control grain insects. J.Agr.Western Austral.; 20, 70-71.	grain
161	Muda AR, 1985: Pest problems and the use of pesticides in grain storage in Malaysia. In: Champ BR; Highley E, eds., Pesticides and Humid Tropical Grain Storage Systems, Proceedings of an International Seminar, Manila, Philippines, May 1985; ACIAR Proceedings No.14, 11-16.	grain
162	Prickett AJ; Muggleton J, 1991: Commercial grain stores 1988/89 in England and Wales. Pest incidence and storage practice - Part I and Part II., HGCA Project Report, 99 and 119.	grain
163	Sidik M; Halid H; Pranata RI, 1985: Pest problems and use of pesticides in grain storage in Indonesia. In: Champ BR; Highley E, eds., Pesticides and Humid Tropical Grain Storage Systems, Proceedings of an International Seminar, Manila, Philippines, May 1985; ACIAR Proceedings No.14, 27-30	grain
164	Sukprakarn C, 1985: Pest problems and the use of pesticides in grain storage in Thailand. - In Pesticides and humid tropical grain storage systems. In: Champ BR; Highley E, eds., Pesticides and Humid Tropical Grain Storage Systems, Proceedings of an International Seminar, Manila, Philippines, May 1985; ACIAR Proceedings No.14, 31-35.	grain
167	Wainman HE; Chakrabarti B; Harris AH, 1974: Fumigation of grain in butyl rubber silos. Intern.Pest Control; 16, 5-9.	grain
165	Whitney WK; Walkden HH, 1961: Concentration of methyl bromide lethal to insects in grain. Mktg.Res.Rep.US.Dept. Agric.,agric. Mktg.Serv. Qual.Res.Div.; No.511, 25 p.	grain
166	Williams P; Minett W; Savage P; Wilson AD; Buchanan SA; Guiffre V, 1984: Commercial potential of methyl bromide and carbon dioxide mixtures for disinfecting grain In: Ripp, B.E., ed., Developments in Agricultural Engineering, Controlled Atmosphere and Fumigation in Grain Storages. Elsevier, Amsterdam, Netherlands; 5, 55-65.	grain
168	Halliday D, 1965: Observations of routine fumigations of groundnut pyramids with methyl bromide. Technical Report No. 7. Nigerian Stored Prod.Res.Inst. Ann.Rept. 49-56.	ground nuts
169	Rouziere A, 1983: Effet de la desinsectisation par le bromure de methyle sur la viabilité des semences d'arachide decortiquees - [Effect of disinsectisation by methyl bromide on the viability of shelled groundnut seed]. Oléagineux; 38, 243-251.	ground nuts
170	Yokoyama Y; Miller GT; Dowell RV, 1991: Response of codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) to high temperature, a potential quarantine treatment for exported commodities. J.Econ.Entomol.; 84, 528-531.	high temperature
171	Foster RE; Sherrod DW; Eastman CE; Randell R, 1979: Treatment of horseradish propagative stocks for control of the imported crucifer weevil. J.Econ.Entomol.; 72, 555-556.	horseradish
172	Schacher A; Knülle W, 1980: Mortalität des Kornkäfers, <i>Sitophilus granarius</i> , bei Begasung mit Methylbromid in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchte - [Mortality of the granary weevil <i>Sitophilus granarius</i> after fumigation with methyl bromide depending on the relative humidity]. Anzeiger für Schädlingkunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz; 53, 166-169.	humidity
173	El-Lakwah F, 1977: Einfluß der relativen Feuchte auf die Wirkung von Methylbromid bei Khaprakäferlarven ( <i>Trogoderma granarium</i> Everts) (Coleoptera: Dermestidae). - [The influence of relative humidity on the efficiency of methyl bromide to Khapra Beetle larvae ( <i>Trogoderma granarium</i> Everts) (Coleoptera: Dermestidae). Anzeiger für Schädlingkunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz; 50, 81-83.	humidity, rel.

REICHMUTH - Gase

174	Fischer H, 1967: Begasung von Frischobst und Baumschulmaterial mit Methylbromid und Blausäure zur Bekämpfung der San-José-Schildlaus ( <i>Quadraspidiotus perniciosus</i> Comst.) - [Fumigation of fresh fruits and plant tree material with methyl bromide and hydrocyanic acid to control San José scale ( <i>Quadraspidiotus perniciosus</i> Comst.)]. Arch.Pflanzensch.; 3, 213-239.	hydrocyanic acid
175	Taskeen AliNiazee M; Lindgren DL, 1969: Effect of carbon dioxide on toxicity of hydrocyanic acid and methyl bromide to adults of the confused flour beetle and granary weevil at two different temperatures. J.Econ.Entomol.; 62, 904-906.	hydrocyanic acid
176	Rasmussen S, 1967: Fumigation of houses with methyl bromide against the house longhorn beetle, <i>Hylotrupes bajulus</i> . Material und Organismen; 2; Teil 1, 65-78.	<i>Hylotrupes bajulus</i>
177	Yu KY; Chung YW; Lee MH; Jae JW, 1984: Study on shipboard fumigation of the imported logs. Korean J.Plant Protect.; 23, 37-41.	in transit
178	Liscombe EAR, 1985: Fumigation of food shipments in-transit In: Baur FJ, ed., Insect Management for Food Storage and Processing. St. Paul (USA); American Association of Cereal Chemists; 179-192;.	in-transit
179	Sidik M; Halid H; Pranata RI, 1985: Pest problems and use of pesticides in grain storage in Indonesia. In: Champ BR; Highley E, eds., Pesticides and Humid Tropical Grain Storage Systems, Proceedings of an International Seminar, Manila, Philippines, May 1985; ACIAR Proceedings No.14, 27-30.	Indonesia
180	Wit AKH, 1986: Post harvest control of insects and mites. Third International Symposium on Post-Harvest Physiology of Ornamentals. Acta Horticulturae (Netherlands); 181, 482.	insects
181	Wit AKH, Vrie M van de, 1985: Fumigation of insects and mites in cutflowers for post harvest control. Mededel.Fac.Landbouwwetenschap.Rijksuniv.Gent; 50, 705-712.	insects
182	Bond EJ, 1984: Fumigation as part of an integrated pest management program In: Ripp, B.E., ed., Developments in Agricultural Engineering. Controlled Atmosphere and Fumigation in Grain Storages. Elsevier, Amsterdam, Netherlands; 5, 723-738.	integrated pest management
183	Hatton TT; Cubbedge RH; Risse LA; Hale PW; Spalding DH, 1984: Phytotoxic responses of Florida grapefruit to low-dose irradiation. J.Amer.Soc.Hort.Sci.; 109, 607-610.	irradiation
184	Kawakami F; Nishikawa S; Moku M, 1989: The tolerance of Japanese persimmon (kaki) to fumigation with methyl bromide. Research Bulletin of the Plant Protection Service Japan, 79-86.	Japanese persimmon
185	Beever DJ; Yearsley CW, 1987: Kiwifruit: effect of post-harvest fumigation on fruit quality. New Zealand J.Exp.Agr.; 15, 185-189.	Kiwifruit
186	Noack S; Reichmuth Ch, 1982: Bestimmung von Schwellwerten für die Schädigung von tierischen und pflanzlichen Organismen durch Phosphorwasserstoff und Methylbromid; 2. Untersuchungen an Brunnenkresse ( <i>Nasturtium officinale</i> ) und Kopfsalat ( <i>Lactuca sativa capitata</i> ) - [Determination of limits for injuring animals and plants by phosphine or methyl bromide; 2. Studies on water cress and lettuce]. Anzeiger für Schädlingskunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz; 55, 57-59.	<i>Lactuca sativa capitata</i>
187	Ripp BE, 1984: Modification of a very large grain store for controlled atmosphere use. In: Ripp BE, ed., Developments in Agricultural Engineering. Controlled Atmosphere and Fumigation in Grain Storages. Elsevier, Amsterdam, Netherlands; 5, 281-292.	large grain store
188	Vincent LE; Lindgren DL, 1977: Toxicity of methyl bromide and phosphine at various temperatures and exposure periods to the metamorphic stages of <i>Lasioderma serricorne</i> . J.Econ.Entomol.; 70, 497-500.	<i>Lasioderma serricorne</i>

## REICHMUTH - Gase

189	Ozeren HM, 1982: Les pertes enregistrées après récolte, en Turquie, pour les produits: figues, noisettes, tabac, légumineuses et céréales dans les différentes conditions d'entreposage et mesures prises - [Post harvest losses of figs, nuts, tobacco, legumes and cereals in Turkey under different storage conditions and control measures]. Cah.Rech.Agron.; 39, 131-141.	legumes
190	Bond EJ; Svec HJ, 1977: Control of Colorado potato beetle, <i>Leptinotarsa decemlineata</i> , in shipments of harvested potatoes. Can. Entomol.; 109, 285-288.	<i>Leptinotarsa decemlineata</i>
191	Musaev SA, 1976: Brommetil unichtazhaet koloradskogo zhuka - [Methyl bromide controls the colorado beetle]. Zashch.Rast. (Moskva); 21, 52.	<i>Leptinotarsa decemlineata</i>
192	Mortimer EA; Powell DF, 1984: Development of a combined cold storage and methyl bromide fumigation treatment to control the American serpentine leaf miner <i>Liriomyza trifolii</i> (Diptera: Agromyzidae) in imported chrysanthemum cuttings. Ann.Appl.Biol.; 105, 443-454.	<i>Liriomyza trifolii</i>
193	Yu KY; Chung YW; Lee MH; Jae JW, 1984: Study on shipboard fumigation of the imported logs. Korean J.Plant Protect.; 23, 37-41.	logs
194	Zettler JL; Bell CH, 1987: Pesticides and fumigants for prevention of storage losses. In: Donahaye E; Navarro S, eds., Proceedings of the 4th International Working Conference on Stored-Product Protection, Tel Aviv, Israel, September 1986, 649-650.	loss prevention
195	Bond EJ, 1975: Control of insects with fumigants at low temperatures: response to methyl bromide over the range 25 °C to -6.7 °C. J.Econ.Entomol.; 68, 539-542.	low temperatures
196	Vincent LE; Rust MK; Lindgren DL, 1980: Methyl bromide toxicity at various low temperatures and exposure periods to Angoumois grain moth and Indianmeal moth in popcorn. J.Econ.Entomol.; 73, 313-317.	low temperatures
197	Oliveira D de, 1974: Pragas do milho armazenado e seu controle - [Stored product pests of mais and their control]. Bol.Campo; 37, 19.	maize
198	Viljoen JH; Coetzer JJ; Meiring PA; Havemann AZ, 1988: Die beroking van losmaatgraan in spoorwegtrokke met metielbromied; 3. Die beroking van mielies tydens vervoer na die hawe - [The fumigation of bulk grain in railway trucks with methyl bromide; 3. The fumigation of maize in transit to the harbour]. Phytophylactica; 20, 375-383.	maize
199	Muda AR, 1985: Pest problems and the use of pesticides in grain storage in Malaysia. In: Champ BR; Highley E, eds., Pesticides and Humid Tropical Grain Storage Systems, Proceedings of an International Seminar, Manila, Philippines, May 1985; ACIAR Proceedings No.14, 11-16.	Malaysia
200	Armstrong JW; Melvin Couey H, 1984: Methyl bromide fumigation treatments at 30 °C for California stonefruits infested with the Mediterranean fruit fly (Diptera:Tephritidae). J.Econ.Entomol.; 77, 1229-1232.	Mediterranean fruit fly
201	Armstrong JW; Schneider EL; Garcia DL; Couey HM, 1984: Methyl bromide quarantine fumigation for strawberries infested with Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae). J.Econ.Entomol.; 77, 680-682.	Mediterranean fruit fly
202	Spitler GH; Couey HM, 1983: Methyl bromide fumigation treatments of fruits infested by the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae). J.Econ.Entomol.; 76, 547-550.	Mediterranean fruit fly
203	Armstrong JW; Garcia DL, 1985: Methyl bromide quarantine fumigations for Hawaii-grown cucumbers infested with melon fly and oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae). J.Econ.Entomol.; 78, 1308-1310.	melon fly
204	Dennis NM; Eason G; Gillenwater HB, 1972: Formation of methyl chloride during methyl bromide fumigations. J.Econ.Entomol.; 65, 1753-1754.	methyl chloride

## REICHMUTH - Gase

205	Williamson DL; Summy KR; Hart WG; Sanchez-R M; Wolfenbarger DA; Bruton BD, 1986: Efficacy and phytotoxicity of methyl bromide as a fumigant for the Mexican fruit fly (Diptera: Tephritidae) in grapefruit. J.Econ.Entomol.; 79, 172-175.	Mexican fruit fly
206	Wit AKH, 1986: Post harvest control of insects and mites. Third International Symposium on Post-Harvest Physiology of Ornamentals. Acta Horticulturae (Netherlands); 181, 482.	mites
207	Wit AKH; Vrie M van de, 1985: Fumigation of insects and mites in cutflowers for post harvest control. Mededel.Fac.-Landbouwwetenschap. Rijksuniv.Gent; 50, 705-712.	mites
208	Bell CH; Hole BD; Clifton AL, 1988: The toxicity of mixtures of methyl bromide and methyl chloroform to stored product insects. J.Stored Prod.Res.; 24, 115-122.	mixtures
209	Carmi Y; Calderon M, (1968-69): The efficacy of fumigant mixtures containing methyl bromide. Progr.Rept.,Min.Agr.,Dept.Plant Protect., Stored Prod.Res.Lab.,Tel Aviv, 41 and 88-104.	mixtures
210	Rajendran S, 1990: The toxicity of phosphine, methyl bromide, 1,1,1-trichloroethane and carbon dioxide alone and as mixtures to the pupae of red flour beetle, <i>Tribolium castaneum</i> Herbst. Pesticide Sci.; 29, 75-83.	mixtures
211	Hirade J; Ninomiya A, 1950: The mechanism of toxic action of organic halogen compounds. Journal of Biochemistry (Tokyo); 37 19-34.	mode of action
212	Lewis SE, 1948: Inhibition of SH enzymes by methyl bromide. Nature, London; 161, 692-693.	mode of action
213	Parameswaran N; Ruetze M, 1984: Effect of methyl bromide fumigation on the ultrastructure of <i>Ceratocystis fagacearum</i> (Bretz) Hunt. Material und Organismen; 19, 133-140.	mode of action
214	Price NR, 1985: The mode of action of fumigants. J.Stored Prod.Res.; 21, 157-164.	mode of action
215	Price NR, 1986: Action and inaction of fumigants. In: Champ BR; Highley E, eds., Pesticides and Humid Tropical Grain Storage Systems, Proceedings of an International Seminar, Manila, Philippines, May 1985; ACIAR Proceedings No.14, 203-210.	mode of action
216	Price NR; Bunyan PJ; Loveder CJ, 1981: The effect of methyl bromide on esterase activity in wheat. J.Sci.Food Agr.; 32, 17-20.	mode of action
217	Richardson LT; Monro HAU, 1962: Fumigation of jute bags with ethylene oxide and methyl bromide to eradicate potato ring rot bacteria. Appl.Microbiol.; 10, 448-451.	mode of action
218	Winteringham, FPW; Barnes JM, 1955: Comparative response of insects and mammals to certain halogenated hydrocarbons used as insecticides. Physiological Reviews; 35, 701-739.	mode of action
219	Starratt AN; Bond EJ, 1988: Methylation of DNA of maize and wheat grains during fumigation with methyl bromide. J.Agr.Food Chem.; 36, 1035-1039.	mode of action,
220	Bell CH, 1976: The tolerance of immature stages of four stored product moths to methyl bromide. J.Stored Prod.Res.; 12, 1-10.	moths
221	Bell CH, 1977: Tolerance of the diapausing stages of four species of lepidoptera to methyl bromide. J.Stored Prod.Res.; 13, 119-127.	moths
222	Carmi Y; Bulbul O, (1967-68): Moth control at the upper layer of grain stored in bulk. Progr.Rep.,Min.Agr.,Dept.Plant Prot.,Stored Prod. Res.Lab.,Tel Aviv, 9-10.	moths
223	Wainman HE; Chakrabarti B, 1973: Gas proofing mushroom houses and similar structures for treatment with methyl bromide. Intern.Pest Control; 15, 6-10.	mushroom houses
224	Powell DF; Gostick KG, 1971: Control of <i>Spodoptera littoralis</i> (Boisd.), <i>Myzus persicae</i> (Sulz.) and <i>Tetranychus urticae</i> (Koch) by cold storage and fumigation. Bull.Entomol. Res., 235-240.	<i>Myzus persicae</i>



REICHMUTH - Gase

225	Noack S; Reichmuth Ch, 1982: Bestimmung von Schwellwerten für die Schädigung von tierischen und pflanzlichen Organismen durch Phosphorwasserstoff und Methylbromid; 2. Untersuchungen an Brunnenkresse ( <i>Nasturtium officinale</i> ) und Kopfsalat ( <i>Lactuca sativa capitata</i> ) - [Determination of limits for injuring animals and plants by phosphine or methyl bromide; 2. Studies on water cress and lettuce. Anzeiger für Schädlingskunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz; 55, 57-59.	<i>Nasturtium officinale</i>
226	Hinsch RT; Harris CM, 1991: Exporting fumigated fresh nectarines by air and simulated surface shipment to Japan. In: Proceedings of a Meeting on Technical Innovations in Freezing and Refrigeration of Fruits and Vegetables, Davis, California, USA, July 1989, 397-407.	nectarines
227	Hinsch RT; Harris CM, 1992: Exporting fumigated nectarines by van container. International Journal of Refrigeration; 15, 59-62.	nectarines
228	Yokoyama VY; Miller GT; Hartsell PL, 1987: Methyl bromide fumigation for quarantine control of codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) on nectarines. J.Econ.Entomol.; 80, 840-842.	nectarines
229	Yokoyama VY; Miller GT; Hartsell PL, 1988: Rearing, large-scale tests, and egg response to confirm efficacy of a methyl bromide quarantine treatment for codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) on exported nectarines. J.Econ.Entomol.; 81, 1437-1442.	nectarines
230	Yokoyama VY; Miller GT; Hartsell PL, 1990: Evaluation of a methyl bromide quarantine treatment to control codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) on nectarine cultivars proposed for export to Japan. J.Econ.Entomol.; 83, 466-471.	nectarines
231	Mohamed S; Othman E; Abdullah F, 1988: Effect of chemical treatments on the shelf life of rambutans ( <i>Nephelium lappaceum</i> ). Pertanika; 11, 407-417.	<i>Nephelium lappaceum</i>
232	Listov MV; Nesterov VA, 1980: ORIG: Ustoichivost' lichinok malykh khrushchakov (Coleoptera, Tenebrionidae) k brommetilu v svyazi s ikh zarazheniem mikrosporidiyami <i>Nosema whitei</i> Weiser, 1953 i koktsidiyami <i>Adelina tribolii</i> Bhatia, 1937 - [Resistance of flour beetles larvae (Coleoptera: Tenebrionidae) to methyl bromide with response to their infection with microsporidian <i>Nosema whitei</i> Weiser, 1953 and coccidian <i>Adelina tribolii</i> Bhatia, 1937]. Entomol.Obozr.; 59, 725-729, 939.	<i>Nosema whitei</i>
233	Ozeren HM, 1982: Les pertes enregistrées après recolte, en Turquie, pour les produits: figues, noisettes, tabac, légumineuses et céréales dans les différentes conditions d'entreposage et mesures prises - [Post harvest losses of figs, nuts, tobacco, legumes and cereals in Turkey under different storage conditions and control measures]. Cah.Rech.Agron.; 39, 131-141.	nuts
234	Liese W; Knigge H; Ruetze M, 1981: Fumigation experiments with methyl bromide on oak wood. Material und Organismen; 16, 265-280.	oak wood
235	Moore HB, 1978: The old house borer, an update; Part three. Pest Control; 46, 26-28.	old house borer
236	Armstrong JW; Garcia DL, 1985: Methyl bromide quarantine fumigations for Hawaii-grown cucumbers infested with melon fly and oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae). J.Econ.Entomol.; 78, 1308-1310.	Oriental fruit fly

## REICHMUTH - Gase

237	Joshi GP, 1974: Toxicity of certain chemicals on <i>Oryzaephilus mercator</i> F. (Coleoptera: Cucujidae). Appl.Entomol.Zool.; 9, 280-281.	<i>Oryzaephilus mercator</i>
238	Kazem-Zahedi, 1979: L'effet du bromure de méthyle sur <i>Oryzaephilus surinamensis</i> Linné. Mededel.Fac.Landbouwwetenschap. Rijksuniv. Gent; 43, 909-910.	<i>Oryzaephilus surinamensis</i>
239	Inder Singh K, 1972: Insect pests of stored paddy and rice in West Malaysia. Trop.Stored Prod.Inform., 29-34.	paddy
240	Zakladnoi GA, 1987: Fumigatsiya protiv gorokhvoi zernovki - [Fumigation against pea weevil]. Zashch.Rast. (Moskva); 8, 34-35.	pea weevil
241	Kawakami F, Soma Y, 1990: Phytotoxic responses of Japanese pears fumigated with methyl bromide.. Research Bulletin of the Plant Protection Service, Japan, 51-56.	pears
242	Wells JM; Payne JA, 1975: Mycoflora of pecans treated with heat, low temperatures, or methyl bromide for control of the pecan weevil. Phytopathology; 65, 1393-1395.	pecan weevil
243	Leesch JG; Gillenwater HB, 1976: Fumigation of pecans with methyl bromide and phosphine to control the pecan weevil. J.Econ.Entomol.; 69, 241-244.	pecans
244	Jae Kyu Hah, Jung Woo Oh, Ki Yul Yoo, Byung Ho Kim, 1981: A study on gravity penetration of fumigants in the jumbo silo. Korean J.Plant Protect.; 20, 103-106.	penetration by gravity
245	Hah JK; Kim JT; Cho NK; Kim BH, 1981: Studies on the penetration, diffusion ability and effect of insects control using the methyl bromide in the vertical silo. Korean J.Plant Protect.; 20, 212-216.	penetration, diffusion
246	Leesch JG; Sukkestad DR, 1980: Potential of two perfluorinated alcohols as fumigants. J Econ Entomol.; 73, 829-831.	perfluorinated alcohols
247	Houck LG; Mackey BE, 1989: Permeability of flexible polymer films used to wrap citrus fruit to the fumigants ethylene dibromide and methyl bromide. J.Amer.Soc.Hort.Sci.; 114, 86-90.	permeability of polymer films
248	Bogs D, 1972: Untersuchungen über die Bekämpfung von Vorratsschädlingen in Schiffsladeräumen mit Methylbromid und Phosphorwasserstoff - [Control of storage pests in ship holds with methyl bromide and phosphine]. Nachrichtenbl.Pflanzenschutz.DDR; 26, 40-44.	phosphine
249	Bond EJ, 1978: Toxicity of mixtures of methyl bromide and phosphine to insects. J.Econ.Entomol.; 71, 341-342.	phosphine
250	El-Lakwah F, 1978: Zur Wirksamkeit einer Kombinationsbegasung von Methylbromid und Phosphorwasserstoff gegen Khaprakäfer ( <i>Trogoderma granarium</i> EVERTS). - [Tests on the efficiency of mixtures of methyl bromide and phosphine to Khapra beetle ( <i>Trogoderma granarium</i> EVERTS)]. Anzeiger für Schädlingkunde,Pflanzenschutz, Umweltschutz; 51, 129-133.	phosphine
251	Rajendran S, 1990: The toxicity of phosphine, methyl bromide, 1,1,1-trichloroethane and carbon dioxide alone and as mixtures to the pupae of red flour beetle, <i>Tribolium castaneum</i> Herbst. Pesticide Sci.; 29, 75-83.	phosphine
252	Rajendran S; Muthu M, 1989: The toxic action of phosphine in combination with some alkyl halide fumigants and carbon dioxide against the eggs of <i>Tribolium castaneum</i> Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae). J.Stored Prod.Res.; 25, 225-230.	phosphine
253	Vincent LE; Lindgren DL, 1975: Toxicity of phosphine and methyl bromide at various temperatures and exposure periods to the four metamorphic stages of <i>Trogoderma variabile</i> . J.Econ.Entomol.; 68, 53-56.	phosphine
254	Vincent LE; Lindgren DL, 1977: Toxicity of methyl bromide and phosphine at various temperatures and exposure periods to the metamorphic stages of <i>Lasioderma serricorne</i> . J.Econ.Entomol.; 70, 497-500.	phosphine

255	Bogs D, 1979: Die Bekämpfung der Kartoffelmotte ( <i>Phthorimaea operculella</i> Zell.) an importierten Speisekartoffeln in Schiffsaderräumen mit Methylbromid - [Control of potato moth ( <i>Phthorimaea operculella</i> Zell.) on imported potatoes in ships' holds with methyl bromide.] Nachrichtenbl.Pflanzenschd.DDR; 33, 217-218.	<i>Phthorimaea operculella</i>
256	Taheri MS; Abazarian B, 1989: Effect of methyl bromide gas on the larvae of potato tuber moth ( <i>Phthorimaea operculella</i> Zell.). Entomol.Phytopathol.Appl.; 56, 37-44.	<i>Phthorimaea operculella</i>
257	Bell CH; Savvidou N, 1991: Tolerance of the diapausing stages of <i>Plodia interpunctella</i> and <i>Ephestia cautella</i> (Lepidoptera: Pyralidae) to methyl bromide and its correlation with diapause intensity. J.Stored Prod.Res.;27, 109-114.	<i>Plodia interpunctella</i>
258	Vincent LE; Rust MK; Lindgren DL, 1980: Methyl bromide toxicity at various low temperatures and exposure periods to Angoumois grain moth and Indianmeal moth in popcorn. J.Econ.Entomol.; 73, 313-317.	<i>Plodia interpunctella</i>
259	Richardson HH; Roth H, 1966: Methyl bromide, ethylene dibromide, and other fumigants for control of plum curculio in fruit. J.Eco.Entomol., 1149-1152.	plum curculio
260	Peggie ID, 1982: Codling moth disinfestation of pome fruit. Intern.Hort.Congr. (Hamburg); 21, 1799.	pome fruit
261	Vincent LE; Rust MK; Lindgren DL, 1980: Methyl bromide toxicity at various low temperatures and exposure periods to Angoumois grain moth and Indianmeal moth in popcorn. J.Econ.Entomol.; 73, 313-317.	popcorn
262	Detmers H-B, 1990: Response of the larger grain borer <i>Prostephanus truncatus</i> (HORN) (Coleoptera: Bostrichidae) to methyl bromide. In: Fleurat-Lessard F. and Ducom P., eds., Proceedings of the 5th International Working Conference on Stored-Product Protection, Bordeaux, France, September 1990; 2, 787-796.	<i>Prostephanus truncatus</i>
263	Detmers H-B, 1993: Empfindlichkeit der Entwicklungsstadien von <i>Prostephanus truncatus</i> (HORN) (Coleoptera: Bostrichidae) und <i>Teretiosoma nigrescens</i> Lewis (Coleoptera: Histeridae) gegenüber Methylbromid - [The susceptibility of the developmental stages of <i>Prostephanus truncatus</i> (HORN) (Coleoptera: Bostrichidae) and <i>Teretiosoma nigrescens</i> LEWIS (Coleoptera: Histeridae) to methyl bromide] PhD Thesis, Technical University Berlin, 189 p.	<i>Prostephanus truncatus</i>
264	Angerilli NPD; Gaunce AP; Logan DM, 1986: Some effects of post-harvest fumigation, controlled-atmosphere storage, and cold storage on San José scale (Homoptera: Diaspididae) survival on two varieties of apples. Can.Entomol.; 118, 493-497.	<i>Quadraspidiotus perniciosus</i>
265	Fischer H, 1967: Begasung von Frischobst und Baumschulmaterial mit Methylbromid und Blausäure zur Bekämpfung der San-José-Schildlaus ( <i>Quadraspidiotus perniciosus</i> Comst.) - [Fumigation of fresh fruits and plant tree material with methyl bromide and hydrocyanic acid to control San José scale ( <i>Quadraspidiotus perniciosus</i> Comst.)]. Arch.Pflanzensch.; 3, 213-239.	<i>Quadraspidiotus perniciosus</i>
266	Morgan CVG; Gaunce AP; Madsen BJ, 1975: Control of the San José scale on harvested apples by methyl bromide fumigation and cold storage. Can.Entomol.; 107, 367-368.	<i>Quadraspidiotus perniciosus</i>
267	Mayer G, 1973: Einfluss der Mühlenbegasung mit Blausäure, Methylbromid und Phosphorwasserstoff auf die Mehqualität - [Influence of flour mill fumigation with hydrocyanic acid, methyl bromide and phosphine on the quality of flour]. Mühle +Mischfuttertechnik; 110, 823.	quality of flour
268	Akiyama H, 1984: Plant quarantine and fumigation of imported cereals in Japan. In: Ripp, B.E., ed., Developments in Agricultural Engineering, Controlled Atmosphere and Fumigation in Grain Storages. Elsevier, Amsterdam, Netherlands; 5, 31-45.	quarantine

## REICHMUTH - Gase

269	Komsom A, 1973: Plant quarantine technical training; Plant quarantine treatment. Plant Protect.Serv.Tech.Bull. (Bangkok); 15, 1-16.	quarantine
270	Stout OO, 1975: Plant quarantine technical training, Methyl bromide as a fumigant for plant quarantine use in Thailand. Plant Protect.Serv.Tech.Bull. (Bangkok); 32, 1-33.	quarantine
271	Yokoyama VY; Miller GT; Dowell RV, 1991: Response of codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) to high temperature, a potential quarantine treatment for exported commodities. J.Econ.Entomol.; 84, 528-531.	quarantine
272	Stout RG; Roth HL, 1983: International Plant Quarantine Treatment Manual. FAO Plant Prod. and Prot. Paper; No. 50, FAO Rome, 224 p.	quarantine
273	Yokoyama VY; Miller GT; Hartsell PL, 1987: Methyl bromide fumigation for quarantine control of codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) on nectarines. J.Econ.Entomol.; 80, 840-842.	quarantine
274	Yokoyama VY; Miller GT; Hartsell PL, 1988: Rearing, large-scale tests, and egg response to confirm efficacy of a methyl bromide quarantine treatment for codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) on exported nectarines. J.Econ.Entomol.; 81, 1437-1442.	quarantine
275	Yokoyama VY; Miller GT; Hartsell PL, 1990: A methyl bromide quarantine treatment to control codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) on nectarines packed in shipping containers for export to Japan and effect on fruit attributes. J.Econ. Entomol.; 83, 2335-2339.	quarantine
276	Yokoyama VY; Miller GT; Hartsell PL, 1990: Evaluation of a methyl bromide quarantine treatment to control codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) on nectarine cultivars proposed for export to Japan. J.Econ.Entomol.; 83, 466-471.	quarantine
277	Viljoen JH; Coetzer JJ; Meiring PA; Havemann AZ, 1988: Die beroking van losmaatgraan in spoorwegtrekke met metielbromied; 3. Die beroking van mielies tydens vervoer na die hawe - [The fumigation of bulk grain in railway trucks with methyl bromide; 3. The fumigation of maize in transit to the harbour]. Phytophylactica; 20, 375-383.	railway trucks
278	Gardner PD; Soderstrom EL; Baritelle JL; Nolan de Lozano K, 1982: Assessing alternative methods of pest control in raisin storage. Bull Div Agr.Sci.Univ.Calif.; 1906, 1-19.	raisins
279	Calderon M; Leesch JG, 1983: Effect of reduced pressure and CO <sub>2</sub> on the toxicity of methyl bromide to two species of stored-product insects. J.Econ.Entomol.; 76, 1125-1128.	reduced pressure
280	Navarro S; Donahaye E, 1987: Sensitization of two <i>Carpophilus spp.</i> exposed to methyl bromide alone, in a mixture with CO <sub>2</sub> , and at reduced pressure. Progress report for the year 1984-85 of the Stored Products Division, Institute for Technology and Storage of Agricultural Products, Israel, 39-47.	reduced pressure
281	Boon KS; Ho SH, 1988: Factors influencing the post fumigation reinfestation of <i>Tribolium castaneum</i> Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae) in a rice warehouse. J.Stored Prod.Res., 87-90.	reinfestation
282	Franz A; Reichmuth C; Wohlgemuth R, 1992: Brommethan und Bromidgehalte in Samenkernen nach Vorratsschutz-Begasungen und verschiedenen Verarbeitungsverfahren - [Residues of methyl bromide and bromide in fumigated seed kernels following different industrial processes] Z Lebensm Unters Forsch; 194, 148-151.	residue
283	Banks HJ; Pinkerton A, 1987: Bromine containing residues resulting from fumigation of grain with methyl bromide-carbon dioxide mixtures. J.Stored Prod.Res.; 23, 105-113.	residues
284	Anonymous, 1975: Recommended methods for the detection and measurement of resistance of agricultural pests to pesticides. Tentative method for adults of some major pest species of stored cereals, with methyl bromide and phosphine - FAO Method No. 16. FAO Plant Protect.Bull.; 23, 12-25.	resistance

## REICHMUTH - Gase

285	Champ BR, 1986: Occurrence of resistance to pesticides in grain storage pests. In: Champ BR; Highley E, eds., Pesticides and Humid Tropical Grain Storage Systems, Proceedings of an International Seminar, Manila, Philippines, May 1985; ACIAR Proceedings No.14, 229-255.	resistance
286	Champ BR; Dyte CE, 1976: Report of the FAO global survey of pesticide susceptibility of stored grain pests. FAO Plant Prod.and Prot.Ser. No. 5, FAO, Rome, 297 p.	resistance
287	Rajendran S, 1992: Selection for resistance to phosphine or methyl bromide in <i>Tribolium castaneum</i> (Coleoptera: Tenebrionidae). Bull.Entomol.Res.; 82, 119-124.	resistance
288	Reichmuth Ch, 1991: A quick test to determine phosphine resistance in stored products insects. GASGA newsletter; No. 15, 14-15.	resistance
289	El-Nahal AKM; Barakat AA; El-Halafawy MA; Hassan HI, 1986: Susceptibility of the natural strains of <i>Sitophilus oryzae</i> (L.), <i>Sitophilus granarius</i> (L.), <i>Rhyzopertha dominica</i> (F.) and <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst) collected from the different governorates of Egypt to methyl bromide and phosphine. Bull.Entomol.Soc.Egypt Econ.Ser.; 14, 141-154.	<i>Rhyzopertha dominica</i>
290	Inder Singh K, 1972: Insect pests of stored padi and rice in West Malaysia. Trop.Stored Prod Inform., 29-34.	rice
291	Roche R; Ganem F; Reinecke D, 1977: Bekämpfung von Vorratschädlingen in kubanischen Reislagern - [Control of stored product pests in rice warehouses in Cuba]. J.Pflanzensch.Schädlingsbekämpfungsmittel DDR 1, 33-34.	rice
292	Ripp BE, 1984: Modification of a very large grain store for controlled atmosphere use. In: Ripp BE, ed., Developments in Agricultural Engineering. Controlled Atmosphere and Fumigation in Grain Storages. Elsevier, Amsterdam, Netherlands; 5, 281-292.	sealing
293	Glett W, 1984: Effective sealants for existing storages from floor to roof. In: Ripp B.E., ed., Developments in Agricultural Engineering. Controlled Atmosphere and Fumigation in Grain Storages. Amsterdam (Netherlands); Elsevier; 5, 159-180.	sealing
294	Wohlgemuth R, 1990: Abdichtung von Lagerhallen, lebensmittelverarbeitenden Betrieben und Lagerpartien bei Begasungen gegen Vorratsschädlinge - [Sealing warehouses, food-processing factories and stored products prior to fumigation against storage pests]. Merkblatt 66 der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, 2. Aufl., Saphir Verlag, Ribbesbüttel, 20 p.	sealing
295	Kathuria DS; Das SK; Misra VK, 1970: Pests of some important seeds and their methods of control. Plant Protect.Bull. (New Delhi), 7-14.	seeds
296	Viljoen JH; Coetzer JJ; Vermaak CJ, 1981: Fumigation trials with a mixture of methyl bromide and carbon dioxide in larger type silo bins. Phytophylactica; 13, 127-137.	silo bins
297	Musgrave AJ; Monro HAU; Uptis E, 1965: Apparent elimination of symbiotes in successive generations of <i>Sitophilus</i> (Coleoptera) fumigated with methyl bromide. J.Invert.Pathol.; 7, 506-511.	<i>Sitophilus</i>
298	Bond EJ; Uptis E., 1976: Toxicity and uptake of methyl bromide in hybrid descendants of resistant and susceptible <i>Sitophilus granarius</i> (L.). J.Stored Prod.Res.; 12, 261-276.	<i>Sitophilus granarius</i>
299	Cherif R; Leesch J; Davis R, 1985: Effect of temperature on the efficacy of methyl bromide against adults of <i>Sitophilus granarius</i> (L.) (Coleoptera: Curculionidae) on soft and hard wheats. J.Econ.Entomol.; 78, 660-665.	<i>Sitophilus granarius</i>

REICHMUTH - Gase

300	El-Nahal AKM; Barakat AA; El-Halafawy MA; Hassan HI, 1986: Susceptibility of the natural strains of <i>Sitophilus oryzae</i> (L.), <i>Sitophilus granarius</i> (L.), <i>Rhyzopertha dominica</i> (F.) and <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst) collected from the different governorates of Egypt to methyl bromide and phosphine. Bull.Entomol.Soc.Egypt Econ.Ser.; 14, 141-154.	<i>Sitophilus granarius</i>
301	Estes, PM, 1965: The effects of time and temperature on methyl bromide fumigation of adults of <i>Sitophilus granarius</i> and <i>Tribolium confusum</i> . J. Econ. Entomol., 58, 611-614.	<i>Sitophilus granarius</i>
302	Gelosi A; Arcozzi L, 1982: Punteruolo del frumento - <i>Sitophilus granarius</i> (Linneus). Inform.Fitopatol.; 32, 31-34.	<i>Sitophilus granarius</i>
303	Howe RW; Hole BD, 1966: The susceptibility of the developmental stages of <i>Sitophilus granarius</i> (L.) (Coleoptera: Curculionidae) to methyl bromide. J.Stored Prod.Res.; 2, 13-26.	<i>Sitophilus granarius</i>
304	Schacher A; Knülle W, 1980: Mortalität des Kornkäfers, <i>Sitophilus granarius</i> , bei Begasung mit Methylbromid in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchte - [Mortality of the granary weevil <i>Sitophilus granarius</i> after fumigation with methyl bromide depending on the relative humidity]. Anz. Schädlingsskde.Pflanzenschutz, Umweltschutz; 53, 166-169.	<i>Sitophilus granarius</i>
305	Starrat AN; Bond EJ, 1981: Metabolism of methyl bromide by susceptible and resistant strains of the granary weevil <i>Sitophilus granarius</i> (L.). Pesticide Biochemistry and Physiology; 15, 275-282.	<i>Sitophilus granarius</i>
306	Taskeen AliNiazee M; Lindgren DL, 1969: Effect of carbon dioxide on toxicity of hydrocyanic acid and methyl bromide to adults of the confused flour beetle and granary weevil at two different temperatures. J.Econ.Entomol.; 62, 904-906.	<i>Sitophilus granarius</i>
307	Uptis E; Monro HAU; Bond EJ, 1973: Some aspects of inheritance of tolerance to methyl bromide by <i>Sitophilus granarius</i> (L.). J.Stored Prod.Res.; 9, 13-17.	<i>Sitophilus granarius</i>
309	Bansode PC; Bhatia SK, 1980: The susceptibility of a malathion-resistant strain of the rice weevil <i>Sitophilus oryzae</i> (L.) to seven fumigants. Bull.Grain Technol.; 18, 188-191.	<i>Sitophilus oryzae</i>
308	El-Nahal AKM; Barakat AA; El-Halafawy MA; Hassan HI, 1986: Susceptibility of the natural strains of <i>Sitophilus oryzae</i> (L.), <i>Sitophilus granarius</i> (L.), <i>Rhyzopertha dominica</i> (F.) and <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst) collected from the different governorates of Egypt to methyl bromide and phosphine. Bull.Entomol.Soc.Egypt Econ.Ser.; 14, 141-154.	<i>Sitophilus oryzae</i>
310	Krohne HE; Lindgren DL, 1958: Susceptibility of life stages of <i>Sitophilus oryzae</i> to various fumigants. J.Econ.Entomol.; 51, 157-158.	<i>Sitophilus oryzae</i>
311	Puzzi D; et al, 1966 : Estudos preliminares sobre o emprego da fosfina e brometo de metila no expurgo do caruncho - <i>Sitophilus oryzae</i> (L.), em milho ensacado - [Preliminary investigations into the use of phosphine and methyl bromide for the eradication of the weevil <i>Sitophilus oryzae</i> in bagged maize]. Biologico(Sao Paulo); 34, 179-183.	<i>Sitophilus oryzae</i>
312	Akiyama H; Tsukuda Y; Yasutomo J; Kawamoto N, 1980: The tolerance to methyl bromide of stored product insects; 1. The effects of temperature and exposure periods in tests with methyl bromide on <i>Tribolium confusum</i> Jacquelin du Val and <i>Sitophilus zeamais</i> Motshulsky. Res.Bull.Plant Protect.Serv.Japan; 16, 77-84.	<i>Sitophilus zeamais</i>
313	Vincent LE; Rust MK; Lindgren DL, 1980: Methyl bromide toxicity at various low temperatures and exposure periods to Angoumois grain moth and Indianmeal moth in popcorn. J.Econ.Entomol.; 73, 313-317.	<i>Sitotroga cerealella</i>
314	Richardson HH; Roth H, 1965: Methyl bromide, sulfuryl fluoride and other fumigants against quarantinable <i>Cochlicella</i> and <i>Theba</i> snails. J.Econ.Entomol.; 58, 690-693.	snails

