

Zeitschrift: Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene = Travaux de chimie alimentaire et d'hygiène

Herausgeber: Bundesamt für Gesundheit

Band: 83 (1992)

Heft: 6

Artikel: Methoden der modernen Schädlingsbekämpfung im Vorratsschutz =
Methods of modern pest control in stored-product protection

Autor: Stein, W.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-982277>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 02.02.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

W. Stein, Institut für Phytopathologie und Angewandte Zoologie, Fachgebiet Vorratsschutz, Universität Giessen

Methoden der modernen Schädlingsbekämpfung im Vorratsschutz

Methods of Modern Pest Control in Stored-Product Protection

Einleitung

Schädlinge sind Konkurrenten des Menschen um das Requisite Nahrung. Konkurrenz aber ruft Reaktion hervor, und so kann man es dem Menschen nicht verdenken, dass er sich zur Wehr setzt und Schädlinge ausschalten will.

Wenn er sie bekämpft – und das ist Gegenstand der vorliegenden Arbeit –, so hat er allerdings die erste Runde schon verloren: der Schädling hat das Nahrungsgut schon befallen. Der Mensch hingegen wäre erfolgreich gewesen, wenn er durch vorbeugende Abwehrmassnahmen eine Ansiedlung der Schädlinge hätte vermeiden können.

Bei der nun aber durchzuführenden Bekämpfung der anwesenden Schädlinge ist deren Gegenspieler, eben der Mensch, in seinen Möglichkeiten von vornherein eingeschränkt: seine Methoden dürfen nicht das zu schützende Lebensmittel so verändern, dass es ungeniessbar oder unverwertbar wird, sie müssen wirtschaftlich und technisch durchführbar sein, sie dürfen keine Gefahr für die Umgebung darstellen, müssen aber andererseits gegenüber dem Schädling voll wirksam sein.

Denn das ist eine Grundforderung bei Nahrungsgütern, welche unter Bedingungen lagern, die für den Schädling meist günstig sind. Schadensschwellen, wie im Pflanzenschutz, gibt es nicht. Auch die geringste Populationsdichte des Schädlings muss vernichtet werden, weil sonst jederzeit die Gefahr einer Massenvermehrung besteht (1).

Warum Bekämpfung von Schädlingen?

Die Gründe, weswegen Schädlinge und Ungezieferarten nicht in Lebensmitteln oder auch nur in Lebensmittelbetrieben vorkommen dürfen, sind mannigfaltiger Art. Die wichtigsten seien kurz angeführt:

- Vernichtung von Lebensmitteln durch Frass: Schädlinge sind somit Konkurrenten des Menschen.
- Veränderung der Qualität der Lebensmittel, betrifft z. B. Inhaltsstoffe, Geruch, Geschmack, Aussehen, Keimfähigkeit.
- Verschmutzung durch Exkrememente, Spinnfäden, Häutungsreste, tote Tiere, Nagetierhaare.
- Gesundheitsschäden durch anwesende Schädlinge und ihre Ausscheidungsprodukte.
- Übertragung von Krankheitserregern, fett-, kohlenhydrat- und eiweisszersetzenden Mikroorganismen.
- Folgeschäden durch Ansiedlung weiterer Organismen, Verluste durch Beschädigung von Verpackung.
- innerbetriebliche Störungen, z. B. durch Verstopfen von Transportsystemen in Mühlen durch Spinnfäden, Zerfressen von Siebgaze.
- Verluste durch Rufschädigung.

Befallene Ware ist allgemein nicht mehr verkaufsfähig oder kann sogar aufgrund gesetzlicher Regelungen nicht mehr als Lebensmittel in den Handel gebracht werden. Jeder Lebensmittelhersteller oder -vertreiber muss deshalb darauf bedacht sein, schädlingsfreie Ware herzustellen, zu lagern oder zu verkaufen und einen ungezieferfreien Betrieb zu haben. Massnahmen gegen Schädlinge sind deshalb unerlässlich.

Nachteile von Bekämpfungskaktionen

Sind vorbeugende Massnahmen nicht durchgeführt worden oder haben sie versagt, weil es einem Schädling trotzdem gelungen ist, ein Nahrungsgut zu befallen, sind Bekämpfungsmassnahmen unvermeidbar, will man eine weitere Vernichtung von Lebensmitteln und eine weitere Ausbreitung der Schädlinge im Lager vermeiden.

Aber jede Bekämpfungskaktion, auch wenn sie noch so erfolgreich ist, bringt Nachteile und Probleme für den Anwender mit sich. Je nach Verfahren sind sie mehr oder weniger gravierend. Einige seien aufgezählt:

- Abgetötete Schädlinge verbleiben oft im behandelten Gut.
Die Folge ist eventuell – sofern vom Gut her überhaupt möglich – ein zusätzlicher Reinigungsprozess. Andernfalls wird die Qualität des Lebensmittels herabgesetzt oder seine Eignung für den Menschen ist überhaupt gänzlich verloren gegangen. Finanzielle Einbussen sind die Folge.
- Die Wirkung einer Bekämpfung ist nicht immer vorhersehbar.
Viele Faktoren können die Wirksamkeit eines Bekämpfungsverfahrens beeinflussen: das zu behandelnde Gut, die Aussenbedingungen, der Schädling, die Methode selbst, die Sorgfältigkeit der Durchführung. Eine Erfolgskontrolle ist deshalb unbedingt erforderlich, weil sich sonst eventuell überlebende Schädlinge in kurzer Zeit wieder vermehren können oder sich im Lager ausbreiten.

- Veränderungen des behandelten Lebensmittels sind möglich. Jedes Bekämpfungsverfahren ist ein Fremdeingriff in die normale Lagerung eines Produktes. Veränderungen des Gutes sind daher nie ganz auszuschliessen. Sie können die Struktur, das Aussehen oder auch – viel schwieriger zu ermitteln – Inhaltsstoffe betreffen.
- Die Durchführung einer Bekämpfung kostet Geld und Zeit. Aufwendungen für Vorbereitung und Durchführung der Bekämpfung entstehen, Bekämpfungsmittel und -geräte müssen angeschafft werden, Personal muss abgestellt werden, eventuell muss Fremdhilfe in Anspruch genommen werden. Bei manchen Verfahren muss der ganze Betrieb oder wenigstens Teile von ihm eine gewisse Zeit stillgelegt werden. Produktionsausfall ist die Folge, Lagerraum ist ungenutzt. Sind befallene Lebensmittel bereits verpackt, muss das Produkt wieder ausgepackt und neu verpackt werden. Weitere Personal- und Materialkosten entstehen.
- Schädigung des Ansehens. Häufig in einem Betrieb durchzuführende Bekämpfungen sprechen sich mit Sicherheit herum. Eine Ablehnung der Produkte dieser Firma kann die Folge sein.

Die angeführten Punkte zeigen deutlich die Nachteile von Schädlingsbekämpfungsmassnahmen in Lebensmittelbetrieben auf. Sie lassen den Ruf nach wirksamen vorbeugenden Verfahren verstärken. Doch das ist leichter gefordert als in der Praxis durchführbar. Man wird deshalb nie ohne Bekämpfungsmassnahmen auskommen. Unter diesen spielten, und werden es in Zukunft auch weiterhin spielen, chemische Verfahren zweifellos die grösste Rolle.