## REICHMUTH - Gase

315	Banks HJ, 1986: Sorption and desorption of fumigants on grain : mathematical descriptions. In: Champ BR; Highley E, eds., Pesticides and Humid Tropical Grain Storage Systems, Proceedings of an International Seminar, Manila, Philippines, May 1985; ACIAR Proceedings No.14, 179-193.	sorption
316	El-Lakwah F, 1978: Sorption von Phosphorwasserstoff sowie eines Gemisches von Phosphorwasserstoff und Methylbromid durch Expeller und Extraktionsschrote - [Sorption of phosphine and a mixture of phosphine and methyl bromide in expeller and oil cakes]. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes; 30, 113-117.	sorption
317	El-Lakwah F, 1978: Untersuchungen über das Sorptionsverhalten verschiedener Expeller und Extraktionsschrote bei Methylbromidbegasung - [Investigation on the sorption of methyl bromide by various expeller and extracted by-products of oil-seeds]. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes; 30, 1-7.	sorption
318	Franz A; Reichmuth Ch; Wohlgemuth R, 1992: Brommethan und Bromidgehalte in Samenkernen nach Vorratsschutz-Begasungen und verschiedenen Verarbeitungsverfahren - [Residues of methyl bromide and bromide in fumigated seed kernels following different industrial processes]. Z Lebensm Unters Forsch; 194, 148-151.	sorption
319	Mori T; Oda T, 1961: Studies on the sorption of methyl bromide gas by grains and beans. [1] Wheat flour, wheat, soy bean and rice. Research Bulletin, Plant Protection Service; 1, 44-53	sorption
320	Unger W; Reichmuth Ch; Unger A; Detmers H-B, 1992: Zur Bekämpfung des echten Hausschwamms [ <i>Serpula lacrymans</i> (Wulf.: Fr.) Schroet.] in Kulturgütern mit Brommethan - [Control of <i>Serpula lacrymans</i> (Wulf.: Fr.) Schroet. in artefacts with methyl bromide]. Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung; 6, 244-259.	sorption
321	Winteringham FPW; Harrison A, 1946: The sorption of methyl bromide by wheat. Journal of the Society of Chemical Industry; 65, 140-149.	sorption
322	Powell DF, 1979: Combining methyl bromide fumigation with cold storage to eradicate <i>Spodoptera littoralis</i> on chrysanthemum cuttings. Plant Pathol.; 28, 178-180.	<i>Spodoptera littoralis</i>
323	Powell DF; Gostick KG, 1971: Control of <i>Spodoptera littoralis</i> (Boisd.), <i>Myzus persicae</i> (Sulz.) and <i>Tetranychus urticae</i> (Koch) by cold storage and fumigation. Bull Entomol. Res.; 61, 235-240.	<i>Spodoptera littoralis</i>
324	Dawson JC, 1985: Spot fumigation. In: Baur FJ, ed., Insect Management for Food Storage and Processing. St. Paul (USA); American Association of Cereal Chemists; 171-178;	spot fumigation
325	Dhaliwal GS, 1974: On the degree of susceptibility of two species of storage insects to different fumigants. Bull Grain Technol.; 12, 64-65.	storage insects
326	Ducom P, 1977: Nécessité d'une nouvelle conception du stockage pour les denrées alimentaires -[Necessity of a new concept of storing food]. Phytoma; 29, 12-14.	stored food
327	Srinath D; Gill JS, 1975: Pest infestation in stored mushroom. FAO Plant Protect Bull.; 23, 49-50.	stored mushroom
328	Munro JW, 1966: Pests of stored products. Hutchinson & Co., eds., LTD. UK.	stored products
329	Davis R; Harein PK, 1985: Fumigation of structures In: Baur FJ, ed., Insect Management for Food Storage and Processing. St. Paul (USA); American Association of Cereal Chemists; 161-170;	structures
330	Moffitt HR; Anthon EW; Smith LO, 1977: Western cherry fruit fly: fumigation with methyl bromide in harvested sweet cherries. J.Econ.Entomol.; 70, 617-618.	sweet cherries
331	Musgrave AJ; Monro HAU; Uptis E, 1965: Apparent elimination of symbiotes in successive generations of <i>Sitophilus</i> (Coleoptera) fumigated with methyl bromide. J.Invert.Pathol.; 7, 506-511.	symbiotes

## REICHMUTH - Gase

332	Bogs D, 1976: Zur Wirksamkeit von Methylbromid gegen Vorratsschädlinge bei niedrigen Temperaturen - [Efficacy of methyl bromide against storage pests at low temperatures]. Nachrichtenblatt Pflanzenschutz DDR.; 30, 221-222.	temperature, low
333	El-Lakwah F, 1977: Untersuchungen zur Wirkung von Methylbromid besonders bei niedrigen Temperaturen gegen Khaprakäfer-Larven ( <i>Trogoderma granarium</i> Everts) (Coleoptera: Dermestidae) - [Tests on the efficiency of methyl bromide especially at lower temperatures to control khapra beetle larvae ( <i>Trogoderma granarium</i> Everts), (Coleoptera: Dermestidae)]. Anzeiger für Schädlingkunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz; 50, 68-73.	temperature, low
334	Bond EJ, 1956: The effect of methyl bromide on the respiration of the cadelle, <i>Tenebroides mauritanicus</i> (L.). Canadian Journal of Zoology; 34, 405-415.	<i>Tenebroides mauritanicus</i>
335	Bond EJ; Monro HAU, 1961: The toxicity of various fumigants to the cadelle, <i>Tenebroides mauritanicus</i> . J.Econ.Entomol.; 54, 451-454.	<i>Tenebroides mauritanicus</i>
336	Detmers H-B, 1993: Empfindlichkeit der Entwicklungsstadien von <i>Prostephanus truncatus</i> (HORN) (Coleoptera: Bostrichidae) und <i>Teretriosoma nigrescens</i> Lewis (Coleoptera: Histeridae) gegenüber Methylbromid - [The susceptibility of the developmental stages of <i>Prostephanus truncatus</i> (HORN) (Coleoptera: Bostrichidae) and <i>Teretriosoma nigrescens</i> LEWIS (Coleoptera: Histeridae) to methyl bromide]. PhD Thesis, Technical University Berlin, 189 p.	<i>Teretriosoma nigrescens</i>
337	Stout OO, 1975: Plant quarantine technical training; methyl bromide as a fumigant for plant quarantine use in Thailand. Plant Protect.Serv.Tech Bull. (Bangkok); 32, 1-33.	Thailand
338	Sukprakarn C, 1985: Pest problems and the use of pesticides in grain storage in Thailand. - . In: Champ BR; Highley E, eds., Pesticides and Humid Tropical Grain Storage Systems, Proceedings of an International Seminar, Manila, Philippines, May 1985; ACIAR Proceedings No.14, 31-35.	Thailand
339	Hill TV, 1977: Fumigation of tobacco in polyethylene lined cases with methyl bromide. Pesticide Sci.; 8, 625-630.	tobacco
340	Ozeren HM, 1982: Les pertes enregistrées après récolte, en Turquie, pour les produits: figues, noisettes, tabac, légumineuses et céréales dans les différentes conditions d'entreposage et mesures prises - [Post harvest losses of figs, nuts, tobacco, legumes and cereals in Turkey under different storage conditions and control measures]. Cah.Rech Agron.; 39, 131-141.	tobacco
341	Anonymus, 1970: Il tarlo del tabacco [The tobacco beetle]. Inform.Fitopatol.; 5, 10-11.	tobacco beetle
342	Monro HAU; Musgrave AJ; Uptis E, 1961: Induced tolerance of stored products beetles to methyl bromide. Ann.Appl.Biol.; 49, 373-377.	tolerance
343	Uptis E; Monro HAU; Bond EJ, 1973: Some aspects of inheritance of tolerance to methyl bromide by <i>Sitophilus granarius</i> (L.). J.Stored Prod.Res.; 9, 13-17.	tolerance
344	Beard RL, 1949: Time of evaluation and the dosage-respose curve. J.Econ.Entomol.; 42 579-585.	toxicity
345	Bliss CI, 1940: The relation between exposure time, concentration and toxicity in experiments on insecticides. Annals of the Entomological Society of America; 33, 721-766.	toxicity
346	Hubbs AF, 1986 The subchronic effects of aral methyl bromide administration in the rat. Master thesis to the faculty of Purdue University, USA.	toxicity
347	Lindgren DL; Vincent LE; Krohne HE, 1954: Relative effectiveness of ten fumigants to adults of eight species of stored-product insects. J.Econ.Entomol.; 47, 923-926.	toxicity



## REICHMUTH - Gase

348	Reuzel PGJ; Kuper CF; Dreef van der Meulen HC; Hollanders VMH, 1987: Chronic (29-month) inhalation toxicity and carcinogenicity study of methyl bromide in rats. Netherlands Organization for Applied Scientific Research (TNO); Report No. V86 469/221044, 31p.	toxicity
349	Bell CH; Mills KA, 1983: Special factors affecting the toxicity of fumigants to insects. Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Allgemeine und Angewandte Entomologie; 4, 120-122.	toxicity of fumigants
350	Listov MV; Nesterov VA, 1976: Ob ustojchivosti malykh khrushchakov k brommetilu. - [Resistance of <i>Tribolium</i> to methyl bromide]. Zashch. Rast. (Moskva); 21, 48.	<i>Tribolium</i>
351	Amin ME; Kamel AH; Ismail II; El-Nahal AKM, 1983: Effect of rearing <i>Tribolium castaneum</i> (Hbst.) on rice germ and rice bran on the susceptibility of its developmental stages to methyl bromide fumigation. Bull.Entomol.Soc.Egypt Econ.Ser.; 11, 57-63.	<i>Tribolium castaneum</i>
352	Atanasov Kh, 1976: Opredeľyane na letalnite normi chasogrami pri metilbromid, tsianovodorod i fosforovodorod za otdelnite stadii na pozhdivochervereniya brashnen brombar - [Determination of lethal doses and ct-products of hydrogen cyanide, methyl bromide and phosphine for each stage of <i>Tribolium castaneum</i> .] Rast.Zashtita (Sofiya); 31, 32-35.	<i>Tribolium castaneum</i>
353	Bennett RG, 1969: The influence of age and concentration of fumigant on the susceptibility of pupae of <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae) to methyl bromide. J.stored Prod.Res.; 5, 119-126.	<i>Tribolium castaneum</i>
354	Bond EJ; Morse PM, 1982: Joint action of methyl bromide and phosphine on <i>Tribolium castaneum</i> (HERBST) (Coleoptera: Tenebrionidae). J.Stored Prod.Res.; 18, 83-94.	<i>Tribolium castaneum</i>
355	El-Nahal AKM; Barakat AA; El-Halafawy MA; Hassan HI, 1986: Susceptibility of the natural strains of <i>Sitophilus oryzae</i> (L.), <i>Sitophilus granarius</i> (L.), <i>Rhyzopertha dominica</i> (F.) and <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst) collected from the different governorates of Egypt to methyl bromide and phosphine. Bull.Entomol.Soc.Egypt Econ.Ser.; 14, 141-154.	<i>Tribolium castaneum</i>
356	Godden E; Howe RW, 1965: The susceptibility of the development stages of <i>Tribolium castaneum</i> to methyl bromide. Tribolium Inf.Bull.; 8, 1-76.	<i>Tribolium castaneum</i>
357	Lindgren DL; Vincent LE, 1965: The susceptibility of laboratory reared and field-collected cultures of <i>Tribolium confusum</i> and <i>T. castaneum</i> to ethylene dibromide, hydrocyanic acid, and methyl bromide. J.Econ.Entomol.; 58, 551-555.	<i>Tribolium castaneum</i>
358	Rajendran S, 1990: The toxicity of phosphine, methyl bromide, 1,1,1-trichloroethane and carbon dioxide alone and as mixtures to the pupae of red flour beetle, <i>Tribolium castaneum</i> Herbst. Pesticide Sci.; 29, 75-83.	<i>Tribolium castaneum</i>
359	Rajendran S, 1992: Selection for resistance to phosphine or methyl bromide in <i>Tribolium castaneum</i> (Coleoptera: Tenebrionidae). Bull.Entomol.Res.; 82, 119-124.	<i>Tribolium castaneum</i>
360	Rajendran S; Muthu M, 1989: The toxic action of phosphine in combination with some alkyl halide fumigants and carbon dioxide against the eggs of <i>Tribolium castaneum</i> Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae). J.Stored Prod.Res.; 25, 225-230.	<i>Tribolium castaneum</i>
361	Abdel-Salam KA; Nakhlah JM, 1987: Effect of combination treatments of gamma radiation and Methylbromide fumigation on the confused flour beetles <i>Tribolium confusum</i> Duv.. Insect Sci.Appl.; 8, 103-106.	<i>Tribolium confusum</i>

REICHMUTH - Gase

362	Akiyama H, Tsukuda Y, Yasutomo J, Kawamoto N, 1980: The tolerance to methyl bromide of stored product insects; 1. The effects of temperature and exposure periods in tests with methyl bromide on <i>Tribolium confusum</i> Jacquelin du Val and <i>Sitophilus zeamais</i> Motschulsky. Res.Bull.Plant Protect.Serv.Japan; 16, 77-84.	<i>Tribolium confusum</i>
363	El-Nahal AKM, El-Halfawy MA, 1973: The effects of sublethal doses of methyl bromide on the biology of the confused flour beetle, <i>Tribolium confusum</i> (Duv.) (Coleoptera: Tenebrionidae). Bull.Entomol.Soc.Egypt Econ.Ser.; 7, 123-132.	<i>Tribolium confusum</i>
364	Estes, PM, 1965: The effects of time and temperature on methyl bromide fumigation of adults of <i>Sitophilus granarius</i> and <i>Tribolium confusum</i> . J. Econ. Entomol., 58, 611-614.	<i>Tribolium confusum</i>
365	Lindgren DL, Vincent LE, 1965: The susceptibility of laboratory-reared and field-collected cultures of <i>Tribolium confusum</i> and <i>T. castaneum</i> to ethylene dibromide, hydrocyanic acid, and methyl bromide. J.Econ.Entomol.; 58, 551-555.	<i>Tribolium confusum</i>
366	Cogburn RR, Gillenwater HB, 1972: Interaction of gamma radiation and fumigation on confused flour beetles. J.Econ.Entomol.; 65, 245-248.	<i>Tribolium confusum</i>
367	Taskeen AliNiazee M, Lindgren DL, 1969: Effect of carbon dioxide on toxicity of hydrocyanic acid and methyl bromide to adults of the confused flour beetle and granary weevil at two different temperatures. J.Econ.Entomol.; 62, 904-906.	<i>Tribolium confusum</i>
368	Bell CH, Hole BD, Wilson SM, 1985: Fumigant doses for the control of <i>Trogoderma granarium</i> . EPPO Bull.; 15, 9-14.	<i>Trogoderma granarium</i>
369	El-Lakwah F, 1977: Einfluß der relativen Feuchte auf die Wirkung von Methylbromid bei Khaprakäferlarven ( <i>Trogoderma granarium</i> Everts) (Coleoptera: Dermestidae) - [The influence of relative humidity on the efficiency of methyl bromide to Khapra Beetle larvae ( <i>Trogoderma granarium</i> Everts) (Coleoptera: Dermestidae)]. Anzeiger für Schädlingskunde,Pflanzenschutz,Umweltschutz; 50, 81-83.	<i>Trogoderma granarium</i>
370	El-Lakwah F, 1977: Untersuchungen zur Widerstandsfähigkeit von Khaprakäfern ( <i>Trogoderma granarium</i> Everts) gegen Methylbromid bei niedriger Temperatur in Abhängigkeit von Konzentration, Nachbehandlungsart und Entwicklungsstadium. - [Investigations on the tolerance of Khapra Beetle ( <i>Trogoderma granarium</i> Everts) to methyl bromide at low temperature in relation to concentration, type of post-treatment and stage of development]. Anzeiger für Schädlingskunde,Pflanzenschutz,Umweltschutz; 50, 118-122.	<i>Trogoderma granarium</i>
371	El-Lakwah F, 1977: Untersuchungen zur Wirkung von Methylbromid besonders bei niedrigen Temperaturen gegen Khaprakäfer-Larven ( <i>Trogoderma granarium</i> Everts) (Coleoptera: Dermestidae) - [Tests on the efficiency of methyl bromide especially at lower temperatures to control khapra beetle larvae ( <i>Trogoderma granarium</i> Everts), (Coleoptera: Dermestidae)]. Anzeiger für Schädlingskunde,-Pflanzenschutz, Umweltschutz; 50, 68-73.	<i>Trogoderma granarium</i>
372	El-Lakwah F, 1978: Einfluß der Nahrung auf die Vermehrung des Khaprakäfers ( <i>Trogoderma granarium</i> Everts) und die Empfindlichkeit der Larven gegen hochgiftige Gase. - [Effect of nutrition on the reproduction of Khapra beetle ( <i>Trogoderma granarium</i> Everts) and the susceptibility of larvae to high poisonous gases]. Anzeiger für Schädlingskunde,Pflanzenschutz,Umweltschutz; 51, 148-151.	<i>Trogoderma granarium</i>
373	Wohlgemuth R, Drosihn J, El-Lakwah F, 1976: Versuche zur Begasung unter Quarantäne liegender geschütteter Expeller in Schuten gegen Khaprakäfer ( <i>Trogoderma granarium</i> Ev.) - [Tests for fumigation of bulk expeller in barges against Khapra-beetle ( <i>Trogoderma granarium</i> Ev.)]. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft; 173, 1-29.	<i>Trogoderma granarium</i>

REICHMUTH - Gase

374	Zungoli P, 1984: The khapra beetle, serious destroyer of stored grain. Pest Control; 52, 66.	<i>Trogoderma granarium</i>
375	Vincent LE, Lindgren DL, 1975: Toxicity of phosphine and methyl bromide at various temperatures and exposure periods to the four metamorphic stages of <i>Trogoderma variabile</i> . J.Econ.Entomol.; 68, 53-56.	<i>Trogoderma variabile</i>
376	Barker PS, 1967: Susceptibility of eggs of <i>Tyrophagus putrescentiae</i> (Schrank) (Acarina: Acaridae) to methyl bromide. J.Stored Prod.Res.; 2, 247-249.	<i>Tyrophagus putrescentiae</i>
377	Abe Y, Kawakami F, 1980: Studies on the fumigation of vegetable insect pests and fresh fruit and vegetables. Res.Bull.Plant Protect.Serv.-Japan; 16, 11-25.	vegetable
378	Carmi Y, 1971-1972: Fumigation of dehydrated vegetables at "DECO" plant. Progr.Rept.Min.Agr.Agr.Res.Org.Inst.Technol.Storage Agr.Prod. Tel Aviv 1972; 11, 12-13.	vegetable, dehydrated
379	Carmi Y, Calderon M, (1968-69): Control of warehouse moths in the upper layer of wheat in storage bins. Progr.Rept.,Min.Agr.,Dept.Plant Protect. Stored Prod.Res.Lab.,Tel Aviv, 41-42 and 105-111.	warehouse moths
380	Schmidt HU, Gräbner H, 1992: Aus der Vorratsschutz-Arbeit des Pflanzenschutzamtes Berlin. Tierische Schädlinge in Nahrungs- und Genußmitteln der Großlagerhaltung und Bekämpfungsmaßnahmen in den Jahren 1980-1986 -[Stored product protection activities of the Berlin Plant Protection Office. Animal pests in foodstuffs in warehouses and control measures in the years 1980-1986]. Anzeiger für Schädlingskunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz, 65, 110-113.	warehouses
381	Moffitt HR, Anthon EW, Smith LO, 1977: Western cherry fruit fly. fumigation with methyl bromide in harvested sweet cherries. J.Econ.Entomol.; 70, 617-618.	Western cherry fruit fly
382	Moffitt HR, Fountain JB, Hartsell PL, Albano DJ, 1983: Western cherry fruit fly (Diptera: Tephritidae): fumigation with methyl bromide at selected fruit temperatures. J.Econ.Entomol.; 76, 135-138.	Western cherry fruit fly
383	Fehn LM, 1970: Metodos de tratamento para conservacao do trigo armazenado [Methods for use of insecticides in stored wheat]. Pesquisa Agropecuar.Brasil.Ser.Agron., 265-313.	wheat
384	Strong RG, Lindgren DL, 1959: Effect of methyl bromide and hydrocyanic acid fumigation on the germination of wheat seed. J.Econ.Entomol.; 52, 51-60.	wheat seed
385	Wainman HE, Heseltine HK, Taylor RW, 1973: The fumigation of white sugar in packets with methyl bromide. J.Stored Prod.Res.; 9, 71-76.	white sugar in packets
386	Hanula JL, Berisford CW, 1982: Methyl bromide fumigation destroys broods of the smaller European elm bark beetle (Coleoptera: Scolytidae) in elm logs. J.Econ.Entomol.; 75, 688-690.	wood beetles

2) Tabelle 5: Literatur zu Phosphin

Nr.	Autor(en)	Titel	Quelle	Jahr	Band	Seiten
387	ACKER L. BARKE E. HAPKE H.-J. HEESCHEN W. KORANKSKY W. OCKER H.-D.	Bewertung von Rückständen in Getreide [Evaluation of residues in cereals]	Mitt.Komm.Prüf. Rückständen Lebensm.	1980	8	
388	AGARWAL R.M.	Residues of aluminium phosphide in stored foodgrains	Bull.Grain Technol.	1988	26	71-80
389	AGRAWAL R.M.	Studies on the residues of phosphine in stored food grains	Bull.Grain Technol.	1987	25	218-230
390	AHMAD M.	Effect of phosphine fumigation on the germination of edible legume seeds	J.stored Prod.Res.	1976	12	211-212
391	AL-HAKKAK Z.S.	Mutagenicity of Phosphine gas in <i>Drosophila melanogaster</i>	J.Biol.Sci.Res.	1988	19	739-745
392	AL-HAKKAK Z.S. MURAD A.M.B. HUSSAIN A.F.	Phosphine-induced sterility in <i>Ephestia cautella</i> (Lepidoptera: Pyralidae)	J.stored Prod.Res.	1985	21	119-121
393	ALAM M.S. ALI S. AHMED H. CHAUDHRY M.QU.	Phosphine fumigation of bagged wheat & rice	Pest Management Research Institute	1984	1	32
394	ANNIS P.C. GRAVER J. VAN S.	Use of carbon dioxide and sealed storage to control insects in bagged grain and similar commodities.	ACIAR Proc.	1985	14	313-321
395	ANONYM	Loss of warning odour from phosphine	J.stored Prod.Res.	1967	3	389-392
396	ANONYM	Toxicity of phosphine to moths and beetles	Inf.Res.	1968		8 S.
397	ANONYM	Verfahren zum Entgiften von phosphidhaltigen Schädlingsbekämpfungsmitteln	Deutsches Patentamt: Offenlegungsschrift 26 48 335	1978		9
398	ANONYM.	Working paper on residue tolerances of hydrogen phosphide as derived from aluminium phosphide in grain and grain products	Codex Committee on Pesticide Residues; 1.Sess. The Hague	1966	13	
399	ARCOZZI L. GRANDI L.	La conservazione dei cereali [Storage of cereals]	Inform.Fitopatol.	1990	40	29-31
400	ARDLEY J.H.	Comparison of two phosphine gas-releasing products for fumigation of infested bulk wheat	Int.Pest Control	1975		10, 12, 13
401	AWASTHI M.D. MISRA S.S. VERMA S. HANDA S.K. DEWAN R.S.	Phosphine residues from celphos fumigated wheat grains var. Kalyan Sona	Bull.Grain Technol.	1971	9	36-39
402	BAKHEIT B.R. ABDOU R.F. ABDALLA F.H.	Germination seedling vigour and induction of chromosomal aberrations in wheat grains fumigated with phosphine	Seed Sci.&Technol.	1985	13	725-739

## REICHMUTH - Gase

Nr.	Autor(en)	Titel	Quelle	Jahr	Band	Seiten
403	BANKS H.J.	A continuous cumulative procedures for analysis of phosphine	J.stored Prod.Res.	1987	23	213-221
405	BANKS H.J. STICKA R.	Phosphine fumigation of PVC-covered earth walled bulk grain storages: Full scale trials using a surface application technique	Div. of Entomology Technical Paper CSIRO Melbourne	1981	18	45 S.
406	BARKER P.S.	Hydrogen phosphide concentration gradients in wheat	The Manitoba Entomologist	1974	8	85-9
407	BEAN J.R. WHITE R.E.	Unheated external column and inlet modification of a gas chromatograph for phosphine determinations	Analytical Chemistry	1977	49	1468-1469
408	BELL C.H.	The efficiency of phosphine against diapausing larvae of <i>Ephestia elutella</i> (Lepidoptera) over a wide range of concentrations and exposure times	J.stored Prod.Res.	1979	15	53-8
409	BELL C.H.	The tolerance of developmental stages of four stored product moths to phosphine	J.stored Prod.Res.	1976	12	77-86
410	BELL C.H.	The tolerance to phosphine of developmental stages of four pyralid moth pests of stored products	J.stored Prod.Res.	1975		11-14
411	BELL C.H.	Time concentration and temperature relationships for phosphine activity in tests on diapausing larvae of <i>Ephestia elutella</i> (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae)	Pestic.Sci.	1992	35	255-264
412	BELL C.H. GLANVILLE V.	The effect of concentration and exposure in tests with methyl bromide and with phosphine on diapausing larvae of <i>Ephestia elutella</i> (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae)	J.stored Prod.Res.	1973	9	165-170
413	BELL C.H. HOLE B.D. EVANS P.H.	The occurrence of resistance to Phosphine in adult and egg stages of strains of <i>Rhizopertha dominica</i> (F) (Coleoptera: Bostrichidae)	J.stored Prod.Res.	1977	13	91-94
414	BOGS D.	Zur Wirksamkeit von Phosphorwasserstoff gegen Vorrats-schädlinge bei niedrigen Temperaturen	Amt für Pflanzenschutz und -quarantäne (DDR)	1972		225-227
416	BOGS D. BRAASCH H.	Untersuchung zur Bekämpfung von Nematoden in Maiblumenkernen mit PH <sub>3</sub>	Nachrichtenblatt - Pflanzenschutz DDR	1974	28	223-5
417	BOLTER C.J. CHEFURKA W.	The effect of phosphine treatment on superoxide dismutase, catalase and peroxidase in the granary weevil <i>Sitophilus granarius</i>	Pest. Biochem.and Physiology	1990		52-60

## REICHMUTH - Gase

Nr.	Autor(en)	Titel	Quelle	Jahr	Band	Seiten
418	BOND E. J.	Investigations and adverse properties of the fumigants methyl bromide and phosphine. 1. Residues of methyl bromide in fumigated commodities	Proc. 4 <sup>th</sup> Intern. Working Conf. Stored-Prod. Protect., 21-26 September, Tel Aviv, Israel, E. Donahaye and S. Navarro (eds.), Maor-Wallach Press, Caspit, Jerusalem, 668 S.	1987	4	327-334
419	BOND E. J.	Sorption of tritiated Phosphine by various stages of <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst)	J. stored Prod. Res.	1980		27-31
420	BOND E. J.	The action of fumigants on insects: IV. The effects of oxygen on the toxicity of fumigants to insects	Can. J. Biochem. Physiol.	1963		993-1004
421	BOND E. J.	The action of fumigants on insects: I. The uptake of hydrogen cyanide by <i>Sitophilus granarius</i> (L.) during fumigation	Can. J. Zool.	1961		427-436
422	BOND E. J.	The action of fumigants on insects: II. The effect of hydrogen cyanide on the activity and respiration of certain insects	Can. J. Zool.	1961	39	437-444
423	BOND E. J.	The action of fumigants on insects: III. The rate of hydrogen cyanide in <i>Sitophilus granarius</i> (L.)	Can. J. Biochem. Physiol.	1961	39	1793-1802
425	BOND E. J.	Toxicity of mixture of methyl bromide and phosphine to insects	J. Econ. Entomol.	1978	71	341-342
426	BOND E. J.	Transfer of labeled gases from breakseal tubes to reaction vessels or storage reservoirs	J. Econ. Entomol.	1978	71	843
427	BOND E. J. MORSE P. M.	Joint action of methyl bromide and phosphine on <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae)	J. stored Prod. Res.	1982	18	83-94
428	BOND E. J. CALL F.	Apparatus for treating insects with radioactive fumigants	J. Econ. Entomol.	1961	54	808-809
429	BOND E. J. DUMAS T. HOBBS S.	Corrosion of metals by the fumigant phosphine	J. stored Prod. Res.	1984	20	57-63
430	BOND E. J. MONRO H. A. U. BUCKLAND C. T.	The influence of oxygen on the toxicity of fumigants to <i>Sitophilus granarius</i> (L.)	J. stored Prod. Res.	1967		289-294
431	BOND E. J. ROBINSON J. R. BUCKLAND C. T.	The toxic action of phosphine: absorption and symptoms of poisoning in insects	J. stored Prod. Res.	1969	5	289-298
432	BOND E. J. UPITIS E.	Response of three insects to sublethal doses of phosphine	J. stored Prod. Res.	1973	8	307-313

## REICHMUTH - Gase

433	BOND, E.J. SELLEN, R.A. DUMAS, T.	Control of insects with phosphine in open-ended bin spouts	J.Econ.Entomol.	1977	70	22-25
434	BOND, E.J. DUMAS, T.	Loss of warning odour from phosphine	J.stored Prod.Res.	1967	3	389-392
435	BREYER D.	Untersuchungen der Phosphorwasserstoffrückstände in Getreide nach der Behandlung mit pulverförmigen Begasungs-Präparaten	Mühle + Mischfuttertech.	1973	110	699-700
436	BREYER D. HERTEL W.	Zur Verwendung von Magnesiumphosphid Tabletten bei der Silobegasung von Weizen mit Phosphorwasserstoff	Mühle + Mischfuttertech.	1975	113	224-226
437	BRUCE R.B. ROBBINS A.J. TUFT T.O.	Phosphine residues from phoxtoxin-treated grain	Agriculture and Food Chemistry	1962	10	18-21
438	CANGARDEL H. FLEURAT-LESSARD F.	Essais de fumigation des stocks de prunex d'Agen bromure de méthyle (CH <sub>3</sub> Br) et phosphure d'hydrogène (PH <sub>3</sub> ) [Tests with fumigation of prune stocks with methyl bromide and phosphine]	EPPO Bull.	1976	6	399-411
439	CARMI Y. GOLANI Y. FRANDJI H.	Fumigation of a silo bin with a mixture of magnesium phosphide and carbon dioxide by surface application	Proceedings of the 5 <sup>th</sup> Int. Work. Conf. St.-Prod Prot., Bordeaux, France, Sept. 9- 14, 1990, Fleurat- Lessard F. and Ducom P., (eds.), Imprimerie Médocaine, Blanquefort Cedex, France, 2066 pp.	1991	3	767-774
441	CHAKRABARTI B. WAINMAN H.B.	Determination by gas chromatography of phosphine used in fumigation	Chemistry and Industry	1972		300-2
442	CHAUDHRY M.Q. PRICE N.R.	A spectrial study of the biochemical reactions of phosphine with various haemproteins	Pest.Biochem. Physiol.	1990	36	14-21
443	CHEFURKA W. KASHI K.P. BOND E.J.	The effect of phosphine on electron transport in mitochondria	Guide Biochemistry and Physiology	1976	6	65-84
444	CHILDS D.P. OVERBY J.E.	Permeability of coated fiberboard panels plywood sheets polyurethane foam and plastic coating to phosphine	Tobacco Science	1084	28	14-15
445	CHOI M.Y. LEE M.L. CHOI K.S.	Effects of controlling <i>Plodia interpunctella</i> in stored pollen with aluminium phosphide and its residues	Korean Journal of Agriculture	1991	6	8-10
446	COGBURN R.R.	Detia Ex-B for phosphine fumigation in sacked milled rice	J.Econ.Entomol.	1974	67	436-438

## REICHMUTH - Gase

447	CORNES M.A. HALLIDAY D.	A preliminary evaluation of phostoxin as a fumigant for cocoa beans	Technical report no.2, Nigerian Stored Prod.Res.Inst. Ann. Rept.	1965	2	25-29
448	CRUICE, W.J.	Entzündbarkeit von Phosphin in Luft. [Flammability of phosphine in air]	HRC (Hazards Research Corporation) Bericht 5069 für Degesch America, In. Weyers Cave, Virginia	1982		6 S.
449	DAFT J.	Fumigants and related chemicals in food: review of residue findings, contamination sources and analytical methods	Science of the total env.	1991	100	501
450	DAUGHTON C.G. CROSBY D.G. GARNAS R.L. HSIEH D.P.H.	Analysis of phosphorus-containing hydrolytic products of organophosphorus insecticides in water	J.Agric.Food Chem.	1976	24	236-241
451	DELICIA/ DETIA	Versuche zur Feststellung der Handhabungs- Feuer- und Explosionssicherheit des Delitia-Kornkäferbegasungsverfahrens	Chemische Fabrik Delitia	1980		7 S.
452	DESMARCHELIER J.M.	Behavior of pesticides residues on stored grain	ACIAR Proceedings of an International Seminar on Pesticides and Humid Tropical Grain Storage Systems; Manila (Philippines); 27-30 May 1985; Australian Centre for International Agricultural Research ASEAN Food Handling Bureau Kuala Lumpur (Malaysia) Philippinen	1986		151-156
453	DESMARCHELIER J.M.	Effect of carbon dioxide on the efficacy of phosphine against different stored product insects.	Mitt. Biol. Bundesanst. Land-Forstwirtsch.	1984	220	55 S.
454	DESMARCHELIER J.M. FUKUTO T.R.	Reaktion of trialkyl phosphites with haloamides	J.of Organic Chemistry	1972	37	4218-20
455	DESMARCHELIER J.M. WOHLGEMUTH R.	Response of several species of insects to mixtures of phosphine and carbon dioxide	Controlled Atmosphere and Fumigation in Grain Storages. Proceedings of an International Symposium on „Practical	1984	5	75-81



REICHMUTH - Gase

			Aspects of Controlled Atmosphere and Fumigation in Grain Stores", B. E. Ripp (ed.), Perth, Western Australia, 11-22 April 1983, Developments in Agricultural Engineering			
456	DETIA	Analysenmethode zur Bestimmung von Aluminiumphosphid				2 S.
457	DETIA	jodometrische Phosphin-Analyse		1967		3 S.
458	DHALIWAL G. S.	Metabolism of fumigants	Bull. Grain Technol.	1974	12	132-138
459	DHALIWAL G. S.	Recent advances in the methodology of phosphine analysis	Bull. Grain Technol.	1973	11	214-19
460	DHALIWAL G. S. LAL R.	Studies on the behaviour sorption and residues of phosphine in fumigated commodities	Bull. Grain Technol.	1974	12	14-24
461	DICKSON	Fumigant piping system for hydrogen phosphide in commodities	Pest Control	1980		54
462	DISNEY R.W. FOWLER K.S.	Phosphorus-32-labelled phosphine in the determination of fumigation residues in grain	In: Pesticide Chemistry. Fate of Pesticides in the Environment Proceedings of Second International IUPAC Congress. Tahori A.S. (ed.), New York (USA); Gordon et Breach	1972		423-425
463	DISNEY R.W. FOWLER K.S.	The possibility of isotope exchange or other interfering reactions occurring during the determination of residues from fumigation with P-labelled phosphine	Radiotracer Studies of Chemical Residues in Food and Agriculture	1971		2 S.
464	DISNEY R.W. FOWLER K.S.	Residues in cereals exposed to hydrogen phosphide	Radiotracer studies of chemical residues in food and agriculture	1972		99-101
465	DISNEY R.W. FOWLER K.S.	The possibility of isotope exchange or other interfering reaction occurring during the determination of residues of from fumigation with P-labelled phosphine	Radiotracer Studies of Chemical Residues in Food and Agriculture	1972		87-88

## REICHMUTH - Gase

466	DUMAS T.	Phosphine sorption and desorption by stored wheat and corn	J.Agr.Food Chem.	1980	28	337-339
467	DUMAS T.	Modified gas chromatographic determination of phosphine	J.Ass.Off.Anal. Chem.	1978	61	5-9
468	DUMAS T.	Determination of phosphine in air by gas chromatography	J.Agr.Food Chem.	1964	12	257-258
469	DUMAS T.	Microdetermination of phosphine in air by gas chromatography	J.Agr.Food Chem.	1969	17	1164-5
470	DUMAS T. BOND E. J.	Separation of phosphine from odour-producing impurities	J.stored Prod.Res.	1974	10	67-68
472	EL-LAKWAH F.	Sorption von Phosphorwasserstoff sowie eines Gemisches von Phosphorwasserstoff und Methylbromid durch Expeller und Extraktionschrote	Nachrichtenbl. De ut. Pflanzenschutzd.	1978	30	113-117
473	EL-LAKWAH F. WOHLGEMUTH R. KHATTAB M. M.	Efficiency of phosphine and combinations of phosphine with carbon dioxide against Khapra Beetle larvae <i>Trogoderma granarium</i> Everts (Col.; Dermestidae)	Anz. Schadlingskde. Pflanzenschutz Umweltschutz	1989		85-88
474	EL-LAKWAH F. ABDEL-GAWAAD A. MEUSER F. WOHLGEMUTH R. DARWISH A.	Efficiency of phosphine alone and in mixtures with carbon dioxide against the adults of <i>Tribolium castaneum</i> and <i>Sitophilus oryzae</i>	Egypt.J.Appl.Sci.	1989	4	527-545
475	EL-LAKWAH F. MEUSER F. ABDEL-GAWAAD A. WOHLGEMUTH R. DARWISH A.	Efficiency of phosphine alone and in mixtures with carbon dioxide against Angoumois Grain Moth <i>Sitotroga cerealella</i> (Olivier); (Gelechiidae; Lepidoptera)	Z.Pflanzenkrankh. Pflanzensch.	1991	98	92-102
476	EL-LAKWAH F. REICHMUTH CH. KHATTAB M. M. DARWISH A.	Sorption of phosphine by larvae and pupae of <i>Sitotroga cerealella</i> (Olivier); Lepidoptera; Gelechiidae	Egypt.J.Appl.Sci.	1989	4	1-21
478	EL-LAKWAH F. E. MEUSER F. ABDEL-GAWAAD A. WOHLGEMUTH R. DARWISH A.	Efficiency of phosphine alone and in mixtures with carbon dioxide against Angoumois Grain Moth <i>Sitotroga cerealella</i> (Olivier); (Gelechiidae; Lepidoptera)	Z.Pflanzenkrankh. Pflanzensch.	1991	98	92-102
479	ELMORE J. W. ROTH F. J.	Analysis and stability of zinc phosphide	Assoc.Off.Agric. Chem.	1943	26	559-564
480	EPA	Guidance for the reregistration of pesticide products containing Aluminium Phosphide	Environmental Prot. Agency Off. of Pesticide Progr. Washington	1986		94 S.
481	EPA	Pesticide Fact Sheet: Aluminium Phosphide	Environmental Prot. Agency Off. of Pesticide Progr. Washington	1986	69	2 S.