Das Für und Wider der chemischen Bekämpfung

Bei der chemischen Bekämpfung werden Substanzen eingesetzt, die negativ in den Verlauf der biochemischen Prozesse eines Schädlings eingreifen. Sie sind also alle mehr oder weniger giftig. Dadurch entstehen neben den im letzten Abschnitt aufgeführten Nachteilen einer Bekämpfung allgemein noch weitere. Denn einmal bestehen die Lebensmittel auch – wie die Schädlinge – aus nativen organischen Verbindungen (Kohlenhydraten, Fetten, Eiweiss, Vitaminen usw.), und zum anderen kann der Mensch als Durchführer der Massnahme und als Verzehrer der Lebensmittel durch die anzuwendenden chemischen Pestizide genauso gefährdet sein wie der Schädling. Auch wenn selbstverständlich der Satz gilt, dass die Dosis die Gefährlichkeit einer Substanz ausmacht. Ohne einen Hinweis auf diese Probleme kann man heute aber keiner chemischen Bekämpfung das Wort reden.

Als Argumente gegen einen Einsatz von Pestiziden zur Bekämpfung von Schädlingen lassen sich deshalb zusätzlich zu den im letzten Abschnitt angeführten Punkten noch weitere anführen:

- toxikologische Probleme bei der Anwendung,
- Rückstände im Nahrungsgut,

- Beeinträchtigung von Geruch und Geschmack und von Aussehen eines Lebensmittels,
- Beeinträchtigung der Umgebung,
- Unwirksamkeit des Verfahrens wegen Resistenz der Schädlinge.

Diesem Negativkatalog stehen allerdings auch sehr wichtige positive Aspekte gegenüber, welche die chemische Bekämpfung so erfolgreich und notwendig machen:

- hohe Erfolgsquote, womit im Vorratsschutz praktisch immer eine 100%ige Abtötung der Schädlinge gemeint ist, und
- schnelle Abtötung der Schädlinge, wodurch weiterer Schaden vermieden wird.

Trotz dieser zweifellosen Erfolge der chemischen Schädlingsbekämpfung macht sich mit einem zunehmenden Umweltbewusstsein der Menschen der Ruf nach alternativen Methoden laut, welche die Anwendung giftiger Pestizide ersetzen sollen.

Aber auch diese «modernen» Bekämpfungsmethoden müssen die strengen Kriterien – schnelle und 100%ige Abtötung der Schädlinge – erfüllen, die nun einmal beim Schutz der Lebensmittel gefordert werden müssen.

Nachfolgend sollen deshalb auch einige wichtige und eventuell erfolgversprechende Alternativen aufgezeigt und hinsichtlich ihrer Praxisanwendbarkeit geprüft werden.

Verschiedene Bekämpfungsverfahren

Biologische Bekämpfung

In einer Zeit, in der alles, was mit der Silbe «bio» beginnt, als umweltrettend und dementsprechend modern angesehen wird, erhält auch die biologische Schädlingsbekämpfung einen sehr hohen Stellenwert. In zahlreichen Untersuchungen wurden die Möglichkeiten eines Einsatzes dieser Methode im Vorratsschutz geprüft. Warum sich diese Verfahren bis heute nicht in der Praxis durchgesetzt haben, sei später diskutiert. Zunächst müssen einige Grundprinzipien aufgezeigt und praxisnahe Versuche dargestellt werden.

In der biologischen Bekämpfung versucht man, Schadorganismen durch den Einsatz natürlicher Gegenspieler auszuschalten. Als solche treten Räuber, Schmarotzer (Parasitoide) und Krankheitserreger auf. Sie leben und entwickeln sich auf Kosten ihrer Wirte und Beutetiere und sind so zweifellos in der Lage, deren Vermehrung einzuschränken.

In der freien Natur kommen diese nützlichen Organismen fast immer in den gleichen Lebensräumen vor wie die Schädlinge. In einem Lebensmittellager ist dies aber normalerweise nie der Fall. Der Mensch muss hier nachhelfen und sie dorthin bringen, wo sie wirken sollen. Dies wird erreicht, indem man sie unter künstlichen Bedingungen in Massen produziert und sie dann an dem gewünschten Wirkungsort

ausbringt. Räuber und Schmarotzer werden freigelassen, Krankheitserreger wie normale Bekämpfungsmittel durch Sprühen oder Stäuben ausgebracht.

Hierfür einige Beispiele:

Krankheitserreger: Als wichtigster Erreger kann hier das Bakterium *Bacillus thuringiensis* gelten, das vor allem die Larven von vorratschädigenden Mottenarten befällt. Das Haupteinsatzgebiet ist die Getreidelagerung. Da die Larven dieser Kleinschmetterlinge hauptsächlich in den oberen 10–15 cm der Getreidepartien vorkommen, genügt es, das Präparat dort einzuarbeiten, entweder durch Einharken oder, wie Untersuchungen in den USA gezeigt haben, mit Hilfe von Ventilatoren (2). In diesem Falle konnte die Dörrobstmotte (*Plodia interpunctella*) in Mais zu 100% abgetötet werden. In einem anderen Versuch gelang eine 60%ige Reduktion des Befalls von Roggen durch die Speichermotte (*Ephestia elutella*) (3).

Von praktischem Interesse ist bei den *Bacillus thuringiensis*-Präparaten vor allem ihre Langzeitwirkung, die über viele Monate reichen kann.

Obwohl Mittel auf der Basis von *Bacillus thuringiensis* in den USA schon seit vielen Jahren zugelassen sind, ist dies in Deutschland noch nicht geschehen und wird (vor allem wegen Gesundheitsbedenken) wohl auch in absehbarer Zeit nicht erfolgen.

Von räuberischen Gegenspielern findet eine Raubwanze, *Xylocoris flavipes*, immer wieder Beachtung, und zahlreiche Versuche wurden mit ihr durchgeführt. Als Beispiel möge die Freilassung von 2 x 40 000 dieser nur wenige Millimeter grossen Wanze in einem Lager mit 455 kg Erdnüssen in Schalen gegen die Motten *Ephestia cautella* und *Plodia interpunctella* angeführt werden (4). Die Wanze kann leicht an Eiern verschiedener vorratschädigender Mottenarten in grossen Mengen gezüchtet werden. Relativ kleine Populationen der beiden genannten Kleinschmetterlinge konnten um 71,4 (*Plodia interpunctella*) bzw. 78,8% (*Ephestia cautelle*) reduziert werden. Die Wirkung hielt mehrere Monate an.

Gute Erfolge konnten auch bei einer Freilassung von *Xylocoris flavipes* in einem Lagerraum gegen kleine Populationen der Tropischen Speichermotte (*Ephestia cautella*), des Getreideplattkäfers (*Oryzaephilus surinamensis*) und des Rotbraunen Reismehlkäfers (*Tribolium castaneum*) erzielt werden (5).

Eine andere Gruppe von Räubern in Vorratslagern sind Raubmilben, die vor allem von Eiern verschiedener Schädlinge und anderen Milben leben. In Versuchen in der ČSFR wurde ein Verfahren bis zur Praxisreife entwickelt, in dem die räuberische Milbe *Cheyletus eruditus* in leeren Lagerräumen gegen verschiedene Milben, vor allem gegen die Mehlmilbe (*Acarus siro*), eingesetzt wurde (6). 4000–6000 Raubmilben pro 100 m² konnten die Schädlinge in sehr starkem Masse reduzieren. Besonders vorteilhaft bei dieser Methode ist, dass die Raubmilben den anderen Milben in Spalten und Verstecke folgen, was ein Vorteil gegenüber chemischen Mitteln sein kann (Abb. 1).

Schmarotzer spielen im allgemeinen eine geringere Rolle als Räuber, wenngleich auch hier zahllose Versuche durchgeführt worden sind. In letzter Zeit ist das Augenmerk in starkem Masse auf Eiparasiten der Gattung *Trichogramma* gerichtet, die sich leicht in grossen Mengen in Eiern der Getreide- oder der Mehlmotte züchten lassen. Ihr Einsatz richtet sich hauptsächlich gegen verschiedene Motten-

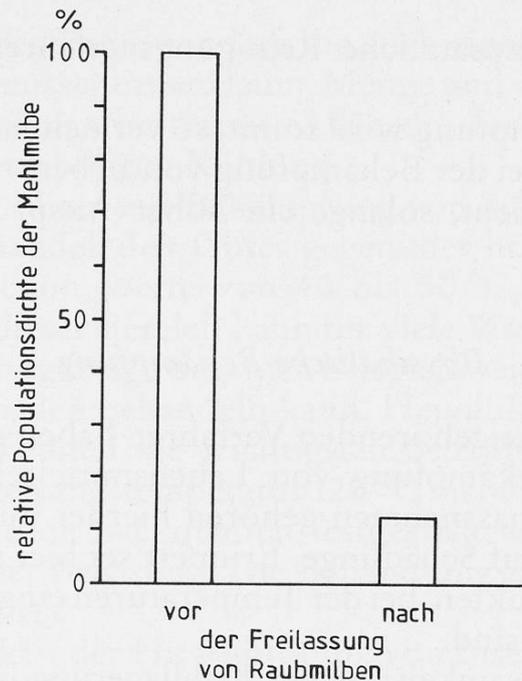


Abb. 1. Der Einfluss einer Freilassung der Raubmilbe *Cheyletus eruditus* auf das Vorkommen der Mehlmilbe (*Acarus siro*) in leeren Lagerräumen (nach (6))

arten. Trotz guter Erfolge ist man aber noch weit von einem Routineeinsatz dieser und anderer parasitierender Schlupfwespen in der Praxis entfernt.

Noch komplizierter sind Versuche, Räuber und Schmarotzer gemeinsam gegen Vorratsschädlinge einzusetzen. Vielfache Wechselwirkungen zwischen den drei Komponenten – Schädling, Räuber, Schmarotzer – erschweren eine praktische Anwendung.

Bei einer Beurteilung der Möglichkeiten, biologische Bekämpfung von Schädlingen in der Lagerhaltung und Herstellung von Lebensmitteln durchzuführen, stößt man bald an die Grenzen des praktisch Machbaren. Hierzu seien einige Punkte angeführt:

- Die Wirkung von Nützlingen tritt mit Verzögerung ein. Schlagartiges Aufhören eines Schadens ist nicht zu erwarten.
- Eine Vernichtung des Schädlings ist nie 100%ig. Es bleiben somit Restbestände, die nicht nur weitere Schäden anrichten, sondern jederzeit bei einem Nachlassen der Aktivität der Nützlingsorganismen wieder eine starke Population aufbauen können.
- Mit einem natürlichen Auftreten von Nutzorganismen ist in einem Lebensmittellager nicht zu rechnen. Sie müssen somit im Laboratorium in Massen kultiviert oder gezüchtet werden. Dies aber erfordert einen künstlichen Nährboden (bei Bakterien oder Pilzen) oder die weitere Zucht einer Wirtsart. Beides ist umständlich und teuer.
- Bei dem einzig wirksamen Verfahren, der Massenfreilassung bzw. dem Versprühen oder Verspritzen von Viren, Bakteriensporen usw., kommt es zu einer zusätzlichen Kontamination der Lebensmittel (Leichen, Häutungsreste, Exkremente bzw. Mikroorganismen), welche die Problematik noch erhöhen kann. Die

Folge sind eventuell zusätzliche Reinigungsverfahren, die wieder finanziell zubuche schlagen.

Die biologische Bekämpfung wird somit, so verlockend sie auch sein mag, kein Verfahren sein, das sich bei der Bekämpfung von Lebensmittelschädlingen durchsetzen wird, jedenfalls nicht, solange ein hoher Anspruch an die Reinheit der Produkte gestellt wird.

Physikalische Bekämpfung

Die zu dieser Kategorie gehörenden Verfahren haben grössere Chancen, in der Praxis der modernen Bekämpfung von Lebensmittelschädlingen eingesetzt zu werden. Einige Routinemassnahmen gehören hierher mit bewussten oder unbewussten Nebeneffekten auf Schädlinge. Erinnerung sei hier nur an die Kühllagerung von Roh- und Fertigprodukten, bei der Temperaturen eingehalten werden, die auch für Schädlinge ungünstig sind.

Hinsichtlich der Wirksamkeit solcher Kühllagerung ist allerdings Vorsicht am Platze, wie Untersuchungen gezeigt haben (7). Der Zusammenfassung in Tabelle 1 ist zu entnehmen, dass wichtige Schädlinge Temperaturen eines Kühllagers von 6 bis 9 °C Monate oder sogar Jahre überleben können, auch wenn eine Vermehrung unter diesen Bedingungen gerade nicht erfolgt. Kommen so gelagerte Güter dann wieder in höhere Temperaturen, kann eventuell sehr schnell ein Anstieg der Populationsdichte des Schädlings erfolgen.

Wichtig ist sicher auch der Einfluss von Kühllagerung auf die wesentlich schwerer als Larven und erwachsene Insekten zu erkennenden Eier, die aber für eine Vermehrung von Populationen von grosser Bedeutung sind. Die Eier der in der Lebensmittellagerung sehr schädlichen Mottenarten Tropische Speichermotte (*Ephestia cautella*) und der Dörrobstmotte (*Plodia interpunctella*) können bei Temperaturen zwischen +1 und +15 °C durchaus Tage und Wochen überleben, so dass Zeiten von 10 bis 20 Tagen Lagerung bei 5–10 °C keine Gewähr einer 100%igen Abtötung bieten (8).