## REICHMUTH - Gase

482	EPA	Pesticide Fact Sheet: Magnesium Phosphide	Environmental Prot. Agency Off. of Pesticide Progr. Washington	1986	66	2 S.
484	FACHMANN I. GOKHALE M.S.	Aluminium phosphide "phos-fume" - a versatile fumigant	Pesticides	1972	6	22-23 29
485	FISKE C.H. SUBRAROW Y.	The colorimetric determination of phosphorus	J. Biological Chemistry	1925	66	375-400
486	FLUCK E.	The chemistry of phosphine	Fortschritte in der chemischen Forschung, Springer-Verlag	1973	35	64 S.
487	FLUCK E. NOVIBILSKY V.	Die Chemie des Phosphins	Fortschritte der chemischen Technik	1969	13	125-166
488	FOWLER K.S. DISNEY R.W.	Residues in cereals exposed to hydrogen phosphide.	Isotope Tracer studies of Chemical Residues in Food and Agr. Env.	1974		21-23
489	FRANK R. RIPPEN G	Verhalten von Phosphin in der Atmosphäre	DEITIA	1986		9 S.
491	FREYBERG W.	Bestimmung von Phosphorwasserstoff in Lebensmitteln	Delitia			3 S.
492	FRIEMEL W.	The fumigation of warehouses with magnesium phosphide pellets (Detiaphos)	Intern. Congr. Entomol. (Hamburg)	1984	17	632
493	FUJIWARA K. KANCHI T. TSUMURA S. KUMAMARU T.	Phosphine-ozone gas-phase chemiluminescence for determination of phosphate	Anal. Chem.	1989	61	2699-2703
494	GARRY V.F. GRIFFITH J. DANZL T.J. NELSON R.L. WHORTON E.B. KRUEGER L.A. CERVENKA J.	Human genotoxicity: Pesticide applicators and phosphine	Science	1989	246	251-255
495	GASSMANN G.	Phosphin in Sedimenten der Elbe und der deutschen Bucht	Pressenotiz	1988		4 S.
496	GASSMANN G. GLINDEMANN D.	Phosphan (Phosphin) in der Biosphäre	Angew. Chem.	1993	105	749-751
497	GASSMANN G. DAHLKE S.	Flame-photometric detection of nitrous oxide in addition to phosphine	J. Chromatography	1992		313-315
498	GASSMANN G. SCHORN F.	Phosphine from harbor surface sediments	Naturwissenschaften	1993	80	78-80
499	GILLENWATER H.B. REDLINGER L.M. ZETTLER J.L. DAVIS R. MCDONALD L.L. ZEHNER J.M.	Phosphine fumigation of corn in-transit on a bulk-dry cargo ship	Journal of the Georgia Entomological Society	1981	16	462-475

## REICHMUTH - Gase

500	GOEDICKE H.-J. DRECHSLER H. THIEM H.	Rückstandstoxikologische Untersuchungen auf Phosphin-Rückstände in Roggen nach Anwendung von Delicia-Gastoxin [Toxicological examination for phosphine residues in rye after treatment with Delicia-Gastoxin]	Nachrichtenbl. Pflanzensch.DDR	1980	34	208-211
501	GREEN A.R.SHELDON S.BANKS H.J.	The flammability limit of pure phosphine-air mixtures at atmospheric pressure	Controlled Atmosphere and Fumigation in Grain Storages. Proceedings of an International Symposium on „Practical Aspects of Controlled Atmosphere and Fumigation in Grain Stores“, B.E.Ripp (ed.), Perth, Western Australia, 11-22 April 1983, Development in Agricultural Engineering	1984	5	433-449
502	GREENFIELD S. MOULE H.A. PERRY R.	The conductimetric determination of microgram amounts of phosphine in air	Analyst	1966	91	10-14
503	GREGOR H.E.	Phosphine fumigation for control of pink bollworm in planting cottonseed stored in shipping bags	Phostoxin Techn. Conf. L.A.	1969		3 S.
504	GREGOR H.E. WHITE G.D.	Effect of phosphine against the pink bollworm in bagged cottonseed	Marketing Res. Report U.S.Dept. of Agriculture	1971	913	9 S.
505	GUEVENER A. AHMET F.I.Y.	Phostoxin'le ilaclı bazi hububat cesitleri ve findıklarda fosphin bakiyelerinin arastirilmesi [Investigation of phosphine residues in cereals and hazelnuts after fumigation with phostoxin tablets]	Bitki Koruma Buelteni	1970	10	242-250
506	HALMAN M.	Analytical chemistry of phosphorus compounds	CSIRO	1973		49-59 790-1
508	HASHEM M. Y. REICHMUTH CH.	The efficiency of phosphine against eggs of lesser grain borer <i>Rhyzopertha dominica</i> (Fab.) and larger grain borer <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae)	Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.	1989	10	159-163
509	HAZLETON L.W.	The arrival of phostoxin	Pest Control	1968	36	26,30,32, 34,36
510	HEMPTINNE M. DELFOSE J.-M.	Spectre Raman de la phosphine et de l'arsine légères et lourdes	Ann.Soc.sci. Bruxelles	1936	56	373-382
511	HESELTINE H.K.	A guide to fumigation with phosphine in the tropics	Trop.Stored Prod.Inform.	1973	24	25-36

REICHMUTH - Gase

512	HIGHLAND H.A. LEESCH J.G. CLINE L.D. ZEHNER J.M.	Phosphine fumigation of thick-film polyethylene food bags and laminated film food packets	J.Econ.Entomol.	1984	77	1041-1045
513	HOBBS S.K. BOND E.J.	Response of <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst)-(Coleoptera:-Tenebrionidae) to sublethal treatments with phosphine	J.stored Prod.Res.	1989	25	137-146
514	HOFFMANN J.M.	v2 and v4 bands in the infrared spectrum of phosphine	Zeitschrift für Elektrochemie	1960	64	606-616
515	HOFFMANN J.M. NIELSEN H.H. RAO K.N.	K-Type doubling in phosphine	J.Chem.Phys.	1960	32	1597-1598
516	HOLE B.D.	Variation in tolerance of seven species of stored product Coleoptera to methyl bromide and phosphine in strains from twenty-nine countries	Bull.Ent.Res.	1981	71	299-306
517	HOLE B.D. BELL C.H. MILLS K.A. GOODSHIP G.	The toxicity of phosphine to all development stages of thirteen species of stored product beetles	J.stored Prod.Res.	1976	12	235-244
518	HOWE R.W.	Problems in the laboratory investigation of the toxicity of phosphine to stored product insects	J.stored Prod.Res.	1974	10	167-181
519	HOWE R.W.	Problems in the laboratory investigation of the toxicity of phosphine to stored products insects	J.stored Prod.Res.	1974	10	167-181
520	HOWE R.W.	The estimation of developmental time by probit analysis	J.stored Prod.Res.	1975	11	121-122
521	HOWE R.W.	The susceptibility of the immature and adult stages of <i>Sitophilus granarius</i> to phosphine	J.stored Prod.Res.	1973	8	241-262
522	ILIC, B.K.	Erfahrungen über den Einsatz des Phosphorwasserstoffpräparates Phostoxin in Jugoslawien	Anz. Schädlingsskde	1967	40	97-103
523	JAY E.	In-transit fumigation of truck-ship containers with hydrogen phosphide.-A feasibility study	Agri.Res.Serv. Advances in Agricultural Technology U.S.Dep. of Agr.	1983		13 S.
524	KASHI K.P.	Present knowledge on the mode of action of phosphine	Australian Stored Grain Pest Control Conference, Melbourne	1981		27-31
525	KASHI K.P. BOND E.J.	The toxic action of phosphine: Role of carbon dioxide on the toxicity of phosphine to <i>Sitophilus granarius</i> (L) and <i>Tribolium confusum</i> J. Du Val	J.stored Prod.Res.	1975		Sep 15
526	KASHI K.P. CHEFURKA W.	The effect of phosphine on the absorption and circular dichroic spectra of cytochrome c and cytochrome oxidase	Pest Biochem. Physiol.	1976	6	350-362
527	KASHI K.P. MUTHU M.	A mixed indicator strip for phosphine detection	Pestic.Sci.	1975	6	511-514

REICHMUTH - Gase

	MUTHU M. MAJUMDER S.K.	permeability through various flexible films and coated fabrics				
529	KAVADIA V.S. PAREEK B.L. SHARMA K.P.	Phosphine residues in sorghum stored in mud kothi and metal drum	Bull.Grain Technol.	1986	24	19-23
530	KAVADIA V.S. PAREEK B.L. SHARMA K.P.	Phosphine residues in sorghum stored in mud kothi and metal drum	J.Food Sci.Techn.	1985	22	442-444
531	KAVADIA V.S. PAREEK B.L. SHARMA K.P. CHANDRA-SEKHARAN K.N. SHARMA N.	Studies on the organoleptic qualities of cereals fumigated with aluminium phosphide	Indian Journal of Nutrition and Dietics	1985	22	14-22
532	KEAN D.C.MC SCHATZ P.N.	Absolute infrared intensities of vibration bands in ammonia and phosphine	J. of chemical Physics	1956	24	316-325
533	KELLAR J.W. MC WINKS R.G.	Production of radioactively labelled phosphine	CSIRO			12 S.
534	KEM T.R.	Selection of a strain of Tribolium castaneum (Herbst) resistant to phosphine	J.Entomol.Res. (New Dehli)	1977 und 1979	1	213-217
535	KITAGAWA T. OGAWA T.	Rapid method of analysis of phosphine and hydrogen sulphide in acetylene	Nat.Uni. of Yokohama	1950		258-261
536	KLIMMER O.R.	Beitrag zur Wirkung des Phosphorwasserstoffes (Phosphin)-Zur Frage der sog. Chronischen Phosphorwasserstoffvergiftung	Archiv für Toxikologie	1969	24	164-187
538	KOCK T. KOHLER E.	Versuchserfahrungen zum maschinellen Auslegen Phosphorwasserstoff entwickelnder Präparate zur Bekämpfung der Großen Wühlmaus Arvicola terrestris	Gesunde Pflanzen	1981	33	88-92
539	KREHAN I.	Insecticide/Acaricide susceptibility tests: - pest species: Beetles damaging stored products validated for phosphine and methyl bromide	Insecticide Resistance Action Commitee	1989		1 S.
540	KUHN H. MAREK J. REIF H.	Behandlung von Tabak mit Phosphin Wirkung auf die geschmackliche Qualität und Analyse der Rückstände	Ber.Inst.Tabakforsch.Dresden	1971	18	140
541	KUHN H. MAREK J. REIF H.	Die Begasung von Tabak mit Phosphin. Rückstandsanalyse und Degustation. Herrn Prof. Dr. Matthias Pailer zum 60. Geburtstag gewidmet	Fachl.Mitt. Austria Tabakwerke A.G.	1971	12	191-203

REICHMUTH - Gase

542	KUHN H. MAREK J. REIF H.	The fumigation of tobacco with phosphine: its effects on taste quality and residues analysis	Wissenschaftliche Forschungsstelle im Verband der Cigarettenindustrie, Hamburg, Proceedings of the 5th International Scientific Tobacco Congress, 14-19 Sept. 1970	1971		330
543	KUHN H. MAREK J. REIF H.	Die Begasung von Tabak mit Phosphin: - Rückstandsanalyse und Degustation	Fachliche Mitteilungen d. Austria Tabakwerke A.G.	1971		191-203
544	KUHN, H. MAREK, J. REIF, H.	Die Begasung von Tabak mit Phosphin	Fachliche Mitteilungen der Austria Tabakwerke AG	1971	12. Heft	191-203
545	KUMAR A. SRIVASTAVA J.L. PANDEY G.P. VARMA B.K.	Phosphine residue in multi fumigated rice stocks stored in commercial warehouses	Bull. Grain Technol.	1981	19	81-85
546	LAUE, G.	Der Phosphorwasserstoff in der Schädlingsbekämpfung	Z.hyg.Zool.	1937	29	275-280
547	LEESCH J.G.	Accuracy of different sampling pumps and detector tube combinations to determine phosphine concentrations	J.Econ.Ent.	1982	75	899-905
548	LEESCH J.G. GILLENWATER H.B. DAVIS R. WILSON R.JR.	Phosphine and methyl bromide fumigation of shelled peanuts	Peanut Science	1979	6	18-26
549	LEESCH J.G. HIGHLAND H.A.	Phosphine and methyl bromide permeation of fabric and multiwall paper bags	J.Econ.Entomol.	1982	75	819-821
550	LEESCH J.G. REDLINGER L.M. GILLENWATER H.B. DAVIS R. ZEHNER J.M.	An in-transit shipboard fumigation of corn	J.Econ.Entomol.	1978	71	928-935
551	LEESCH J.G. REDLINGER L.M. GILLENWATER H.B. ZEHNER J.M.	Fumigation of dates with phosphine	J.Econ.Entomol.	1982	75	685-687
552	LEESCH J.G. REICHMUTH CH. DAVIS R. REDLINGER L.M.	The in-transit shipboard fumigation of soybeans with phosphine probed 2-3 meters deep [In-Transit-Begasung von Sojabohnen mit 2-3 Meter tief eingebrachten Phosphorwasserstoff-Präparaten]	Z.Pflanzenkrankh. Pflanzensch.	1994	101	534-544

## REICHMUTH - Gase

553	LEITAO J. BAILLY J.R.	Action du phosphure d'hydrogène sur le développement de moisissures toxigenes isolées de produits alimentaires [Effect of phosphine on the development of toxic moulds isolated from food stocks]	Agrochimica (Italy). Institut National de la Santé e de la Recherche Médicale (INSERM) 87 Toulouse (France); Lab. d'Hydrobiologie	1989	33	452-463
554	LI N.C. FAN M.Z. GUO Y.L. WANG K.S. CHENG L.Q.	Tests on fumigating against chestnut seed pests	Forest Pest and Disease	1989	1	28-30
555	LINDGREN D.L.	The stupefaction of red scale <i>Aonidiella aurantii</i> by hydrocyanic acid	Hilgardia	1938	11	213-225
556	LONG G.L. BOSS C.B.	Phosphine depression of calcium in flame atomic emission spectrometry with a uniform droplet generator	Anal.Chem.	1982	54	2496-2502
557	LUCK H. ALLEMANN A.	Control of insect infestation during storage of dairy products. Fumigation with hydrogen phosphide.	South African Journal of Dairy Technology	1984	16	103-107
558	MAYR G.E.	Einfluß der Mühlenbegasung mit Blausäure, Methylbromid und Phosphorwasserstoff auf die Mehlqualität	Getreide, Mehl und Brot	1974	28	91-95
559	MEIERING A.G. BAKKER-ARKEMA F.W.	Kurzzeitlagerung von feuchtem Handelsgetreide unter Luftabschluß	Landtechnische Forschung	1965	15	192-200
560	MEJULE F.O.	The fumigation of large stacks of cocoa using a powder formulation of aluminium phosphide	Technical Report 1978/79 Rep. Nigarian Stored Prod. Res. Inst.			5-23
561	MILLS K.A.	Recent data on resistance to hydrogen phosphide in some stored-product Coleoptera	Slough	1984		11 S.
562	MOESCHLIN S.	Klinik und Therapie der Vergiftungen: Phosphorwasserstoff	G. Thieme Verl. Stuttgart	1972		139
563	MOLINARI G.P. SUSS L. FABBRINI R.	Milled product fumigation with phosphine fumigazione con fosfina di prodotti macinati	Proceedings 5th Simposio della difesa antiparassitaria nelle industrie alimentari e sulla protezione degli alimenti; Piacenza (Italy).; 1992. Tecnica Molitoria	1993	44	754-762
564	MONRO H.A.U. UPITIS E. BOND E.J.	Resistance of a laboratory strain of <i>Sitophilus granarius</i> (L.)(Coleoptera Curculionidae) to phosphine	J.stored Prod.Res.	1972	8	199-207



## REICHMUTH - Gase

565	MONRO, H.A.U. UPITIS, E. BOND, E.J.	Resistance of a laboratory strain of <i>Sitophilus granarius</i> (L.) (Coleoptera, Curculionidae) to phosphine	J stored Prod.Res.	1972	8	199-207
566	MULHEARN P.J. BANKS H.J. FINNINGAN J.J. ANNIS P.C.	Wind forces and their influence on gas loss from grain storage-structures	J. stored Prod.Res.	1976	12	129-142
567	MÜNZEL M.	Examination of efficacy of magnesium phosphide (Detia-phos R) against the cigarette beetle <i>Lasiodema serricorne</i> (Fabr.)(Col.:Anobiidae) at low temperatures	Anz. Schädlingsskde. Pflanzenschutz. Umweltschutz	1987	60	74-79
568	MUTHU M. KASHI K.P. MAJUMDER S.K.	A simple method of determining the sorption affinity of foodstuffs to phosphine	Chem.Ind.	1978		129-131
569	MUTHU M. KASHI K.P. MAJUMDER S.K.	A simple method of determining the sorption affinity of foodstuffs to phosphine	Chem.Ind.	1978		129-131
570	MUTHU M. KRISHNAKUMARI MURALIDHARA M.K. MAJUMDER S.K.	A study on the acute inhalation toxicity of phosphine to albino rats	Bull. Environm. Contam. Toxicol.	1980	24	404-410
571	MUTHU, M. MAJUMDER, S.K. PARPIA, H.A.B.	Detector for phosphine at permissible levels in air	J. Agric. Food Chem.	1973	21	184-186
572	NAKAKITA H.	The mode of action of Phosphine	J. Pestic. Sci.	1987	12	299-309
573	NAKAKITA H.	Mitochondria of maize weevil <i>Sitophilus zeamais</i> (M.):II. Components of cytochromes and effects of phosphine on adult maize weevil mitochondria	Appl. Ent. Zool.	1976	11	327-334
574	NAKAKITA H.	The inhibitory site of phosphine	J. Pestic. Sci.	1976	1	235-8
575	NAKAKITA H. WINKS R.G.	Phosphine resistance in immature stages of a laboratory selected strain of <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst) (Col.:Tenebrionidae)	J. stored Prod. Res.	1981	17	43-52
576	NAKAKITA H. KATSUMATA Y. OZAWA T.	The effect of phosphine on respiration of rat liver mitochondria	J. Biochem.	1971	69	589-593
577	NAKAKITA H. SAITO T. IYATOMI K.	Effect of phosphine on the respiration of adult <i>Sitophilus zeamais</i> Motsch. (Col.:Curculionidae)	J. stored Prod. Res.	1974	10	87-92
578	NAKAKITA, H. KURODA, J.	Differences in phosphine uptake between susceptible and resistant strains of insects	Pestic. Sci.	1986	11	21-26
579	NASCA A.J. ORLANDO C.A.	Efecto del fosforo de magnesio como fumigante en naranjas afectadas por mosca de los frutos ( <i>Ceratitis capitata</i> Wied) [Effect of magnesium phosphide as a fumigant on oranges affected by the fruit fly ( <i>Ceratitis capitata</i> Wied)]	Revista de In- vestigacion Cen- tro de Investiga- ciones para la Regulacion de Poblaciones de Organismos Nocivos	1987	5	55-66

## REICHMUTH - Gase

580	NAVARRO S.	Almond fumigation with hydrogen phosphide	Progr.Rept. Min.Agr. Dept.Plant Protect. Stored Prod.Res.Lab. Tel-Aviv1968-69	1996		43, 112- 119
581	NAVARRO S. DONAHAYE E.	Sensitization of insects to fumigation techniques including reduced pressure	Proc.4th Intern.Working Conf.Stored- Prod.Protect., 21- 26 September, Tel Aviv, Israel, E.Donahaye and S. Navarro (eds.),Maor- Wallach Press, Caspit, Jeru- salem, 668 S.	1987	4	345-351
582	NELSON J.P. MILUN A.J.	Rapid determination of phosphine in air	Anal.Chem.	1957	29	1665-6
583	NEMITZ A. SCHILCHER H.	Der Einfluß von Phosphorwasserstoff auf ätherische Öle	Inst. of Pharmacognosy and Phytochemistry FU Berlin	1984		1 S.
585	NOACK S. REICHMUTH CH.	Bestimmung von Schwellwerten für die Schädigung von tierischen und pflanzlichen Organismen durch Phosphorwasserstoff und Methylbromid II. Untersuchungen an Brunnenkresse ( <i>Nasturtium officinale</i> ) und Kopfsalat ( <i>Lactuca sativa Capitata</i> )	Anz. Schädlingskde. Pflanzenschutz Umweltschutz	1982	55	57-59
586	NOACK S. REICHMUTH CH. EL-LAKWAH F.	Zur gaschromatographischen Bestimmung von Methylbromid neben Phosphin in Luft	Fresenius Z. Anal. Chem.	1978		121-3
587	NOACK S. REICHMUTH CH. WOHLGEMUTH R.	Ein halbempirisches mathematisches Modell zur Abschätzung von Rückständen am Beispiel phosphinbegaster Haselnüsse	Z.Lebensm. Unters. Forsch.	1984		97-103
588	NOACK S. REICHMUTH CH. WOHLGEMUTH R.	Rückstandsverhalten von Phosphin in begasten Lebensmitteln in Abhängigkeit von der Lagertemperatur und der Belüftung	Z.Lebensm. Unters. Forsch.	1984		31-37
590	NOACK S. REICHMUTH CH.	Desorption von Phosphorwasserstoff nach Vorratsschuttbegasungen von Lebensmitteln [Desorption of hydrogen phosphide after fumigation of stored foodstuffs]	Ernähr.Umsch.	1982	29	241
592	NOACK S. REICHMUTH CH.	Über die im Vorratsschutz eingesetzten Mengen von Phosphorwasserstoff, Methylbromid und Blausäure in der Bundesrepublik Deutschland in den Jahren 1975-1977	Nachrichtenbl. Deut.Pflanzen- schutzd.	1982	34	17-21

REICHMUTH - Gase

593	NOACK S. REICHMUTH CH. WOHLGEMUTH R.	Ein halbempirisches mathematisches Modell zur Abschätzung von Rückständen am Beispiel phosphinbegaster Haselnüsse [A half-empirical mathematical model for calculation of residues in hazelnuts fumigated with phosphine]	Z.Lebensm. Unters. Forsch.	1984	178	97-103
594	NOACK S. REICHMUTH CH. WOHLGEMUTH R.	Rückstände bei Vorratsschutzbegasungen in Abhängigkeit von der Konzentration Einwirkzeit und Lagerdauer nach der Begasung [Relationship of Phosphin residues after fumigation to concentration time of exposure and length of storage]	Z.Lebensm. Unters. Forsch.	1983	177	87-93
595	NOACK S. REICHMUTH CH. WOHLGEMUTH R.	Rückstandsverhalten von Phosphin in begasteten Lebensmitteln in Abhängigkeit von der Lager-temperatur und der Belüftung [Decomposition of phosphine in treated foods as related to storage temperature and aeration]	Z.Lebensm. Unters. Forsch.	1984	178	31-37
596	NOACK S. WOHLGEMUTH R.	Rückstände in Haselnüssen, Sojabohnen und Weizen nach Phosphin-Begasungen mit zeitlich nicht konstanter Konzentration [Phosphine residues in hazelnuts, soybeans and wheat after fumigation with non constant concentrations]	Z.Lebensm. Unters. Forsch.	1985	180	101-108
597	NOWICKI T.W.	Gas-liquid chromatography and flame photometric detection of phosphine in wheat	J.Assoc.Offic. Anal.Chemists	1978	61	829-836
599	PIETAG M.	50 Jahre Vorratsschutz mit Phosphin	VEB Delicia			16-18
600	PRATT F.S. SWAIN A.F. ELDERED D.N.	A study of fumigation problems: "Protective Stupefaction" Its application and limitations	J.Econ.Entomol.	1931	24	1041-1063
601	PRICE L.A. MILLS K.A.	The toxicity of phosphine to the immature stages of resistant and susceptible strains of some stored product beetles and implications for their control	J.stored Prod.Res.	1988	24	51-59
602	PRICE N.R.	A comparison of the uptake and metabolism of P-Radiolabelled Phosphine in susceptible and resistant strains of the lesser grain borer (Rhizopertha dominica)	Comp.Biochem. Physiol.	1981	69C	129-131
604	PRICE N.R.	Active exclusion of phosphine as a mechanism of resistance in Rhizopertha dominica (F.) (Col.: Bostrychidae)	J.stored Prod.Res.	1984	20	163-8

## REICHMUTH - Gase

605	PRICE N.R.	Some aspects of the inhibition of cytochrome oxidase by phosphine in susceptible and resistant strains of <i>Rhizopertha dominica</i>	Insect Biochem.	1980		147-150
606	PRICE N.R.	The effect of Phosphine on respiration and mitochondrial oxidation in susceptible and resistant strains of <i>Rhizopertha dominica</i>	Insect Biochem.	1980		65-71
607	PRICE N.R. BELL C.H.	Structure and development of embryos of <i>Ephestia cautella</i> (Walker) during anoxia and phosphine treatment	Int.J.Invertebrate Reproduction	1981		17-25
608	PRICE N.R. MILLS K.A. HUMPHRIES L.A.	Phosphine toxicity and catalase activity in susceptible and resistant strains of the lesser grain borer ( <i>Rhizopertha dominica</i> )	Comp.Biochem. Physiol.	1982	73C	411-413
609	PRICE N.R. DANCE S.J.	Some biological aspects of phosphine action and resistance in three species of stored product beetles	Comp.biochem. and physiol.	1983	76	277-281
610	PROCTOR D.L. ASHMAN F.	The control of insects in exported Zambian groundnuts using phosphine and polyethylene lines sacks	J.stored Prod.Res.	1972	8	127-137
611	RAJAK R.L. HEWLETT P.S.	Effects of some synergists on the insecticidal potency of phosphine	J.stored Prod.Res.	1971	7	15-19
612	RAJENDRAN S.	The toxicity of phosphine, methyl bromide 1 1 1-Trichloroethane and carbon dioxide alone and as mixture to the pupae of red flour beetle <i>Tribolium castaneum</i> Herbst	Pestic.Sci.	1990	29	75-83
613	RAJENDRAN S. MUTHU M.	The toxic of phosphine in combination with some alkyl halide fumigants and carbon dioxide against the eggs of <i>Tribolium castaneum</i> Herbst (Coleoptera:Tenebrionidae)	J.stored Prod.Res.	1989	25	225-230
614	RANGASWAMY J.R.	Desorption of phosphine from milled products of wheat	J.Food Sci.Techn.	1986	19	279-282
615	RANGASWAMY J.R.	Differential responses of robusta and arabica coffee beans to phosphine fumigation	Indian Coffee	1990	54	11-13
616	RANGASWAMY J.R.	Effect of physical attributes of robusta coffee on phosphine residue	J.Food Sci.Techn.	1993	26	210-214
617	RANGASWAMY J.R.	Phosphine desorption from coffee seeds fumigated with aluminium phosphide preparations	Indian Coffee	1989	53	5-8
618	RANGASWAMY J.R.	Phosphine residue and its desorption from cereals	J.Agr.Food Chem.	1985	33	1102-1106
619	RANGASWAMY J.R.	Simple spectrophotometric method for determination of phosphine residues in wheat	J.Ass.Off.Analyt. Chem.	1984	67	117-122

## REICHMUTH - Gase

620	RANGASWAMY J.R.	Spectrophotometric method for determination of phosphine residues in cashew kernels	J.Ass.Off. Analyt. Chem.	1988	71	557-559
621	RANGASWAMY J.R. MUTHU M.	Spectrophotometric determination of phosphine residues in rice	J.Ass.Off. Analyt. Chem.	1985	68	205-8
622	RANGASWAMY J.R. SASIKALA V.B.	Kinetics of phosphine residue dissipation from wheat and its milled products in storage	J.Food Sci.Techn.	1986	23	54-58
623	RANGASWAMY J.R. SASIKALA V.B.	Suitability of phosphine for coffee bean fumigation and its residues during storage	J. Food Sci.Techn.	1990	27	38-44
624	RAUSCHER H. MAYR G.E. SULLIVAN J.B.	Sorption and recovery of phosphine	J.Agric.Food Chem.	1972	20	331-333
625	REDLINGER L.M. DAVIS R. ZETTLER J.L. GILLENWATER H.B. LEESCH J.G. ZEHNER J.M. MCDONALD L.L.	Comparison of two dosages of hydrogen phosphide for in-transit fumigation of wheat on a bulk dry-cargo ship	J.Econ.Entomol.	1986	79	1366-1371
626	REDLINGER L.M. LEESCH J.G. DAVIS R. ZETTLER J.L. GILLENWATER H.B. ZEHNER J.M.	In-transit shipboard fumigation of wheat on a tanker	J.Econ.Entomol.	1982	75	1147-1152
627	REDLINGER L.M. ZETTLER J.L. LEESCH J.G. GILLENWATER H.B. DAVIS R. ZEHNER J.M.	In-transit shipboard fumigation of wheat	J.Econ.Entomol.	1979	72	642-647
628	REICHMUTH CH.	Zur Situation der Begasung im Vorratsschutz [The situation regarding fumigation in stored product protection]	Gesunde Pflanzen	1988	40	33-39
629	REICHMUTH CH.	A quick test to determine phosphine resistance in stored products insects	GASGA Newsletter	1991	15	14-15
630	REICHMUTH CH.	Einfluß praxisentsprechender Gaskonzentrationsverhältnisse auf die Mortalität von Kornkäfern (Sitophilus granarius) bei Phosphorwasserstoff-begasungen	Mitt. dtsh. Ges. Allg. Angew. Ent.	1983	4	115-119
631	REICHMUTH CH.	Phosphine and selected metal phosphides	International Programme on Chemical Safety, Environmental Health criteria, World Health Organization, Geneva Switzerland	1988	73	100

## REICHMUTH - Gase

632	REICHMUTH CH.	Silozellenbegasung mit Phosphorwasserstoff aus Beutelrollen (Bag-Blankets). Teil I: Silobegasung ohne Gasumwälzung	Die Mühle + Mischfuttermitteltechnik	1983	120	503-4
633	REICHMUTH CH.	The Significance of changing concentrations in toxicity of phosphine	GASGA Seminar on Fumigation Technology in Developing Countries, Tropical Development and Research Institute, Storage Department, Slough, UK, 1986	1986		88-98
634	REICHMUTH CH. WOHLGEMUTH R. NOACK S.	Ein neues Verfahren zur Bekämpfung von vorrats-schädlichen Insekten in geschüttetem Getreide mit Phosphorwasserstoff aus Beutelrollen	Die Mühle + Mischfuttermitteltechnik	1985	122	266-268
635	REICHMUTH CH. NOACK S. WREDE A.	Zur Emission von Phosphorwasserstoff im Vorratsschutz [Emission of phosphine caused by fumigation for stored product protection]	Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.	1981	33	132-136
636	REICHMUTH, CH.	Zur Wirkung zeitlich nicht konstanter Phosphorwasserstoffkonzentrationen auf den Kornkäfer Sitophilus granarius (L.) (Col.: Curculionidae)	Anz. Schäd- lingskde, Pflanzenschutz Umweltschutz	1985	58	10-16
637	REICHMUTH, CH.	Toxic gas treatment responses of insect pests of stored products and impact on the environment	Proceedings of an International Conference on Fumigation and Controlled Atmosphere Storage of Grain, 14 - 18 February, Singapore, ACIAR Proceedings, Australian Centre for International Agricultural Research, Brown Prior Anderson Pty Ltd, Burwood, Victoria	25	1990	56-69
638	REICHMUTH, CH.	Bekämpfung von Vorratsschädlingen in Durummühlen und Teigwarenfabriken	Getreide, Mehl und Brot	1995	49	415-416

REICHMUTH - Gase

639	REICHMUTH, CH.	Bekämpfung von Vorrats-schädlingen in Durummühlen und Teigwarenfabriken	Granum Verlag, Veröffentlichung der Arbeits-gemeinschaft Getreideforschun-g e.V., Detmold (Bericht über die 16. Durum- und Teigwaren-tagung)	1994	253	112-115
640	REIF H.	Das adsorptive Verhalten von Phosphin bei der Tabak-begasung	Fachl.Mitt.der Austria Tabakwerke AG	1974	15	288-293
641	RILEY J. SIMMONS E.A.	The fumigation of large cocoa stacks in a specially designed cocoa warehouse using phos-phine	Rep.Nigerian Stored Prod.Res.Inst Technical Report	1967		17-27
642	RITCHIE M.	The density and compressibility of phosphine gas; the atomic weight of phosphorus	Proc.R.Soc. London	1930	128A	51-567
643	ROBINSON J.R.	<sup>33</sup> P: A superior radiotracer for phosphorus?	Internal Journal of Applied Radiation and Isotopes	1969	20	531-540
644	ROBINSON J.R.	Residues containing phosphorus following phosphine treatment: measurement by neutron activation	J. stored Prod. Res.	1972	8	19-26
645	ROBINSON J.R. BOND E.J.	The toxic action of phosphine: studies with phosphin; terminal residues in biological materials	J. stored Prod. Res.	1970	6	133-146
647	ROBINSON W.H. HILTON H.W.	Gas chromatography of phosphine derived from zinc phosphide in sugarcane	J.Agric.Food Chem.	1971	19	875-878
648	ROHRLICH M. BREYER D.	Über Silobegasung von Weizen mit Phosphorwasserstoff (Detia-Gas-Ex-B)	Mühle	1970	107	519-520
649	ROHRLICH M. MEUSER F.	Untersuchungen an mit Phosphorwasserstoff begastem Getreide. I. Mitteilung über die Aktivität der Glutaminsäurede-carboxylase nach der Begasung	Getreide Mehl	1967	17	121-125
650	ROHRLICH M. MEUSER F.	Untersuchungen an mit Phosphorwasserstoff begastem Getreide. II. Mitteilung über Techno-logische Aspekte der Begasung mit Phostoxin-Pellets	Getreide Mehl	1969	19	9-14
651	ROHRLICH M. MEUSER F.	Untersuchungen an mit Phosphorwasserstoff begastem Getreide.III. Mitteilung: Bioche-mische Aspekte der Phosphin-begasung	Getreid und Mehl	1970	20	1-8, 13-16
652	RYAN R.F.	Attaining insect-free and residue-free status in foods.	Food Australia	1992	44	556-557
653	SAEED T. ABU-TABANJA R.	Determination of phosphine: Comparison rates of desorption by purge-and-trap method and by sulfuric acid treatment	J.Assoc.Off.Anal. Chem.	1985	68	61-4

REICHMUTH - Gase

654	SATO K. HIGUCHI Y. SUWANAI M.	Studies on the characteristics of action of fumigants. -I. The fifty per cent down dose of hydrogen phosphide to the Azuki bean weevil <i>Callosobruchus chinensis</i> L. calculated from the uptake amounts of oxygen by the weevil	Botyu-Kagaku	1973	38	22-25
655	SATO K. SUWANAI M.	Adsorption of hydrogen phosphide to cereal products	Appl.Entomol. Zool.	1974	9	127-132
656	SAXENA J.D. BHATIA S.K.	Reduction in fecundity of <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst) due to fumigation and phosphine resistance	Ind.J.Entomol.	1980	42	796
657	SCHESSER J.H.	Fumigation of cereal grains and processed products in transport vehicles with phosphine from Detia Ex-B	J.Econ.Entomol.	1977	70	199-201
658	SCHOUEST L.P. MILLER T.A. OLSEN R.W.	Quantitative autoradiography of GABA receptors in locust ( <i>Schistocerca americana</i> ) brain	Pestic.Sci.	1988	24	299-309
659	SCHWARZ, L.	Einiges über Pflichten und Aufgaben der Durchgasungsleiter bei Durchgasungen von Getreidelagern mittels Phosphorwasserstoff (Delicia)	Z.hyg.Zool.	1940	32	81-86
660	SCUDAMORE K.A.	Fumigant analysis	Analytical methods for pesticides and plant growth regulators (USA). In the series analytic: Specific applications / ed. by J. Sherma. US (DNAL 395 Z9).; ISSN 0091-7486	1988	16	207-261
661	SCUDAMORE K.A. GOODSHIP G.	Determination of phosphine residues in fumigated cereals and other foodstuffs	Pestic.Sci.	1986	17	385-395
662	SEIWALD P.B.	Evaluation of phosphine preparation detia gas Ex-B Bags	MRI Report Projekt No.3502-c	1974		23
663	SEO S.T. AKAMINE E.K. GOO T.T.S. HARRIS E.J. LEE C.Y.L.	Oriental and Mediterranean fruit flies: fumigation of papaya, avocado, tomato, bell pepper, eggplant, and banana with phosphine	J.Econ.Entomol.	1979	72	354-359
664	SHAHEEN D.G. BRAGG L.A. STANOVICK R.P. SULLIVAN J.B.	Phosphine detector tubes as passive dosimeters for use with metal phosphide fumigants	Tobacco International	1983	185	36-39
665	SINGH K.N. SRIVASTAVA B.P.	Behavior of phosphine gas in stored pulses	Indian J.Ent.	1983	45	120-129
666	SINGH K.N. SRIVASTAVA B.P.	Studies on the efficacy and extent of residues of phosphine in stored pulses	Pesticides	1980	14	32



## REICHMUTH - Gase

667	SINGH K.N. SRIVASTAVA B.P. NATH G.	Phosphine residues and its effect on the germination of stored pulses	Indian J.Entomol.	1983	45	71-80
668	SINHA A.K. NATH G. SRIVASTAVA B.P.	Studies on the extent of residues of phosphine in stored maize	Bull.Grain Technol.	1979	17	179-183
669	SOBTI R.	Acceptability of the food preparations from the fumigated pulses	Indian J.Agr.Sci.	1983	53	837-841
670	STEIN W.M.	Neuere Ergebnisse s dem Gebiet des Vorratsschutzes (tierische Schädlinge). 1.[New results about stored products protection (animal pests). 1.]	Z.Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz	1987	94	649-668
671	STEVENSON C.C. GLAUQUE W.F.	A test of third law of thermodynamics by means of two crystalline forms of phosphine.The heat capacity of vaporization and vapor pressure of phosphine .Entropy of the gas	J. Chem.Phys.	1937	5	149-150
672	STREITWIESER A. Mc DOWELL R.S. GLASER R.	A study of basis set effects on structures and electronic structures of phosphine oxide and fluorphosphine oxide	J.Computational Chemistry	1987	8	788-793
673	SUCKOW P. MEUSER F.	Rückstände von Phosphorwasserstoff und Methylbromid in Getreide und Getreideprodukten [Residues of hydrogen phosphide and methyl bromide in cereals and cereal products]	Rückstände in Getreide und Getreideproduk- tionen; Bericht über das Kolloquium am 12./13. Oktober 1978. Deutsche Forschungsge- meinschaft; Boppard (Germany F.R.); Boldt; ISBN 3-7646-1800-0	1981		62-75
674	TAYLOR R.W.D.	A rapid method for estimating phosphine concentrations used in fumigation	Chem.+Ind.	1968		1116
675	TAYLOR R.W.D. HARRIS A.H.	Control of the egg stage of the larger grain borer Prostephanus truncatus (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae) with phosphine	FAO Plant Prot. Bull.	1989	37	67-70
676	TAYLOR R.W.D. HARRIS A.H.	Control of the egg stage of Prostephanus truncatus (Horn) (Bostrichidae:Coleoptera) with phosphine	ODNRI, Slough, England	1989		5 S.
677	TELLE A.-M.C. BLANQUAT G. DE S. DERACHE R. HOLLANDE E. PERIQUET B. THOUVENOT J.-P.	Nutritional and toxilogical effects of long-term ingestion of phosphine-fumigated diet by the rat	Food.Chem. Toxic.	1985	23	1001-9
678	TICKES B.R.	Zinc phosphide in subterranean burrow systems	Bull.Envir. Contam. Toxicol.	1985	34	557-559

REICHMUTH - Gase

679	TKACHUK R.	Phosphorus residues in wheat due to phosphine fumigation	Cereal Chem.	1972	49	8
680	TÖRNE, H. VON	Staubläuse als Getreideschädlinge und ihre Bekämpfung durch die Delicia-Kornkäfer-begasung	Z. hyg. Zool.	1940	32	207-218
681	UNGER A.	Begasungsmittel zur Insektenbekämpfung in hölzernem Kulturgut	Holztechnologie	1986	27	232-236
682	UNGER W. U.A.	Zum Einsatz von Phosphorwasserstoff gegen holzerstörende Insekten in denkmalgeschützten Gebäuden	Holztechnologie	1984	25	229-232
683	VARDELL H.H. CAGLE A. COOPER E.	Fumigation with phosphine against stored-product insects in bagged flour in plywood over-packs	J.Econ.Entomol.	1973	66	1209-1210
684	VARDELL H.H. CAGLE A. COOPER E.	Phosphine residues on soybeans fumigated with aluminum phosphide	J.Econ.Entomol.	1973	66	800-801
685	VILJOEN J.H. COETZER J.J.	Die verspreiding en nabywendheid van fosfiengas in in silobuis vol losmaatkoring [Distribution and residuality of phosphine gas in a silo bin filled with wheat]	Phytophylactica	1988	20	143-151
686	VINCENT L.E. LINDGREN D.L.	Toxicity of methyl bromide and phosphine at various temperatures and exposure periods to the metamorphic stages of Lasioderma serricorne	J.Econ.Entomol.	1977	70	497-500
687	VINCENT L.E. LINDGREN D.L.	Toxicity of phosphine and methyl bromide at various temperatures and exposure periods to the four metamorphic stages of Trogoderma variabile	J.Econ.Entomol.	1975	68	53-56
688	VINSJANSEN A. TRANE K.E.	Gas-chromatographic determination of phosphine in ambient air	Analyst	1978	103	1195-8
689	WAINMAN H.E. CHAKRABARTI B. WOODWARD M.A.	Control of insects in baled skins by fumigation with methyl bromide and phosphine	Int.Pest Control	1980		5 S.
690	WATERFORD C.J. WINKS R.G.	Loss rates of phosphine associated with various materials used in laboratory fumigation apparatus	J.stored Prod.Res.	1986	22	25-27
691	WEBLEY D.J. HARRIS A.H.	A comparison of fumigants for in-bag fumigation	Trop.Stored Prod.Inform.	1977	33	17 S.
692	WHITE W.E. BUSHEY A.H.	Aluminium phosphide - Preparation and composition	J.Am.Chem.Soc.	1944	66	1666-1672
693	WINKS R.G.	Flow-through phosphine fumigation - A new technique	1. Austr. Stored Grain Pest Control Conf.	1981		5 S.
694	Winks R.G.	Recent developments in fumigation technology with emphasis on phosphine	ACIAR Proceedings Canberra	1990	25	144-151

REICHMUTH - Gase

695	WINKS R.G.	Strategies for effective use of phosphine as a grain fumigant and the implications of resistance	CSIRO	1986		10 S.
696	WINKS R.G.	The significance of response time in the detection and measurement of fumigant resistance in insects with special reference to phosphine	Pestic.Sci.	1986	17	165-174
697	WINKS R.G.	The toxicity of phosphine to adults of <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst): Time as a response factor	J.stored Prod.Res.	1982	18	159-169
698	WINKS R.G.	The toxicity of phosphine to adults of <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst): Phosphine-induced narcosis	J.stored Prod.Res.	1985	21	25-29
699	WINKS R.G.	The toxicity of phosphine to adults of <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst): Time as a dosage factor	J.stored Prod.Res.	1984	20	45-56
700	WINKS R.G. WATERFORD C.J.	The relationship between concentration and time in the toxicity of phosphine to adults of a resistant strain of <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst)	J.stored Prod.Res.	1986	22	85-92
701	WINKS R.G. BANKS H.J. WILLIAMS P. BENGSTON M. GREENING H.G.	Dosage recommendations for the fumigation of grain with phosphine	SCA Technical Report	1980		1-9
702	WINKS R.G. RYAN R.	Recent developments in the fumigation of grain with phosphine	Proc.5th Int. Work.Conf. stored-prod. Prot., 9-14 Sept. 1990, Bordeaux France, F.Fleurat-Lessard and P.Ducom (eds.), 2066 Seiten, l'imprimerie médico-caine, Blanquefort	1990	2	935-943
704	WOHLGEMUTH R.	Phosphinbegasung in gesch�tztetem Getreide in Schiffsladerräumen während der Fahrt	Gesunde Pflanzen	1989	41	223-9
705	WOHLGEMUTH R.	Phosphine fumigation in large grain cells	GASGA Seminar on Fumigation Technology in Developing Countries, Tropical Development and Research Institute, Storage Department, Slough, UK, 1986	1986		52-55

REICHMUTH - Gase

706	WOHLGEMUTH R.	Phosphine permeability of various plastic sheets and films	EPPO Bulletin	1985	15	59-64
707	WOHLGEMUTH R. HARNISCH R.	The use of aluminium phosphide in traditional storage bins	GASGA Seminar on Fumigation Technology in Developing Countries, Tropical Development and Research Institute, Storage Department, Slough, UK, 1986	1986		46-51
709	ZETTLER J.L. GILLENWATER H.B. REDLINGER L.M. LEESCH J.G. DAVIS R. MCDONALD L.L. ZEHNER J.M.	Efficacy of perforated tubing in assisting phosphine distribution for in-transit fumigation of export corn	J.Econ.Entomol.	1984	77	675-679
710	ZETTLER J.L. LEESCH J.G. GILLENWATER H.B. REDLINGER L.M. DAVIS R. ZEHNER J.M.	Feasibility of fumigating unmodified river barges with phosphine while in transit	J.Econ.Entomol.	1986	79	1315-1318

## 3) Literatur zu Inerten Gasen

- 711) ADLER, C., 1990: Efficacy of controlled atmospheres on ten strains of the granary weevil *Sitophilus granarius* (L.) from different places of origin. Proc. 5<sup>th</sup> Int. Work. Conf. St-Prod. Prot., Bordeaux, France, September 9 - 14, 1990, Imprimerie du Médoc, Bordeaux-Blanquefort, F. Fleurat-Lessard and P. Ducom (Eds.): 727-736.
- 712) ADLER, C., 1990: Widerstandsfähigkeit verschiedener Labor- und Feldstämme des Kornkäfers *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) bei Bekämpfung mit modifizierten Atmosphären. Mitteilung der Deutschen Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie (Vorträge der Entomologentagung vom 5. - 9. April 1989) **7**, 434-438.
- 713) ADLER, C., 1992: Biotechnische Erzeugung sauerstoffarmer Atmosphären zur Schädlingbekämpfung in gelagertem Getreide. PHYTOMEDIZIN, Mitteilungen der Deutschen Phytomedizinischen Gesellschaft e.V. **22**, 23-24.
- 714) ADLER, C., 1992: Einfluß der Begasung mit sauerstoffarmen modifizierten Atmosphären auf die vertikale Verteilung Imagoer Kornkäfer in einer Weizensäule. Mitteilung der Deutschen Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie (Vorträge der Entomologentagung in Wien vom 2. - 6. April 1991) **8**, 238-242.
- 715) ADLER, C., 1992: Vertical dispersion of Imago *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) in a wheat column flushed with modified atmospheres. Journal of Stored Product Research: **28**, 201-209.
- 716) ADLER, C., 1992: Zur Wirkung modifizierter Atmosphären auf Vorratsschädlinge in Getreide am Beispiel des Kornkäfers *Sitophilus granarius* (L.) (Col.: Curculionidae). Dissertation, Fachbereich Biologie, Freie Universität Berlin, 146 Seiten.
- 717) ADLER, C., 1994: Von der Eisenzeit bis in die Zukunft: hermetische Getreidelagerung und modifizierte Atmosphären. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Berlin-Dahlem, In: 49. Deutsche Pflanzenschutztagung **301**, S. 192.
- 718) ADLER, C., 1994: Wirkung Stickstoff- oder Kohlendioxid-reicher Atmosphären auf Kornkäfer in Getreide. Mitteilung der Deutschen Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie **9**, 153-156.
- 719) ADLER, C., 1996: Control of insect pests in stored grain with controlled atmospheres rich in carbon dioxide at temperatures between 0°C and 40°C. Proceedings of the XX. International Congress of Entomology, Florence, Italy, August 25-31, 1996: S. 558.
- 720) ADLER, C.; REICHMUTH, CH., 1988: Der Kornkäfer *Sitophilus granarius* L., Coleoptera: Curculionidae, seine Biologie und seine Bekämpfung im Getreide, insbesondere mit modifizierten Atmosphären. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Berlin-Dahlem **239**, 96 Seiten.
- 721) HASHEM, M. Y.; REICHMUTH, CH., 1992/1993: Zur Untersuchung der Wirkung inerte Atmosphären auf die Käfer des Großen Kornbohrers *Prostephanus truncatus* (HORN) und des Getreidekapuziners *Rhizopertha dominica* (FAB.) (Coleoptera: Bostrichidae). Zeitschrift für angewandte Zoologie **79**, 469-476.
- 722) HASHEM, M. Y.; REICHMUTH, CH., 1994: Interactive effects of high carbon dioxide or low-oxygen atmospheres and temperature on hatchability of Egs of three stored-product moths: Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz: **101**, 178-182.
- 723) JAY, E. G. (1971): Suggested conditions and procedures for using carbon dioxide to control insects in grain storage facilities. Agricultural Research Service, ARS 51-46, 3-6.
- 724) JAY, E. G.; ARBOGAST, R. T.; PEARMAN, G. C. JR. (1971): Relative humidity: its importance in the control of stored-product insects with modified atmospheric gas concentrations. Journal of Stored Product Res. **6**, 325-329.
- 725) JAY, E. G.; REDLINGER, L. M.; LAUDANI, H. (1970): The application and distribution of carbon dioxide in a peanut (groundnut) silo for insect control. Journal of Stored Product Res. **6**, 247-254.

- 726) MBATA, G.; REICHMUTH, CH., 1993: Toxicity of inert atmospheres to various stages of *Callosobruchus subinnotatus* (Pic.) (Coleoptera: Bruchidae). Med. Fach. Landbouww. Univ. Gent: **58**, 593-598.
- 727) OFUYA, T. I.; REICHMUTH, CH., 1992: Control of the bean bruchid, *Acanthoscelides obtectus* (SAY) in carbon dioxide atmosphere. Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent: **57**, 719-722.
- 728) OFUYA, T. I.; REICHMUTH, CH., 1993: Control of two bruchid pests of stored grain legumes in a nitrogen atmosphere. Crop Protection: **12**, 394-396.
- 729) OFUYA, T. I.; REICHMUTH, CH., 1994: Effect of level of seed infestation on mortality of Larvae and Puppae of *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae) in some controlled atmospheres. Journal of Stored Product Research: **30**, 75-78.
- 730) OFUYA, T.; REICHMUTH, CH., 1992: Mortality of the cowpea bruchid, *Callosobruchus maculatus* (FABRICIUS) in a highly elevated carbon dioxide atmosphere. Proceedings of the 1st European Conference on Grain Legumes, 1 - 3. June 1992, Angers, France, Philippe Planquaert, Reims, ISBN 2.86492.151.0: 365-366.
- 731) PAGANI, M.; CIAMPITTI, M. (1990): Mite control on seasoned pork products by modified atmospheres; preliminary test. Proceedings of the 5<sup>th</sup> Internat. Working Conference on Stored-product Protection **2**, 887-890.
- 732) PENG, W. K. (1990): Carbon dioxide as a control agent for *Callosobruchus maculatus* (Fab.) in stored adzuki bean. In: FUJII, K. et al. (Eds.): Bruchids and Legumes: Economics, Ecology and Coevolution. Kluwer Acad. Publ., 75-79.
- 733) PROZELL, S.; REICHMUTH, CH., 1990: Response of the granary weevil *Sitophilus granarius* (L.) (Col.: Curculionidae) to controlled atmospheres under high pressure. Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Working Conference on Stored-Product Protection, Bordeaux, France, September 9 - 14, 1990, Imprimerie du Médoc at Bordeaux-Blanquefort, F. Fleurat-Lessard and P. Ducom (Eds.): **2**, 911-918.
- 734) REICHMUTH, CH., 1988: Erfahrungen über den Einsatz inerte Atmosphären (Stickstoff und Kohlendioxid) zur Bekämpfung von Insekten in gelagertem Getreide. Getreide, Mehl und Brot **42**, 39-43.
- 735) REICHMUTH, CH., 1993: Session 6: Application methodology of CA/fumigation (including storage sealing techniques). Proceedings of an International Conference on Controlled Atmosphere and Fumigation in Grain Storages, Winnipeg, Canada, June 11 - 13, 1992, Caspit Press Ltd., Jerusalem, Navarro, S. and Donahaye, E. (Eds.): 554-555.
- 736) REICHMUTH, CH.; OFUYA, T. I., 1993: Low oxygen atmospheres for the control of *Callosobruchus maculatus* (FABRICIUS) and *Acanthoscelides obtectus* (SAY.). Proceedings of an International Conference on Controlled Atmosphere and Fumigation in Grain Storages, Winnipeg, Canada, June 11 - 13, 1992, Caspit Press Ltd., Jerusalem, Navarro, S. and Donahaye, E. (Eds.): 115-120.
- 737) REICHMUTH, CH.; UNGER, A.; UNGER, W.; BLASUM, G.; PIENING, H.; ROHDE-HEER, P.; PLARRE, R.; PÖSCHKO, M.; WUDTKE, A., 1993: Nitrogen-flow fumigation for the preservation of wood, textiles, and other organic material from insect damage. Proceedings of an International Conference on Controlled Atmosphere and Fumigation in Grain Storages, Winnipeg, Canada, June 11 - 13, 1992, Caspit Press Ltd., Jerusalem, Navarro, S. and Donahaye, E. (Eds.): 121-128.
- 738) TUNC, I., 1983: Mortality of *Tribolium confusum* Du VAL. (Col.: Tenebrionidae) Imagos in various atmospheric gas compositions. Zeitschrift für angewandte Entomologie **95**, 263-267.
- 739) TUNC, I., 1983: The effect of low oxygen- and high carbon dioxide-atmospheres on the Eis and Larvee of *Plodia interpunctella* (HÜBNER). Zeitschrift für angewandte Entomologie **95**, 53-57.
- 740) TUNC, I.; REICHMUTH, CH.; WOHLGEMUTH, R., 1982: A test technique to study the effect of controlled atmospheres on stored product pests. Zeitschrift für angewandte Entomologie **93**, 493-496.

## 4) weitere Literatur zu Gasen im Vorratsschutz

- 741) BERAN, F. (1941): Begasung von Baumschulerzeugnissen mit Blausäure. Biologische Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Flugblatt Nr. **180**, 6 S.
- 742) DON-PEDRO, K. N. (1996): Fumigant toxicity is the major route of insecticidal activity of citruspeel essential oils. *Pesticide Science* **46**, 71-78.
- 743) DON-PEDRO, K. N. (1996): Investigation of single and joint fumigant insecticidal action of citruspeel oil components. *Pesticide Science* **46**, 79-84.
- 744) FRICKHINGER, H.W. (1918): Blausäure im Kampf gegen die Mehlmotte (*Ephesia kuehniella* Zeller). *Zeitschrift für angewandte Entomologie* **4**, 129-140.
- 745) HASE, A. (1932): Über die unterschiedliche Widerstandsfähigkeit der parasitären Hauswanzen *Cimex lectularius* und *Cimex rotundatus* gegenüber der Einwirkung von Äthylenoxyd; nebst Bemerkungen über die Wirkung von Äthylenoxyd auf Meerschweine. *Zeitschrift für Parasitenkunde* **4**, 369-386.
- 746) HASE, A. (1937): Über Äthylenoxyd-(T-Gas)-Wirkung auf Wanzen bei tiefen Temperaturen. *Zeitschrift für hygienische Zoologie* **29**, 65-69.
- 747) JONES, R. M. (1935): The toxicity of carbon dioxide-methyl formate mixtures to the confused flour beetle (*Tribolium confusum* Duv.). *Journal of Economic Entomology* **28**, 475-485.
- 748) PETERS G. und GANTER W. (1935): Zur Frage der Abtötung des Kornkäfers mit Blausäure. *Z. ang. Ent.* **21**, 547-555.
- 749) PETERS, G. (1933): Blausäure zur Schädlingsbekämpfung. Sammlung chemischer und chemisch-technischer Vorträge, begründet von F. B. Ahrens, Herausgegeben von Prof. Dr. R. Pummerer-Erlangen, Neue Folge Heft 20, Verlag von Ferdinand Enke in Stuttgart.
- 750) PETERS, G. (1936): Chemie und Toxikologie der Schädlingsbekämpfung. Sammlung chemischer und chemisch-technischer Vorträge, begründet von F. B. Ahrens, Herausgegeben von Prof. Dr. R. Pummerer-Erlangen, Neue Folge Heft 31, Frankfurt am Main, 120 Seiten.
- 751) PETERS, G. (1940): "Tritox", ein neues, gasförmig wirkendes Mittel zur Ungezieferbekämpfung in Wohnräumen. *Zeitschrift für hygienische Zoologie* **32**, 179-190.
- 752) PETERS, G. (1942): Die hochwirksamen Gase und Dämpfe in der Schädlingsbekämpfung. I. Einführung und Allgemeiner Teil, 80 Abbildungen und 15 Tabellen. Sammlung chemischer und chemisch-technischer Vorträge, begründet von F. B. Ahrens, Herausgegeben von Prof. Dr. R. Pummerer-Erlangen, Neue Folge Heft 47a, Verlag von Ferdinand Enke in Stuttgart, 143 Seiten.
- 753) PETERS, G. und WÜSTINGER, E. (1940): Sach-Entlausung in Blausäure-Kammern. *Zeitschrift für hygienische Zoologie* **32**, 191-196.
- 754) REICHMUTH, CH., 1990: Toxic gas treatment responses of insect pests of stored products and impact on the environment. Proceedings of an International Conference on Fumigation and Controlled Atmosphere Storage of Grain, 14 - 18 February, Singapore, ACIAR Proceedings, Australian Centre for International Agricultural Research, Brown Prior Anderson Pty Ltd, Burwood, Victoria, Australia, B.R. Champ, E. Highley and H.J. Banks (Eds.), pp. 301, **25**, 56-69.
- 755) REICHMUTH, CH., 1994: Bekämpfung von Vorratsschädlingen in Durummühlen und Teigwarenfabriken. Granum Verlag, Veröffentlichung der Arbeitsgemeinschaft Getreideforschung e.V., Detmold (Bericht über die 16. Durum- und Teigwarentagung) **253**, 112-115 sowie auch 1995, *Getreide, Mehl und Brot* **49**, 415-416.
- 756) REICHMUTH, CH.; HORN, F. 1996: A new phosphine releasing generator for pest control. Proc. Ann. Internat. Res. Conf. on Methyl Bromide Alternatives and Emissions Reductions. November 4-6, 1996, Orlando, Florida, 66.

REICHMUTH - Gase

- 757) REICHMUTH, CH. (1997): Vorratsschädlinge im Getreide - Aussehen, Biologie, Schadbild, Bekämpfung. Unter Mitarbeit von SCHÖLLER M. und ULRICH, CH. Verlag Th. Mann, Gelsenkirchen-Buer, ISBN 3-7862-0103 X, 119 S.
- 758) SCHILCHER, H. (1970): Begasung von getrockneten Arzneipflanzen mit T-Gas/Äthylenoxid. *Planta Medica* **18**, 101-113.
- 759) TESCH, B. (1937): Die Entwesung von Getreide und Futtermitteln mit dem Cartox-Verfahren. *Zeitschrift für hygienische Zoologie* **29**, 244-254.
- 760) WEIDNER, H. (1967): Geschichter der Entomologie in Hamburg. Mit 53 Portraits und 51 anderen Abbildungen. Abhandlungen und Verhandlungen der Naturwissenschaftlichen Vereins in Hamburg, Neue Folge., Bd. IX, Supplement. Herausgegeben im Auftrage des Vorstandes von Dr. M. E. Thiel. Kommissionsverlag Cram, de Gruyter & Co., Hamburg, 387 Seiten.
- 761) WILHELMI, J. (1919): Die Angewandte Zoologie als wirtschaftlicher, medizinisch-hygienischer und kultureller Faktor. Verlag von Julius Springer, Berlin, 88 Seiten.
- 762) ZACHER, F., 1927: Die Vorrats-, Speicher- und Materialschädlinge und ihre Bekämpfung. Berlin (P. PAREY), 366 S., 123 Abb., 8 Farbtaf.



## Vorratsschutz mit Stickstoff und Kohlenstoffdioxid

CORNEL ADLER\*

### Einleitung

In den letzten 25 Jahren hat die Erforschung kontrollierter Atmosphären (controlled atmospheres, CAs) zur Entwesung trockener befällener Vorräte international ein recht breites wissenschaftliches Interesse gefunden. Einen Literaturüberblick verschaffen die Arbeiten von BAILEY und BANKS (1975, 1980), BANKS (1981, 1983a, 1983b), BANKS et al. (1990) und ADLER (1993). Bei dem Einsatz von CAs wird der atmosphärische Sauerstoffgehalt reduziert, gleichzeitig kann der Kohlenstoffdioxidgehalt mehr oder weniger stark angehoben werden. Für Schadarthropoden toxische Effekte entstehen, wenn der Sauerstoffgehalt unter etwa 2 Volumen-% absinkt oder der Kohlenstoffdioxidgehalt über rund 40 % liegt. Verglichen mit Bekämpfungsverfahren mit synthetischen Insektiziden haben CAs eine Reihe von Vorteilen: Das Behandlungsverfahren hinterläßt keine Rückstände in den behandelten Produkten. Die Auswirkungen der Gasbestandteile auf die Umwelt sind bekannt. Anoxische Bedingungen reduzieren den Atemstoffwechsel lebender Pflanzenteile und erhalten dadurch die Produktqualität. Vorausgesetzt der Produktwassergehalt ist niedrig, hat der Sauerstoffmangel fungistatische Effekte. Schließlich erscheint aus heutiger Sicht auch die Entwicklung von Resistenzen gegen dieses Behandlungsverfahren äußerst unwahrscheinlich. Hauptnachteile einer Behandlung mit CAs sind andererseits ein sehr hohes Niveau an Gasdichtigkeit, das für eine kostengünstige Behandlung notwendig ist und die bei Umgebungstemperatur relativ langen Einwirkzeiten im Vergleich zu toxischen Gasen (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Vor- und Nachteile der Anwendung kontrollierter Atmosphären

Vorteile	Nachteile
keine Rückstände	hohe Gasdichtigkeit erforderlich $t_{1/2} > 60 \text{ s}$
Arbeitssicherheit in der Umgebung behandelter Räume	lange Einwirkzeiten im Vergleich zur Wirkung synthetischer Gase
Umweltwirkung bekannt	
bei Abwesenheit von Sauerstoff (Anoxia) fungistatische Effekte sowie Erhalt der Produktqualität durch Verhinderung oxidativer Alterungsprozesse	
Geringes Risiko für eine Resistenzentwicklung	

\* Stellvertretender Leiter des Instituts für Vorratsschutz

Ein Vergleich der Vor- und Nachteile von Stickstoff- und Kohlenstoffdioxidatmosphären untereinander ist in Tabelle 2 wiedergegeben (siehe auch BANKS und ANNIS 1990). Die CA-Lagerung ist ein relativ häufiges Verfahren im Nachernteschutz bei Obst und Gemüse (MINIOL et al. 1994). Hier wird es beim Transport und bei der Lagerung eingesetzt, um die Lagerfähigkeit ohne Qualitätsverluste zu verlängern. Je nach Obst- oder Gemüseart und -sorte werden dabei häufig Sauerstoffrestgehalte zwischen 1 und 5 % eingestellt. Diese verringern die Reife- und Atmungsprozesse in diesen wenig lagerfähigen Produkten. Häufig wird bei der CA-Lagerung von Obst und Gemüse auch Ethylen und CO<sub>2</sub> abgeführt, um ein vorzeitiges Reifen und Probleme mit der Produktqualität zu vermeiden. Im Gegensatz hierzu produzieren Getreide, Nüsse, Hülsenfrüchte und andere trockene Erntegüter kein Ethylen. Die Produktwassergehalte bei diesen lagerfähigen Waren liegen immer unter 25 % (Wasseraktivität  $a_w < 0,7$ ). Getreide gilt nach den Grundsätzen der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) bis zu einem Wassergehalt von maximal 15 % noch als lagerfähig. Solche Vorräte lassen sich entweder mit sauerstoffarmen oder kohlendioxidreichen Atmosphären begasen, wobei die Kohlenstoffdioxidgehalte bis zu 100 % erreichen können. Für Getreide gilt, daß bis zu einer Kornfeuchte von mindestens 17 % sauerstoffarme oder kohlenstoffdioxidreiche Atmosphären keinen Einfluß auf die Getreidequalität haben (MÜNZING und BOLLING 1985). Während man bei der Behandlung mit kontrollierten Atmosphären die Zusammensetzung der Gase in der behandelten Räumlichkeit kontrollieren und einstellen kann, spricht man generell von modifizierten Atmosphären (MAs), wenn die atmosphärische Zusammensetzung sich durch Atmungsprozesse verändert und nicht kontrolliert werden kann.

Tabelle 2: Vor- und Nachteile: N<sub>2</sub>- und CO<sub>2</sub>-Behandlungen im Vergleich

Gas	Vorteile	Nachteile
N <sub>2</sub>	Erzeugung vor Ort möglich (Membrananlage, PSA) völlig inert  Arbeitssicherheit (kein MAK-Wert)	relativ lange letale Einwirkzeiten unter 25°C Produkttemperatur nur wirksam unterhalb von 2 Vol.-% Rest-O <sub>2</sub>
CO <sub>2</sub>	> 40 % effektiv unter 25°C schneller wirksam als N <sub>2</sub>	wasserlöslicher Säurerest bei Lecks Gefahr am Boden / in Kellern (Warnvorrichtung nötig!) MAK: 5000 ppm

### Geschichtliche Entwicklung

Daß man sauerstoffarme Bedingungen zum Schutz trockener Vorräte einsetzen kann, dürfte seit mindestens 2500 Jahren bekannt sein. In vielen ariden Regionen Afrikas, Asiens und Südeuropas sowie in Mittelamerika wurden Getreide- und

trockene Leguminosensamen hermetisch in speziellen Gruben eingeschlossen, deren Wände aus gebranntem Lehm oder Stein bestanden (Abbildung 1).

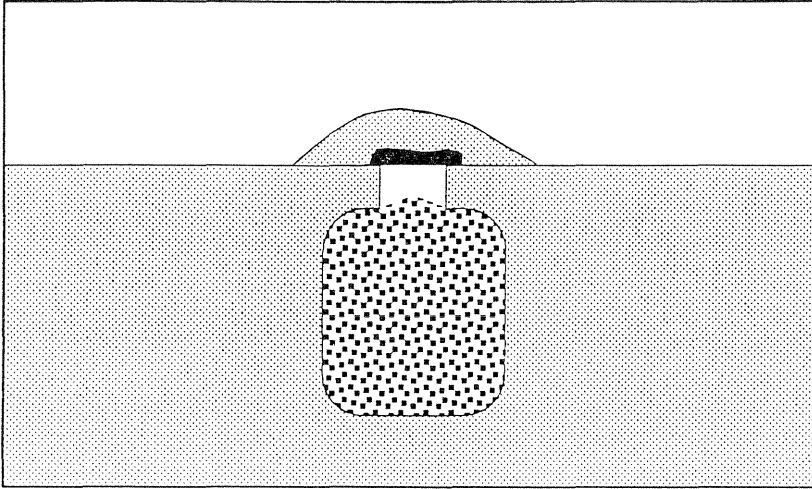


Abbildung 1: Traditionelle unterirdisch-hermetische Lagerung in trocken-warmen Klimaten

Durch Ausgrabungen lassen sich diese typischerweise flaschenförmigen Gruben bis in die Eisenzeit (ab etwa 900 v. Chr.) zurückverfolgen (HILL et al. 1983). Aus Zypern ist bekannt, daß der atmosphärische Sauerstoffgehalt in diesen Gruben vor dem Befüllen mit Getreide durch das Abbrennen eines Feuers reduziert wurde. Sobald die unterirdischen Lager Gruben mit Getreide gefüllt waren, verschloß man sie mit großen Steinen und Erdrich. Abhängig von der Gasdichtigkeit der Lagerstätte, der Temperatur, der eingelagerten Produktart und anderen Faktoren (z. B. Feuchtegehalt, Respiration von Mikro- und Makroorganismen) wurde der im Zwischenkornbereich vorhandene atmosphärische Sauerstoff mehr oder weniger schnell aufgebraucht (siehe Abbildung 2).

Vorausgesetzt, daß von außen kein Wasser eindringen konnte, waren die Vorräte in diesen Gruben vor Verderb geschützt, sobald der Sauerstoffgehalt unter ein Niveau von etwa 2 % abfiel. Dieses traditionelle Lagerungssystem einer hermetischen Lagerung, bei der sich modifizierte Atmosphären einstellen, kann auch heute noch in einigen kleinbäuerlichen Bereichen Ägyptens, Sudans, Äthiopiens, Somalias, Indiens und anderer Länder gefunden werden (KAMEL 1980, DE LIMA 1980).

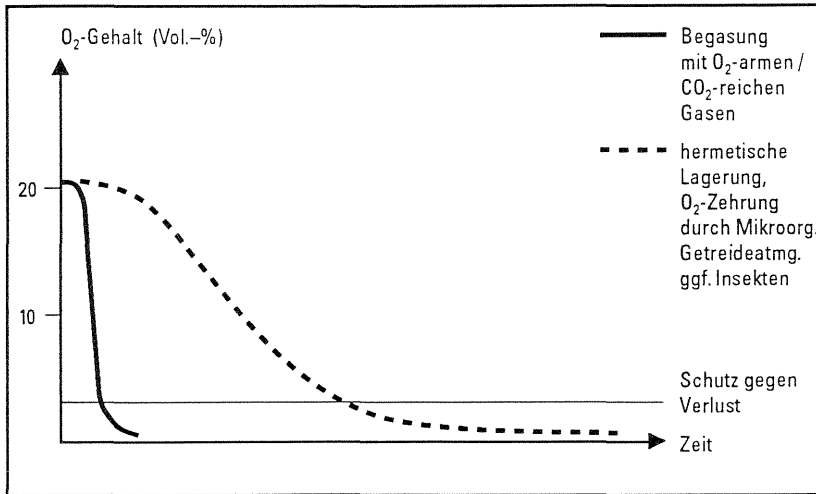


Abbildung 2: Veränderung der Sauerstoffgehalte in einem gasdichten Getreidelager

Der unterirdisch-hermetischen Lagerung entsprechende Schutzeffekte lassen sich heute mit Hilfe moderner Technik etwas schneller dadurch erreichen, daß man ein gasdichtes Getreidelager mit Stickstoff oder Kohlenstoffdioxid spült und dadurch den Luftsauerstoff gezielt verdrängt (siehe Abbildung 2). Allerdings gilt die Lagerung von Getreide und anderen Samen heute als nicht ausreichend profitabel, als daß sich eine dauerhafte Lagerung unter kontrollierten Atmosphären in einem entsprechend gasdichten Lager lohnen könnte. Deshalb wird bei diesen Produkten im Gegensatz zur Lagerung von Obst und Gemüse eine Behandlung mit kontrollierten Atmosphären nur dann vorgenommen, wenn nach Feststellung eines Befalls eine Schädlingsbekämpfung durchgeführt werden soll. Allerdings wird hierdurch der qualitätserhaltende Effekt anoxischer Bedingungen verschenkt. Beispielsweise ließ sich das in den ägyptischen Pyramiden den verstorbenen Pharaonen beigegebene Getreide nur deshalb noch im 20. Jahrhundert auskeimen, weil es Jahrtausende unter anoxischen Bedingungen in den Grabkammern gelegen hatte.

### Biologische Wirkung

Die abtötenden Effekte kontrollierter und modifizierter Atmosphären werden einerseits dem Mangel an Sauerstoff, andererseits hohen Kohlenstoffdioxidgehalten zugeschrieben (BANKS 1983). Im Stoffwechsel der Insekten ist atmosphärischer Stickstoff chemisch inert. Zum Vergleich wurde auch die Wirkung echter Edelgase wie Helium oder Argon in ihrer Wirkung auf Insekten überprüft (LINDGREN und VINCENT 1971, BANKS 1983). Diese Gase hatten eine ähnliche Wirkung wie Stickstoff, waren aber zu teuer für eine kommerzielle Verwendung.

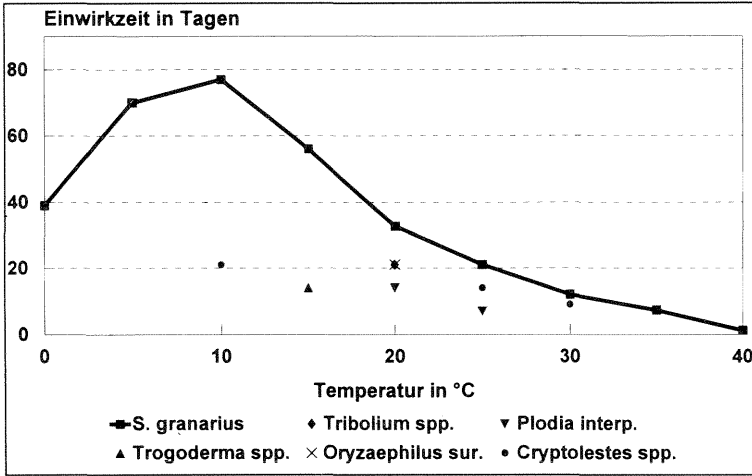
Bis heute ist noch nicht im Detail geklärt, welches die direkte Ursache für den Tod mit  $N_2$  oder  $CO_2$  begaster Insekten ist. Toxische Effekte kontrollierter Atmosphären werden einerseits dem Verlust von Energiereservestoffen zugeschrieben, andererseits auf Austrocknungseffekte, bzw. eine Übersäuerung der Zelle mit letalen Konsequenzen zurückgeführt (siehe unten). Die Einwirkzeit, die zur Entwesung eines mit Schädlingen befallenen Produktes benötigt wird, hängt hauptsächlich von der Produkttemperatur, der Schädlingsart und deren anwesenden Entwicklungsstadien, der Produktart und dem Feuchtegehalt ab. Bei  $CO_2$ -Behandlungen spielt auch der atmosphärische Druck eine Rolle. Unter  $25^\circ C$  sind  $CO_2$ -reiche Gase meist etwas schneller wirksam als sauerstoffarme Stickstoffatmosphären.

Unter den Vorratsschädlingen haben sich die Puppen der Gattung *Sitophilus* als besonders widerstandsfähig erwiesen (ANNIS 1991, ADLER 1993). Allgemein sind bei vorratsschädlichen Käfern die jungen Puppen besonders widerstandsfähig, gefolgt von dem Eistadium, älteren Larven und jungen Larven. Geschlechtsreife Tiere sind zusammen mit den jungen Larven besonders empfindlich, was zu unzureichenden Bekämpfungsmaßnahmen führen könnte, weil man die toten Käfer sieht und irrtümlich annimmt, bereits einen vollständigen Bekämpfungserfolg erzielt zu haben. Bei  $10^\circ C$  können einzelne Puppen des Kornkäfers eine Stickstoffatmosphäre mit bis zu 2 % Restsauerstoff für 10 Wochen überleben, während die außerhalb des Kornes sichtbaren Käfer schon nach 2,5 Wochen abgetötet sind (ADLER 1994a).

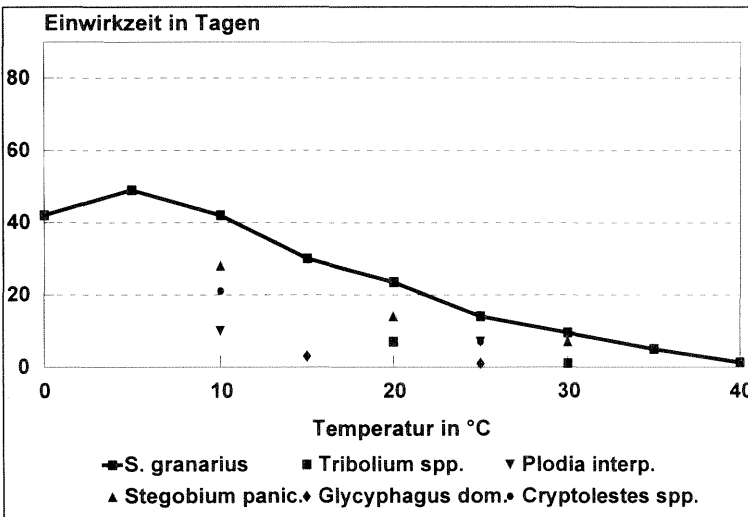
Vorratsschädliche Motten sind gegenüber  $CA$ 's deutlich empfindlicher als Käfer. Man nimmt an, daß diapausierende Larven das unempfindlichste Entwicklungsstadium sind. Bei Milben wird das Hypopenstadium für besonders widerstandsfähig gehalten, aber noch gibt es hierzu keine gesicherte Datenbasis. Oberhalb von  $5-10^\circ C$  nimmt die letale Einwirkzeit mit zunehmender Temperatur ab. Dies ist dadurch zu erklären, daß mit steigender Temperatur auch die Stoffwechselrate sowie die Bewegungsaktivität und der Energiebedarf der wechselwarmen Insekten ansteigt. Der Einfluß der Temperatur auf die zur Abtötung benötigte Einwirkzeit für unterschiedliche Vorratsschädlinge kann den Abbildungen 3 und 4 entnommen werden. Die Wirksamkeit von sauerstoffarmen und kohlendioxidreichen Gasgemischen ist vergleichend in Abbildung 5 dargestellt.

### **Eigenschaften von Stickstoff, Kohlenstoffdioxid und Sauerstoff im Verhältnis zur Behandlung mit $CA$**

Die spezifische Dichte von Stickstoff ( $\gamma = 0,97 \text{ kg/m}^3$ ) entspricht nahezu der von Luft ( $\gamma = 1 \text{ kg/m}^3$ ). Deshalb hat es sich als günstig herausgestellt, bei der Behandlung mit Stickstoff im Inneren eines behandelten Objektes einen Überdruck von mindestens etwa 0,3 mbar (30 Pascal) aufrecht zu erhalten, um das Eindringen von Luft-sauerstoff durch Poren oder kleine Undichtigkeiten in der Wand des behandelten Objektes zu verhindern (Voraussetzung: Windstille). In einem mit reinem Stickstoff gespülten Objekt beträgt der Partialdruck des von außen anstehenden Luftsauerstoffs immerhin ein Fünftel einer Atmosphäre, also rund 200 mbar.



**Abbildung 3:** Einwirkzeit zur Abtötung verschiedener Vorratsschädlinge mit Gasmischungen mit hohem Stickstoffgehalt (98 Vol.-% - 99 Vol.-%, Rest Sauerstoff) bei unterschiedlichen Temperaturen.



**Abbildung 4:** Einwirkzeit zur Abtötung verschiedener Vorratsschädlinge mit Gasmischungen mit hohem Kohlenstoffdioxidgehalt (60 Vol.-% - 95 Vol.-%, Rest Luft) bei unterschiedlichen Temperaturen.

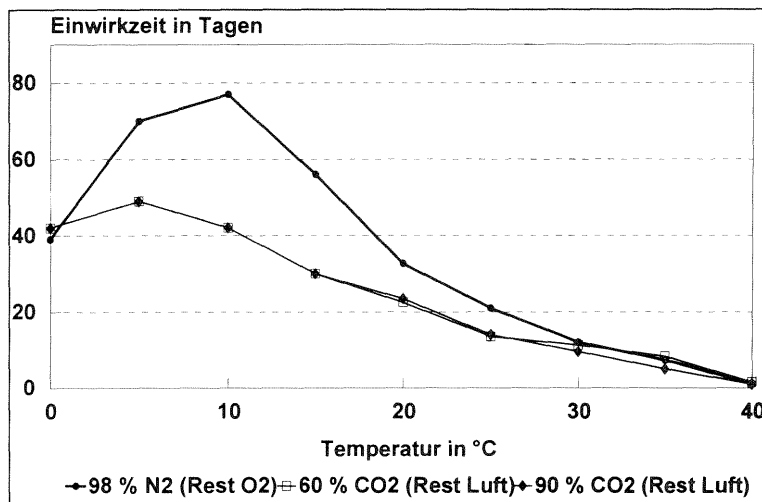


Abbildung 5: Einwirkzeit zur Abtötung von Kornkäfern mit Stickstoff (98 %, Rest O<sub>2</sub>), 60 % CO<sub>2</sub> bzw. 90 % CO<sub>2</sub> (Rest Luft) bei unterschiedlichen Temperaturen.

Im Vergleich dazu hat Kohlenstoffdioxid eine deutlich höhere Dichte ( $\gamma = 1,53 \text{ kg/m}^3$ ). Wird reines CO<sub>2</sub> auf eine Getreideoberfläche ausgebracht, sinkt es deshalb sehr schnell zu Boden. Daher reicht es aus, bei einer Behandlung von geschütteten Gütern den ausreichenden Kohlenstoffdioxidgehalt an der Oberfläche des Produktes sicherzustellen. Andererseits muß bei CO<sub>2</sub>-Behandlungen in angrenzenden Kellerräumen oder in Bodennähe der Kohlenstoffdioxidgehalt gemessen werden, da sich hier im Falle plötzlich austretenden Gases für Mensch oder Tier gefährliche Ansammlungen von Kohlenstoffdioxid ergeben können.

Der Zwischenkornbereich bei Getreide und anderen körnerförmigen Schüttgütern besteht aus vielen kleinen miteinander verbundenen Kompartimenten. Die bei einer Begasung eingebrachten kontrollierten Atmosphären verdrängen die Luft aus diesen Kompartimenten, ohne sich weiter mit ihr zu vermischen. Ein gasdichtes und mit Getreide bis oben gefülltes Lager kann deshalb mit kaum mehr als der dem Zwischenkornvolumen entsprechenden Menge an N<sub>2</sub> oder CO<sub>2</sub> vollständig gespült werden. Ist ein Getreidelager nicht ganz gefüllt, so ist es andererseits ungleich schwerer, den freien Luftraum von Sauerstoff zu befreien. Je nach kontrollierter Atmosphäre und auch Temperaturdifferenzen werden hier etwa drei- bis fünfmal das Volumen des freien Raumes benötigt, um die Luftatmosphäre vollständig zu verdrängen. Durch die volle Befüllung eines Silos lassen sich also die Kosten für die Verdrängungsspülung reduzieren. Die Gesamtkosten für die Behandlung hängen danach entscheidend an der Gasdichtigkeit des Vorratslagers und können beispielsweise in verschweißten Stahlsilos unter den Kosten einer Phosphorwasserstoffbehandlung liegen (ADLER und REICHMUTH 1989).

Die Partikelgröße des Produktes ist bei allen Begasungsverfahren in sofern bedeutsam, als sehr feine mehlartige Produkte nicht durchdrungen werden können. Dies liegt daran, daß Mehlpartikel viele kleine Luftkompartimente einschließen, die durch Diffusion nur extrem langsam in ihrer atmosphärischen Zusammensetzung verändert werden. In der Praxis ist dieser Umstand bei allen Begasungen und anderen Bekämpfungssaktionen wichtig, weil bei einer unzureichenden Vorreinigung des Produktes oder des Gebäudes Insekten unter Staubbänken geschützt die Behandlung überleben können.

Kohlenstoffdioxid löst sich im Kornwasser bis sich ein Gleichgewicht zwischen dem gelösten und atmosphärischen CO<sub>2</sub>-Gehalt eingestellt hat. Abhängig von Faktoren wie Produktart, Temperatur und Feuchte kann sich die Einstellung eines solchen Gleichgewichtes über mehrere Tage hinziehen. Wenn CO<sub>2</sub> in diesem Zeitraum nicht nachgeführt wird, kann dies in dem behandelten Raum zu einem partiellen Vakuum von mehreren hundert Pa führen oder Luft von außen dringt durch Undichtigkeiten ein. Dies geschieht vorzugsweise im oberen Teil eines begasteten Raumes, weil sich dort weniger CO<sub>2</sub> befindet als in der Tiefe. Es wurde berichtet, daß in neuen Betonwänden zunächst größere Mengen an CO<sub>2</sub> absorbiert werden, bis es zu einer Sättigung kommt (SPRATT 1975). Bei feuchtem Stahlbeton kann eindringendes CO<sub>2</sub> zu Korrosionsschäden führen.

## Resistenz

Bis heute gibt es aus der Praxis keine Berichte über mißlungene CA-Behandlungen, die auf resistente Insektenstämme zurückzuführen waren. Laboruntersuchungen zur Entwicklung resistenter Insektenpopulationen wurden von BOND und BUCKLAND (1979), NAVARRO et al. (1985), ANNIS (1990) und DONAHAYE (1990,1993) durchgeführt. ANNIS (1990) betonte, daß es in den vorangegangenen Versuchen anderer Autoren jeweils nur gelungen sei, empfindliche Entwicklungsstadien durch Selektion etwas unempfindlicher zu machen. Als unempfindlichstes Stadium gelten die Puppen der Gattung *Sitophilus*. Bei seiner Selektion von Puppen des Reiskäfers *Sitophilus oryzae* gelang ihm keine meßbare Verlängerung der letalen Einwirkzeit.

Bei einem Vergleich 10 verschiedener Kornkäferstämme auf ihre Widerstandsfähigkeit gegen sauerstoffarme bzw. kohlenstoffdioxidreiche Gase korrelierte die relative Widerstandsfähigkeit adulter Tiere gegen ein Gas mit 90 % CO<sub>2</sub> mit dem durchschnittlichen Körpergewicht des Stammes (Adler 1997). Eine durch Selektion erworbene Widerstandsfähigkeit und das dazugehörige erhöhte Körpergewicht scheint sich über Jahrzehnte zu halten, da der von BOND und BUCKLAND (1979) untersuchte CO<sub>2</sub>-tolerante Stamm auch noch 1989 besonders unempfindlich und besonders schwer war (ADLER 1997). Die ältesten Funde der Gattung *Sitophilus* stammen aus den Grabbeigaben ägyptischer Pharaonengräber, und sind etwa 4500 Jahre alt. Über Jahrhunderte durchgeführte hermetische Getreidelagerungsverfahren könnten die Ursache für eine erhöhte Toleranz der vorratsschädlichen Rüsselkäfer sein. Trotzdem stellt eine Entwicklung resistenter Insektenpopulationen aus heutiger Sicht keine ernstzunehmende Gefahr für dieses Verfahren dar. Dies liegt hauptsächlich an der Tatsache, daß im gesamten Tier- und Pflanzenreich die Atmungskette nach dem gleichen Prinzip funktioniert, bei dem Sauerstoff als terminaler Elektronenakzeptor fungiert.



### Kohlenstoffdioxid behindert die glykolytische Energieerzeugung

Anaerobe Energiestoffwechselprozesse sind bei weitem weniger effektiv als aerobe, bei denen aus Kohlehydraten durch Glykolyse und Zitratzyklus letztendlich Kohlenstoffdioxid und Wasser gebildet wird. Wie bei anderen landlebenden Tieren ist auch bei Insekten die Bildung von Milchsäure als Endprodukt der Glykolyse ein häufig anzutreffender Stoffwechselweg bei Abwesenheit von Luftsauerstoff. Bei den gegen Begasungen als besonders widerstandsfähig bekannten Puppen des Kornkäfers wurde der Laktatgehalt nach Begasungen bei 20°C mit reinem Stickstoff bzw. reinem Kohlenstoffdioxid gemessen (ADLER 1994b).

Die unter Einfluß von Stickstoff erzeugten Laktatgehalte nahmen am ersten Behandlungstag stark zu und stabilisieren sich noch etwas über dem Niveau, das bei Sportmedizinern als „lactic acidosis“ bezeichnet wird und zur physiologischen Inaktivität von Muskelzellen des Menschen führt.

Bei unter CO<sub>2</sub> gehaltenen Kornkäferpuppen ergab sich ein zwar ähnlicher Kurvenverlauf, es wurde aber nur etwa ein Drittel des Laktatgehaltes der unter N<sub>2</sub> gehaltenen Individuen erreicht (Abbildung 6). Die Abnahme der Laktatproduktion über die Einwirkzeit wird auf eine Übersäuerung der Zelle zurückgeführt, wobei sich im Falle der CO<sub>2</sub>-Behandlung ein additiver Effekt aus Milchsäure und Kohlensäure ergibt, der bei den Insekten zu einer geringeren Energieausbeute führt und daher verantwortlich für die schnellere Wirksamkeit von CO<sub>2</sub> bei 20°C sein könnte.

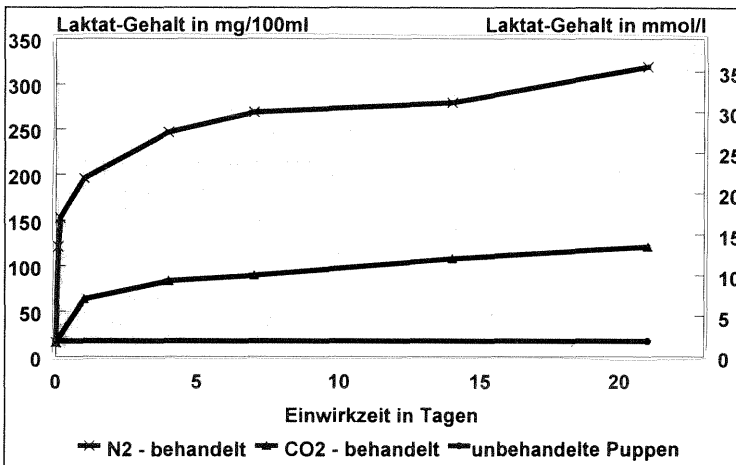


Abbildung 6: Lactat-Gehalte in Puppen des Kornkäfers *S. granarius* nach Behandlung mit reinem N<sub>2</sub> oder reinem CO<sub>2</sub>

### Erzeugung kontrollierter Atmosphären

Wie aus Tabelle 3 zu entnehmen ist, lassen sich kontrollierte Atmosphären auf unterschiedliche Art und Weise erzeugen: durch das Spülen mit reinem Stickstoff oder Kohlenstoffdioxid oder durch die Umwandlung des vorhandenen Luftsauerstoffs in  $\text{CO}_2$ , beispielsweise über die Verbrennung von Gasen wie Propan oder Butan (siehe auch BANKS 1984) oder durch Atmungsprozesse. Stickstoff kann man von Gasproduzenten in Druckgasflaschen oder gekühlten Flüssiggaskontainern erhalten. Während Gasproduzenten Stickstoff durch fraktionierte Destillation gewinnen, läßt sich dieses Gas am Ort des Einsatzes aus Druckluft durch Druckwechseladsorption (pressure swing adsorption, PSA, Abbildung 7) oder Membrananlagen (Abbildung 8) erzeugen. Komprimierte Luft wird durch eine sorbierende Substanzschicht gedrückt, die Sauerstoff festhält und Stickstoff durchläßt. Wenn die Schicht Sauerstoffgesättigt ist, schlägt dieser durch und es wird auf die zweite Sorptionschicht gewechselt. Die erste Schicht wird anschließend

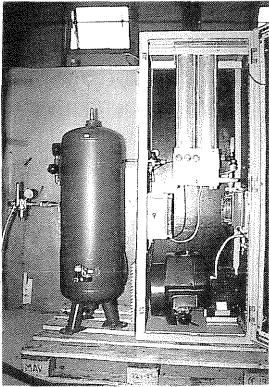


Abbildung 7:  
Druckwechsel-  
Adsorptionsanlage zur  
Stickstoffherzeugung aus  
Luft

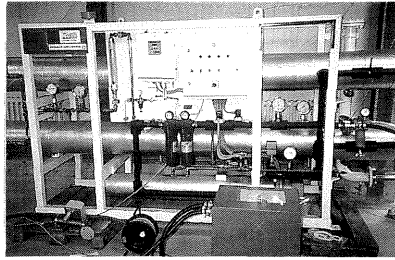


Abbildung 8:  
Membrananlage zur  
Stickstoffherzeugung aus Luft

wieder regeneriert. Anders als für die PSA Anlage geschildert, wird Preßluft kontinuierlich in eine Membrananlage mit vielen Kapillaren gedrückt, durch deren Wände die eine Komponente (Stickstoff) passiert und hochprozentig von Restluft abgetrennt wird. Sauerstoff kann auch chemisch durch Substanzen mit dreiwertigem Eisen Fe (III) (z. B. unter dem Namen AGELESS im Handel) gebunden werden. Dieses Verfahren wird aus Kostengründen jedoch zur Zeit nicht zur CA-Behandlung von Vorräten eingesetzt.