Insgesamt ist also die Kühllagerung eine Methode, die nicht nur die Aktivitäten (Frass, Ausscheidung, Entwicklung, Beweglichkeit) von Schädlingen herabsetzt

Tabelle 1. Überlebensdauer von Schädlingen bei Temperaturen eines Kühllagers (+6 bis +9°C) (nach (7))

Schädling	Überlebensdauer
Kornkäfer (<i>Sitophilus granarius</i>)	über 2 Jahre
Khaprakäfer (<i>Trogoderma granarium</i>)	über 1,5 Jahre
Geteideplattkäfer (<i>Oryzaephilus surinamensis</i>)	über 1 Jahr
Türkischer Leistenkopflattkäfer (<i>Cryptolestes turcinus</i>)	über 1 Jahr
Amerikanischer Reismehlkäfer (<i>Tribolium confusum</i>)	weniger als 0,5 Jahre
Mehlmilbe (<i>Acarus siro</i>)	etwa 1 Jahr

und so Schaden reduzieren kann, sondern die auch einen aktiven Neubefall einlagernder Güter praktisch ausschliessen kann. Menge und wirtschaftlicher Wert eines Lebensmittels sind allerdings bestimmend für die Einsatzmöglichkeit und den Grad der sicher nicht ganz billigen Kühlung.

Bei dem Einsatz von Hitze zur Bekämpfung von Schädlingen spielt vor allem die Toleranz des zu behandelnden Gutes gegenüber höheren Temperaturen eine Rolle. Zwar genügen schon Werte von 40 bis 50 °C, um tierisches Leben zu vernichten, doch selbst dieser Bereich kann für viele Waren zu hoch liegen. Trotzdem haben Grossversuche gezeigt, dass man beispielsweise Getreide mit wesentlich wärmerer Luft ohne Schaden behandeln kann. Heissluft mit Einleitungstemperaturen von etwa 60 °C können die wichtigsten Schädlinge in wenigen Minuten abtöten. Solange die Einleitungstemperatur 120 °C nicht überschreitet, konnte kein negativer Effekt hinsichtlich Backqualität festgestellt werden. Die Kosten liegen ähnlich hoch wie bei einer Begasung. Die Behandlungsdauer liegt im Bereich von wenigen Minuten (9, 10, 11).

Eine andere Möglichkeit der Hitzeabtötung von Insekten besteht beim Einsatz von Mikrowellen (10–70 MHz). So wurden alle Stadien des Reiskäfers (*Sitophilus oryzae*) in einem Versuch mit Reis innerhalb von 30 Sekunden abgetötet (12). Dabei war die Keimkraft des behandelten Reises nicht beeinträchtigt, da die Temperatur bei niedrigem Wassergehalt im Reis nicht anstieg.

Beide Methoden der Abtötung durch hohe Temperaturen bedürfen zweifellos noch der Erprobung im grosstechnischen Massstab, doch hier kann eventuell eine Möglichkeit zu einer modernen, chemiefreien Bekämpfung von Schädlingen liegen.

Der Einsatz von Strahlen, einer weiteren physikalischen Bekämpfungsform, ist in zahlreichen Versuchen getestet worden, vor allem wenn es um die Anwendung der harten Gammastrahlen geht. Die Aussichten, dass sich hier in nächster Zeit Verfahren anbieten, tierische Schädlinge zu bekämpfen, sind aus vielen Gründen sehr gering, jedenfalls viel geringer als die Zukunftsperspektiven zur Vernichtung von schädlichen Mikroorganismen durch Bestrahlung. Andererseits wird es auf diesem Gebiet zweifellos Veränderungen in Richtung auf eine Zulassung von Bestrahlungen bestimmter Produkte geben, wenn Bedenken, vor allem hinsichtlich gesundheitsgefährdender und qualitätsändernder Folgen einer Bestrahlung, durch weitere exakte Untersuchungen aus dem Weg geräumt werden können. Anders als in der Schweiz und in Deutschland sind die Restriktionen in anderen Ländern nicht mehr so streng.

Es soll hier aber auf zwei Einsatzmöglichkeiten eingegangen werden, die sich theoretisch für Lebensmittelbetriebe anbieten könnten und über die viel geschrieben wurde und wird und die in zahlreichen Ausführungen im Handel sind.

Hier handelt es sich einmal um Insektenfanglampen, die mittels UV-Licht Schädlinge anlocken sollen, die dann an einem elektrischen Gitter durch Kurzschluss verbrennen. (Es gibt auch Geräte, die statt mit diesem Gitter mit Leimfolien arbeiten, auf denen anfliegende Insekten festkleben.) Man findet solche Lampen häufig in Betrieben, Supermärkten, Metzgereien und an anderen Orten, wo vor allem Fliegen vorkommen. In einem leeren Raum, in dem die UV-Lampe die einzige Lichtquelle ist, können Fliegen innerhalb kürzester Zeit quantitativ abgefangen

werden (*Stein*, unveröff.). Tritt die Lampe aber in Konkurrenz mit anderen Reizen, vor allem also mit dem Geruch von Lebensmitteln, wie Fleischwaren, oder anderen Lichtquellen, so ist ein befriedigender Erfolg wohl nie gegeben. In einem Versuch (13) konnten allerdings hohe Fangzahlen bei Fleisch- und Schmeissfliegen erzielt werden, nicht dagegen bei der Stubenfliege. Auch Wespen konnten in grosser Anzahl gefangen werden.

Es bleibt abzuwarten, ob sich die Fängigkeit z. B. durch Anwendung von Lockstoffen, vor allem von insekteneigenen Pheromonen, verbessern lässt. Skepsis ist allerdings auch hier am Platze, denn die meisten Pheromone sind Sexualpheromone, vom Weibchen ausgeschieden und zur Anlockung der Männchen bestimmt. Der Fang von Weibchen wird also wohl sehr gering bleiben. Und damit wäre das Verfahren zur Bekämpfung unbrauchbar, sondern nur zum Nachweis von bestimmten Schädlingen einzusetzen.

Ein Anbringen von Fanglampen im Freien verbietet sich aber, da eine Unmenge von nächtlich fliegenden Insekten angelockt wird. Die weitaus meisten davon sind indifferente Arten oder sogar Nützlinge, Schädlinge fliegen nur sehr selten die Lampen an (*Stein*, unveröff.).

Wenn von Strahlen die Rede ist, müssen hier auch verschiedene Geräte genannt werden, die zur Bekämpfung von Nagetieren Verwendung finden sollen und mit Strahlen verschiedener Art arbeiten: elektromagnetische Felder, Ultraschall, Schall, Laser u.a. Die Erfolgsaussichten beim Einsatz solcher Geräte müssen mit grösster Skepsis beurteilt werden. Überprüfungen mit exakten Versuchen haben bisher keine positiven Resultate oder allenfalls recht bescheidene Erfolge erbracht (14).

Bessere Wirkungen können dagegen im Rahmen der Verwendung von physikalischen Massnahmen zur Bekämpfung von Schadinsekten mit mechanischen Kräften erzielt werden.

So kann eine pneumatische Umlagerung von Gütern mit Elevatoren zur Vernichtung von meist über 95% der Schädlinge (einschliesslich des Innenbefalls bei Getreide) führen. Zu den umgelagerten Gütern zählten in einer Versuchsreihe Getreide, Sonnenblumensamen, Baumwollsaat und Tapioka-Pellets (Abb. 2) (15). Sicher bieten sich hier auch andere Produkte an, die in lebensmittelverarbeitenden Betrieben auf diese Weise transportiert oder umgelagert werden können.

Prallmaschinen, wie sie in Mühlenbetrieben, Futtermittelfabriken oder in der Teigwarenindustrie vorhanden sind, können zum Abtöten von Schädlingen mitverwendet werden. Versuche mit Griess und Mehl brachten hohe Mortalitätsraten. Allerdings besteht hier eine gewisse Produktabhängigkeit, wobei Griess besser abschnitt als Mehl (16, 17).

Bei dieser Methode gibt es aber auch hier das Problem, dass die Insektenbruchstücke bei manchen Gütern nicht abgetrennt werden können. Derartige Verunreinigungen sind aber, wie geschildert, aus gesundheitlichen Gründen sehr bedenklich.

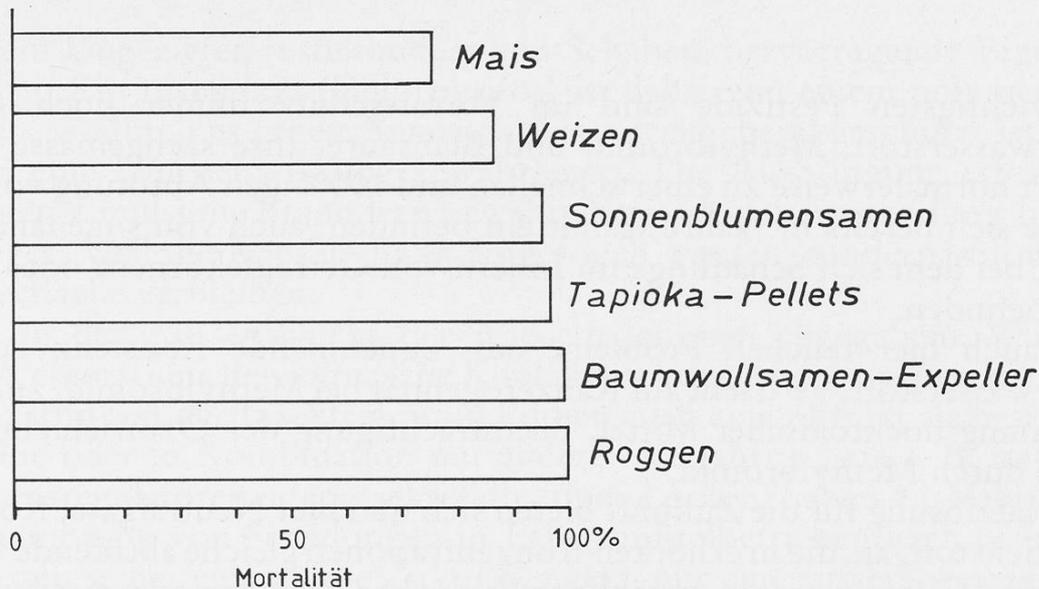


Abb. 2. Die Sterblichkeit von vorratsschädigenden Insekten nach einer pneumatischen Entladung von Schiffen (Befall durch jeweils mehrere Insektenarten (nach (15))

Chemische Bekämpfung

Die vorangegangenen Abschnitte haben gezeigt, dass es zwar verschiedene Möglichkeiten der biologischen und physikalischen Bekämpfung gibt, dass aber insgesamt gesehen die Erfolgsaussichten für einen durchgreifenden Einsatz dieser Methoden in lebensmittelverarbeitenden Betrieben (noch?) nicht immer gegeben sind. Man wird also auch in Zukunft auf eine chemische Bekämpfung nicht verzichten können.

Die eingangs dargelegten möglichen Probleme beim Einsatz chemischer Mittel lassen erkennen, dass in der modernen Schädlingsbekämpfung strenge Massstäbe bei der Auswahl von Methoden und Mitteln angelegt werden müssen. Neue Erkenntnisse und oft leidvolle Erfahrungen müssen in die Praxis umgesetzt werden und dürfen nicht zugunsten eingefahrener und vielleicht ökonomischerer Praktiken geopfert werden.

Einige Beispiele aus dem Gebiet der chemischen Bekämpfung sollen hier genannt und unter der aufgeführten Problematik erörtert werden.

Pyrethroide

Sie wurden lange Zeit wegen ihrer relativ geringen Toxizität für Warmblüter als relativ harmlos angesehen und in grossen Mengen im Lebensbereich des Menschen eingesetzt. Inzwischen sind so viele Langzeitschäden bekannt geworden, dass man nur schwer eine Anwendung empfehlen kann. Allerdings ist die Diskussion, teilweise sehr konträr, über diese Frage noch im Gange (18).

Nur lokale Anwendung der Pyrethroide oder ihr Ersatz durch kurzzeitig wirkende Pyrethrumpräparate sowie eine nach einer gewissen Einwirkungszeit gründliche Dekontamination sind Möglichkeiten, toxikologische Probleme zu umgehen.

Giftgase

Die wichtigsten Pestizide sind im Vorratsschutz immer noch Giftgase, Phosphorwasserstoff, Methylbromid und Blausäure. Ihre sachgemässe Anwendung führt normalerweise zu einer schnellen und 100%igen Abtötung von Schädlingen, die sich bereits in Nahrungsmitteln befinden, auch von sogenanntem Innenbefall, bei dem sich Schädlinge im Innern von Getreidekörnern oder Hülsenfrüchten befinden.

Aber auch hier tauchen Probleme auf: zunehmende Resistenz gegenüber Phosphorwasserstoff, Verdacht auf Kanzerogenität bei Methylbromid, zunehmende Ablehnung hochtoxischer Mittel, Beeinträchtigung der Ozonschicht der Atmosphäre durch Methylbromid.

Als Ersatzlösung für die Zukunft bieten sich nun hier Neutralgase, Kohlendioxid und Stickstoff, an, die in erhöhten Konzentrationen gleiche abtötende Wirkung haben wie die Giftgase, was in unzähligen Versuchen nachgewiesen werden konnte. Die Einwirkungszeiten sind allerdings recht lang (eventuell Wochen). Aber auch bei dem Einsatz von Phosphorwasserstoff muss das Gut mehrere Tage unter Gas stehen.

Kann aber eine Ware längere Zeit in einem gasdichten Raum gelagert werden, so kann in einer Atmosphäre mit angereichertem Kohlendioxid (dem meistverwandten Neutralgas) und reduziertem Sauerstoffgehalt ein wirksamer Schutz gegen Schädlinge erzielt werden. Es wäre daher an der Zeit, dass nach den vielen Vorarbeiten endlich Anwendungsbetriebe, also Schädlingsbekämpfer, und Lagerhalter diese Neutralgase zur Vernichtung von Schädlingen einsetzen. Hochtoxische Gase könnten dadurch mit Sicherheit in vielen Fällen gespart werden.