Kohlenstoffdioxid wird üblicherweise aus Flüssiggaskontainern entnommen, da dieses Gas bei  $20^\circ\text{C}$  und einem Druck von 57,3 bar seinen Siedepunkt hat. Normalerweise werden gasdicht gelagerte Produkte so lange mit einem sauerstoffarmen oder -freien Gasmisch gespült, bis der Restsauerstoffgehalt auf einen Wert von höchstens 2 Vol.-% abgesunken ist. Wie man aus Abbildung 5 entnehmen kann, ist es möglich durch eine Kombination von kontrollierten Atmosphären und hohen Temperaturen sehr kurze Behandlungszeiten zur vollständigen Entwesung zu erzielen. Eine Leerraumbehandlung bei  $40^\circ\text{C}$  kann bereits nach 36 h zur Abtötung sämtlicher Vorratsschädlinge inklusive aller Stadien des Kornkäfers führen.

Inertgasgeneratoren erlauben die Erzeugung sauerstoffarmer Gasmische durch Verbrennungsprozesse (STOREY 1975, BELL 1984, FLEURAT-LESSARD und LE TORC'H 1987, 1991) oder die katalytische Umwandlung von Luftsauerstoff (NAVARRO et al. 1978). Hierbei entstehen üblicherweise Gasmische, die aus etwa 1 % Restsauerstoff, bis zu 16 %  $\text{CO}_2$  und 83 %  $\text{N}_2$  bestehen. Wie aus

vergleichenden Untersuchungen bekannt ist, liegt die Wirksamkeit eines Gases mit 19 % CO<sub>2</sub> bei 20°C nur geringfügig über der von Stickstoff mit 1 % Restsauerstoffgehalt (Adler 1993). Alle zur Zeit in Deutschland für den Vorratsschutz zugelassenen CA-Verfahren sind in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 3: Möglichkeiten der Erzeugung modifizierter Atmosphären

<b>N<sub>2</sub> - Begasung</b> 96-100 % N <sub>2</sub> (Rest: O <sub>2</sub> )	<b>CO<sub>2</sub> - Begasung</b> 50-100 % CO <sub>2</sub> (Rest: Luft)	<b>Inertgasgenerator</b> >80 % N <sub>2</sub> , <20 % CO <sub>2</sub>	<b>Biogasgenerator</b> 80 % N <sub>2</sub> <20 % CO <sub>2</sub>
Fraktionierte Luft-Destillation  am Ort: Membrananlage, Druckwechseladsorptionsanlage (PSA)	Nebenprodukt industrieller Synthese- und Verbrennungsprozesse  natürliche Quellen	Verbrennung bzw. katalytische Oxidation fossiler Brennstoffe	Abbau organischer Substanz durch Atmung

### Drucktest zur Überprüfung der Begasungsfähigkeit von Objekten

Bevor ein Vorratslager mit kontrollierten Atmosphären gespült wird, sollte sein Gasdichtigkeit ermittelt werden, damit es nicht zu Fehlbehandlungen und finanziellen Einbußen kommt. Dies läßt sich durch Druckhalbwegszeit- bzw. Strömungsratentests bewerkstelligen (REICHMUTH 1993). Für die Bestimmung der Druckhalbwegszeit ( $t_{1/2}$ ) benötigt man einen geeigneten Ventilator bzw. Kompressor oder eine Gaspumpe, ein Manometer, daß im Pascalbereich empfindlich ist, einige Gasschläuche für die Verbindung zwischen Begasungsraum und Ventilator sowie dem Manometer, und schließlich braucht man auch eine Stoppuhr. Durch den Ventilator wird nun im zwischen Begasungsraum und dem Außendruck eine Druckdifferenz von beispielsweise 100 Pa eingestellt. Sobald dieser Wert gemessen wird, unterbricht man die Verbindung zwischen Begasungsraum und Ventilator und mißt die Zeit, die vergeht, bis genau die Hälfte der ursprünglichen Druckdifferenz, in unserem Beispiel 50 Pa, gemessen wird. Je größer die Undichtigkeiten, desto schneller paßt sich der Innendruck im Begasungsraum dem Außendruck an und desto kürzer wird  $t_{1/2}$ . Werte von mindestens 90 s sind nötig, damit eine CA-Behandlung ohne hohe Gasverluste durchgeführt werden kann. Australische Behörden verlangen mindestens 180 s, und natürlich steigt bis zu einem gewissen Abdichtungsaufwand mit der Gasdichtigkeit auch die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens.

Bei dem Gasdurchflußtest benötigt man ein regelbares Gebläse und einen Durchflußmesser, sowie ebenfalls Manometer, Schläuche und Stoppuhr. Durch das Anschalten des Gebläses wird eine Druckdifferenz erzeugt, und der Regler des

Gebläses wird so eingestellt, daß sich eine stabile Druckdifferenz ergibt. Nun muß nur noch die Förderleistung des Gebläses ermittelt werden, um die Leckrate des Objekts zu bestimmen. Die Leckrate einer Räumlichkeit sollte bei CA-Behandlungen nicht über einem Raumvolumen pro Tag liegen.

Tabelle 4: Zur Behandlung im Vorratsschutz in Deutschland zugelassene CA-Verfahren (ANONYM 1997)

Substanz und Lagergut	Schadorganismen, Zweckbestimmung	Vertriebsunternehmen, Anwendungshinweise	Anzahl Anwendungen
995 g/kg Kohlendioxid Gas (in Druckpackung)  In Getreide und Getreideerzeugnissen, Drogen und Heilkräutern, Tabak	Vorratsschädlinge (Milben)	<b>Kohlensäure BUSE</b> Pex Druckkammer Nach Befallsbeginn Begasen 10 bar (Einwirkungszeit: 480 Minuten): 22 kg/m <sup>3</sup> 30 bar (Einwirkungszeit: 90 Minuten): 66 kg/m <sup>3</sup>	max. 5
995 g/kg Kohlendioxid Gas (in Druckpackung)  In Vorratsgütern, ausgenommen Getreide, Grieß, Expeller, Tabak, Drogen, Heilkräuter	Vorratsschädlinge (Milben)	<b>Kohlensäure BUSE</b> Pex Druckkammer Nach Befallsbeginn Begasen 10 bar (Einwirkungszeit: 480 Minuten): 22 kg/m <sup>3</sup> 30 bar (Einwirkungszeit: 90 Minuten): 66 kg/m <sup>3</sup>	max. 5
995 g/kg Kohlendioxid Gas (in Druckpackung)  In Getreide und fetthaltigen Sämen	Vorratsschädlinge (Milben)	<b>Kohlensäure BUSE</b> Flachlager Bei Befall Begasen Schüthöhe bis 10 m 80 % Spülen bis auf einen Gehalt von 60-80 % Kohlendioxid, Einwirkungszeit: bei 5-15°C 6 Wochen, bei 15-20°C 4 Wochen, bei 20-23°C 3 Wochen, bei 25-30°C 1 Woche, bei 30-35°C 4 Tage	max. 1
1000 g/kg Kohlendioxid Gas (in Druckpackung)  In Getreideerzeugnissen, Drogen und Heilkräutern, Tee, Gewürzen, fetthaltigen Samen, Trockenobst	Vorratsschädlinge (Milben)	<b>CARBO Kohlensäure</b> Carvex Druckkammer Bei Bedarf Begasen 30 bar (Einwirkungszeit: 60 Minuten): 66 kg/m <sup>3</sup> 37 bar (Einwirkungszeit: 30 Minuten): 88 kg/m <sup>3</sup>	max. 5
995 g/kg Kohlendioxid Gas (in Druckpackung)  In Drogen, Heilkräutern und Gewürzen	Vorratsschädlinge (Milben)	<b>GUTTROFF</b> Guttruff Druckkammer Nach Befallsbeginn Begasen 20 bar (Einwirkungszeit: 15 Stunden)	-
995 g/kg Kohlendioxid Gas (in Druckpackung)  In Getreide und Getreideerzeugnissen	Vorratsschädlinge (Insekten)	<b>Kohlensäure BUSE</b> Gasdichte Silozelle ohne Kreislaufbewegung Bei Bedarf Begasen 30 kg/t Einwirkungszeit: 25 Tage, 10-30 kg/t bei 18-20°C	max. 1

ADLER - Inerte Gase

<b>Substanz und Lagergut</b>	<b>Schadorganismen, Zweckbestimmung</b>	<b>Vertriebsunternehmen, Anwendungshinweise</b>	<b>Anzahl Anwendungen</b>
995 g/kg Kohlendioxid Gas (in Druckpackung)  In Getreide und Getreideerzeugnissen, Drogen, Heilkräutern und Tabak	Vorratsschädlinge (Insekten)	<b>Kohlensäure BUSE</b> Pex Druckkammer Nach Befallsbeginn Begasen 10 bar (Einwirkungszeit: 480 Minuten): 22 kg/m <sup>3</sup> 30 bar (Einwirkungszeit: 90 Minuten): 66 kg/m <sup>3</sup>	max. 5

Adler - Inerte Gase

Forts. Tabelle 4

Substanz und Lagergut	Schadorganismen, Zweckbestimmung	Vertriebsunternehmen, Anwendungshinweise	Anzahl Anwendungen
<p>995 g/kg Kohlendioxid Gas (in Druckpackung)</p> <p>In Vorratsgütern, ausgenommen Getreide, Grieß, Expeller, Tabak, Drogen, Heilkräuter</p>	<p>Vorratsschädlinge (Insekten)</p>	<p><b>Kohlensäure BUSE</b>                      Pex Druckkammer                      Nach Befallsbeginn                      Begasen                      10 bar (Einwirkungszeit: 480 Minuten): 22 kg/m<sup>3</sup>                      30 bar (Einwirkungszeit: 90 Minuten): 66 kg/m<sup>3</sup></p>	<p>max. 5</p>
<p>995 g/kg Kohlendioxid Gas (in Druckpackung)</p> <p>In Getreide und fetthaltigen Samen</p>	<p>Vorratsschädlinge (Insekten)</p>	<p><b>Kohlensäure BUSE</b>                      Flachlager                      Bei Befall                      Begasen                      Schütthöhe bis 10 m 80 %                      Spülen bis auf einen Gehalt von 60-80 % Kohlendioxid, Einwirkungszeit: bei 5-15°C 6 Wochen, bei 15-20°C 4 Wochen, bei 20-23°C 3 Wochen, bei 23-35°C 2 Wochen, bei 25-30°C 1 Woche, bei 30-35°C 4 Tage</p>	<p>max. 1</p>
<p>1000 g/kg Kohlendioxid Gas (in Druckpackung)</p> <p>In Getreideerzeugnissen, Drogen und Heilkräutern, Tabak, Tee, Gewürzen, fetthaltigen Samen und Trockenobst</p>	<p>Vorratsschädlinge (Insekten)</p>	<p><b>CARBO Kohlensäure</b>                      Carvex Druckkammer                      Bei Bedarf                      Begasen                      30 bar (Einwirkungszeit: 60 Minuten): 66 kg/m<sup>3</sup>                      37 bar (Einwirkungszeit: 30 Minuten): 88 kg/m<sup>3</sup></p>	<p>max. 5</p>
<p>995 g/kg Kohlendioxid Gas (in Druckpackung)</p> <p>In Drogen und Heilkräutern sowie in Gewürzen</p>	<p>Vorratsschädlinge (Insekten)</p>	<p><b>GUTTROFF</b>                      Guttroff Druckkammer                      Nach Befallsbeginn                      Begasen                      20 bar (Einwirkungszeit: 15 Stunden)</p>	<p>-</p>
<p>1000 g/kg Stickstoff Gas (in Druckpackung)</p> <p>In Getreide</p>	<p>Vorratsschädlinge (Insekten)</p>	<p><b>LINDOGEN</b>                      Gasdichte Silozelle ohne Kreislaufbegasung                      Nach Befallsbeginn                      Begasen                      Bei Getreidetemperaturen von 10°C:                      Begasungszeit mindestens 10 Wochen 1000 g/kg                      Bei Getreidetemperaturen von 15°C:                      Begasungszeit mindestens 8 Wochen 1000 g/kg                      Bei Getreidetemperaturen von 20°C:                      Begasungszeit mindestens 6 Wochen 1000 g/kg                      Spülen bis auf Sauerstoffgehalt unter 4 Vol.-%</p>	<p>-</p>

## CO<sub>2</sub> unter Überdruck

Deutlich kürzere Einwirkzeiten lassen sich bei der Begasung mit CO<sub>2</sub> erzielen, wenn man den atmosphärischen Druck erhöht. Da Hochdruckverfahren mit Stickstoff oder Edelgasen nicht erfolgreich sind, spielt wohl die gute Wasserlöslichkeit von CO<sub>2</sub> eine entscheidende Rolle für die Wirksamkeit dieser Technik. Außerdem hat sich herausgestellt, daß die Geschwindigkeit des Druckabbaus für einen Teil der Letalwirkung auf die Insekten verantwortlich ist (ULRICHS 1994). Wie aus Tabelle 4 hervorgeht, läßt sich Getreide, wie auch viele andere trockene Vorratsgüter, mit Kohlenstoffdioxid bei Drücken zwischen 10 und 37 bar innerhalb weniger Stunden entwesen. Auf Grund der hohen Investitionskosten für druckstabile Behandlungskammern, wird das CO<sub>2</sub>-Hochdruckverfahren zur Zeit aber nur für hochwertige Produkte wie, Gewürze, Heilkräuter, Tees, Nüsse und Kakaobohnen eingesetzt.

## Schlußfolgerung und Ausblick

An Pflanzenschutzmittel zur Behandlung von Vorräten, die unter Umständen sehr schnell in die Hände des Verbrauchers gelangen können, werden besonders hohe Ansprüche gestellt. Daher gibt es nur sehr wenige zugelassene Wirkstoffe. Einige früher gebräuchliche Wirkstoffe wurden wegen der Entwicklung resistenter Schädlingpopulationen, aus Sorge um die Gesundheit der Anwender oder wegen zu hoher Rückstände im behandelten Produkt aus dem Verkehr gezogen. Wie im Falle von Brommethan können auch Umweltgesichtspunkte weltweit Auslöser für das Zurückziehen von Zulassungen sein. Die den der Gefahrstoffverordnung unterworfenen Gasen werden schon heute strenge Maßstäbe in bezug auf Emissionsschutz und Arbeitssicherheit gesetzt. Diese sowie die Anforderungen an die Gasdichtigkeit von Objekten werden in Zukunft weiter steigen. So ist beispielsweise eine Druckhalbwertszeit von mindestens 180 s heute bereits Standard für die Produktion von Silozellen in Australien. Diese Entwicklung dürfte in Zukunft zu Verbesserungen der wirtschaftlichen Wettbewerbsfähigkeit von CA-Behandlungen führen. Unsere Vorfahren erkannten schon früh die Vorzüge einer hermetischen, sauerstoffarmen Lagerungstechnik und es sieht so aus, als hätte diese Methode auch noch ein Entwicklungspotential für den Vorratsschutz der Zukunft.

## Literatur

- ADLER, C. (1993): Zur Wirkung modifizierter Atmosphären auf Vorratsschädlinge in Getreide am Beispiel des Kornkäfers *Sitophilus granarius* (L.) (Col., Curculionidae). - (Effects of modified atmospheres on stored product pests in grain as represented by the granary weevil *Sitophilus granarius* (L.) (Col.: Curculionidae)). Dissertation, Fachbereich Biologie, Freie Universität Berlin, ISBN 3-86111-401-1, Shaker Verlag Aachen: 146 pp.
- ADLER, C. (1994a): A comparison of the efficacy of N<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> fumigations against the granary weevil *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). - Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Working Conference on stored Product Protection, Canberra, April 1994: 11-15.

- ADLER, C. (1994b): Carbon dioxide - more rapidly impairing the glycolytic energy production than nitrogen? Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Working Conference on stored Product Protection, Canberra, April 1994: 7-10.
- ADLER, C. (1997): Resistance - a threat to the use of controlled atmospheres for stored product protection? International Conference on Controlled Atmospheres and Fumigation, Nicosia, Cyprus, April 1996 (in Druck).
- ADLER, C. und REICHMUTH, Ch. (1989): Zur Wirksamkeit von Kohlendioxid bzw. Stickstoff auf verschiedene vorratsschädliche Insekten in Stahl-Getreidesilozellen. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes, **41**: 177-183.
- ANNIS, P. (1991): Tolerance to carbon dioxide in *Sitophilus oryzae*. - F. FLEURAT-LESSARD, P. DUCOM (eds.): Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Working Conference on stored Product Protection, Bordeaux, September 1990: 737-745.
- ANONYM (1997): Pflanzenschutzmittel-Verzeichnis Teil 5 Vorratsschutz, Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Bundesrepublik Deutschland, Saphir Verlag Ribbesbüttel: 56 pp.
- BAILEY, S. W. und BANKS, H. J. (1975): The use of controlled atmospheres for storage of grain. - In: Proceedings of the 1<sup>st</sup> International Working Conference on Stored Product Entomology, Savannah, Georgia: 362-374.
- BAILEY, S. W. und BANKS, H. J. (1980): A review of recent studies of the effects of controlled atmospheres on stored product pests. In: J. SHEJBAL (ed.): Controlled Atmosphere Storage of Grains, Elsevier, Amsterdam: 101-108.
- BANKS, H. J. (1981): Effects of controlled atmosphere storage on grain quality: a review. - Food Technol. Aust. **33**: 335-340.
- BANKS, H. J. (1983a) Modified atmosphere and hermetic storage - effects on insect pests and the commodity. - In: CHAMP, B. R. and HIGHLEY, E. (eds.): Proc. Aust. Dev. Course on Pres. of Stored Cereals, 1981: 521-532.
- BANKS, H. J. (1983b): Modified atmospheres - hermetic storage. - In: CHAMP, B. R. and HIGHLEY, E. (eds.): Proc. Aust. Dev. Asst. Course on Pres. of Stored Cereals, 1981: 558-573.
- BANKS, H. J. (1984): Current methods and potential systems for production of controlled atmospheres for grain storage. - In: RIPP, B. E., BANKS, H. J., BOND, E. G., CALVERLEY, D. J., JAY, E. G. and NAVARRO, S. (eds.): Controlled Atmosphere and Fumigation in Grain Storages, Elsevier, Amsterdam: 523-542.
- BANKS, H. J. und ANNIS, P. C. (1977): Suggested procedures for controlled atmosphere storage of dry grain. - CSIRO Aust. Div. Entomol. Tech. Pap. **13**, 23pp.
- BANKS, H. J. und ANNIS, P. C. (1980): Conversion of existing grain storage structures for modified atmosphere use. - In: SHEJBAL, J. (ed.): Controlled Atmosphere Storage of Grains, Elsevier, Amsterdam: 461-473.
- BANKS, H. J. und ANNIS, P. C. (1984): Importance of processes of natural ventilation to fumigation and controlled atmosphere storage. - In: RIPP, B. E., BANKS, H. J., BOND E. G., CALVERLEY, D. J., JAY, E. G. and NAVARRO, S. (eds.): Controlled Atmosphere and Fumigation in Grain Storages, Elsevier, Amsterdam: 299-323.
- BANKS, J. und ANNIS, P. C. (1990): Comparative advantages of high CO<sub>2</sub> and low O<sub>2</sub> types of controlled atmospheres for grain storage. - In: CALDERON, M. and BARKAI-GOLAN, R. (eds.): Food Preservation by Modified Atmospheres, CRC Press, Boca Raton, Fla., USA 1990: 93-122.
- BANKS, J., ANNIS, P. C. und RIGBY, G. R. (1990): Controlled atmosphere storage of grain: the known and the future. - In: FLEURAT-LESSARD, F. and DUCOM, P. (ed.): Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Working Conference on Stored-Product Protection, Bordeaux, Sept. 1990: 695-707.
- BELL, C. H. (1984): Effects of oxygen on the toxicity of carbon dioxide to storage insects. - In: RIPP, B. E., BANKS, H. J., CALVERLEY, D. J., JAY, E. G. and NAVARRO, S. (eds.) (1984): Controlled Atmosphere and Fumigation in Grain Storages, Elsevier, Amsterdam: 67-74.



- BOND, E. J. und BUCKLAND, C. T. (1979): Development of resistance of carbon dioxide in the granary weevil. - J. Econ. Entomol. **72**: 770-771.
- DE LIMA, C. P. F. (1980): Field experience with hermetic storage of grain in Eastern Africa with emphasis on structures intended for famine reserves. - In: SHEJBAL, J. (ed.): Controlled Atmosphere Storage of Grains, Elsevier, Amsterdam: 39-54.
- DONAHAYE, E. (1990): The potential for stored-product insects to develop resistance to modified atmospheres. - In: FLEURAT-LESSARD, F. and DUCOM, P. (eds.): Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Working Conference on Stored-Product Protection, Bordeaux, Sept. 1990: 989-997.
- FLEURAT-LESSARD, F. und LE TORC'H, J. M. (1987): Practical approach to purging grain with low oxygen atmosphere for disinfestation of large wheat bins against the granary weevil, *Sitophilus granarius*. - In: Proceedings of the 4<sup>th</sup> International Working Conference on Stored Product Protection. Tel Aviv, Israel, Maor-Wallach Press: 208-217.
- FLEURAT-LESSARD, F. und LE TORC'H, J. M. (1991): Influence de la teneur en oxygène sur la sensibilité de certains stades juvéniles de *Sitophilus oryzae* et *Sitophilus granarius* au dioxyde de carbone. - Entomol. Exp. Appl. **58**: 37-47
- HILL, R. A., LACEY, J. und REYNOLDS, P. J. (1983): Storage of barley grain in iron age type underground pits. - J. stored. Prod. Res. **19**: 163-171.
- KAMEL, A. H. (1980): Underground storage in some Arab countries. - In: SHEJBAL, J. (ed.): Controlled Atmosphere Storage of Grains, Elsevier, Amsterdam: 25-38.
- LINDGREN, D. L. und VINCENT, L. E. (1970): Effect of atmospheric gases alone or in combination on the mortality of granary and rice weevils. - J. Econ. Entomol. **6**: 1926-1929.
- MÜNZING, K. und BOLLING, H. (1985): Qualitätsveränderungen von Weizen durch CA-Lagerung. - Veröffentlichungs-Nr. 5309 der Bundesforschungsanst. f. Getreide- u. Kartoffelverarbeitung, Detmold, 22 S.
- NAVARRO, S., DIAS, R. und DONAHAYE, E. (1985): Induced tolerance of *Sitophilus oryzae* adults to carbon dioxide. - J. stored Prod. Res. **21**: 207-213.
- NAVARRO, S., GONEN, M. und SCHWARTZ, A. (1978): Large scale trials on the use of controlled atmospheres for the control of stored grain insects. - In: Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International Working Conference on Stored Product Entomology, Ibadan: 260-270.
- REICHMUTH, CH. (1993): Drucktest zur Bestimmung der Begasungsfähigkeit von Gebäuden, Kammern oder abgeplanten Gütern bei der Schädlingsbekämpfung. Merkblatt 71, Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Bundesrepublik Deutschland, Saphir Verlag Ribbesbüttel: 38pp.
- STOREY, C. L. (1975): Mortality of *Sitophilus oryzae* (L.) and *Sitophilus granarius* (L.) in atmospheres produced by an exothermic inert atmosphere generator. - J. stored Prod. Res. **11**: 217-221
- SPRATT, E. C. (1975): Some effects of the carbon dioxide absorbency of humidity controlling solutions on the results of life history experiments with stored product insects. - J. stored Prod. Res. **11**: 127-134.
- VIGNEAULT, C., RAGHAVAN, V. and PRANGE, R. (1994): Techniques for controlled atmosphere storage of fruits and vegetables. Technical Bulletin 1993-18E, Research Branch Agriculture and Agri-Food Canada: 15 pp.

## 50 Jahre Rodentizide zur Bekämpfung von Ratten und Hausmäusen

Eine Analyse der Pflanzenschutzmittel-Verzeichnisse  
der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft  
der Jahre 1948 bis 1997

HELMUT ROTHERT\*

### 1. Einleitung

Die Bekämpfung von Nagetieren beschäftigt die Menschheit seit mehreren Jahrhunderten. Vor allem die Ratten und Hausmäuse traten als Nahrungskonkurrenten des Menschen auf und außerdem machten sie seine Nahrungsvorräte durch Verschmutzung unbrauchbar. Heute wissen wir, daß sie als Überträger wichtiger Infektionskrankheiten des Menschen und seiner Haustiere auftreten können. Verluste an Nahrungsvorräten sind auch heute noch ein Grund dafür, uns dieser Tiere zu erwehren. Auch können sie beträchtliche Schäden an Bau- und Installationsmaterial sowie an elektrischen Anlagen verursachen. Aus alledem ergibt sich die Notwendigkeit, Nagetiere zu bekämpfen.

### 2. Die Entwicklung der einzelnen Wirkstoffe gegen Ratten und Hausmäuse

#### 2.1 Die „alten“ Akutgifte

„Die Zahl der für die Rattenbekämpfung benutzten Gifte ist groß“, so urteilt STEINIGER 1948 in seiner „Einführung in die Praktische Bekämpfung der Haus- und Gesundheitsschädlinge“. Diesen Eindruck gibt das Pflanzenschutzmittel-Verzeichnis von 1948 der damaligen Biologischen Zentralanstalt für Land- und Forstwirtschaft, der späteren Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, dem ersten nach dem 2. Weltkrieg noch nicht unbedingt her.

Von den von STEINIGER genannten Wirkstoffen, die für die Herstellung der Mittel verwendet wurden,

Thalliumsulfat  
Zinkphosphid  
Phosphorlatwerge  
Bariumcarbonat  
Fluorsalze  
Arsenverbindungen  
Meerzwiebelextrakte  
Thioharnstoffverbindungen und Strychnin

---

\* Leiter der Fachgruppe Biologische Mittelprüfung der Abteilung für Pflanzenschutzmittel und Anwendungstechnik

waren in dem Verzeichnis neben zwei weiteren nur Thalliumsulfat und Zinkphosphid enthalten. Diese auffällige Differenz beruht darauf, daß bis zum Inkrafttreten des Pflanzenschutzgesetzes vom 10. Mai 1968 die auf dem Markt befindlichen Mittel nicht einem obligatorischen Zulassungsverfahren unterworfen waren, sondern deren Anerkennung mit anschließender Aufnahme in die Pflanzenschutzmittel-Verzeichnisse auf einer freiwilligen Prüfung beruhte.

Zinkphosphid und Thalliumsulfat waren wohl die bedeutendsten Wirkstoffe in diesem ersten Pflanzenschutzmittel-Verzeichnis der Nachkriegszeit, vor allem deswegen, weil nur Mittel mit diesen Wirkstoffen auch zur Anwendung an Hausmäusen anerkannt waren.

Die Wirkung des **Zinkphosphids** beruht darauf, daß die Verbindung durch die Verdauungssekrete schnell zersetzt und damit das giftige Phosphin freigesetzt wird. Die Mittel mit diesem Wirkstoff waren sowohl zur Bekämpfung von Ratten als auch zur Bekämpfung von Hausmäusen anerkannt. Die Anzahl der auch gegen Hausmaus anerkannten Mittel ging jedoch sehr bald zurück, so daß dieses Anwendungsgebiet ab 1956 nicht mehr verzeichnet war. Der Grund dafür liegt sicher in der Schwierigkeit, Köder so aufzubereiten, daß die Tiere nicht köderscheu werden, eine Schwierigkeit, die jedoch auch bei der Anwendung gegen Ratten gegeben ist. Auffällig ist in jedem Fall die über die gesamte Zeit gleichbleibend relativ geringe Anzahl der Zinkphosphid-Mittel. Im Jahre 1995 verschwand auch das letzte dieser Mittel gegen Ratten, allerdings steht seit 1994 wieder eines gegen die Hausmaus zur Verfügung und zwar in der seltenen Anwendung als Paste, einer Aufbereitungsform, die nach STEINIGER (1948) „im großen und ganzen nicht zu empfehlen“ war.

Das **Thalliumsulfat** ist eine geruch- und geschmacklose Verbindung, die bei der Köderherstellung im Gegensatz zu Zinkphosphid keine Probleme bereitet. Die Probleme liegen eher bei der hohen Warmblüttoxizität, die zu einer erheblichen Gefährdung von Mensch und Säugetier führt, so daß die Handhabung immer besonderer Vorsichtsmaßnahmen bedurfte. So hat die Biologische Bundesanstalt noch im Jahre 1976, als von den ursprünglich in den Jahren 1950 bis 1952 maximal 17 Mitteln nur noch zwei vorhanden waren, die Kennzeichnungsaufgabe für die Gebrauchsanleitung erteilt, daß Gebäude bzw. Räume, in denen die Präparate angewendet werden sollen, „verschießbar oder für Unbefugte unzugänglich sein“ müssen. Vom Jahre 1982 an war die Anwendung von Thalliumsulfat auch durch die Pflanzenschutz-Anwendungsverordnung auf die Anwendung in geschlossenen Räumen beschränkt. Von 1994 an waren Mittel mit dem Wirkstoff Thalliumsulfat gar nicht mehr zugelassen und wurden infolgedessen in den Mittelverzeichnissen der Biologischen Bundesanstalt nicht mehr genannt.

Neben Thalliumsulfat und Zinkphosphid waren von Beginn an bis in die 80er Jahre noch Schwefeldioxid, Kohlenmonoxid und Kohlendioxid erzeugende **Räucherpatronen** in den Pflanzenschutzmittel-Verzeichnissen aufgeführt. Ihr Wirkungsprinzip beruhte darauf, daß durch die bei der Verbrennung entstehenden Gase Ratten in ihren Bauen erstickt oder vergiftet werden konnten.

Außerdem war der Wirkstoff **Promurit**, eine Arylazo-thioharnstoffverbindung von 1948 bis 1960 im Verzeichnis aufgeführt. Die wenigen Mittel, in denen dieser Wirkstoff enthalten war, wurden als Fertigköder gegen Ratten eingesetzt. Der Wirkstoff ist säurelabil, so daß feuchte Köder schon nach wenigen Tagen ihre Wirkung verloren (ENDERS in WEGLER, 1970).

Im Jahre 1949 waren die ersten Mittel mit dem Wirkstoff „**alpha-Naphthylthioharnstoff**“, auch als „**Antu**“ bezeichnet, aufgeführt. Mittel mit diesem Wirkstoff stellten sehr bald die große Masse der Rodentizide dar. Die Spitze wurde 1952 mit 39 Mitteln erreicht. Der Wirkstoff ist mit einer LD<sub>50</sub> von 6,4 bis 7,4 mg/kg speziell gegen Wanderratten wirksam. Die LD<sub>50</sub> gegen Hausmäuse liegt bei 35 mg/kg, die gegen Hausratten bei 250 mg/kg. Es verwundert in diesem Zusammenhang, daß Streupulver mit 50 % Antu in den Mittelverzeichnissen der Jahre 1952 bis 1954 ausdrücklich auch als gegen Hausratten wirksam gekennzeichnet worden waren. Die Giftwirkung des Antu unterliegt starken Schwankungen, für jüngere und leichtere Tiere soll die Verbindung ungiftiger als für ältere sein. Die Entwicklung von Köderscheu ist ausgeprägt, so daß gute Tilgungserfolge schwierig zu erzielen sind (alle Angaben zum Wirkstoff nach ENDERS in WEGLER 1970). 1980 war das letzte Mal ein Antu-Mittel im Pflanzenschutzmittel-Verzeichnis genannt.

Die Palette der Wirkstoffe wurde 1949 ergänzt durch Bariumcarbonat und Meerzwiebel-extrakte. **Bariumcarbonat** zerfällt nach STEINIGER (1948) schon sehr bald nach dem Ansetzen des Köders. Wohl deshalb wurden diese gegen Ratten eingesetzten Mittel im Pflanzenschutzmittel-Verzeichnis 1951 schon nicht mehr aufgeführt.

Zu größerer Bedeutung gelangten Mittel mit dem Extrakt aus der Meerzwiebel. Er wird aus den Zwiebeln der im Mittelmeerraum beheimateten, zu den Liliaceen gehörenden, Pflanze *Urginea maritima* gewonnen. Der wirksame Inhaltsstoff ist **Scillirosid**. Auch diese Mittel wurden ausschließlich gegen Ratten eingesetzt, obwohl der Wirkstoff nach ENDERS in WEGLER (1970) gegen Mäuse besser wirken soll als gegen Ratten. In den Mittelverzeichnissen wurden sie bis zum Jahre 1969 genannt, seit 1966 mit der Wirkstoffbezeichnung Scillirosid. Mit dem Schwinden der Akutgifte in den 80er Jahren wurden immer wieder Fragen nach Mitteln mit diesem Wirkstoff gestellt. Die Ursachen dafür, daß Mittel und Wirkstoffe allmählich vom Markt verschwinden, sind, wenn nicht besondere Auffälligkeiten des Wirkstoffs bekannt sind, immer schwer zu beantworten. Nach K. BECKER war die schwierig zu erzielende Reinheit der Extrakte die Ursache dafür, daß diese Mittel nicht mehr auf dem Markt sind (pers. Mitteilung, 1972). Vor allem aber ist das Verschwinden wohl dadurch begründet, daß die Tiere unter qualvollen Krämpfen verenden. Der Wirkstoff ist aus diesem Grunde in Großbritannien verboten (BUCKLE, 1994). Interessant in diesem Zusammenhang ist, daß der Wirkstoff im Rahmen von Diskussionen zur Änderung der „Verordnung (EGW) Nr. 2092/91 des Rates vom 24. Juni 1991 über den ökologischen Landbau und die entsprechende Kennzeichnung der landwirtschaftlichen Erzeugnisse und Lebensmittel“ derzeit zur Aufnahme in die Liste der erlaubten Produkte empfohlen wird.

Im Jahre 1972 wurde erstmals ein gegen Feldmäuse schon lange im Pflanzenschutz-Mittelverzeichnis geführtes Mittel mit dem Wirkstoff **Crimidin** auch gegen Hausmäuse aufgeführt: die Castrix-Giftkörner. Crimidin ist eine Pyrimidin-Verbindung mit einer noch höheren Toxizität als bei Thalliumsulfat. Die LD<sub>50</sub> gegen Ratten liegt bei 1,25 mg/kg. Das Mittel wurde im Pflanzenschutz-Mittelverzeichnis nur bis 1982 genannt, weil die Zulassung nicht erneut erteilt werden konnte. Problematisch waren nicht nur die nach der Anwendung gegen Feldmäuse auftretenden Sekundärvergiftungen z.B. auch von Weißstörchen, sondern auch der unter erheblichen Krämpfen, Schreien und Drehbewegungen ablaufende Todeskampf der Mäuse (GEISEL und

STANIENDA, 1981). Inzwischen ist die Anwendung von Crimidin auch durch die Pflanzenschutz-Anwendungsverordnung verboten.

Schließlich wurde vom Jahre 1972 an noch ein Narkotikum im Pflanzenschutzmittel-Verzeichnis aufgeführt, die **Alphachloralose**. Der Wirkstoff ist auch aus Versuchen zur Dezimierung von Schadvögeln, insbesondere von verwilderten Haustauben, bekannt. Er bewirkt ein Herabsetzen der Herz- und Kreislauffunktionen sowie der Atmung und dadurch eine Absenkung der Körpertemperatur. Bei einer Anwendung bei Umgebungstemperaturen von maximal 15°C verenden die Tiere dann an Unterkühlung. Wegen der nur schwer einzuhaltenden Anwendungsbedingungen war dem einzigen Mittel mit diesem Wirkstoff kein Erfolg beschieden. Es wurde nur bis 1976 im Pflanzenschutzmittel-Verzeichnis geführt.

Eine Sonderstellung unter den Akutgiften nehmen die echten **Begasungsmittel** ein, weil sie, anders als die weiter vorn erwähnten Räucherpatronen, nie mit dem Ziel entwickelt worden sind, gegen Nagetiere eingesetzt zu werden. Im Vordergrund stand immer die Hauptwirkung gegen schädliche Insekten im Vorratsschutz. So wurde die Blausäure im Pflanzenschutzmittel-Verzeichnis zwar ab 1964 auch für die Nagetierbekämpfung genannt, aber zunächst nur als Hinweis auf die Nennung bei den Mitteln gegen Insekten im Vorratsschutz. Blausäure blieb mit einem Mittel (1986 und 1990 kurzzeitig zwei) auch stets relativ unbedeutend, vor allem auch deshalb, weil für die Anwendung nur Personen mit besonderer Sachkenntnis in Frage kommen. In den Graphiken ist die Blausäure deshalb nicht berücksichtigt. Andererseits ist die Blausäure das einzige gegen Nagetiere zugelassene echte Begasungsmittel. Anders als etwa bei dem im Vorratsschutz gegen Insekten zugelassenen Phosphin führt die Anwendung der Blausäure noch vor dem eigentlichen Verenden zu einer sofortigen Bewußtseinstäubung der Tiere, so daß sie zur Bekämpfung von Wirbeltieren unter Tierschutzgesichtspunkten als besonders geeignet gilt.

Früher bezeichnete man die bisher aufgeführten Wirkstoffe, vielleicht bis auf die Alphachloralose, häufig als Starkgifte. Nach der heute üblichen Nomenklatur sind sie als „Akutgifte mit schneller Wirkung“ einzustufen. Nach der in den Richtlinien der Biologischen Bundesanstalt für die Prüfung von Nagetierbekämpfungsmitteln [(9-3.1 Hausmäuse (1994), 9-3.2 Wanderratten (1992), 9-3.3 Hausratten (1991)] gegebenen Definition handelt es sich dabei um Wirkstoffe, die dazu führen, daß die Tiere nach Aufnahme damit hergestellter Mittel so schnell „verenden, daß für den Beobachter ein Zusammenhang mit der Giftwirkung erkennbar ist“.

Einen Überblick über die Entwicklung der einzelnen Akutgifte mit schneller Wirkung geben auch die Abbildungen 1 und 2 im Anhang (siehe auch Fußnote\*).

## 2.2 Die Antikoagulantien

Im Jahre 1951 erschien mit der Nennung von zwei Mitteln eine Wirkstoffgruppe im Pflanzenschutzmittel-Verzeichnis der Biologischen Bundesanstalt, die ein völlig neues Wirkungsprinzip in der Bekämpfung der Nagetiere darstellen sollte: die Antikoa-

---

\* Bei der Interpretation der Zahlen ist zu beachten, daß die bedeutendsten Mittel mit beiden Anwendungsgebieten (Bekämpfung von Ratten **und** Hausmäusen) in den Verzeichnissen enthalten sind. Aus fachlichen Gründen werden im Rahmen dieser Abhandlung die Anwendungsgebiete jeweils gesondert betrachtet. Eine Addition der für Ratten und Hausmäuse angegebenen Zahlen würde in den meisten Fällen zu einer Doppelzählung der Mittel führen.

gulantien. Sie greifen in den Vorgang der Blutgerinnung ein. Dabei hemmen sie den Vitamin K-Zyklus in den Mikrosomen der Leber und blockieren so die Synthese der verschiedenen Blutgerinnungsfaktoren, u. a. des Prothrombins (McNICOLL, 1986, zit. nach BUCKLE, 1994).

Heute unterscheidet man zwei Gruppen. Da sind zunächst die Antikoagulantien, für deren Wirksamkeit es erforderlich ist, daß die Tiere mehrmals von den Mitteln fressen. Man nennt sie heute auch Antikoagulantien der 1. Generation. In den o. g. Richtlinien sind sie als „Langzeitgifte“ bezeichnet worden. Dagegen stehen die Antikoagulantien der 2. (auch „neuen“) Generation. Sie wirken bereits nach einmaliger Aufnahme einer genügend großen Menge tödlich. In den Prüfungsrichtlinien der Biologischen Bundesanstalt sind diese Wirkstoffe als „Akutgifte mit verzögerter Wirkung“ bezeichnet worden. Kennzeichen dieser Mittel ist, daß die Tiere, wie bei den Antikoagulantien der 1. Generation, nicht gleich nach der Mittelaufnahme verenden. Im Pflanzenschutzmittel-Verzeichnis treten sie erst vom Jahre 1982 an in Erscheinung.

1951 hat man die neuen Stoffe im Pflanzenschutzmittel-Verzeichnis der noch unter der Gruppenbezeichnung „Antikoagulantien“ geführt. Chemisch stellen sie Cumarinderivate dar, und ab 1954 hat man sie in den Mittelverzeichnissen auch so bezeichnet, bis man vom Jahre 1964 an die einzelnen Verbindungen gesondert aufgeführt hat. Das waren zunächst

- **Cumafuryl** (nur bis 1966, auch als Fumarin bezeichnet),
- **Cumachlor** (bis 1976),
- **Cumatetralyl** und
- **Warfarin**.

Im Jahre 1969 kamen dazu:

**Pyramocumarin** (bis 1980),

- **Chlorphacinon**, ein Antikoagulans aus der Gruppe der Indandion-Verbindungen (bis 1995);

im Jahre 1972 schließlich noch

- **Dicumarol** (bis 1980).

Das Dicumarol stellt die älteste Verbindung dieser Klasse dar. Sie wurde bereits 1903 synthetisiert. Die antagonistisch Wirkung diese Verbindung zum Vitamin K wurde Anfang der 40er Jahre entdeckt. Das ab 1950 eingeführte Warfarin war dann aber der Prototyp aller wirksamen Cumarin-Antikoagulantien (ENDEWR in WEGLER, 1970).

Zeitgleich mit dem Warfarin trat auch der Wirkstoff **Pindon** auf, der zwar auch zu den Antikoagulantien gehört, aber kein Cumarin-Derivat ist, sondern ein Derivat des Indandion - (1,3). Auch dieser Wirkstoff ist als Rodentizid wirksam, aber in Deutschland sind nie Mittel mit diesem Wirkstoff allein anerkannt oder zugelassen gewesen. Im Pflanzenschutzmittel-Verzeichnis der Biologischen Bundesanstalt war er nur in Kombination mit Warfarin bis 1990 aufgeführt. Aus diesem Grunde ist er in den graphischen Darstellungen auch nicht gesondert hervorgehoben.