Selbstverständlich sind Atmosphären mit vielleicht 60% Kohlendioxid für den Menschen genauso gefährlich wie Giftgase, aber bei der Be- und Entgasung ist der Sicherheitsgrad bei Neutralgasen doch wesentlich höher, das Rückstandsproblem ist gleich Null und eine Gefährdung der Umgebung von begasten Gebäuden ist auch nicht gegeben. Es sei daran erinnert, dass die sogenannte CA-Lagerung (controlled atmosphere) mit den gleichen Neutralgasen bei Obst und Gemüse schon eine grosse Bedeutung hat.

Ein Übergang zum reinen Neutralgaseinsatz wäre eine integrierte Anwendung von Giftgasen und diesen inerten Gasen mit dem Ziel, die notwendige Konzentration des Giftgases zu reduzieren. So können durch eine Mischung von Methylbromid und Kohlendioxid bei der Bekämpfung von Backobstkäfern (*Carpophilus*-Arten) die benötigte Menge Methylbromid und die Begasungszeiten reduziert werden (19).

Andererseits zeigen Untersuchungen (20, 21) mit Phosphorwasserstoff und Kohlendioxid, dass durchaus konträre Ergebnisse erzielt werden können, so dass auf diesem Gebiet sicher noch viele Fragen zu klären sind.

Mikrokapseln

Mit der Entwicklung von insektizidhaltigen Mikrokapseln ist seit einigen Jahren ein neues Bekämpfungsverfahren ermöglicht worden, das bei der Vernichtung von

laufendem Ungeziefer, insbesondere von Schaben, hervorragende Ergebnisse gezeigt hat. Ein Insektizid (Chlorpyrifos) ist dabei von einem polymeren Mantel umgeben, wodurch es gegen Ausseneinflüsse weitgehend geschützt ist. Ferner ist dadurch eine Langzeitwirkung gewährleistet. Die Ausbringung erfolgt in einer wässrigen Emulsion. Besonders bewährt hat sich die Anwendung bei porösen Unterlagen, weil die Kapseln nicht aufgesogen werden, sondern voll wirksam an der Oberfläche verbleiben.

Der an der Aussenschicht der Kapseln langsam abgegebene Wirkstoff hat zunächst einmal eine neurotoxische Kontaktwirkung, sodann aber nach Aufnahme in den Darmtrakt der Insekten durch Putzen auch einen Effekt als Frassgift.

Alleine oder in Kombination mit anderen Verfahren (wie z. B. mit Insektenwachstumsregulatoren oder insektizidhaltigen Lacken) haben die Mikrokapseln in der Bekämpfung von Schädlingen in Lebensmittelbetrieben nach bisherigen Erkenntnissen sicher eine grosse Zukunft, zumal nur eine äusserst geringe Toxizität für Warmblüter vorliegt (LD 50 p.o. bei der Ratte über 25 000 mg/kg).

Insektizidhaltige Klarlacke

Den besonderen Vorteil eines lokal begrenzten Einsatzes von Pestiziden bietet die Anwendung von Klarlacken, die als insektiziden Bestandteil vor allem Chlorpyrifos enthalten. Sie sind besonders wirksam gegen Schaben, Grillen und Ameisen (ausser Pharaomeisen). An der Oberfläche der angetrockneten Lacke wird laufend das Insektizid frei und tötet darüber hinweglaufende Schädlinge. Der besondere Vorteil der Lacke liegt auch in der langen Wirksamkeit (mindestens 12 Monate) und der Tatsache, dass sie auch durch normale Nassreinigung mit neutralen Mitteln nicht inaktiviert werden, da sich die Insektizidschicht an der Oberfläche durch Nachwanderung sehr rasch regeneriert. Die lokale, streifenförmige Anbringung an den von Schädlingen belauften Stellen, die lange Wirksamkeit und die minimale Kontamination der Raumluft durch das Insektizid machen die Anwendung dieser Klarlacke in Lebensmittelbetrieben zu einem mit Sicherheit hervorragend geeigneten Bekämpfungsverfahren.

Naturstoffe

Auf der Suche nach neuen, für Warmblüter ungiftigeren Bekämpfungsmitteln wurde und wird eine kaum überschaubare Anzahl von pflanzlichen Substanzen auf ihre Brauchbarkeit getestet (22).

Die sicher am besten untersuchten und wohl auch wirksamsten Stoffe stammen vom Niembaum (*Azadirachta indica*). Obwohl diese Präparate sehr effektiv und vielseitig im Freiland verwendbar sind, haben sie bisher sehr unterschiedliche Wirkungen gegenüber Vorratsschädlingen und Ungeziefer erbracht, so dass hier mit einem Einsatz in absehbarer Zeit nicht gerechnet werden kann, ein Schicksal, das sie mit vielen anderen ähnlichen Naturstoffen teilen müssen.

Auch sie dienen der Vernichtung von Schädlingen, bei ihnen wird aber mehr als bei anderen Methoden die natürliche Reaktion der Tiere auf Umweltreize ausgenutzt. Abgesehen von den näher zu besprechenden Ködermitteln haben einsetzbare andere Substanzen aber keine oder noch keine allzu grosse Bedeutung in der Lebensmittelindustrie, so dass in diesen kurzen Ausführungen nur einige Möglichkeiten genannt werden sollen.

Es gibt Lockstoffe (Attraktantien, in erster Linie Pheromone), die von den Tieren zwecks Kommunikation mit anderen Artgenossen ausgeschieden werden, Abschreckstoffe (Repellentien), die Schädlinge von den Lebensmitteln abhalten sollen, Frasshemmer (Antifeedants), welche die eigentliche Frasstätigkeit der Schädlinge unterbinden sollen, oder Chemosterilantien, welche nach ihrer Aufnahme die Fruchtbarkeit der Tiere negativ beeinflussen sollen.

Zu den biotechnischen Verfahren gehört auch der Einsatz sogenannter Wachstumsregulatoren, welche den normalen Ablauf der Entwicklung von Insekten stören und letztendlich die Ausbildung fortpflanzungsfähiger Stadien unterbinden sollen. Zur Bekämpfung von Flöhen haben sie sich zum Beispiel schon bestens bewährt. Wie weit sie dereinst erfolgreich zur Vernichtung von Schädlingspopulationen im Lebensmittelbereich eingesetzt werden können, bleibt abzuwarten. Auf eine Kombinationsmöglichkeit mit Mikrokapseln wurde bereits hingewiesen.

Grosse Bedeutung haben dagegen schon die sogenannten Ködermittel. In ihnen wird ein Lockstoff (oft auch die schon genannten Pheromone) zusammen mit einem Gift angeboten. Bei diesem biotechnischen Verfahren braucht man nicht das Pestizid zum Schädling zu bringen, sondern dieser kommt – vom Köder angelockt – zum Gift. Selbstverständlich ist Voraussetzung für die Wirkung, dass der Schädling entsprechend mobil ist und umherwandert, und dass der Lockstoff attraktiver ist als andere Quellen in der Umgebung. Gegen Schädlinge im Innern von Vorräten ist das Verfahren nicht voll wirksam, wohl aber gegen zahlreiche Ungezieferarten, die in Lebensmittelbetrieben vorkommen können. So gibt es Ködermittel gegen Schaben, Ameisen, Silberfischchen, Mäuse, Ratten und andere Arten.