Größere Bedeutung hat von den Indandion-Derivaten das Chlorphacinon erlangt. Es war in den Mittelverzeichnissen bis 1995 aufgeführt.

Ebenfalls zusammen mit Warfarin wurde auch **Calciferol**, das Vitamin D<sub>2</sub>, von 1984 bis 1990 in einem Mittel gegen Hausmäuse genannt. Wie Pindon ist auch dieser Wirkstoff in den graphischen Darstellungen nicht berücksichtigt.

Mit dem Wirkstoff **Bromadiolon** tritt im Jahre 1982 das erste Antikoagulans der neuen Generation in Erscheinung, ein „Akutgift mit verzögerter Wirkung“. Ihm folgen

1984 **Difenacoum**,

1990 **Flocoumafen** und **Brodifacoum** sowie

1994 **Difethialon**.

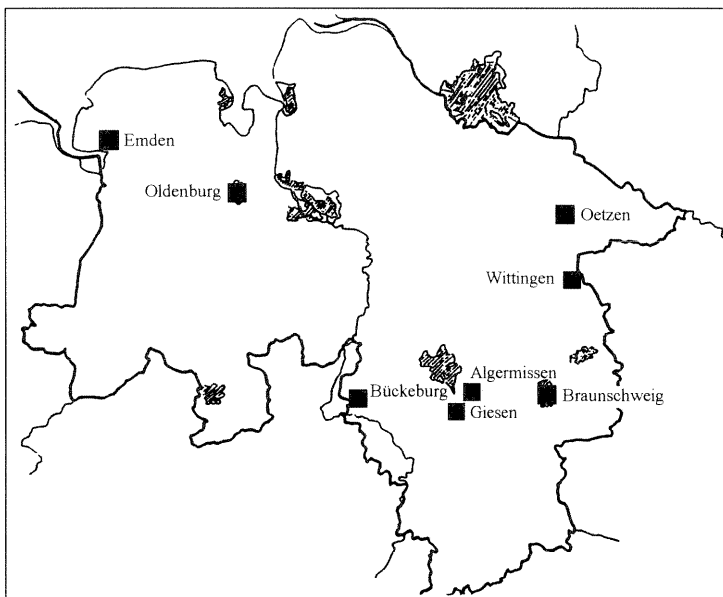
Die akute Toxizität (LD<sub>50</sub>) dieser fünf Wirkstoffe gegenüber der Wanderratte liegt mit Werten zwischen 0,22 mg/kg bis 1,8 mg/kg erheblich über den Werten von Warfarin und Chlorphacinon, den bedeutendsten Wirkstoffen aus der Gruppe der Antikoagulantien der ersten Generation, wie sie heute aus Praxisuntersuchungen genannt werden (BUCKLE, 1994).

Bei allen Antikoagulantien, bis auf Mittel mit dem Wirkstoff Dicumarol, waren sowohl die Bekämpfung der Ratten als auch der Hausmäuse in den Pflanzenschutzmittel-Verzeichnissen als Anwendungsgebiet genannt, die der Hausmäuse jedoch erst vom Jahre 1956 an. Deutliche Differenzierungen ergeben sich erst in den letzten Jahren und hier besonders bei dem Wirkstoff Warfarin. Seit 1992 sind die Hausmäuse als Anwendungsgebiet nicht mehr genannt. Mit den Jahren immer deutlicher werdende Wirkungsschwächen, die auf Herausbildung von Resistenz zurückgeführt wurden (FUCHS, 1983), waren hierfür ausschlaggebend.

Einen Überblick über die Entwicklung der einzelnen Antikoagulantien geben auch die Abbildungen 3 und 4 im Anhang (siehe auch Fußnote, S.298).

### 3. Das besondere Problem: die Hausratten

Bis zum Jahre 1984 wird in den Pflanzenschutzmittel-Verzeichnissen nicht zwischen den bei uns vorkommenden Wanderratten und Hausratten unterschieden. Stets waren nur die Ratten als Gruppe genannt. Lediglich in den Verzeichnissen 1952 bis 1954 waren im Zusammenhang mit dem Wirkstoff Antu die Hausratten besonders erwähnt (siehe Abschnitt 2.1). Der Grund dafür ist darin zu suchen, daß sich der Geltungsbereich der Mittelverzeichnisse bis zur Wiedervereinigung nur auf ein Gebiet bezog, in dem die Hausratte so selten vorkam, daß sie sogar als schützenswerte Art in den Roten Listen und der Bundesartenschutzverordnung geführt wird. In den alten Bundesländern trat sie aber immer wieder einmal so bedeutend auf, daß sie bekämpft werden mußte. Ein Beispiel dafür liefern die Angaben von ZELLENTIN aus den Jahren 1981 bis 1990 für Niedersachsen (pers. Mitteilung, siehe Karte).



Karte: Vorkommen von Hausratten in Niedersachsen (1980-1990)  
nach Angaben von ZELLENTIN

Auf die rechtlichen Probleme, die sich aus der Bekämpfung einer geschützten Art ergeben, kann im Rahmen dieses Rückblicks nicht eingegangen werden. Das seltene bekämpfungswürdige Auftreten der Hausratten hat dazu geführt, daß die Biologische Bundesanstalt wegen mangelnder Erfahrung auf diesem Gebiet bis zum Jahre 1991 nicht einmal Richtlinien für die Prüfung der Wirksamkeit entwickeln konnte. Dies änderte sich, als nach der Wiedervereinigung das Fachwissen von Kollegen aus der ehemaligen DDR, hier vor allem das von WILLI SCHUSTER aus Magdeburg, eingebracht werden konnte. In der ehemaligen DDR lagen aufgrund anderer Wirtschaftsstrukturen weitreichende Erfahrungen mit der Biologie der Hausratten vor.



Zur Nennung von Mitteln mit diesem Anwendungsgebiet in den Verzeichnissen der Biologischen Bundesanstalt hat das Erstellen einer Prüfungsrichtlinie jedoch nicht geführt, weil es bis heute keine Antragsteller gibt, die Interesse an der Ergänzung ihrer Mittelpalette in bezug auf die Hausratten haben. Eine Übertragung der Erkenntnisse zur Wirksamkeit von Wanderratten auf Hausratten ist aber wegen der völlig anderen Verhaltensweisen der Hausratten nicht möglich. Lediglich bei der Blausäure ist durch die Beibehaltung der Gruppenbezeichnung „Ratten“ deutlich, daß dieses Begasungsmittel auch gegen Hausratten wirksam ist.

#### 4. Die Wirkstoffe im Vergleich

Vergleicht man alle in den Pflanzenschutzmittel-Verzeichnissen aufgeführten Wirkstoffe miteinander, so wird deutlich, daß die „Akutgifte mit schneller Wirkung“, gemessen an der Anzahl anerkannter Mittel, zunächst die größte Bedeutung hatten. Die meisten Mittel gegen die Hausmaus waren 1948 aufgeführt, die gegen Ratten 1952 (Abbildung 5 und 6 im Anhang, siehe auch Fußnote S. 298). Von da an verlief die Entwicklung in einer allmählich flacher werdenden Kurve rückläufig bis bei den Ratten - abgesehen von der Blausäure als Begasungsmittel - seit 1995 keines dieser Mittel mehr zur Verfügung steht.

Mit der Abnahme der Akutgifte setzte im Jahre 1951 dann die stürmische Entwicklung der Antikoagulantien ein, die in der Mitte der 70er Jahre dann die Mehrzahl der Mittel gestellt haben. Die Spitze lag bei den Hausmäusen 1974 bei 56 Mitteln, 1976 bei den Ratten bei 75 Mitteln. Von diesem Zeitpunkt nahm die Anzahl der Mittel mit den Antikoagulantien der 1. Generation, den auch als „Langzeitgift“ bezeichneten Mitteln, wieder mit zwei weiter unten noch zu erklärenden „Sprüngen“ ab, bis sich deren Zahl seit 1992 bei etwa zehn für die Ratten eingependelt hat. Zur Anwendung gegen Hausmäuse stehen seit diesem Zeitpunkt Antikoagulantien der 1. Generation gar nicht mehr zur Verfügung. Diese Entwicklung wird aber seit 1982 durch das Auftauchen der Antikoagulantien der 2. Generation, den „Akutgiften mit verzögerter Wirkung“, aufgefangen. Hier gibt es heute fünf Wirkstoffe (siehe Abschnitt 2.2) mit insgesamt 16 Mitteln, 11 davon mit dem Anwendungsgebiet Bekämpfung von Wanderratten, 11 mit dem zur Bekämpfung der Hausmäuse.

Wenn einzelne Mittel im Laufe der Zeit vom Markt verschwinden, so kann dies firmeninterne Gründe haben, aber auch durch steigende Anforderungen der behördlichen Verfahren bedingt sein. Wie eingangs bereits erwähnt, basierte die Nennung von Pflanzenschutzmitteln, also auch von Rodentiziden, in den Verzeichnissen der Biologischen Bundesanstalt bis zum Jahre 1969 auf einem freiwilligen Verfahren. Von diesem Zeitpunkt an mußten alle auf dem Markt befindlichen Rodentizide, die für Anwendungen im Vorratsschutz vertrieben werden sollten, zugelassen sein. Sie erschienen damit auch in größerer Anzahl als bisher im Pflanzenschutzmittel-Verzeichnis des Jahres 1972. Bei dem Warfarin wird dieser Sprung nach oben auch in den Graphiken deutlich. Besonders deutlich bei diesem Wirkstoff sind aber auch zwei Sprünge nach unten zu registrieren und zwar jeweils zum Pflanzenschutzmittel-Verzeichnis 1982 und 1992. Die Erklärung dafür ist den Bestimmungen der Pflanzenschutzgesetze von 1968 und 1986 zu suchen. Danach werden Mittel in der Regel für einen Zeitraum von 10 Jahren zugelassen. Zur 1971 beginnenden ersten Zulassungsphase wurden praktisch alle vorher bestehenden Anerkennungen aus dem freiwilligen Verfahren in die Zulassung überführt. Für umfangreiche Prüfungen auf

Wirksamkeit war keine Zeit vorhanden. Die Entscheidung der Biologischen Bundesanstalt stützte sich vielmehr auf eine Umfrage beim Pflanzenschutzdienst der Länder. Zum Jahre 1981 mußten dann vor der Neuerteilung der Zulassung umfangreiche Ergebnisse zur Wirksamkeit vorgelegt werden. Dies hatte zur Folge, daß viele Antragsteller nicht mehr bereit waren, Kosten in die Beibehaltung der Zulassung zu investieren. Andere Mittel überwandern die Hürde der neuen Anforderungen nicht. Mittel, die diese Anforderungen erfüllen konnten, wurden für weitere 10 Jahre zugelassen. Nach Ablauf dieser Zulassungsperiode konnten wiederum zahlreiche Mittel, insbesondere die mit dem Wirkstoff Warfarin, nicht mehr zugelassen werden. Auf die Gründe dafür, die vielerorts beobachtete Resistenz, wurde bereits in Abschnitt 2.2 hingewiesen.

Die Lücke, die 1990/91 durch das Auslaufen vieler Zulassungen entstand, konnte bei den Antikoagulantien zwar durch die inzwischen auf den Markt gekommenen Antikoagulantien der 2. Generation wieder ausgeglichen werden, jedoch hat sich schon sehr bald gezeigt, daß auch bei diesen Wirkstoffen mit der Ausbildung von Resistenzen zu rechnen ist. Kreuzresistenz mit Antikoagulantien der 1. Generation ist nachgewiesen (PELZ, 1990; 1995). Außerdem konnte die Zulassung, bedingt durch die erheblich höhere Giftigkeit der Wirkstoffe und die damit z. T. verbundene Gefahr von Sekundärvergiftungen durch Greifvögel nicht mehr wie bisher allgemein ausgesprochen werden, sondern sie mußte bei den auch im Freiland zu bekämpfenden Wanderratten auf die Ausbringung in Räumen beschränkt werden. Daher mußten diese beiden Anwendungsbereiche „Räume“ und „Freiland“ in den Pflanzenschutzmittel-Verzeichnissen seit 1992 gesondert ausgewiesen werden. Lediglich wenn Ratten in Bereichen, die dem Vorratsschutz zugeordnet werden, als Überträger von Infektionskrankheiten des Menschen oder von Tierseuchen bekämpft werden müssen, kann sich die eine Bekämpfung nach § 10 Bundes-Seuchengesetz oder § 17 Tierseuchengesetz anordnende Behörde über diese nur für die Zulassung als Vorratsschutzmittel nach dem Pflanzenschutzgesetz geltende Bestimmung hinwegsetzen. Die Beschränkung auf die Anwendung gegen Wanderratten in Räumen gilt für Mittel mit den Antikoagulantien der 2. Generation Brodifacoum, Difethialon und Flocoumafen, so daß also nur Mittel mit den Wirkstoffen Bromadiolon und Difenacoum diese Beschränkung nicht aufweisen. Diese Situation erschwert eine erfolgreiche Bekämpfung von Ratten und Hausmäusen heute ganz erheblich.

Im Zusammenhang mit dem Erfordernis, daß Ratten und Mäuse als Überträger von Krankheiten bekämpfbar sein müssen, ist auch die auf Zinkphosphid eingeschränkte Mittelpalette gegen Hausmäuse und das gänzliche Fehlen von Akutgiften mit schneller Wirkung gegen Wanderratten zu bedauern. Gerade in solchen Fällen ist ein schnelles Vermindern einer Überträgerpopulation mit anschließendem Nachködern mit Antikoagulantien bis zur restlosen Tilgung das einzig erfolgversprechende Bekämpfungsprinzip.

## 5. Ausweg: verbesserte Anwendungsweise

Wie aus den vorstehenden Ausführungen hervorgeht, ist die Anzahl zugelassener Mittel in den letzten Jahren stark zurückgegangen. Akutgifte mit schneller Wirkung stehen praktisch nicht mehr zur Verfügung. Die Antikoagulantien sind weniger geworden, die der 2. Generation haben teilweise einen eingeschränkten Anwendungsbereich, allen Antikoagulantien gemeinsam ist, daß zunehmend ein Auftreten von Resistenzerscheinungen beobachtet wird. Diesem allgemeinen Trend kann nur dadurch entgegengesteuert werden, daß man Formulierung und Anwendungsweise der Mittel immer weiter verbessert, um die vorhandenen Wirkstoffeigenschaften besser zur Geltung zu bringen. Diese Tendenz geht zumindest aus den letzten Pflanzenschutzmittel-Verzeichnissen auch hervor.

Allgemein läßt sich feststellen, daß das „alte“ Akutgift Thalliumsulfat, und bis auf das Dicumarol auch alle Antikoagulantien, in der Formulierung als Fraßköder vorlagen bzw. vorliegen und zwar bis auf Flocoumafen alle in schüttfähigen Formulierungen. Zur Hausmausbekämpfung hat man neben anderen Ködern auch gern auf Getreideköder zurückgegriffen, um den Freßgewohnheiten dieser Tiere besonders nahezu kommen. Dieser Weg wurde bei Alphachloralose, Crimidin, einigen Mitteln mit Chlorphacinon und einigen mit Warfarin gewählt. Daneben wurden seit jeher auch nicht streufähige Köder in größeren festgepreßten Formen, sogenannte Formköder, hergestellt und vertrieben. Ihnen haftete zwar stets der Makel an, daß ihre Annahme nicht ganz so gut war, wie die der streufähigen Köder, dennoch konnten die Anforderungen an die Wirksamkeit bei den zugelassenen und im Pflanzenschutzmittel-Verzeichnis der Biologischen Bundesanstalt aufgeführten Mittel als erfüllt gelten. Als Fraßköder neuerer Art ist ein Pastenköder zur Bekämpfung der Hausmaus zu betrachten. Er enthält den Wirkstoff Difethialon.

Die Formulierung als Streupulver ist ebenfalls eine sehr traditionsreiche Formulierung. Wir finden sie bei dem „alten“ Akutgift Antu und bei fast allen Antikoagulantien der 1. Generation. In den meisten Fällen ließen sich diese Streupulver auch als Ködergifte zur Selbstherstellung von Fraßködern durch den Anwender verwenden. In einigen Fällen ließen sich damit auch Tränkgifte herstellen, deren Anwendung jedoch nur in trockenen Räumen erfolgversprechend ist.

Das Wirkungsprinzip der Streupulver beruht darauf, daß sich die Tiere bei dem Durchlaufen der Pulverstrecken beschmutzen und das Pulver dann durch den angeborenen Putztrieb aufnehmen. Dieses Prinzip wurde später für den Wirkstoff Bromadiolon für eine gegen Hausmäuse einzusetzende Flüssigformulierung abgewandelt. Hierbei mußten spezielle Durchlaufstationen so geschickt plaziert werden, daß die Tiere, durch ihr Neugierverhalten getrieben, hindurchliefen und sich dabei an mit der Gifflüssigkeit getränkten Kunststoffschwämmchen beschmutzten. Anschließend sorgte der Putztrieb wie bei den Streupulvern für die Aufnahme in den Verdauungstrakt. Leider hat die Zulassung keinen Bestand gehabt. Das Mittel war nur von 1986 bis 1992 im Mittelverzeichnis vermerkt. Es ist zu hoffen, daß die Idee wieder aufgegriffen wird.

Ebenfalls auf dem Putztrieb beruht die Entwicklung einer Schaumformulierung durch SCHUSTER (pers. Mitteilung, 1997). Hierbei wird ein wirkstoffhaltiger Schaum auf Zwangspassagen, z.B. auf vorhandenen Laufwegen oder in Durchschlupflöchern,

aufgebracht. Der nach der Berührung dem Fell anhaftende Schaum wird dann beim Putzen aufgenommen. Zugelassen sind derartige Formulierungen noch nicht.

Auf einem ähnlichen Prinzip muß wohl ein Giftschaumgerät funktioniert haben, das von 1952 bis 1954 in den Pflanzenschutzmittel-Verzeichnissen der Biologischen Bundesanstalt aufgeführt war. Es wurde gegen Ratten eingesetzt. Das zeigt besonders deutlich, daß es sich durchaus lohnt, sich die Erkenntnisse und Erfahrungen früherer Generationen zu eigen zu machen, damit, wenn schon keine neuen Wirkstoffe auf dem Markt erscheinen, doch alle Möglichkeiten ausgeschöpft werden können, die Eigenschaften der vorhandenen Mittel und Wirkstoffe sich so gut wie möglich nutzbar zu machen.

## 6. Literatur

- ANONYMUS (1968): Gesetz zum Schutz der Kulturpflanzen (Pflanzenschutzgesetz). Vom 10. Mai 1968, BGBl. I, S. 352.
- ANONYMUS (1979): Gesetz zur Verhütung und Bekämpfung übertragbarer Krankheiten beim Menschen (Bundes-Seuchengesetz) in der Fassung der Bekanntmachung vom 18. Dezember 1979, BGBl. I, S. 2262.
- ANONYMUS (1986): Gesetz zum Schutz der Kulturpflanzen (Pflanzenschutzgesetz). Vom 15. September 1986, BGBl. I, S. 1505.
- ANONYMUS (1988): Verordnung über Anwendungsverbote für Pflanzenschutzmittel (Pflanzenschutz-Anwendungsverordnung). Vom 27. Juli 1988, BGBl. I, S. 1192.
- ANONYMUS (1989): Verordnung zum Schutz wildlebender Tier- und Pflanzenarten (Bundesartenschutzverordnung) in der Fassung der Bekanntmachung vom 18. September 1989, BGBl. I, S. 1677.
- ANONYMUS (1992): Richtlinie für die Prüfung von Nagetierbekämpfungsmitteln gegen Wanderratten. Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, (Hrsg.).
- ANONYMUS (1994): Richtlinie für die Prüfung von Nagetierbekämpfungsmitteln gegen Hausmäuse. Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, (Hrsg.).
- ANONYMUS (1994): Richtlinie für die Prüfung von Nagetierbekämpfungsmitteln gegen Hausratten. Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, (Hrsg.).
- ANONYMUS (1994): Richtlinien für die Prüfung von Pflanzenschutzmitteln im Zulassungsverfahren. Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, (Hrsg.), Teil II: Wirksamkeit.
- ANONYMUS (1995): Tierseuchengesetz in der Fassung vom 20. Dezember 1995, BGBl. I, S. 2038.
- BUCKLE, A.P. (1994): In: Rodent Pests and Their Control, BUCKLE, A.P. und SMITH, R.H. (Hrsg.), CAB INTERNATIONAL, Wallingford.
- ENDERS, E. (1970): In: Chemie der Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel, WEGLER, R. (Hrsg.), Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York.
- FUCHS, M.E.A. (1983): Probleme der Hausmausbekämpfung. Der praktische Schädlingsbekämpfer **35** (12), 193-195.
- GEISEL, O. und STANIENDA, A. (1981): Vergiftungen beim Steinmarder (*Martes foina*) durch ein Rodentizid. Z. Jagdwiss. **27**, 57-60.
- PELZ, H.-J. (1990): Resistenzprobleme bei der Bekämpfung von Ratten und Hausmäusen mit Antikoagulantien. Gesunde Pflanzen, **42** (12), 435-439.
- PELZ, H.-J. (1995): Resistance to Antikoagulant Rodenticides in Germany and Future Strategies to Control *Rattus norvegicus*. Pestic.Sci. **43**, 61-67.

STEINIGER, F. (1948): Einführung in die Praktische Bekämpfung der Haus- und Gesundheitsschädlinge.  
Verlag M. & H. Schaper, Hannover.

## 7. Anhang

Abbildungen:

1. Anzahl anerkannter/zugelassener Akutgifte mit schneller Wirkung gegen Ratten  
(Wirkstoffe im einzelnen)
2. Anzahl anerkannter/zugelassener Akutgifte mit schneller Wirkung gegen Haus-  
mäuse  
(Wirkstoffe im einzelnen)
3. Anzahl anerkannter/zugelassener Antikoagulantien gegen Ratten  
(Wirkstoffe im einzelnen)
4. Anzahl anerkannter/zugelassener Antikoagulantien gegen Hausmäuse  
(Wirkstoffe im einzelnen)
5. Anzahl anerkannter/zugelassener Rodentizide gegen Ratten
6. Anzahl anerkannter/zugelassener Rodentizide gegen Hausmäuse

Abbildung 1

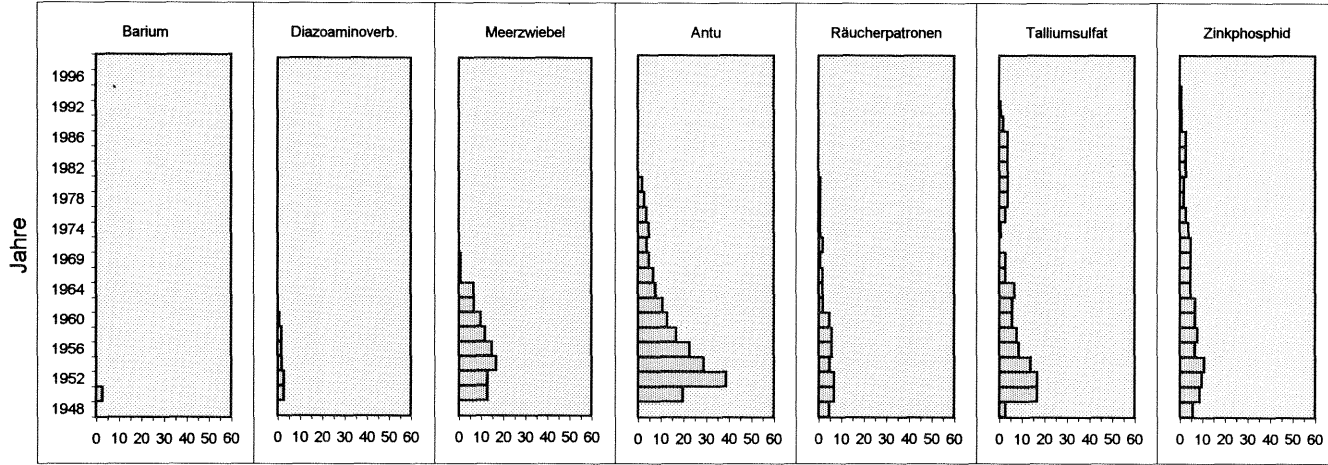


Abb. 1: Anzahl anerkannter/zugelassener Akutgifte mit schneller Wirkung gegen Ratten (Wirkstoffe im einzelnen)

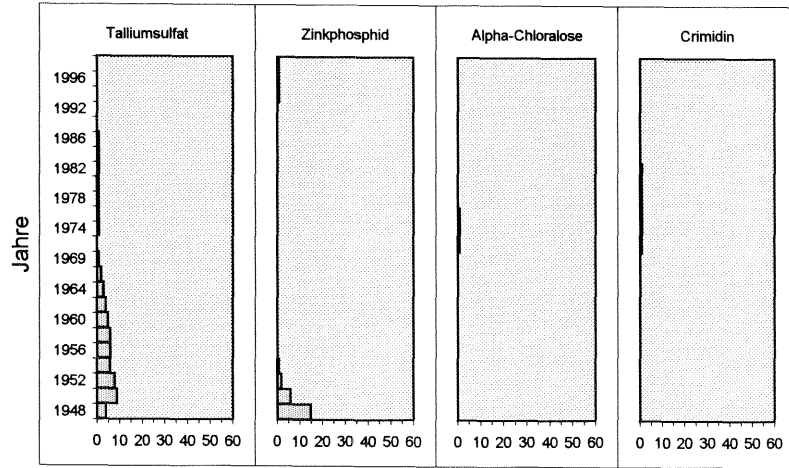


Abb.2: Anzahl anerkannter/zugelassener Akutgifte mit schneller Wirkung gegen Hausmäuse (Wirkstoffe im einzelnen)

Abbildung 3

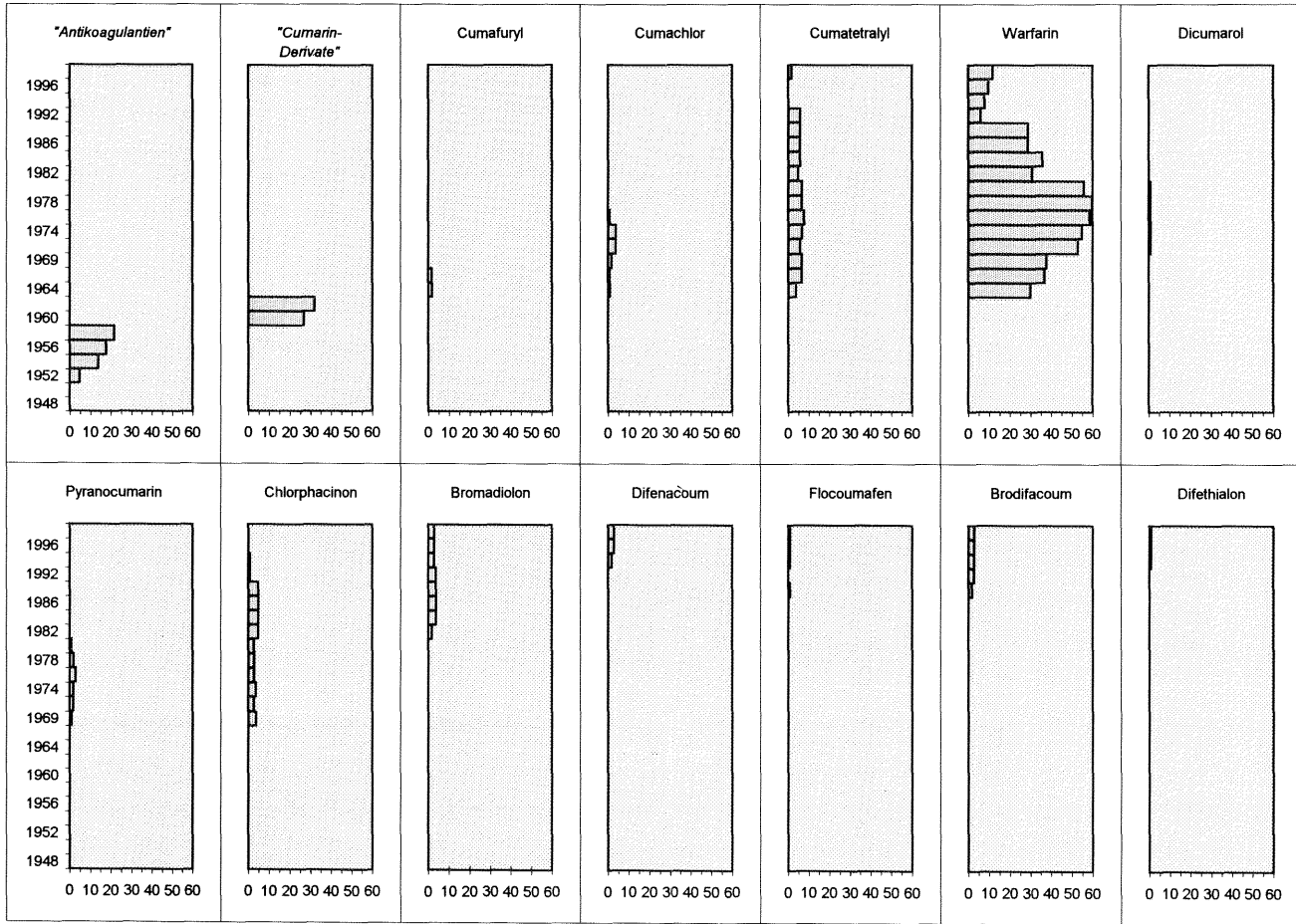


Abb.3: Anzahl anerkannter/zugelassener Antikoagulantien gegen Ratten (Wirkstoffe im einzelnen)



Abbildung 4

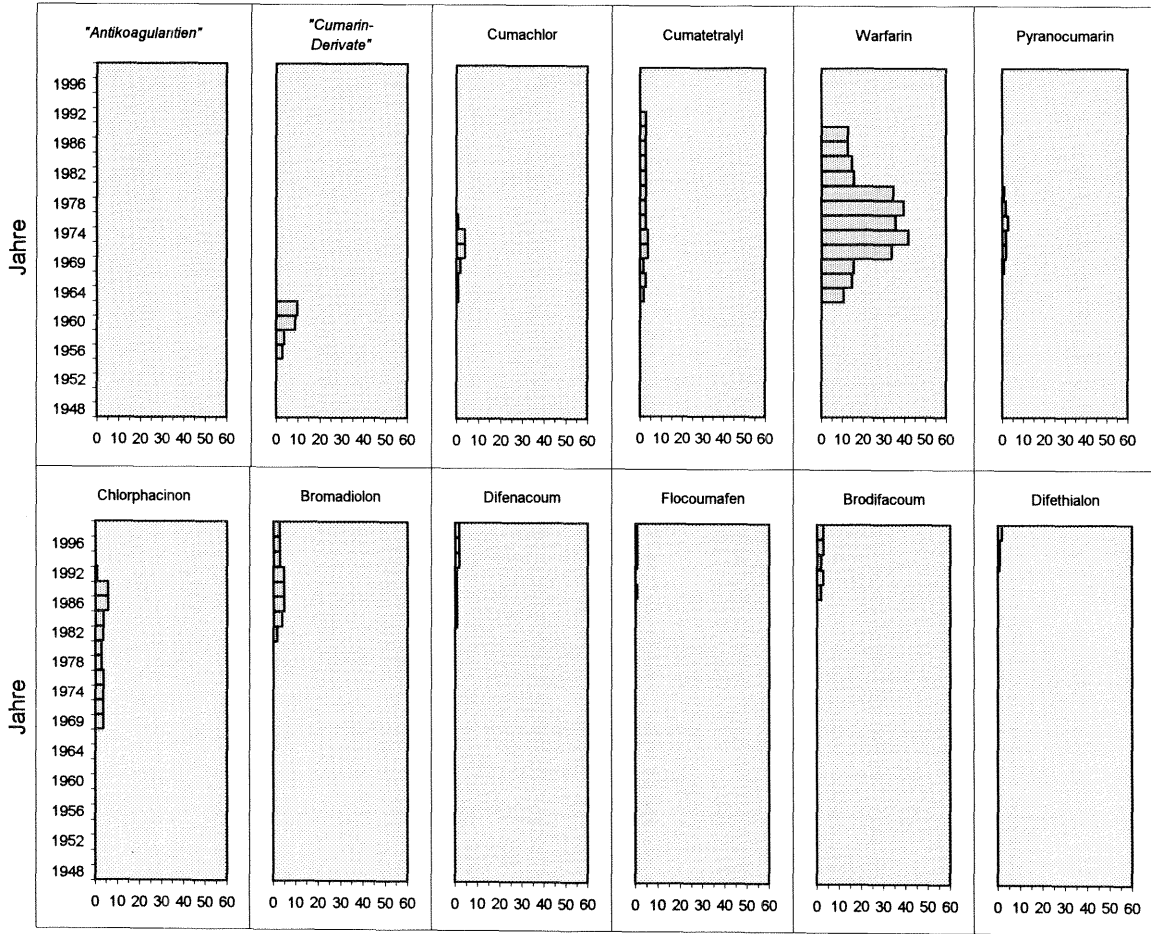


Abb. 4: Anzahl anerkannter/zugelassener Antikoagulantien gegen Hausmäuse (Wirkstoffe im einzelnen)

Abbildung 5

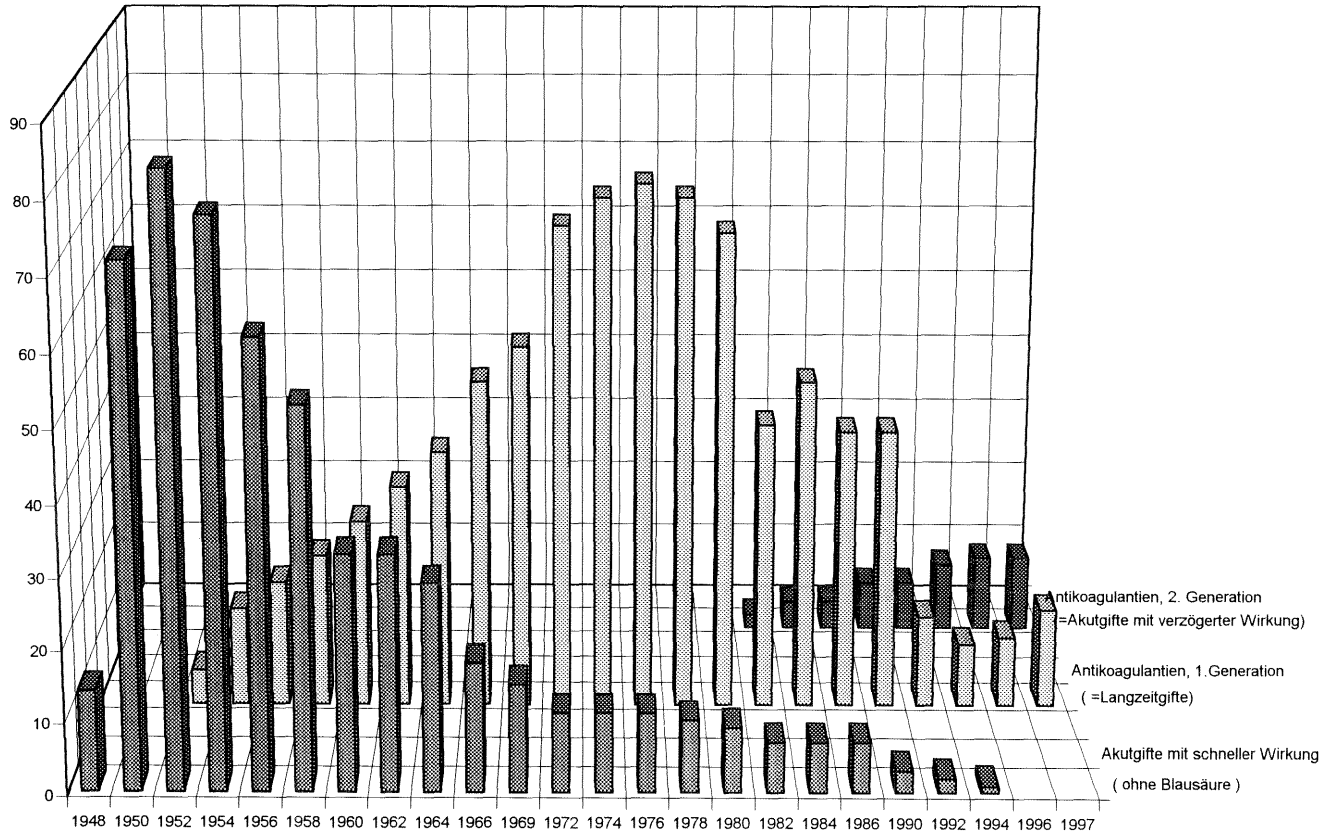


Abb.5: Anzahl anerkannter/zugelassener Rodentizide gegen Ratten

Abbildung 6

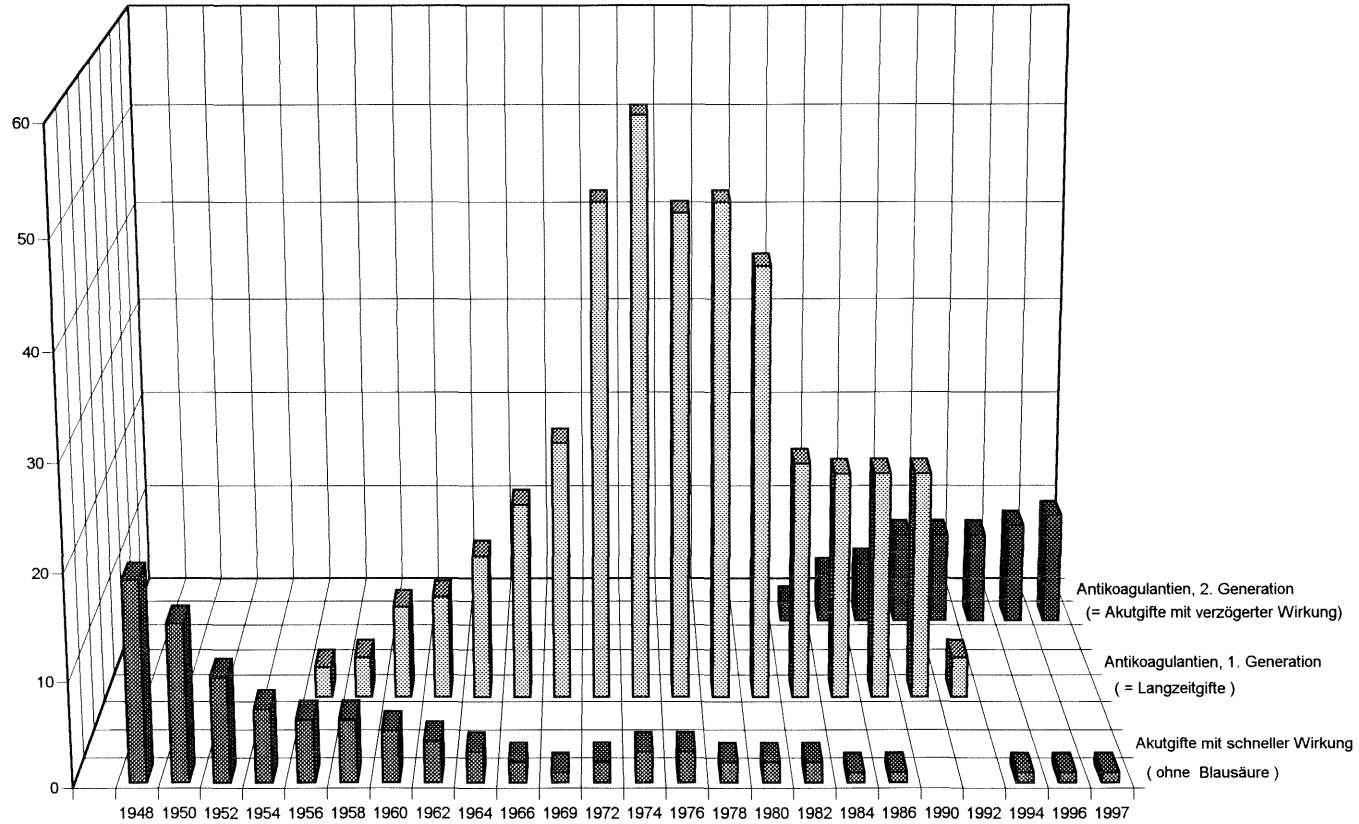


Abb.6: Anzahl anerkannter/zugelassener Rodentizide gegen Hausmäuse

## **Mittel zur Bekämpfung schädlicher Arthropoden in Vorratsgütern- Ein Überblick zur Entwicklung der Zulassungen zwischen 1969 bis 1996**

ERDMANN BODE\*

Eine nachhaltige Ernährungssicherung ohne zeitweilige Mangelversorgung der Bevölkerung hat eine Produktion landwirtschaftlicher Erzeugnisse in ausreichender Qualität und Quantität zur Voraussetzung. Alle Bemühungen zur Ertragsteigerung und -sicherung sind aber zwecklos ohne einen guten Vorratsschutz: „In der Kette zwischen Erzeugung und Verbrauch hat der Vorratsschutz eine entscheidende Aufgabe. Noch immer treten bei der Vorratshaltung hohe Verluste auf, verursacht durch unzureichende Lagerbedingungen, ungenügende Schutzmaßnahmen und eine weit verbreitete Unkenntnis aller damit verbundenen Zusammenhänge. Die tierischen Schädlinge sind an diesen Verlusten in einem hohen Maße beteiligt.“ (STEIN 1986). Der Aufbau schädlicher Massenvermehrungen insbesondere von Insekten ist auch bei Einhaltung guter Lagerbedingungen nicht immer zu vermeiden. In diesen Fällen sind Pflanzenschutzmittel gegen Vorratsschädlinge, die Vorratsschutzmittel, eine unverzichtbare Hilfe in Großlagern, Lebensmittelbetrieben, Mühlen und nicht zuletzt in landwirtschaftlichen Betrieben.