Der besondere Vorteil der Köder liegt darin, dass sie nicht flächig ausgebracht werden müssen, sondern dass sie lokal, z. B. in einer Dose angeboten, ohne jegliche Kontamination der Umgebung, eingesetzt werden können.

Wie sieht die moderne Schädlingsbekämpfung in Gegenwart und Zukunft aus?

In den vorangegangenen Abschnitten wurde versucht, gegenwärtig eingesetzte und für die Zukunft diskutierte Bekämpfungsverfahren kritisch zu beleuchten und ihre Verwendbarkeit in Lebensmittelbetrieben abzuwägen. Hieraus kann man zusammenfassend folgende Schlüsse ziehen:

1. Die chemische Bekämpfung wird auch in Zukunft wegen ihrer schnellen und durchschlagenden Wirkung die grösste Bedeutung haben. Die stärkere Beachtung toxikologischer und Qualitätsprobleme wird aber dazu führen, dass manche Verfahren stärker eingesetzt werden, während andere mehr oder weniger in den Hintergrund gedrängt werden oder sogar ganz abgesetzt werden müssen. Reduktionen in der Anwendung gibt es zweifellos in Zukunft bei dem grossflächigen Einsatz herkömmlicher Pestizide. Dies kann erreicht werden, indem weniger toxische Verbindungen oder Formulierungen (z. B. in Form von Mikrokapseln oder Lacken) gezielt am Ort des Vorkommens der Schädlinge ausgebracht werden. Eine genaue Kenntnis der Lebensweise der Schädlinge und der örtlichen Verhältnisse ist hierzu allerdings Voraussetzung.
Im Rahmen dieser Bestrebungen werden Köderverfahren zur Bekämpfung von Ungeziefer besondere Bedeutung erhalten, wobei Lockwirkung der Köder und Technik des Fanges noch mancher Verbesserung bedürfen.
Die Begasung wird auch in Zukunft mit Sicherheit das wichtigste Verfahren zur Bekämpfung der echten Vorratsschädlinge sein. Hier sollte allerdings der Einsatz von inerten Gasen (vor allem von Kohlendioxid) dort vermehrt angestrebt werden, wo die Lagermethode ihre Verwendung erlaubt.
2. Von den physikalischen Methoden wird der Einsatz hoher und tiefer Temperaturen öfter als bisher anzustreben sein, sofern die technischen Voraussetzungen verbessert werden und die Art der Lebensmittel eine Behandlung erlaubt.
3. Die biologische Bekämpfung von Vorratsschädlingen und Ungezieferarten wird dagegen kaum an Bedeutung zunehmen, da der Einsatz von lebenden Organismen (Räubern, Schmarotzern) in Räumen aus verschiedenen oben genannten Gründen kaum zu vertreten ist, ganz abgesehen von nicht zu erfüllenden Forderungen nach schneller und totaler Vernichtung eines Befalles. Für den Einsatz von insektentötenden Mikroorganismen (insbesondere von *Bacillus thuringiensis*) sind die Aussichten schon besser, allerdings ist hier die Frage der offiziellen Zulassung noch völlig offen.

Prophylaxa, die bessere Alternative zur Bekämpfung

Bekämpfung setzt einen vorhandenen Befall voraus, denn die Schädlinge, die man bekämpfen will, müssen ja schliesslich da sein. Ist dies aber der Fall, so sind schon Schäden eingetreten, die nicht mehr reparabel sind, wie Frass oder Verunreinigung.

Wirkungsvoller wären somit Massnahmen, die einen Befall durch Vorratsschädlinge oder das Auftreten von Ungezieferarten in Lebensmittelbetrieben verhindern können. Eine absolute Sicherheit vor einem Befall bieten sie zwar nicht, sie können aber zweifellos viel bewirken. Eine eingehende Behandlung dieser vorbeugenden Verfahren ist an dieser Stelle nicht möglich, es sollen aber wenigstens die wichtigsten stichwortartig angeführt werden, um dem Praktiker Hinweise für betriebliche Massnahmen zu geben (Näheres bei (1)).

1. Herrichtung der Lager und Betriebsräume:
 - dichter Abschluss, um Einwanderung oder Einflug von Schädlingen zu erschweren.
 - Beseitigung von Ritzen, Spalten und anderen Verstecken, in denen sich Dauerbefallsherde halten können.
 - Bodenfremdheit von Einrichtungen, um stets gründlich säubern zu können.
 - Sofortige Beseitigung und Vernichtung von Abfällen aller Art.
 - Absenken von Temperatur und Feuchtigkeit soweit wie möglich, um die Entwicklung eventuell vorhandener Schädlinge zu hemmen.
2. Überwachung der einzulagernden Güter: Hierdurch kann eine Einschleppung von Schädlingen verhindert werden. Schon wenige Mengen eines befallenen Gutes können ein ganzes Lager verseuchen.
3. Ständige Überwachung lagernder Vorräte: Eine grosse Anzahl von Methoden zum Nachweis auch verborgen lebender Schädlinge steht zur Verfügung, um einen Befall frühzeitig festzustellen. Schnell eingeleitete Bekämpfungsmassnahmen können grossen Schaden verhindern.
4. Sorgfältige Auswahl der Verpackung: Bei verpackten Lebensmitteln spielen meist ökonomische Fragen die Hauptrolle. Es kann aber auch im Hinblick auf Schädlingsbefall viel getan werden, wie dickes oder mehrschichtiges Verpackungsmaterial, dichter Abschluss (schon Öffnungen von 0,1 mm lassen die Einwanderung von Eilarven zu) oder Aromadichte, um das Anlocken von Schädlingen durch Duftstoffe zu verhindern.

Prophylaxe dem Praktiker nahezubringen, ist oft eine schwierige Angelegenheit, weil sich nie mit Zahlen belegen lässt, wie oft ein Befall nicht eingetreten ist, weil man gute vorbeugende Massnahmen getroffen hatte. Es sollte aber doch leichtfallen einzusehen, dass Vorbeugen besser ist als Heilen, sprich, als Bekämpfen.

Zusammenfassung

Ein Befall von Lebensmitteln durch Schädlinge kann aus vielen Gründen nicht toleriert werden. Wenn vorbeugende Massnahmen, denen in jedem Fall der Vorrang einzuräumen ist, nicht wirksam genug waren, sind umgehend Bekämpfungen einzuleiten, um weiteren Schaden zu verhüten. Hierbei ist der Einsatz chemischer Mittel trotz einiger Nachteile immer noch unumgänglich, um eine schnelle und wirksame Vernichtung der Schädlinge zu erreichen. Während bei lagernden Gütern der Begasung mit Gift- oder Neutralgasen der Vorzug zu geben ist, sollten zur Vernichtung von Ungezieferarten vor allem lokal anzuwendende Methoden eingesetzt werden, wie Ködermittel oder insektizidhaltige Lacke. Auch der Einsatz von insektizidhaltigen Mikrokapseln ist geeignet. Von physikalischen Methoden hat vor allem die Anwendung hoher und tiefer Temperaturen gute Erfolgsaussichten. Eine biologische Bekämpfung ist dagegen kaum einsetzbar, da eine schnelle und vollkommene Vernichtung von Schädlingen nicht zu erreichen ist.