Vorratsschutz ist, wie STEIN (1986) umfassend definiert, „eine direkte Fortsetzung des Pflanzenschutzes bzw. einer hygienegerechten Haustierhaltung, umfaßt darüber hinaus aber auch den Schutz anderer Nahrungsprodukte, wie geerntete wildwachsende Früchte, Wildbret, Fische usw.“. Demgemäß sind Vorräte „für die Ernährung von Menschen oder Tieren bestimmte Produkte in der Zeit zwischen Ernte, Schlachtung oder Herstellung und Verzehr“ (STEIN 1986). Das für die Zulassung von Pflanzenschutzmitteln verbindliche Pflanzenschutzgesetz (PflSchG) zieht den Kreis der Vorratsgüter und damit des Vorratsschutzes im Sinn des Pflanzenschutzgesetzes wesentlich enger. In dem Pflanzenschutzgesetz von 1968 wurde nur ausgeführt, daß Pflanzenschutzmittel dazu bestimmt sind, Pflanzen vor Schadorganismen und Krankheiten sowie Pflanzenerzeugnisse vor Schadorganismen zu schützen (§ 2 Nr. 4 PflSchG). Im Pflanzenschutzgesetz von 1986 trat u. a. eine Definition des Begriffes „Pflanzenerzeugnisse“ hinzu, wie sie übrigens ähnlich auch in der Richtlinie des Rates 91/414/EWG (1991), der Basis des zu erwartenden Änderungsgesetzes zum Pflanzenschutzgesetz, enthalten ist: Pflanzenerzeugnisse sind Erzeugnisse pflanzlichen Ursprungs, die nicht oder nur durch einfache Verfahren wie Trocknen oder Zerkleinern be- oder verarbeitet worden sind, ausgenommen verarbeitetes Holz, sowie Pflanzenteile, einschließlich der Früchte und Samen, die nicht zum Anbau bestimmt sind (§ 2 Absatz 1 Nr. 9 PflSchG).

Die Zulassung von Vorratsschutzmitteln ist folglich nur mit der Ausweisung von Anwendungsgebieten möglich, in denen an Pflanzenerzeugnissen im Sinne des Pflanzenschutzgesetzes (nachfolgend auch Vorratsgüter genannt) schädigende Organismen leben. Diese Organismen können in oder an Vorratsgütern, in leeren Räumen

---

\* Stellvertretender Leiter der Fachgruppe Biologische Mittelprüfung der Abteilung für Pflanzenschutzmittel und Anwendungstechnik

(Schutz der nachfolgend einzulagernden Vorratsgüter) oder belegten Räumen (Bekämpfung eines Befalls im Raum, wenn eingelagerte Vorratsgüter nicht entfernt werden können) bekämpft werden. Wegen der 1986 gegebenen Definition der Pflanzenerzeugnisse war befürchtet worden, daß sich Antragsteller in manchen Fällen der Pflicht zur Zulassung entziehen. Als möglicher Grund hierfür wurde die gegenüber der Regelung im Pflanzenschutzgesetz von 1968 präzisere und dadurch den Kreis der mit zulassungspflichtigen Vorratsschutzmitteln zu schützenden Vorratsgüter noch weiter einengende Definition gesehen. Diese Sorge hat keine Bestätigung gefunden.

In der vorliegenden Arbeit wird die Entwicklung der Zulassungssituation von Vorratsschutzmitteln seit dem Beginn der Zulassungspflicht im Jahre 1968 (Pflanzenschutzgesetz 1968) bis 1996 durch eine Auswertung der von der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft herausgegebenen Pflanzenschutzmittel-Verzeichnisse (Teil Vorratsschutz) dargestellt. Als Grundlage für einen Vergleich dient die Auswertung des Mittelverzeichnisses aus dem Jahre 1969, in dem letztmalig die von der Biologischen Bundesanstalt „anerkannten“ Vorratsschutzmittel zusammengestellt waren. Auf die Unterschiede zwischen „Anerkennung“ und „Zulassung“ kann hier nur kurz eingegangen werden. Ein freiwillig von einer Firma gestellter Antrag führte nach erfolgreich abgeschlossener Prüfung zur Wirksamkeit des Mittels und, im Laufe der Zeit von zunehmender Bedeutung, einer Begutachtung der Rückstandssituation zu einer amtlichen Anerkennung. Bei der Zulassung ist der Nachweis der gesetzlich geregelten Zulassungsvoraussetzungen (z. B. Wirksamkeit, keine schädlichen Auswirkungen auf die Gesundheit von Mensch und Tier und auf Grundwasser; keine sonstigen nichtvertretbaren Auswirkungen, insbesondere auf den Naturhaushalt) vor der Einfuhr oder dem gewerbsmäßigen Vertrieb (§ 12 Absatz 1 PflSchG, Fassung von 1968) oder vor der Einfuhr und dem Inverkehrbringen (§ 11 Absatz 1 PflSchG, Fassung 1986) obligatorisch zu erbringen.

Der nachfolgende Überblick über die zugelassenen oder anerkannten Vorratsschutzmittel wird der Übersicht halber aufgeteilt nach den Anwendungstechniken „Begasen“, „Nebeln“, „Spritzen“, „Stäuben/Streuen“ und „Verdunsten“. Diese Aufteilung bietet sich auch an, weil die jeweiligen Mittelgruppen auf Grund ihrer Besonderheiten in der Regel auch von unterschiedlichen Anwenderkreisen genutzt werden.

### **Vorratsschutzmittel mit der Anwendungstechnik „Begasen“**

Mittel zur Begasung können die von ihnen im Zulassungsverfahren und in der Praxis geforderte hohe Wirksamkeit (Wirkungsgrad von 100 %) nur in hinreichend gasdichten Objekten (Gebäuden oder abgeplanten Vorratsgütern) erreichen. Eine hohe Objektdichte erfordert bauseitig beträchtliche Investitionen, darüber hinaus aber auch einen erheblichen Arbeits- und Kostenaufwand für die in der Regel zusätzlich vor einer Begasung durchzuführenden Abdichtungsmaßnahmen. Die Aufwendungen für eine nach dem Stand der Technik erreichbare Dichtigkeit haben Vorteile, weil der zum Erreichen der erforderlichen Wirksamkeit benötigte Mittelaufwand gesenkt werden kann. Hiermit ist ein geringerer Wirkstoffaustritt während und nach der Begasung (Lüftung) verbunden. Das ist wiederum von Vorteil im Hinblick auf die Belastung des Naturhaushalts (insbesondere der Luft), kann aber auch wichtig für den

Schutz der Gesundheit, z. B. für Arbeiter auf dem Gelände oder Anwohner, sein. Nicht zuletzt kann das Ausmaß des Wirkstoffaustritts der meist sehr giftigen Stoffe für die während des Zeitraums der Begasung zu ergreifenden organisatorischen Maßnahmen (z. B. Absperrungen) und - von grundlegender Bedeutung - für die Entscheidung zur Begasungsfähigkeit des Objektes sein (vgl. hierzu Gefahrstoffverordnung und TRGS 512). Außerdem dürfen diese Mittel nur von speziell ausgebildetem Personal angewandt werden. Alle diese Anforderungen machen es verständlich, daß mit diesen Mitteln nur Schädlingsbefall in hochwertigen Vorratsgütern oder Massengütern in großen, professionell geführten Lagern oder in Mühlen getilgt wird. Ein Schutz vor Neubefall ist wegen der kurzfristigen Wirkungsdauer nicht zu erwarten.

In Tabelle 1 sind die Wirkstoffe der Begasungsmittel sowie die Anzahl der je Wirkstoff zugelassenen Vorratsschutzmittel aufgeführt. Cyanwasserstoff (Blausäure), Brommethan (Methylbromid) und insbesondere Aluminiumphosphid (seit 1980 zusätzlich Magnesiumphosphid), waren viele Jahre lang die verlässlichen Stützen dieses Vorratsschutzes. Seitdem Methylbromid wegen seines ozonzerstörenden Potentials in die Regelungen des Montrealer Protokolls (1996) einbezogen wurde, sind die Aussichten für künftige Zulassungen der in etlichen Anwendungsgebieten schwierig zu ersetzenden brommethanhaltigen Mittel ungünstig. In der jüngeren Vergangenheit sind Zulassungen für Vorratsschutzmittel mit „inerten Gasen“ (Kohlenstoffdioxid, Stickstoff) erteilt worden. Wegen der zum Erreichen der hinreichenden Wirksamkeit erforderlichen sehr langen Einwirkungszeiten sind diese Stoffe jedoch nur für spezielle Anwendungen interessant. Die „Druckentwesung“ mit Kohlenstoffdioxid hingegen erfordert nur sehr kurze Einwirkungszeiten und ist für spezielle hochwertige Güter lohnend.

Mittel mit Acrylnitril waren bis 1974 zugelassen; ein Anwendungsverbot wurde 1980 ausgesprochen (Begründung: Bedenkliche Rückstände im Vorratsgut durch Reaktion mit Inhaltsstoffen; ungeklärte Langzeittoxikologie). Die Zulassungen für Mittel mit Äthylenoxid liefen 1979 aus; ein Anwendungsverbot wurde ebenfalls 1980 ausgesprochen (Begründung: Verdacht auf erbgutschädigende Eigenschaften; bedenkliche Rückstände im Vorratsgut durch Reaktion mit Inhaltsstoffen).

Anwendungstechnik	Wirkstoff	1969	1972	1973	1976	1978	1980	1982	1984	1986	1989	1992	1994	1995	1996
<b>BEGASEN</b>	<b>Acrylnitril</b>	x	x	x											
	Anzahl der Mittel	1	1	1											
	<b>Äthylenoxyd</b>	x	x	x	x	x									
	Anzahl der Mittel	1	2	2	2	2									
	<b>Äthylenoxyd + Methylformiat</b>		x	x											
	Anzahl der Mittel		1	1											
	<b>Aluminiumphosphid</b>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Anzahl der Mittel	4	4	4	6	11	10	11	10	11	11	5	5	5	5
	<b>Aluminiumphosphid + Blausäure</b>						x	x	x	x	x				
	Anzahl der Mittel						2	1	2	1	1				
	<b>Aluminiumphosphid + Methylbromid</b>						x	x	x	x	x				
	Anzahl der Mittel						3	3	3	3	3	2			
	<b>Blausäure</b>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Anzahl der Mittel	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	2	1	1	1
	<b>Kohlendioxid</b>											x	x	x	x
	Anzahl der Mittel											1	3	3	3
	<b>Magnesiumphosphid</b>							x	x	x	x	x	x	x	x
	Anzahl der Mittel							1	2	2	3	3	2	3	3
	<b>Magnesiumphosphid + Blausäure</b>							x	x	x	x	x	x	x	x
	Anzahl der Mittel							1	1	1	2	2	1	2	2
	<b>Methylbromid</b>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Anzahl der Mittel	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	1	
<b>Stickstoff</b>												x	x	x	
Anzahl der Mittel												1	1	1	
	<b>Anzahl der Wirkstoffe</b>	5	6	6	4	6	7	7	7	7	8	7	7	7	7
	<b>Anzahl der Mittel</b>	9	11	11	11	21	20	22	20	23	24	15	17	17	16

Tabelle 1: Vorratsschutzmittel, Anwendungstechnik "Begasen"

Anwendungstechnik	Wirkstoff	1969	1972	1973	1976	1978	1980	1982	1984	1986	1989	1992	1994	1995	1996	
Nebeln	<b>Dichlorvos</b>		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	Anzahl der Mittel		2	2	3	3	3	3	3	3	3	1	2	2	2	
	<b>Dichlorvos + Pyrethrum +</b>															
	<b>Piperonylbutoxid</b>		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	Anzahl der Mittel		3	3	3	3	3	4	5	5	5	1	1	1	1	
	<b>Dichlorvos + Malathion</b>		x	x	x	x			x	x	x	x	x			
	Anzahl der Mittel		2	2	2	2			2	2	2	1	1			
	<b>Lindan</b>	x	x	x												
	Anzahl der Mittel	4	1	1												
	<b>Lindan+Pyrethrum+Piperonylbutoxid</b>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				
	Anzahl der Mittel	2	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1				
	<b>Malathion</b>	x	x	x												
	Anzahl der Mittel	1	2	1												
	<b>Malathion + Pyrethrum +</b>															
	<b>Piperonylbutoxid</b>								x	x	x	x				
	Anzahl der Mittel								1	1	1	1				
	<b>Pyrethrum + Piperonylbutoxid</b>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Anzahl der Mittel	3	4	4	3	4	3	4	4	4	4	4	3	3	3	3
	<b>Tetrametrin + Pyrethrum +</b>															
	<b>Piperonylbutoxid + S 421</b>							x	x							
Anzahl der Mittel							1	1								
<b>Anzahl der Wirkstoffe</b>		4	7	7	5	6	5	6	6	6	6	4	3	3	3	
<b>Anzahl der Mittel</b>		10	17	16	13	15	11	15	16	16	15	6	6	6	6	

Tabelle 2 : Vorratsschutzmittel, Anwendungstechnik "Nebeln"



### **Vorratsschutzmittel mit der Anwendungstechnik „Nebeln“**

Mittel zum Vernebeln (Kalt- oder Heißvernebelung) werden vor allem in Räumen von Lebensmittelbetrieben eingesetzt, bisweilen auch z. B. in Lagerräumen in Mühlen, wenn Begasungen nicht möglich sind. Sie sind für eine Bekämpfung vorratsschädlicher Motten und Käfer in leeren oder belegten Räumen geeignet. Unter „belegten Räumen“ werden Räume mit eingelagertem Vorratsgut verstanden, das vor einer Behandlung aus unterschiedlichen Gründen nicht ausgelagert werden kann. Im Zulassungsverfahren wird die Rückstandssituation für die mitbehandelten Produkte sorgfältig geklärt, um eine angemessene Wartezeit festsetzen zu können. Ein Befall in „mitbehandelten“ Vorratsgütern wird wegen der geringen Eindringtiefe dieser Mittel nicht bekämpft. Fernerhin werden bei den heute bekannten und zugelassenen Nebelmitteln keine Schadorganismen hinreichend wirksam bekämpft, die nach einer Behandlung aus dem mitbehandelten Vorratsgut an die Oberfläche kriechen und mit dem dort befindlichen Mittelbelag in Kontakt kommen. Die zugelassenen Nebelmittel haben demzufolge keine Langzeiteffekte; die mit ihnen erreichbaren Wirkungsgrade sind zwar für die jeweiligen Schutzzwecke ausreichend, liegen aber deutlich unter denen von Begasungsmitteln. Aus Tabelle 2 geht hervor, daß Vorratsschutzmittel mit Dichlorvos und Pyrethrum (nebst Synergist Piperonylbutoxid) allein oder in Kombination seit vielen Jahren eine besondere Bedeutung innerhalb der Nebelmittel besitzen. Alle weiteren Mittel mit anderen Wirkstoffen (insbesondere Lindan und Malathion) sind nicht mehr zugelassen. Für Lindan besteht ein Verbot der Anwendung als Pflanzenschutzmittel zu bestimmten Zwecken, und zwar darf der Stoff seit 1971 nicht in Getreidevorräten und deren Verarbeitungsprodukten sowie seit 1974 nicht in Betriebsräumen und Mahlsystemen von Mühlen, in Mehlsilos, in Vorräten von Getreide und Getreideerzeugnissen eingesetzt werden, um nicht vertretbare Rückstände zu vermeiden. Hiermit waren schon frühzeitig wichtige Anwendungsgebiete ausgeschlossen worden.

### **Vorratsschutzmittel mit der Anwendungstechnik „Spritzen“**

Spritzmittel zum Vorratsschutz sind im bäuerlichen Betrieb vor der Einlagerung von Getreide zur Entwesung des leeren Speichers, aber auch zur Behandlung des einzulagernden Getreides von nicht zu unterschätzender Bedeutung. Außer mit Einstäubemitteln (siehe unten) bestehen hier keine anderen Möglichkeiten für die Bekämpfung vorratsschädlicher Insekten. Auch im Landhandel oder in der Großlagerhaltung greift man gerne auf diese Mittel zurück, wenn man einen lang anhaltenden Schutz der einzulagernden Ware vor Neubefall erreichen möchte. Hierin liegt ein Vorteil der Spritzmittel gegenüber Begasungsmitteln, mit denen sich zwar ein akuter Befall höchst wirksam bekämpfen läßt, die aber wegen ihrer kurzen Wirksamkeitsdauer einen anschließenden Neubefall durch Verschleppung oder Zuwanderung nicht begrenzen können.

Anwendungstechnik	Wirkstoff	1969	1972	1973	1976	1978	1980	1982	1984	1986	1989	1992	1994	1995	1996	
Spritzen	<b>Bromophos</b>						x	x	x	x	x	x				
	Anzahl der Mittel						1	1	1	1	1	1				
	<b>Dichlorvos</b>		x	x	x	x	x	x	x							
	Anzahl der Mittel		1	1	1	1	1	1	1							
	<b>Lindan</b>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x					
	Anzahl der Mittel	2	5	5	6	6	6	4	2	2	2					
	<b>Lindan+Dichlordiphenyltrichloräthan</b>	x														
	Anzahl der Mittel	5														
	<b>Malathion</b>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x					
	Anzahl der Mittel	1	1	1	3	4	3	2	2	2	1					
	<b>Phoxim</b>		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x
	Anzahl der Mittel		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				1
	<b>Pirimiphos-methyl</b>						x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Anzahl der Mittel						1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	<b>Pyrethrum + Piperonylbutoxid</b>			x	x											
	Anzahl der Mittel			1	1											
	<b>Tetrachlorvinphos</b>						x	x	x	x	x					
	Anzahl der Mittel						1	1	1	1	1					
		<b>Anzahl der Wirkstoffe</b>	3	5	5	4	6	7	7	7	6	5	3	1	1	2
		<b>Anzahl der Mittel</b>	8	9	9	11	14	14	11	9	8	6	3	1	1	2

Tabelle 3: Vorratsschuttmittel, Anwendungstechnik "Spritzen"

Ein Blick auf die Tabelle 3 zeigt, daß heute nur noch je ein Mittel mit den Wirkstoffen Phoxim und Pirimiphos-methyl zugelassen ist. Die früher zahlreich vorhandenen Mittel und relativ vielen Wirkstoffe sind insbesondere wegen der erhöhten Anforderungen zum Nachweis der Zulassungsvoraussetzungen heute nicht mehr verfügbar und werden auch in Zukunft nicht wieder verfügbar werden.

#### **Vorratsschutzmittel mit der Anwendungstechnik „Stäuben/Streuen“**

Die Mittel zum Einstäuben oder Streuen mit nachfolgender Einmischung (z. B. durch Umschaukeln des Vorratsgutes) können bei der bäuerlichen Lagerung kleiner Getreidepartien vorteilhaft eingesetzt werden. Von den früher zahlreichen Mitteln mit dieser Anwendungstechnik ist heute nur noch eines mit dem Wirkstoff Pyrethrum (mit Piperonylbutoxid als Synergisten) übriggeblieben (Tabelle 4). Es darf im übrigen nur zum Vorratsschutz in Futtergetreide angewandt werden.

#### **Vorratsschutzmittel mit der Anwendungstechnik „Verdunsten“**

Dichlorvos (vgl. Tabelle 5) ist der einzige Wirkstoff für die in Deutschland schon seit vielen Jahren zugelassenen Verdunstungsmittel. Derzeit gibt es noch ein zugelassenes Mittel. Dank der kontinuierlichen Wirkstoffabgabe aus den im Raum aufzuhängenden „Strips“ ist eine ständige und sehr wirksame Bekämpfung von Mottenaltern in Mühlen und Speichern möglich. Die konsequente Anwendung bewirkt ein ständiges Ausschalten der von außen zufliegenden, aber auch der gegebenenfalls aus dem lagernden Vorratsgut schlüpfenden vorratsschädlichen Motten. Ein Neubefall wird sicher und dauerhaft verhindert, was letztlich andere Vorratsschutzmaßnahmen, und das sind in aller Regel Begasungen, gegen die in Mühlen und Speichern häufig auftretenden Motten stark vermindert.

Anwendungstechnik	Wirkstoff	1969	1972	1973	1976	1978	1980	1982	1984	1986	1989	1992	1994	1995	1996
Stäuben /Streuen	<b>Malathion</b>			x	x										
	Anzahl der Mittel			1	1										
	<b>Pyrethrum + Piperonylbutoxid</b>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Anzahl der Mittel	3	5	5	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	<b>Anzahl der Wirkstoffe</b>	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	<b>Anzahl der Mittel</b>	3	5	6	4	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>Tabelle 4: Vorratsschutzmittel, Anwendungstechnik "Stäuben/Streuen"</b>															
<b>Anwendungstechnik</b>	<b>Wirkstoff</b>	<b>1969</b>	<b>1972</b>	<b>1973</b>	<b>1976</b>	<b>1978</b>	<b>1980</b>	<b>1982</b>	<b>1984</b>	<b>1986</b>	<b>1989</b>	<b>1992</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>
Verdunsten	<b>Dichlorvos</b>		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Anzahl der Mittel		4	4	4	4	4	3	3	2	2	2	1	1	1
	<b>Anzahl der Wirkstoffe</b>		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	<b>Anzahl der Mittel</b>		4	4	4	4	4	3	3	2	2	2	1	1	1

Tabelle 5: Vorratsschutzmittel, Anwendungstechnik "Verdunsten"

## Zukunft des Vorratsschutzes

Die mit dieser Arbeit vorgelegten Tabellen der Wirkstoffe und Mittel zeigen, daß man im Vorratsschutz auch in der Vergangenheit in Anbetracht der Vielfalt an Vorratsgütern, Schadorganismen und Lagerungsweisen nicht durchweg von einer befriedigenden Situation bezüglich der zur Verfügung stehenden Vorratsschutzmittel sprechen konnte. Dennoch fällt auf, daß kontinuierlich Wirkstoffe und dadurch Mittel in allen Bereichen des Vorratsschutzes weggefallen sind. Die Möglichkeiten für einen wirksamen Vorratsschutz werden immer geringer. Die Lage ist wohl als bedrohlich zu bezeichnen, wenn man sich vor Augen führt, auf wie wenige Wirkstoffe heute noch zurückgegriffen werden kann:

Vernebelungsmittel - zwei Wirkstoffe, wovon Mittel mit Pyrethrum wohl schon als Grenzfälle im Hinblick auf die hinreichende Wirksamkeit anzusehen sind,

Spritzmittel - zwei Wirkstoffe mit gut wirksamen Mitteln, solange keine Resistenzbildung einsetzt,

Stäuben/Streuen - ein Wirkstoff, wozu seit wenigen Wochen ein zweiter Wirkstoff getreten ist, der deshalb nicht in der Tabelle aufgeführt wurde,

Verdunstung - ein Wirkstoff, der gut wirkt, solange keine Resistenz auftritt.

Einzig bei den Begasungsmitteln scheinen günstigere Voraussetzungen gegeben zu sein, schaut man nur auf die Zahl von Wirkstoffen und Mitteln. Hier sind in den letzten Jahren sogar zwei neue Wirkstoffe (Kohlenstoffdioxid, Stickstoff) hinzugetreten. Wenn man aber ihre Anwendungsvoraussetzungen betrachtet, stellt man fest, daß sie in den meisten Fällen keine Alternativen zu den übrigen Begasungsmitteln darstellen, wohl aber erfreuliche Ergänzungen für Sonderbereiche des Vorratsschutzes. Ein Vergleich der bei den Mittelzulassungen vorgesehenen Anwendungsgebiete ergibt, daß sowohl Cyanwasserstoff als auch Brommethan nur noch in Leerräumen anzuwenden sind. Somit verbleibt allein Phosphorwasserstoff als Aluminium- und Magnesiumphosphid als Wirkstoff in Mitteln, die für eine Vielzahl vorratsschutzlich wichtiger Begasungen in Frage kommen. Daher muß man sorgfältig darauf achten, daß die aus anderen Teilen der Welt schon bekannte Ausbildung von Resistenzen gegenüber Phosphin vermieden wird. Die bisweilen geübte Begasungspraxis mit Unterdosierung, teils wegen des Kostendrucks für die Lagerhalter, teils auch wegen der Eingriffe in die mit den Zulassungen festgelegten Anwendungsbedingungen durch die im Anzeigeverfahren nach Anhang V Nr. 5.2.2 Gefahrstoffverordnung zuständigen Behörden in den Ländern, verspricht jedoch auf Dauer nichts Gutes für die Zukunft. Ein Auffinden neuer Wirkstoffe und die Zulassung neuer Mittel, und das gilt nicht nur für Begasungsmittel, wird aber für den Vorratsschutz kaum noch möglich sein, vor allem wegen der gestiegenen Anforderungen an den Nachweis der Unbedenklichkeit im Hinblick auf die Gesundheit von Mensch und Tier und den Naturhaushalt. Hinzu kommen die beträchtlichen Kosten für den Nachweis der Zulassungsvoraussetzungen, die durch die verhältnismäßig kleinen Anwendungsgebiete nur in sehr langen Zeiträumen, wenn überhaupt, an die entwickelnden Unternehmen zurückfließen. Auch der Erhalt der bestehenden Zulassungen durch Anpassung der Datenlage an die sich fortentwickelnden Anforderungen zum Nachweis der Unbe-

denklichkeit wird für die meist kleinen Unternehmen, die die Vorratsschutzmittelentwicklung bisher getragen haben, zunehmend schwieriger. Ohne einen wirksamen Vorratsschutz werden jedoch die Erfolge des Pflanzenschutzes bei der Erzeugung ausreichender und qualitativ hochwertiger Nahrungsmittel zunichte gemacht.

## Literatur

- ANONYMUS (1978): Pflanzenschutzgesetz vom 10. Mai 1968 (BGBl. I, S. 352), zuletzt geändert durch das Dritte Gesetz zur Änderung des Pflanzenschutzgesetzes vom 16. Juni 1978, BGBl. I, S. 749.
- ANONYMUS (1986): Gesetz zum Schutz der Kulturpflanzen (Pflanzenschutzgesetz - PflSchG) vom 15. September 1986, BGBl. I, S. 1505.
- ANONYMUS (1991): Richtlinie des Rates vom 15. Juli 1991 über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln (91/414/EWG). Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften 34, L 230, 1. 32.
- ANONYMUS (1993): Verordnung zum Schutz vor gefährlichen Stoffen (Gefahrstoffverordnung - GefStoffV) vom 26. Oktober 1993. BGBl. I, S. 1782.
- ANONYMUS (1996): Technische Regeln für Gefahrstoffe „Begasungen“ (TRGS 512). Bundesarbeitsblatt 1996, Heft 6, 40 - 52.
- ANONYMUS (1996): Bekanntmachung der Anpassungen zum Montrealer Protokoll über Stoffe, die zu einem Abbau der Ozonschicht führen. 7. Juni 1996, Bundesanzeiger 110, 6650.
- STEIN, W. (1986): Vorratsschädlinge und Hausungeziefer. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 287 S.

## Verpackung zum Schutz von Vorräten gegen Insekten

RICHARD WOHLGEMUTH\* und CHRISTOPH REICHMUTH\*\*

### Einleitung

Verpackung hat aus der Sicht des Vorratsschutzes die Aufgabe, verpackte Roh- und Fertigwaren bis hin zu Lebensmitteleinzelpackungen gegen den Befall und Verderb durch vorratsschädliche Insekten zu schützen. Dieser Schutz kann bereits kurz nach der Ernte oder auch erst nach Fertigung in der Lebensmittelfabrik einsetzen. Weltweit gehen verpackte Lebensmittel im Gegenwert von mehreren Milliarden DM aufgrund von Reklamationen wegen Schädlingsbefall jährlich verloren. Auch über den Gewichtsverlust befallener Packungen wurde berichtet (SOLOMON 1959). Bei Futtermitteln treten auch große Verluste auf. Seit altersher ist der Mensch bestrebt, seine Ernteprodukte derart zu lagern, daß diese geschilderten Verluste minimal bleiben. Als Beispiele lassen sich Amphoren der Römer aufzählen sowie auch heute noch in Indien verwendete Tonkrüge, in denen Erntegüter weitgehend gas- und insekten-dicht verschlossen aufbewahrt werden. Im Falle der gasdichten Gefäße gesellt sich zum Verhindern einer Invasion durch Schädlinge der Aspekt hinzu, daß die mit eingeschlossene Atmosphäre im Laufe der Lagerzeit Sauerstoff einbüßt, der durch die Produkte und mit eingeschlossene Schädlinge veratmet wird, so daß die Schädlinge absterben. Diese Art der Lagerung läßt sich unter dem Stichwort "hermetische Lagerung" beschreiben.

Bereits vor aber insbesondere kurz nach dem Zweiten Weltkrieg erlebten die organischen Kunststoffe eine starke Entwicklung bis hin zu verschiedensten Kunststoffolien (ZACHER 1928a und b, KUNIKE 1941 und 1942, ESSIG et al. 1943, GRAY 1952, HIGHLAND 1976, NEW 1977, ZACHER 1961, SCHELHORN 1956, SCHMIDT und BAUDER 1980, Schmidt 1981a und b). Diese Folien wurden bald auch dafür verwendet, um Lagergüter einzuschlagen (COLLINS 1961 und 1963, DAVEY und AMOS 1961, SCEENATHAN 1961, SCEENATHAN et al. 1960, HIGHLAND und JAY 1965). Zum anderen wurden ebenfalls nach dem Zweiten Weltkrieg Klebstoffe, Schaumstoffe und andere Materialien in vielfacher Form entwickelt, mit denen sich auch undichte Aufbewahrungsorte wie alte Lagerräume und Container mit relativ geringem Aufwand weitgehend insektendicht gestalten lassen (DAL MONTE 1968, HIGHLAND und METS 1970). Seit vielen Jahrzehnten wird feinmaschiges Drahtgewebe vor Fensteröffnungen zur Verhinderung von Zuflug von Insekten eingesetzt, wobei heute häufig Metallgaze durch Kunststoffgaze ersetzt wird. Es ist bemerkenswert, daß die stürmische Entwicklung der neuen Kunststoffe als neue Verpackungsmaterialien an die Grenze der Umweltverträglichkeit gestoßen ist. Die Hauptproblematik besteht darin, daß verschiedenste Werkstoffe wie Metallfolien, Papier, Karton, Klebstoffe und Kunststoffe derart miteinander verbunden sind, daß ihre Entsorgung sehr aufwendig wird. Ein Verbrennen verbietet sich, weil aus vielen Kunststoffen schädliche Gase entstehen.

---

\* Ehemaliger Leiter des Instituts für Vorratsschutz der BBA

\*\* Leiter des Instituts für Vorratsschutz der BBA

Der Entwicklung der letzten Jahre folgend, wird heute bei Verpackungen wieder darauf geachtet, daß an Stelle von Verbundfolien oder Verbundverpackungen eher Monofolien oder separate bzw. leicht zu trennende Materialien eingesetzt werden. Die Papiertüte und die Kartonfaltschachtel erleben dabei eine Renaissance gegenüber früher häufig eingesetzten Kunststoffverbundpackungen. Das Thema des Verpackungsschutzes gegen Schädlingsbefall hat in Kriegszeiten starke Zuwendung gefunden, so daß dieser Teil der Vorratsschutzforschung durch die militärische Forschung positive Impulse erhalten hat. Wichtige Versuchsreihen mit Packstoffen zu deren Insektenfestigkeit wurden in USA nach dem Krieg für das Militär durchgeführt (PROCTOR et al. 1954).

Verpackungsschutz kann man deshalb als eine gedankliche Vorgehensweise betrachten, bei der den Schadorganismen der Zugang zu Vorräten für den menschlichen Gebrauch verhindert werden soll (ZACHER 1961, WEIDNER 1962, HEISS und WACHSMANN 1968, NEW 1977, WOHLGEMUTH 1986, 1991, 1993a und b, HENNLICH 1992, ROMMEL 1995). Als Neben aspekt dieser Anwendung erscheint bei hermetischer Lagerung eine weitere Möglichkeit, nach dennoch erfolgtem Befall mit Gasen die Schädlinge abzutöten, da Gasdichtigkeit im Vorfeld der Einlagerung bereits erzeugt wurde (NEW und REES 1988, Reichmuth et al. 1994).

Der Einsatz verpackungsschützender Maßnahmen schließt einerseits die Bestimmung der auftretenden Schädlinge ein und ist andererseits sehr abhängig davon, wo und in welcher Art und Weise Vorräte geschützt werden sollen.

Das Institut für Vorratsschutz der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft untersucht seit vielen Jahren innerhalb eines Arbeitsschwerpunktes reklamierte Süßwaren- und Lebensmittelpackungen der wirtschaftlich bedeutenden Firmen (Unter Mitarbeit von SCHMIDT 1979, NOACK 1982 und 1983, unter Mitarbeit von WOHLGEMUTH und HENNLICH 1985, WOHLGEMUTH 1991, WUDTKE et al. 1993 ). Des weiteren ist das Institut für Vorratsschutz häufig bei der Begutachtung von Schädlingsbefall in Rohwarenlägern, in Lebensmittelfabriken, bei Geschäften der Handelsketten und selten auch bei Endverbrauchern eingebunden.

## 1. Auftretende Schädlinge und ihr Schadbild

Bei den eingesandten, reklamierten Packungen wurde überwiegend ein Befall mit verschiedenen Stadien vorratsschädlicher Motten festgestellt. Die Einsendungen enthielten folgende Tiere in der angegebenen prozentualen Verteilung:

[Kupferrote] Dörrobstmotte (*Plodia interpunctella*) ca. 85 %

Mehlmotte (*Ephestia kuehniella*) ca. 5 %

Speichermotte auch Heu- (*Ephestia elutella*) ca. 5 %  
oder Tabakmotte genannt

Tropische Speichermotte (*Ephestia cautella*) ca. 5 %

Vorratsschädliche Käfer spielten bei den Befallsreklamationen eine untergeordnete Rolle. Dennoch treten Reismehlkäfer, Getreideplattkäfer und Käfer aus der Familie der Speckkäfer in der lebensmittelverarbeitenden Industrie häufig auf und können zu schwerwiegenden Verlusten infolge von Reklamationen führen. Hierauf sind die her-



stellenden Firmen gezwungen, die Ware palettenweise zurückzunehmen und zu entsorgen, wodurch insbesondere bei ins Ausland exportierter Ware sehr hohe Kosten und starke Verluste des guten Rufs entstehen.

SCHMIDT (1980) gab in seiner umfangreichen und lesenswerten Bibliographie zu diesem Thema ca. 300 Titel aus mehr als 150 Zeitschriften an, aus denen die Häufigkeitsverteilung der auftretenden bzw. in Laboratorien untersuchten Tiere dargestellt werden kann (Tabelle und Abbildung 1).

Die überwiegende Beschränkung der Befallsorganismen auf die Mottenschädlinge ist für die Verpackungstechnik im Süßwarenereich von entscheidender Bedeutung.

Während Käfer und einige andere Insekten (GERHARDT und LINDGREN 1954 SOWIE 1955a und 1955b, EDWARDS 1955, RAUSCHERT 1955, SNYDER 1955, LOWIG und BROCKMANN 1957, EGGERT und HOPF 1959, RAO et al. 1972, BECKER und SEYDLITZ-KURZBACH 1972) mit ihren kräftigen Mundwerkzeugen das Verpackungsmaterial selbst angreifen und durchnagen können (BATTH, 1970, GROVES 1972, KVENBERG 1975, YERINGTON 1975, CLINE 1978, SCHMIDT 1979a, b und c, SCHMIDT und ÖZEL 1979, SCHMIDT 1980, SCHMIDT 1981, KHAN 1982a) - wir sprechen hier von Penetratoren - haben die Mottenfalter einen Saugrüssel, mit dem sie natürlich nicht in der Lage sind, das Verpackungsmaterial anzugreifen. Außerdem nehmen sie im Gegensatz zu den meisten Käferarten als Falter keine Nahrung auf. Sie suchen nur nach geeigneten Nahrungsquellen für ihre Nachkommen. Die älteren Mottenlarven besitzen jedoch starke Mundwerkzeuge, mit denen sie viele Packstoffe durchnagen können.

Tabelle: Forschung über Insekten in Lebensmittelpackungen nach SCHMIDT (1980)

Schädlingsart	Deutscher Name	Anzahl der Zitate
<i>Acanthoscelides obsoletus</i>		3
<i>Acanthoscelides obtectus</i>	Speisebohnenkäfer	2
<i>Acarus siro</i>	Mehlmilbe	9
<i>Anthrenus flavipes</i>		11
<i>Anthrenus verbasci</i>	Wollkrautblütenkäfer	8
<i>Attagenus piceus</i>		14
<i>Blattella germanica</i>	Deutsche Schabe	12
<i>Callosobruchus chinensis</i>	Bohnenkäfer	3
<i>Callosobruchus maculatus</i>		2
<i>Carpophilus dimidiatus</i>	Getreidesaftkäfer	1
<i>Carpophilus hemipterus</i>	Backobstkäfer	1
<i>Corcyra cephalonica</i>	Reismotte	9
<i>Cryptolestes ferrugineus</i>	Rotbrauner Leistenkopflattkäfer	3
<i>Cryptolestes pusillus</i>	Leistenkopflattkäfer	24
<i>Dermestes lardarius</i>	Speckkäfer	10
<i>Dermestes maculatus</i>	Dornspeckkäfer	10
<i>Ephestia cautella</i>	Tropische Speichermotte	20
<i>Ephestia elutella</i>	Speichermotte	20
<i>Ephestia figulilella</i>	Dattelmotte	2
<i>Ephestia kuehniella</i>	Mehlmotte	46
<i>Gibbium psyllioides</i>	Kugelkäfer	2
<i>Glycyphagus destructor</i>	Hausstaubmilbe	2
<i>Lasioderma serricorne</i>	Tabakkäfer	56
<i>Oryzaephilus surinamensis</i>	Getreideplattkäfer	105
<i>Plodia interpunctella</i>	Dörrobstmotte	60
<i>Ptinus spec.</i>	Diebkäfer	7
<i>Ptinus tectus</i>	Australischer Diebkäfer	14
<i>Rhizopertha dominica</i>	Getreidekapuziner	98
<i>Sitophilus granarius</i>	Kornkäfer	56
<i>Sitophilus oryzae</i>	Reiskäfer	68
<i>Sitotroga cerealella</i>	Getreidemotte	10
<i>Stegobium paniceum</i>	Brotkäfer	37
<i>Tenebrio molitor</i>	Mehlkäfer	4
<i>Tenebroides mauritanicus</i>	Schwarzer Getreidenager	77
<i>Tribolium castaneum</i>	Rotbrauner Reismehlkäfer	99
<i>Tribolium confusum</i>	Amerikanischer Reismehlkäfer	79
<i>Trogoderma glabrum</i>		12
<i>Trogoderma granarium</i>	Khaprakäfer	17
<i>Trogoderma inclusum</i>		17
<i>Trogoderma variabile</i>		20

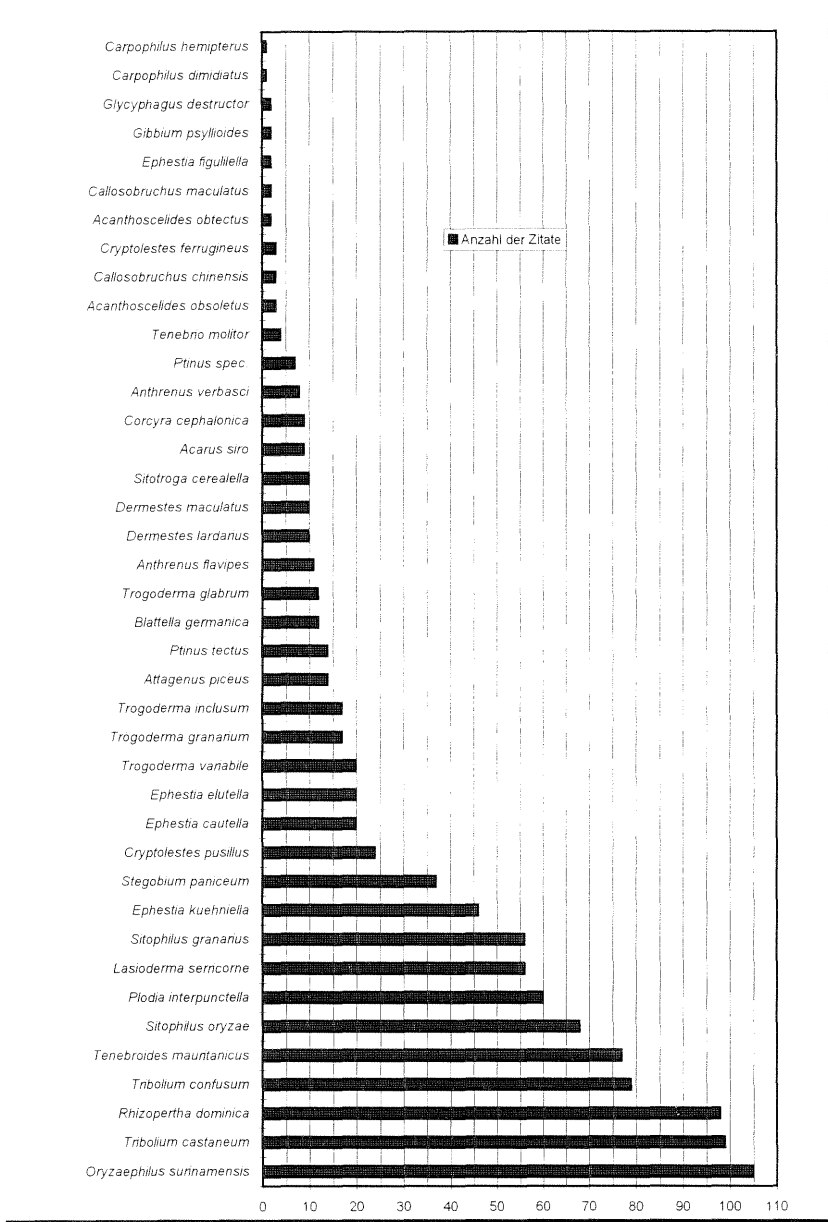


Abbildung 1: Anzahl der Nennungen pro Tierart in den Zitaten von SCHMIDT (1980)

Durch den Geruch angelockt, legen die Falter ihre Eier in oder an Produkte, von denen sich die Larven ernähren können; Im Falle der Dörrobstmotte also besonders an nuß- oder mandelhaltige Substrate.

Da die meisten Verpackungen den Motten den direkten Zugang zur Ware verwehren, werden die Eier außen an der Packung abgelegt. Wenn möglich, schieben die Weibchen die Eier mit Hilfe ihrer Legeröhre zwischen die Laschen der Verschlüsse oder an sonstige Stellen, an denen die Eier geschützt liegen. Naturgemäß werden Stellen mit besonders intensivem Geruch bevorzugt, der auf die Nahrung für die Larven schließen läßt. Das Ziel der aus den Eiern schlüpfenden Larven ist es nun, in die Packung einzudringen.

Die Eilarven haben zwar beißende Mundwerkzeuge, wären also grundsätzlich in der Lage, Löcher in Packmaterial zu fressen. Allerdings sind die ihnen aus dem Ei mitgegebenen Nahrungsreserven beschränkt, so daß ihnen einigermaßen kräftiges Material zu starkem Widerstand leisten würde. Sie sind daher darauf angewiesen, bereits vorhandene Löcher in den Packungen - vorwiegend an den Verschlüssen - auszunutzen. Man bezeichnet sie daher als Invasoren. In Versuchen konnte sogar gezeigt werden, daß sie nicht in der Lage sind, zu kleine Löcher durch Benagen der Ränder so stark aufzuweiten, daß sie in die Packung eindringen können (KHAN 1983 b und c). Das ist zwar ein günstiger Umstand, doch muß man berücksichtigen, daß der einzige starre Teil des Larvenkörpers, die Kopfkapsel der Eilarven, einen Durchmesser von nur 0,15 mm hat. Unvermeidliche Öffnungen an den Verschlüssen müssen also kleiner als 0,15 mm sein, wenn sie das Eindringen der Eilarven verhindern sollen (KHAN 1983 b und c).

Die erwachsenen Mottenlarven haben zwar kräftige Mundwerkzeuge, mit denen sie in der Lage sind, Packstoffe zu durchfressen. Wirtschaftlich hat dies jedoch keine Bedeutung, da der Schaden in der Packung dann bereits angerichtet ist. In der Regel machen sie von dieser Fähigkeit auch gar nicht Gebrauch, sondern verpuppen sich innerhalb der Packung, was zusätzlich zu dem ekelerregenden Befallsbild beiträgt.

## 2. Ort des Befalles verpackter Süßwaren

Wie eingangs erwähnt, ist der Befallsort für den Verpackungsschutz eine wesentliche Frage, denn wenn der Befall bereits in den Betriebsräumen während der Produktion erfolgt, kann der Schaden auch durch insektendichte Verpackungen nicht mehr verhindert werden. Die Frage nach dem Befallsort muß daher geklärt werden (WOHLGEMUTH 1979).

Ein von insektenbesetzter Rohware, wie z. B. Kakaobohnen, Nüssen und Mandeln, direkt durchschlagender Befall ist in der Süßwarenherstellung kaum zu befürchten, da diese Produkte meist Verarbeitungsprozesse wie Rösten o.ä. durchlaufen, die ein Abtöten der Schädlinge erwarten lassen. Es ist aber durchaus möglich, daß sich in den Betriebsräumen in Produktionsresten an verborgenen und schwer zugänglichen Stellen ein dauerhafter Befall entwickelt. Die daraus schlüpfenden Motten fliegen vorzugsweise in der Dämmerung (BOMMER 1980), also außerhalb der Arbeitszeiten, und können ihre Eier vor dem Verpacken an das Fertigprodukt ablegen. In diesem Zusammenhang wird darauf hingewiesen, daß insbesondere Motten während der

Sommermonate, aber auch die genannten Käfer in der Umgebung von Fabrikationsräumen auftreten und zufliegen können (REICHMUTH et al. 1980; WOHLGEMUTH et al. 1987; WOHLGEMUTH 1992). Es ist nicht unwahrscheinlich, daß ein gewisser Anteil der Kundenreklamationen auf diesen Befallsweg zurückgeht. In diesen Fällen ist die Betriebshygiene gefordert. So läßt sich z. B. durch Verschließen der Fensteröffnungen mit feinmaschiger Gaze der Befall von Fabriken durch zufliegende Motten weitgehend vermeiden. Als weitere Befallsquelle bleibt die Aufnahme befallener Rohware in die Fabrik. Hierzu stehen umfangreiche Konzepte zur Verfügung, um eine Kontamination des Gebäudes mit vorratsschädlichen Insekten und Milben weitgehend zu unterbinden. Mitarbeiter des Instituts für Vorratsschutz haben die Fabrikationsräume für verschiedene Produkte der Süßwaren-, Dauerbackwaren- und Teigwarenherstellung untersucht (RASSMANN 1985) und dabei Erfahrungen gesammelt, wo sich häufig derartige Insektenquellen befinden (WOHLGEMUTH 1993). Die Befallsherde müssen dann durch bauliche Maßnahmen saniert oder - falls das nicht möglich ist - regelmäßig im Abstand von höchstens sechs Wochen gründlich von allen Produktionsresten und eventuell darin vorhandenen Schädlingen gereinigt werden.

Die Streitfrage, ob eine Reklamation auf Befall innerhalb der Betriebsräume oder erst auf dem Wege zu Verbraucher, z. B. im Großlager oder im Einzelhandelsgeschäft erfolgte (RASSMANN 1985), ist in den seltensten Fällen eindeutig zu beantworten, da hierzu zumindest genaue Kenntnisse über die Temperaturen erforderlich sind, unter denen die Ware nach dem Verlassen des Betriebes gelagert wurde. Das Herstellungs- und Vertriebsdatum kann dann mit der Entwicklungsgeschwindigkeit des gefundenen Insektenstadiums verglichen werden. In Einzelfällen läßt sich aus der Art der Fraßspuren an den Waren und insbesondere des Verpackungsmaterials auf Innen- oder Außenbefall schließen. Aus den Beobachtungen an befallenen Packungen, die dem Institut für Vorratsschutz vorgelegt wurden, entstand der Eindruck, daß ein sehr bedeutender Anteil der Reklamationen wegen Verunreinigung mit Insekten auf Befall nach Verlassen der Ware aus der Fabrik während des Vertriebs bis hin zum Einzelhandel verursacht wird.

Diese Vermutung wurde durch eine Untersuchung (WOHLGEMUTH 1992) der Mottenpopulation im Umfeld eines Süßwarenbetriebes verstärkt:

Obwohl - wie eingangs erwähnt - mehr als 90 % der Reklamationen auf den Befall durch die Dörrobstmotte (*Plodia interpunctella*) zurückgehen, war diese Mottenart auf dem Betriebsgelände nur zu ca. 1 % vertreten. Ca. 99 % der Fänge betrafen dagegen die Speichermotte *Ephesia elutella*. Man sollte annehmen, daß die letztere Art wesentlich stärker bei den Reklamationen in Erscheinung treten müßte, wenn der Befallsschwerpunkt im Produktionsbetrieb läge.

Kürzlich wurde die Vermutung des intensiven Befalls auf dem Vertriebswege nach Verlassen der Fertigware durch ein interessantes Detail gestützt:

Gleichartige Ware (Studentenfutter, eine Mischung aus Rosinen, Mandel-, Haselnuß- und Cashewkernen) wurde zum einen in Schlauchbeutel aus Zellophan mottendicht eingeschweißt und zum anderen in Zellophanbeutel gefüllt, die anschließend lediglich mit einem Metallklip zusammengedrückt und verschlossen wurden. Die verschweißten Packungen (sogenannte "Flossenpackungen") durchliefen die Handelskette fast vollständig ohne jede Reklamation, wohingegen die zugeklippten Packungen häufig wegen Mottenbefalls reklamiert wurden. Hieraus läßt sich leicht der

Schluß ziehen, daß der Befall erst auf dem Vertriebsweg erfolgte, da die Ware in gleicher Weise in der Fabrik vorbereitet und in die Tüten gepackt und schnell ausgeliefert worden war. Bei Befall der Ware in der Fabrik hätte die Verteilung der Reklamationen auf die verschiedenen Verpackungsarten gleichartig ausfallen müssen.

### 3. Forderungen an insektendichte Packungen in Süßwarenbereichen

Aus der Art des Eindringens der im Süßwarenbereich wirtschaftlich wichtigen Schädlinge und dem vorwiegenden Befallsort ergeben sich für die Verpackung von Süßwaren folgende Folgerungen:

Durch geeignete Verpackungen kann mit hoher Wahrscheinlichkeit ein Großteil der Reklamationen vermieden werden, da der Befall in vielen Fällen erst auf dem Vertriebswege erfolgt.

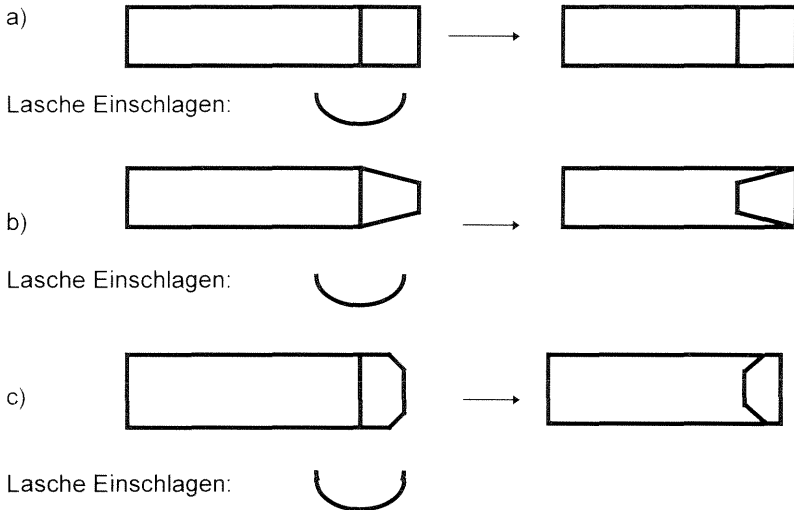
Da Süßwaren so gut wie ausschließlich durch Motten bzw. deren Larven - also Invasoren - befallen werden, müssen Verpackungen gewählt werden, bei denen die Verschlüsse keine Öffnungen mit einem Durchmesser von mehr als 0,15 mm aufweisen.

Wie diese Forderungen erfüllt werden können, muß dem Verpackungstechnikern überlassen bleiben, doch können einige Hinweise gegeben werden:

Bei Flossenpackungen liegen die Schwachstellen an den seitlichen Umfaltungen der Packstoffe, besonders aber im Bereich der Mittelnah, wo der Packstoff vierfach liegt. Bei einer Hitzeanwendung wird daher das Material unterschiedlich beansprucht, was zu Löchern in den einfachen Lagen führen kann. Des öfteren wird bei der Hitzebeanspruchung der Folie das Material zwischen Siegelnaht und Packung derart geschwächt, das kleine Löcher entstehen, wenn Zugkräfte auftreten.

Faltschachteln sind häufig offenkundig undicht, da die Laschen nicht bündig verklebt sind und insbesondere an den 8 Ecken offene Stellen verbleiben, durch welche die Mottenlarven einwandern können. Die zuerst eingeklappten, gegenüberliegenden Laschen dürfen nicht aufeinander liegen, weil in diesem Fall die dritte Lasche lediglich mit der oberen verklebt wird. Der Klebstoff überbrückt sehr selten die Materialstärke der zweiten Lasche, um einen bündigen Abschluß mit der untersten Lasche zu erzeugen. Bei Zuklappen und Verkleben der vierten Lasche ergibt sich ein ähnliches Problem. Die Klebung muß zusätzlich mit der zweiten Lasche oder den ersten beiden Laschen erfolgen, wobei eine gesamte Materialstärke mit Kleber überbrückt werden muß. Meist reicht hierzu auch der Gegendruck der bereits eingeklappten Laschen nicht aus. Vereinzelt wurde deshalb mit einer dünnen Metallzunge gearbeitet, die anschließend vor der letzten Verklebung wieder entfernt wurde. Bei Verschlüssen von Faltschachteln laufen die Leimstreifen an den Laschen aus produktionstechnischen Gründen meist parallel zur Lasche. Günstiger wäre ein Querauftrag, der eine Barriere gegen die eindringenden Eilarven bilden würde. Durch Verquetschen des Leimstriches oder der Leimraupen würden auch die besonders kritischen Randbereiche der Lasche besser mit der Packung bzw. den anderen Laschen verklebt (vgl. auch PARKER 1913, CURRAN 1976). Die Laschen der Verschlüsse von Faltschachteln (in Draufsicht auf die

geöffnete Schachtel gezeichnet) sollten nicht trapezförmig (b), sondern möglichst rechteckig (a) geschnitten sein, um möglichst dicht an den Seitenwänden der Schachtel anzuliegen.



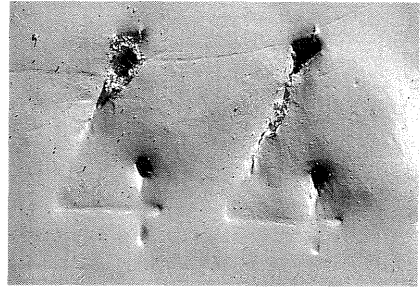
In Skizze c) ist abgebildet, wie eine Kompromißlösung aussieht, die dennoch zur intensiveren Abdichtung der besonders gefährdeten Eckbereiche beiträgt. Eine Weiterführung dieser Ideen besteht in der etwas aufwendigen Materialschwächung der Laschen in den Bereichen, die später beim Falten aufeinanderliegen. Dies wird z. B. durch gezieltes, unterschiedlich starkes Zusammenpressen der Laschenpappe erreicht. Hierdurch wird einer der Schwachpunkte der Verschlüssen weitgehend beseitigt, indem die Laschen beim Falten bausteinartig ineinander gefügt werden und nach dem Faltvorgang nicht zwei Materialstärken übereinander liegen sondern im Extremfall nur eine! Die Problematik der Überbrückung von materialstarken Hohlräumen durch den Kleber entfällt dadurch weitgehend.

Faltschachteln sind auch durch zusätzlich im Bereich der oberen Einfüllöffnung angebrachte Manschetten aus Papier für eine bessere und insekten-dichtere Verklebung vorbereitet worden. Häufig ist Staubdichtigkeit ein angestrebtes Ziel, wenn es sich um rieselfähige Güter wie Mehl handelt. Dann kann der früher übliche Innenbeutel eingespart werden. Der Innenbeutel verhindert darüber hinaus nicht, daß Larven dennoch durch die äußere Faltschachtel wandern, sich zwischen Innenbeutel und Schachtel verpuppen und zu Reklamationen führen.

Bei Papierbeuteln wurden in den vergangenen Jahren große Fortschritte bei der Realisierung insekten-dichter Verschlüsse erzielt. Gemeinsame Anstrengungen von Mitgliedern des Verpackungsausschusses der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für Vorratsschutz und des Münchener Fraunhoferinstitutes für Verpackung ergaben in einigen Ansätzen durch Modifikationen im Bodenbe-

reich von Blockbodenbeuteln sowie auch bei den oberen Verschlüssen vollständig insektendichte Beutel.

Diese fielen selbst beim harten Test des Berliner Institutes durch ihre Widerstandsfähigkeit auf. Die gute Kooperation mit den vielen Firmen der Branche einschließlich Klebstoff- und Maschinenherstellern, Abpackern, Süßwarenproduzenten und Tierfutterwerken, Packmittelproduzenten, Biologen und Chemikern muß an dieser Stelle deutlich und dankend hervorgehoben werden, ohne die ein solcher Erfolg nicht zu erreichen gewesen sein würde. Einsatz eines zusätzlichen Dichtpapiers in den Blockbodenbeutel und verbesserte Klebetechnik beim oberen Rollverschluß führten schließlich zum Ziel. Durch Auswahl von Papier- oder Monofolien kann die Entsorgung der Packstoffe erleichtert werden.



**Abbildung 2:** Fraßstellen von vorratsschädlichen Insekten an einer Kekspackung im Bereich eines Datum-Prägestempels

Das Packmaterial kann beschädigt werden, wenn Produktionsdaten und ähnliches durch Prägung angebracht werden, weil dadurch trotz guter Verschlusstechnik die Packung wieder für die Mottenlarven geöffnet wird (Abbildung 2).

Am Institut für Vorratsschutz zur Zeit laufende Untersuchungen im Rahmen eines vom Arbeitskreis Industrielle Forschung (AIF) geförderten Forschungsvorhabens zeigen, daß durch geeignete Wahl der Materialien in Verbindung mit optimaler Einstellung der automatischen Abpackmaschinen für eine Reihe von Packungstypen, insbesondere Beutel, weitgehende Insektendichtigkeit erreicht werden kann (WUDTKE et al. 1993; HENNLICH u.a. 1995). Wieweit die erforderliche hohe maschinentechnische Präzision in der täglichen Produktion des Betriebes mit hohen Taktzahlen (STOCK 1997) eingehalten werden kann, muß die Praxis zeigen.

#### 4. Anwendung chemischer Substanzen zum Schutz verpackter Fertigprodukte

Da die unter Punkt 3 aufgestellten Forderungen in der Massenherstellung von Packungen zum Teil nur schwer zu verwirklichen sind, liegt es nahe, zusätzlich chemische Substanzen zum Schutz vor Schädlingsbefall einzusetzen.

Die Behandlung des Verpackungsmaterials mit synthetischen Insektiziden verbietet sich jedoch wegen der Gefahr der Kontamination der Ware oder des Verbrauchers, z. B. beim Öffnen der Packung. Auch wäre es kaum zu verantworten, alle Packungen insektizid zu behandeln, nur um den Befall in einem sehr geringen Prozentsatz zu verhindern (GILLENWATER et al. 1971, HAREIN et al. 1971).

Aussichtsreicher erscheint die Behandlung des Verpackungsmaterials mit lebensmittelverträgliche Substanzen, die eine abschreckende - repellierende - Wirkung auf die Motten haben, so daß sie davon abgehalten werden, ihre Eier an derartig geschützte Packungen zu legen (LOSCHIAVO 1970, GILLENWATER et al. 1971, Khan 1981, 1982b, 1983a und d, MCGOVERN 1979, NOACK und SCHMIDT 1981). Es sind auch eine ganze Reihe von - für den Menschen geruchlose - Substanzen bekannt,



die Motten mehr oder weniger stark abschrecken (KHAN 1983 c). Um abschreckend zu wirken, müssen solche Substanzen aber einen relativ hohen Dampfdruck haben, wodurch ihre Wirkungsdauer wiederum derart beschränkt ist, daß sie für den Verpackungsschutz ohne weitere technische Kniffe nur bedingt in Frage kommen dürften. Neue Entwicklungen beschäftigen sich mit der Formulierung von repellierenden Substanzen und Klebstoffen, um ein langsames Abgeben im Bereich der Verschlüsse zu erreichen. Eine hilfreiche Technik besteht in der Mikroverkapselung der geruchsaktiven Substanzen. Der eingeschlossene Wirkstoff wird je nach Formulierung vorherbestimmbar langsam und stetig durch Kunststoffmembranen abgegeben. Auch die Wirksamkeitsdauer kann demnach eingestellt werden. Durch Anwendung der formulierten Mikrokapseln und geeignetem Klebstoff würde insbesondere an den für die Insekteninvasion in Frage kommenden Stellen der Packungen im Bereich der Verschlusflaschen das Eindringen der Larven und Käfer verhindert. Die Auswahl der geeigneten chemischen Substanzen beschränkt sich zur Zeit weitgehend auf Inhaltsstoffe von Pflanzen (z. B. OBENG-OFORI und REICHMUTH 1997) und solche Chemikalien, die für die Behandlung und als Zusatz von Lebensmitteln bereits gelistet sind. Einige flüchtige Substanzen, wie z. B. Inhaltsstoffe von Zitrusfrüchten, Citral und Citronellal, Zimtöl, Kokosöl etc., scheinen für solche Anwendungen geeignet zu sein. Die Verkapselung solcher Substanzen bietet eine Möglichkeit, trotz ihrer Flüchtigkeit länger dauernde Wirkung zu erzeugen und wird zusammen mit dem Fraunhoferinstitut in Teltow erforscht.

Eine weitere Anwendung chemischer Substanzen bis hin zu synthetischen repellierenden Stoffen besteht darin, imprägnierte Dispenser in der Nähe gefährdeter Packungen in Regalen auszubringen, so daß eine "Wolke" abweisender chemischer Dämpfe entsteht, welche die Motten am Zuflug hindert. Diese "St. Florian"-Methode schützt selbstverständlich nur die behandelten Bereiche und wird eventuell dazu führen, daß andere Packungen um so intensiver befallen werden. Insofern muß diese Methode abgestützt werden durch Fallenfänge auf Pheromonfallen oder andere Lockstofffallen, um die Befallsdichte zu vermindern. Wie bereits erwähnt, stellt der Verpackungsschutz ohnedies einen Teilbaustein innerhalb des Systems des integrierten Vorratsschutzes dar (REICHMUTH 1996; SCHÖLLER et al. 1997).

## **5. Einsatz biologischer Gegenspieler zum Schutz von verpackten Lebensmitteln gegen Insektenbefall**

Die Eier vorratsschädlicher Motten werden durch eine Reihe biologischer Gegenspieler angegriffen, die sich in ihnen entwickeln. Hierzu zählen insbesondere Wespen aus der Familie *Trichogramma*. *Trichogramma evanescens* wurde als geeigneter Parasitoid untersucht (PROZELL et al. 1995). In Versuchen wurde nachgewiesen, daß an Lebensmittelpackungen abgelegte Eier der Dörrobstmotte *Plodia interpunctella* erfolgreich parasitiert wurden. Die Packungen wurden in Versuchsräumen auf Regalen ausgelegt und die Wespen aus Eikärtchen mit parasitierten Eiern der Getreidemotte *Sitotroga cerealella* freigesetzt. Selbst bei Licht war die Lauf- und Parasitierungsleistung der eingesetzten Wespen erstaunlich hoch. Inzwischen wird diese Technik in Berlin in einigen Naturkostläden mit Erfolg eingesetzt, wo sich die Anwendung von Kontaktinsektiziden gegen Vorratsschädlinge verbietet. Gerade dort ist der Befallsdruck besonders groß, weil zur Befallsbekämpfung nur auf gering wirksa-

me natürliche Mittel zurückgegriffen werden kann. CLINE et al. (1984) berichten über die Mottenlarven-parasitierende Wespe *Bracon hebetor* als möglichen Gegenspieler der vorratsschädlichen Zünsler. Eine illustrierte Übersicht über biologische Gegenspieler im Vorratsschutz von Getreide gibt REICHMUTH (1997).

## 6. Test von Packungen auf Mottendichtigkeit

Vom Institut für Vorratsschutz wurden in den vergangenen Jahrzehnten eine Vielzahl verschiedener Packungen der Lebens- und Futtermittelindustrie auf ihre Mottendichtigkeit getestet. Im Testverfahren wird in einem klimatisierten Raum eine größere Anzahl (ca. 100 Tiere) Motten in der Umgebung von etwa 10 z.T. aufrecht gelegten Testpackungen in einer großen Kunststoffschale (100 l) freigesetzt, woraufhin die Schale mit den Packungen und Motten insektendicht verschlossen wird. Nach ca. 6 Wochen werden die Packungen auf Befall mit großen Mottenlarven geprüft. Die Packungen werden in einigen Versuchen nach vorsichtigem Anschnitt außerhalb des Bereichs der Verklebungen der Verpackung entleert, mit Standardsubstrat wie z. B. Haferflocken gefüllt und wieder insektendicht verklebt. Aus den Anzahlen der Tiere in der Packung läßt sich auf die Dichtigkeit zurück schließen. Im ersten Versuchsschritt - dem Wahlversuch - werden den Motten die als wenig mottendicht bekannte bisherige Verpackung in Konkurrenz mit dem neu entwickelten Packungstyp zur Eiablage angeboten. Wenn sich bei der Befallskontrolle der neue Verpackungstyp als deutlich geringer oder eventuell gar nicht befallen erweist, wird in einem zweiten Versuchsschritt - dem Zwangsversuch - ausschließlich dieser Verpackungstyp in gleicher Weise getestet. Die Motten haben in diesem Versuch nicht die Möglichkeit der Wahl des weniger insektendichten Verpackungstyps.

Zur Orientierung wird mit alkoholischer Rhodaminlösung, die in eine mittig durchgeschnittene Verpackung gegossen wird, ebenfalls auf Undichtigkeiten kontrolliert, durch welche die rote Lösung sofort ausläuft.

Zellophan- und ähnliche Kunststoffpackungen und Tüten lassen sich durch Zusammendrücken unter Wasser auf Dichtigkeit untersuchen.

Mit einem Druckabfalltest nach Beaufschlagung mit etwas Überdruck kann ebenfalls auf kleine Löcher in den Packungen getestet werden.

## 7. Schlußfolgerungen

Auch wenn es in Großserien von Verpackungen nur schwer möglich sein sollte, eine zuverlässig mottendichte Packung herzustellen, so lohnt es sich doch, sich diesem Ziel möglichst weitgehend zu nähern. Besonders in Einzelhandelsgeschäften, wo erfahrungsgemäß Dörrobstmotten und andere vorratsschädliche Falter auftreten, stehen verschiedene, mehr oder weniger mottendicht verpackte Produkte nahe beieinander. Im Sinne des unter Punkt 6 erwähnten "Wahlversuches" werden die Motten vorzugsweise die weniger mottendichten Packungen mit Eiern belegen. Ein Vorsprung in der Verpackungstechnik wirkt sich so gegenüber dem Mitbewerber, soweit es Kundenreklamationen wegen Schädlingsbefalles betrifft, günstiger aus.

## 8. Literatur

- BATTH, S. (1970): Insect penetration of aluminium-foil packages. *Journal of Economic Entomology* **63**, 653-655.
- BECKER, G.; v. SEYDLITZ-KURZBACH, E. (1972): Widerstandsfähigkeit von Kunststoff-Folien gegen Termiten, Schaben und Heimchen. *Material und Organismen* **7**, 161-176.
- BOMMER, H.; REICHMUTH, CH. (1980): Pheromone der vorratsschädlichen Motten (Phycitinae, speziell Mehlmotte *Ephesia kühniella* ZELLER) in der biologischen Schädlingsbekämpfung. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Berlin-Dahlem **198**, 117 S.
- CLINE, L. D. (1978): Penetration of seven common flexible packaging materials by larvae and adults of eleven species of stored-product insects. *Journal of Economic Entomology* **71**, 726-729.
- CLINE, L. D.; PRESS, J. W.; FLAHERTY, B. R. (1984): Preventing the spread of the almond moth (Lepidoptera: Pyralidae) from infested food debris to adjacent uninfested packages, using the parasite *Bracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae). *Journal of Economic Entomology* **77**, 331-333.
- COLLINS, H. E. (1961): Modern packaging can reduce insect infestation. *Zucker- und Süßwarenwirtschaft* **19**, 424-426.
- COLLINS, H. E. (1963): Some tips for pest controllers on how food packaging affects insect invasion. *Pest Control* **31**, 26-29.
- CURRAN, T. D. (1976): Seal quality measurement. *Modern Packaging* **49**, 30-34.
- DAL MONTE, G. (1968): Resistance to insect penetration of plastic film wrapping dry stored products, especially food pastes. EPPO (European Mediterranean Plant Protection Organization)-Publication, Ser. A, 46-E, 83-85.
- DAVEY, P. M.; AMOS, T. G. (1961): Testing of paper and other sack materials for penetration by insects which infest stored products. *Journal of Science and Food Agriculture* **12**, 177-178.
- EDWARDS, D. G. (1955): Some factors affecting the laboratory testing of packages for resistance to boring insects. *TAPPI* **38**, 341-347.
- EGGERT, J.; HOPFF, H. (1959): Über den Angriff von Polystyrol durch Insektenlarven. *Kunststoffe* **49**, 323.
- ESSIG, F. O.; HOSKINS, W. M.; LINSLEY, E. G.; MICHELbacher, A. E. and SMITH, R. F. (1943): A report on the penetration of packaging materials by insects. *Journal of Economic Entomology* **36**, 822-829.
- GERHARDT, P. D.; LINDGREN, D. L. (1954): Penetration of various packaging films by common stored-product insects. *Journal of Economic Entomology* **47**, 282-287.
- GERHARDT, P. D.; LINDGREN, D. L. (1955a): Insect penetration of films. *Modern Packaging* **28**, 216-219.
- GERHARDT, P. D.; LINDGREN, D. L. (1955b): Penetration of additional packaging films by common stored-product insects *Journal of Economic Entomology* **48**, 108-109.
- GILLENWATER, H. B.; HAREIN, P. K.; LOY, E. W. JR.; THOMPSON, J. F.; LAUDANI, H.; EASON, G. (1971): Dichlorvos applied as a vapor in a warehouse containing packaged foods. *Journal of stored Products Research* **7**, 45-56.
- GILLENWATER, H. B.; McGOVERN, T. P.; McDONALD, L. L. (1981): Repellents for adult *Tribolium castaneum*: Alkynyl Mandelates. *Journal Georgia Entomological Society* **16**, 106-112.
- GRAY, H. E. (1952): Packaging of cereals, and some chemical treatments, to increase resistance to penetration by insects. *American Association of Cereal Chemists Transactions* **10**, 9 p.
- GROVES, M. C. (1972): Pest infestation of flexible package. *Australian Packaging* **20**, 21.

- HAREIN, P. K.; GILLENWATER, H. B.; EASON, G. (1971): Dichlorvos space treatment for protection of packaged flour against insect infestation. *Journal stored Products Research* **7**, 57-62.
- HEISS, R.; WACHSMANN, F. (1968): Über die wichtigsten Probleme, die zur Zeit auf dem Gebiet der Lebensmittelverpackung in Europa vorliegen. *Verbraucherdienst* **13**, 87-90.
- HENNLICH, W. (1992): Die insektendichte Lebensmittelverpackung: Ansprüche, Realisierungsmöglichkeiten, Zukunftsperspektiven. *Getreide, Mehl und Brot* **46**, 250-254.
- HENNLICH, W.; WUDTKE, A.; SIEBRASSE, K.; SIEBRASSE, V.; LENZ, J.; NEUBECKER, K. I. (1995): *Lebensmittelschutz - Entwicklung und Optimierung insektendichter Faltschachteln und Beutel*. *Verpackungs-Rundschau* **46**, 51-54.
- HIGHLAND, H. A. (1976): Materials constructions and treatments for protecting packages from deterioration by insects. *Proceedings of an International Congress on Biodegradation*, Kingston, 1975, 273-278.
- HIGHLAND, H. A.; JAY, E. G. (1965): An insect resistant film. *Modern Packaging* **38**, 205-206, 282.
- HIGHLAND, H. E.; METS, C. E. (1970): A bibliography of insect resistant packaging 1913-1969. *USDA, Agr. Res. Serv., ARS 51-36*, 16 pp.
- KHAN, M. A. (1981): Repellents gegen vorratsschädliche Insekten. *Anzeiger für Schädlingskunde, Pflanzenschutz und Umweltschutz* **54**, 70-77.
- KHAN, M. A. (1982a): Die Widerstandsfähigkeit von Mono- und Verbundfolien gegen Vorratsschädlinge. *Zeitschrift für angewandte Entomologie* **94**, 127-133.
- KHAN, M. A. (1982b): Repellency of chemical compounds to stored product insect pests - A review of literature. *Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Berlin-Dahlem* **206**, 33 Seiten.
- KHAN, M. A. (1983a): Further investigations on repellency of chemical compounds to stored product insect pests. *Zeitschrift für angewandte Zoologie* **70**, 369-381.
- KHAN, M. A. (1983b): Invasion von Vorratsschädlingen durch Verschlüsse. *Anzeiger für Schädlingskunde, Pflanzenschutz und Umweltschutz* **56**, 91-94.
- KHAN, M. A. (1983c): Untersuchungen über die Invasion von Eilarven von vorratsschädlichen Insekten durch verschieden große Poren des Verpackungsmaterials. *Anzeiger für Schädlingskunde, Pflanzenschutz und Umweltschutz* **56**, 65-67.
- KHAN, M. A. (1983d): Wirksamkeit von Insektiziden und Repellents gegen Vorratsschädlinge. *Anzeiger für Schädlingskunde, Pflanzenschutz und Umweltschutz* **56**, 25-29.
- KUNIKE, G. (1941): Untersuchungen über den Schutz von Verpackungsmaterial gegen das Eindringen von Vorratsschädlingen. *Mitteilungen der Biologischen Reichsanstalt* **65**, 42-44.
- KUNIKE, G. (1942): Der Schutz von Verpackungsmaterial gegen das Einringen von Vorratsschädlingen. *Forschungsdienst* **13**, 179-181.
- KVENBERG, J. E. (1975): Invasion and penetration of consumer packages in short-term storage by stored-product insects. *Proceedings of the 1<sup>st</sup> International Working Conference on Stored Product Entomology*, Savannah, Ga. **1**, 627-634.
- LOSCHIAVO, S. R. (1970): 4-(3, 3-dimethyl-1-triazeno) acetanilide to protect packaged cereals against stored products insects. *Food Technology* **24**, 181-185.
- LOWIG, E.; BROCKMANN K. (1957): Beitrag zur Frage der Insektenfestigkeit von Aluminiumfolien und Aluminium-Kunststoff-Verbundfolien. *Aluminium* **33**, 649-654.
- McGOVERN, P. T.; GILLENWATER, B. H.; McDONALD, L. L. (1979): Repellents for adult *Tribolium confusum*: Amides of three heterocyclic amides. *Journal Georgia Entomological Society* **14**, 166-174.
- NEW, J. H. (1977): Verpackung und Schädlingsbekämpfung. *Verpackungs Rundschau* **6**, 803-808.
- NEW, J. H.; REES, D. P. (1988): Laboratory studies on vacuum and inert gas packing for control of stored-product insects in foodstuffs. *Journal of Science and Food Agriculture* **43**, 235-244.

- NOACK, S. (1982): Widerstandsfähigkeit von Kunststoffolien gegenüber *Tribolium confusum* nach mechanischer Beanspruchung in einem Knittergerät. Anzeiger für Schädlingskunde, Pflanzenschutz und Umweltschutz **55**, 19-23.
- NOACK, S. (1983): Untersuchung der mechanischen Widerstandsfähigkeit verschiedener Pappen- und Kartonarten gegenüber Vorratsschädlingen. Verpackungs-Rundschau **34**, 52-54.
- NOACK, S.; SCHMIDT, H.-U. (1981): Untersuchungen über die Wirkung von Repellents und Insektiziden zur Imprägnierung von Packstoffen zum Schutz gegen Vorratsschädlinge. Zeitschrift für angewandte Entomologie **92**, 202-212.
- OBENG-OFORI, D.; REICHMUTH, CH. (1997): Bioactivity of eugenol, a major component of essential oil of *Ocimum suave* (WILD.) against four species of stored-product Coleoptera. International Journal of Pest Management **43**, 89-94.
- PARKER, W. B. (1913): A sealed paper carton to protect cereals from insect attack. USDA, Bull. **15**, 8 pp.
- PROCTOR, B. E.; LOCKHART, E. E.; GOLDBLITH, S. A.; GRUNDY, A. V.; TRIPP, G. E.; KAREL, M.; BROGLE, R. C. (1954): The use of ionizing radiations in the eradication of insects in packaged military rations. Food Technology **8**, 536-540.
- PROZELL, S.; WIEDENMANN, G.; WOHLGEMUTH, R.; HASSAN, S. A. (1995): Untersuchungen zum Verhalten des Eiparasitoiden *Trichogramma evanescens* WESTW. (Hym.: Trichogrammatidae) unter Berücksichtigung eines möglichen Einsatzes im Vorratsschutz gegen *Plodia interpunctella* (Lep.: Pyralidae). Mitteilung der Deutschen Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie **9**, 507-510.
- RAO, K. M.; JACOB, S. A.; MOHAN, M. S. (1972): Resistance of flexible packaging materials to some important pests of stored products. Indian Journal of Entomology **34**, 94-101.
- RASSMANN, W. (1985): Die Bekämpfung von Vorratsschädlingen im Backbetrieb. Brot & Backwaren **33** (6), 148-150.
- RAUSCHERT, M. (1955): Ergebnisse von Tropenbeständigkeitsprüfungen mit Kunststoffen im Amazonasgebiet. Kunststoffe **45**, 407-408.
- REICHMUTH, CH. (1996): Stored product protection with alternative methods. Proceedings of an International Forum "Stored Product Protection and Post-harvest Treatment of Plant Products", Strasbourg (France), 7. - 8. November 1995, 131-137.
- REICHMUTH, CH.; SCHMIDT, H.-U.; LEVINSON, A. R.; LEVINSON, H. Z. (1980): Das jahreszeitliche Auftreten von Speichermotten (*Ephestia elutella* HBN.) in Berliner Getreideschüttbodenlagern sowie der zeitentsprechende Einsatz von Bekämpfungsmaßnahmen. Zeitschrift für angewandte Entomologie **89**, 104-111.
- REICHMUTH, CH.; UNGER, A.; UNGER, W. (1994): Bekämpfungsmaßnahmen mit Stickstoff oder Kohlendioxid. Der praktische Schädlingsbekämpfer **46**, 81-87.
- REICHMUTH, CH. Unter Mitarbeit von M. SCHÖLLER und CH. ULRICHS (1997): Vorratsschädlinge im Getreide. Aussehen Biologie Schadbild Bekämpfung. Verlag Th. Mann, Gelsenkirchen, ISBN 3-7862-0103 X, 119 Seiten.
- ROMMEL, CH.; unter Mitarbeit von REICHMUTH, CH.; HENNLICH, W. (1995): Mottenfraß ist kein Spaß - Über die wachsende Bedeutung, dem Bedarf und Interesse an insektensicheren Verpackungen gab ein Symposium in Berlin Aufschluß. Verpackungs-Rundschau **46**, 12-14.
- SCHLHORN, M. (1956): Verpackungen aus Papier, Karton, Folien und Geweben als Schutz für Nahrungsmittel vor Insekten. Verpackungs-Rundschau **7**, 5-9.
- SCHMIDT, H.-U. (1979a): Die mechanische Widerstandsfähigkeit von Packstoffen (Folien) gegen den Getreidekapuziner (*Rhizopertha dominica* F.), den Brotkäfer (*Stegobium paniceum* L.), den Rotbraunen Reismehlkäfer (*Tribolium castaneum* HBST.) und die Larven der Dörrobstmotte (*Plodia interpunctella* HBN.). Material und Organismen **14**, 241 -258.
- SCHMIDT, H.-U. (1979b): Vergleichende Untersuchung über Methoden zur Prüfung der mechanischen Widerstandsfähigkeit von Packstoffen gegen Insektenfraß. Verpackungs-Rundschau **30**, 53-57.

- SCHMIDT, H.-U. (1979c): Verpackung und Vorratsschutz - zur Widerstandsfähigkeit von Fertigpackungen und Packstoffe gegen Vorratsschädlinge. *Süßwaren* **23**, 34-40.
- SCHMIDT, H.-U. (1980): Verpackung bzw. Packstoffe und Insekten, insbesondere Vorratsschädlinge. *Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Berlin-Dahlem* **195**, 109 Seiten.
- SCHMIDT, H.-U. (1981a): Verpackungsschutz gegen Vorratsschädlinge. *Neue Verpackung* **34**, 1598-1609.
- SCHMIDT, H.-U. (1981b): Zur mechanischen Widerstandsfähigkeit von Verbundfolien aus Aluminium, Cellulosehydrat, Polyethylen, Polyamid, Polyester und Polypropylen gegen Insektenfraß. *Neue Verpackung* **34**, 1760-1762.
- SCHMIDT, H.-U.; BAUDER, U. (1980): Insektensicheres Verpacken - Untersuchungen über die Widerstandsfähigkeit von Verbundfolien aus Polyäthylen, Polyvinylidenchlorid, Polyester, Aluminium und Papier gegen vier vorratsschädliche Insektenarten. *Gordian* **83**, 70-77.
- SCHMIDT, H.-U.; ÖZEL, M. (1979): Rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen an von Vorratsschädlingen angegriffenen Verpackungsfolien aus synthetischen Kunststoffen und abgewandelten Naturstoffen. *Anzeiger für Schädlingskunde, Pflanzenschutz und Umweltschutz* **52**, 184-189.
- SCHÖLLER, M.; PROZELL, S.; AL-KIRSHI, A.-G.; REICHMUTH, CH. (1997): Towards biological control as a major component of integrated pest management in stored product protection. *Journal of stored Products Research* **33**, 81-97.
- SCREENATHAN, V. R. (1961): Insect versus packaging. *Food Science* **10**, 94-95.
- SCREENATHAN, V. R.; IYENGAR, N. V. F.; NARASIMHAN, K. S.; MAJUMDER, S. K. (1960): Studies on the insect resistance of packaging material - cellulose and polyethylene film. *Food Science* **9**, 199-202.
- SNYDER, T. E. (1955): Termite attack on plastics and fabrics. *Pest Control* **23**, 48-56.
- SOLOMON, M. E. (1959): Pests in packaging. Weight loss from infestation. *Food* **28**: 43-45, 52.
- STOCK, S. (Unter Mitarbeit von WUDTKE, A.) (1997): Insektensicheres Verpacken. *Creativ Verpacken*, Heft 3, 6-11.
- SCHMIDT, H.-U. (1979): Prüfung der mechanischen Widerstandsfähigkeit von Packstoffen (Folien, Papieren) gegen Insektenfraß. *Verpackungs-Rundschau* **30**, Technisch-Wissenschaftliche Beilage, 66-68.
- Unter Mitarbeit von WOHLGEMUTH, R.; HENNLICH, W. (1985): Merkblatt 49: Prüfung der mechanischen Widerstandsfähigkeit geknickter Packstoffe (Karton/Pappe) gegen Insektenfraß. *Verpackungs-Rundschau* **36**, Technisch-wissenschaftliche Beilage, 26-28.
- WEIDNER, H. (1962): Die Bedeutung der Verpackung im Vorratsschutz gegen Insekten. *Süßwaren* **6**, 1074-1087.
- WHALLEY, P. E. S. (1965): Damage to polyethylene by aquatic moths. *Nature (London)* **207** (1992), 104.
- WOHLGEMUTH, R. (1979): Protection of stored foodstuffs against insect infestation by packaging. *Chemistry and Industrie* (5), 330-332.
- WOHLGEMUTH, R. (1986): Die insektendichte und insektenabstoßende Verpackung aus der Sicht der Entomologie. *Verpackungs-Rundschau* **37**, 26-30.
- WOHLGEMUTH, R. (1991): Bekämpfung vorratsschädlicher Insekten in der Süßwarenindustrie. *Süßwaren* **35**, 306-308.
- WOHLGEMUTH, R. (1992): Beziehungen zwischen dem Vorkommen vorratsschädlicher Mottenarten im Umfeld eines Süßwarenbetriebes und den Produktreklamationen. *Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie (Vorträge auf der Entomologentagung in Wien vom 2. - 6. April 1991)* **8**, 243-244.

- WOHLGEMUTH, R. (1993a): Motten im Süßwarenbetrieb: Der Vertriebsweg ist eine Gefahrenquelle. Der praktische Schädlingsbekämpfer **45**, 198-199.
- WOHLGEMUTH, R. (1993b): Schädlinge am Befallsherd bekämpfen. Der praktische Schädlingsbekämpfer **45**, 12-15.
- WOHLGEMUTH, R.; REICHMUTH, CH.; ROTHERT, H.; BODE, E. (1987): Auftreten vorratsschädlicher Motten der Gattung *Ephesia* und *Plodia* außerhalb von Lagern und lebensmittelverarbeitenden Betrieben in Deutschland. Anzeiger für Schädlingskunde, Pflanzenschutz und Umweltschutz **60**, 44-51.
- WUDTKE, A.; RASSMANN, W.; REICHMUTH, CH.; HENNLICH, W. (1993): Insektenbefall von Lebensmittelverpackungen: Untersuchungen marktgängiger Verpackungen für Lebensmittel auf Widerstandsfähigkeit gegen Insekteninvasion. Neue Verpackung **46**, 84-89.
- YERINGTON, A.P. (1975): Insect resistance of polypropylene pouches. Moderne Packaging **48**, 41-42.
- ZACHER, F. (1928a): Der Schutzwert der Verpackung gegen Schädlingsbefall. Gordian (804); Verpackung **3** (15).
- ZACHER, F. (1928b): Versuche über den Einfluß der Verpackung auf das Auftreten von Schädlingen in Lebensmitteln. Mitteilungen der Gesellschaft für Vorratsschutz **4**, 2-5, 20.
- ZACHER, F. (1961): Vorratsschutz und Verpackung. Zucker- und Süßwarenwirtschaft Hamburg, 6.