Résumé

Pour beaucoup de raisons, une altération des aliments par des parasites ne saurait être tolérée. Si les mesures préventives, toujours préférables, ne se révélaient pas assez efficaces, il y aurait lieu d'engager une lutte antiparasitaire pour limiter les dégats. La lutte par des moyens chimiques, rapide et efficace, bien que présentant quelques désavantages est restée irremplaçable à ce jour. Pour les aliments stockés, la préférence est donnée à la fumigation au moyen de gaz toxiques ou neutres; pour l'élimination des parasites, à des méthodes locales telles que appâts ou laques contenant des insecticides. L'usage d'insecticides contenus dans des micro-capsules constitue aussi une mesure appropriée. Quant aux méthodes physiques, et en particulier l'usage de températures hautes ou basses, elles montrent de bonnes chances de succès. La lutte biologique, par contre, n'est pas guère applicable, car l'extermination des parasites n'est ni complète ni rapide.

Summary

From several reasons, an attack of foodstuffs by stored-product pests cannot be tolerated. If prophylactic measures had not been successful, a control is necessary to prohibit further damage. In most cases, inspite of some disadvantages, an application of pesticides cannot be substituted by other methods to gain an immediate and effective control of the pest species. While in stored-products a fumigation with toxic or neutral gases should be preferred, locally used methods, like pesticide-containing lacquer or baits, should be used if other pests, like cockroaches, ants a.s.o., must be controlled. The application of pesticide containing micro-capsules can be recommended, too. From physical methods, especially high and low temperatures may be very effective in some special cases. Biological control, however, has only little chance, if ever, to be used in controlling pests of foodstuffs, as a quick and complete control cannot be achieved.

Literatur

1. Stein, W.: Vorratsschädlinge und Hausungeziefer. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart 1986.
2. McGaughey, W.H.: *Bacillus thuringiensis* applied to stored corn using grain drying fans. J. Kansas Ent. Soc. **59**, 350–355 (1986).
3. Rassmann, W.: Untersuchungen zur Wirksamkeit eines *Bacillus thuringiensis*-Präparates gegen vorratsschädliche Motten in der Getreidelagerung. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. **38**, 61–63 (1986).
4. Brower, J.H. and Mullen, M.A.: Effects of *Xylocoris flavipes* (Hemiptera-Anthocoridae) releases on moth populations in experimental peanut storages. J. Ent. Sci **25**, 268–276 (1990).
5. LeCato, G.L., Collins, J.M. and Arbogast, R.T.: Reduction of residual populations of stored-product insects by *Xylocoris flavipes* (Hemiptera: Anthocoridae). J. Kansas Ent. Soc. **50**, 84–88 (1977).
6. Zdářková, E. and Horák, E.: Preventive biological control of stored food mites in empty stores using *Cheyletus eruditus* (Schrank). Crop Prot. **9**, 378–382 (1990).
7. Wohlgemuth, R.: Überlebensdauer vorratsschädlicher Insekten in Getreidekühlslagern. Anz. Schädlingskde, Pflanzenschutz, Umweltschutz **62**, 114–119 (1989).

8. *Stratil, H. und Reichmuth, Ch.*: Ausnutzung der Kälteempfindlichkeit vorratsschädlicher Motten (Pyraloidea) zu ihrer Bekämpfung. Mitt. dtsh. Ges. allg. angew. Ent. **4**, 111–115 (1983).
9. *Fleurat Lessard, F.*: Les traitements thermiques de désinfestation des céréales et des produits céréaliers: possibilité d'utilisation pratique et domaine d'application. Bulletin OEPP/EPPO **15**, 109–118 (1985).
10. *Vardell, H.H. and Tilton, E.W.*: Control of the lesser grain borer, *Rhyzopertha dominica* (F.), and the rice weevil, *Sitophilus oryzae* (L.), in rough rice with a heated fluidized bed. J. Georgia Ent. Soc. **16**, 521–524 (1981).
11. *Vardell, H.H. and Tilton, E.W.*: Control of the lesser grain borer, *Rhyzopertha dominica* (F.), and the rice weevil, *Sitophilus oryzae* (L.), in wheat with a heated fluidized bed. J. Kansas Ent. Soc. **54**, 481–485 (1981).
12. *Kato, K. and Yamashita, R.*: Stored-grain insect control by dielectric heating. J. Jap. Soc. Agric. Machinery **49**, 443–450 (1987).
13. *Iglisch, I.*: Zur Leistungsfähigkeit des biologisch-physikalischen Wirkungsprinzips «Elektrischer Insektenvernichtungsgeräte». Prakt. Schädl. bek. **36**, 205–208 (1984).
14. *Pelz, H.-J.*: Vergrämung von Nagern. Welche Aussichten bieten physikalische Mittel? Prakt. Schädl. bek. **41**, 166–168 (1989).
15. *Bahr, I.*: Reduction of stored product insects during pneumatic unloading of ship cargoes. 5th internat. working conf. on stored-product protection, Bordeaux (1990).
16. *Hoppe, T.*: Alternative Bekämpfungsmethoden gegen *Tribolium*, *Plodia* und *Cadra*. Diss. ETH Zürich (1981).
17. *Stratil, H. und Wohlgemuth, R.*: Untersuchungen zum Wirkungsmechanismus von Prallmaschinen auf vorratsschädliche Insekten. Anz. Schädlingskde, Pflanzenschutz, Umweltschutz **62**, 41–47 (1989).
18. *Behre, H.*: Wie sicher sind Pyrethroide? Prakt. Schädl. bek. **42**, 26–27 (1990).
19. *Donahaye, E. and Navarro, S.*: Sensitivity of two dried fruit pests to methyl bromide alone, and in combination with carbon dioxide or under reduced pressure. Trop. Sci. **29**, 9–14 (1989).
20. *El-Lakwah, F.A., Wohlgemuth, R. and Khattab, M.M.*: Efficiency of phosphine and combinations of phosphine with carbon dioxide against khapra beetle larvae *Trogoderma granarium* Everts. (Col., Dermestidae). Anz. Schädlingskde, Pflanzenschutz, Umweltschutz **62**, 85–88 (1989).
21. *El-Lakwah, F., Meuser, F., Abdel Gawad, A., Wohlgemuth, R. and Darwish, A.*: Efficiency of phosphine alone and in mixture with carbon dioxide against Angoumois grain moth *Sitotroga cerealella* (Olivier); (Gelechiidae, Lepidoptera). Z. Pflanzenkr. Pflanzenschutz **98**, 92–102 (1991).
22. *Schmutterer, H.*: Wirkstoffmodelle zur umweltschonenden Bekämpfung von Schadinsekten mit besonderer Berücksichtigung von Pflanzeninhaltsstoffen. Mitt. dtsh. Ges. allg. angew. Ent. **5**, 127–136 (1987).

Prof. Dr. W. Stein
 Institut für Phytopathologie und
 Angewandte Zoologie – Vorratsschutz
 Justus-Liebig-Universität
 Alter Steinbacher Weg 44
 D-6300 Giessen