

## Zur Wirkung hoher Temperaturen auf vorrattschädliche Insekten

Cornel Adler

BBA, Institut für Vorratsschutz, Berlin

**Abstract:** Efficacy of high temperatures against stored product insects

Storage structures and buildings for food processing such as flour mills or bakeries can be disinfested by heat. This is done in Germany either by the use of ex-proof electric heaters or fossil-fuel burners, in which case heated air is fan-forced from outside into the structure through flexible ducts. Data presented here are from laboratory studies and practical heat treatments from 2001-2006 and summarize the relative sensitivity of immature and adult Mediterranean flour moths *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera, Pyralidae), tobacco beetles *Lasioderma serricorne* (Coleoptera, Anobiidae), lesser grain borers *Rhizopertha dominica* (Col., Bostrychidae), granary weevils *Sitophilus granarius* and maize weevils *S. zeamais* (Col., Curculionidae), flat grain beetles *Cryptolestes pusillus* (Col., Cucujidae) and rustred flour beetles *Tribolium castaneum* (Col., Tenebrionidae). While the moth larvae proved rather sensitive towards high temperatures, the larvae and pupal stages of lesser grain borer and tobacco beetle were quite tolerant with 370 min required in lab studies for complete control at 50°C for both species. At 55°C complete control was achieved in up to 45 min. Experiences from practical treatments showed that it is difficult to achieve uniform temperatures at all locations in a large flour mill. In a number of cases, lethal temperatures could not be reached close to the outside walls in areas with faulty insulation, in narrow corners in the cellar or roof construction, and in insulating materials such as bag stacks of flour, packaging material, tightly packed electric cables, larger amounts of grain, malt, dust or garbage. All materials should be removed prior to treatment and difficult zones should be intensely heated, treated with diatomaceous earth or other contact insecticides in order to secure a complete disinfestation.

**Key words:** heat, disinfestation, *Cryptolestes*, *Ephestia*, *Lasioderma*, *Rhizopertha*, *Sitophilus*, *Tribolium*

Dr. C. Adler, Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für Vorratsschutz, Königin-Luise-Str. 19, 14195 Berlin, Email: c.adler@bba.de

Vorratsschädliche Insekten sind Spezialisten, die in der Lage sind, trockene pflanzliche Materialien aufzuspielen, zu besiedeln und damit über die Befeuchtung durch Respiration dem Abbau durch weitere Organismen (Pilze, Milben, Bakterien) zuzuführen. Auf diese Weise sind sie die Auslöser eines Kompostierungsprozesses. Durch ihr hervorragendes Orientierungsvermögen entlang eines Duftstoffgradienten finden sie regelmäßig in Vorratslagern und Gebäuden der Lebens- und Futtermittelverarbeitung ein, falls sie nicht bereits mit befallenen Produkten passiv eingeschleppt wurden.

In der Praxis der Schädlingsbekämpfung in Deutschland werden zunehmend auch Verfahren der Hitzeentwesung in Gebäuden angeboten, die der Begasung mit giftigen Gasen Konkurrenz machen und auch in Betrieben des Ökolandbaus eingesetzt werden können. Einen Überblick über den Einsatz extremer Temperaturen im Vorratsschutz vermitteln die Arbeiten von FIELDS (1992), BURKS et al. (2000) und ADLER & RASSMANN (2000).

Laborversuche unter definierten Temperaturen hatten zum Ziel, die Widerstandsfähigkeit bestimmter Arten und ihrer Entwicklungsstadien zu überprüfen. Darüber hinaus wird kurz über Erfahrungen in der Praxis berichtet.

## Material und Methoden

Die Insektenarten befinden sich seit vielen Jahren in der Zucht des Instituts und werden bei 20°C bis 27°C und 65-70±5 % rel. Lf. gehalten (Details finden sich in den Einzelpublikationen ADLER 2002, 2003, 2004, 2006, ADLER & GROSSE 2004). In den Laborversuchen zur Wirksamkeit hoher Temperaturen sollte ein besenreiner Lebensmittelbetrieb simuliert werden, in dem in Ritzen und Fugen Restmengen an Produkt mit Befall verblieben sind. Daher wurden 10 ml Zuchtsubstrat mit mindestens 30 Imagines oder Entwicklungsstadien über einen Trichter in zuvor bereits im Wasserbad vortemperierte Reagenzgläser gegeben. Zur Vermeidung thermischer Einflüsse (Luftbewegung, Austrocknung) wurde das Reagenzglas mit einem Korkstopfen verschlossen. Wenn in Vorversuchen Käfer an der Glaswand zum Korken gekrabbelt waren (z.B. *L. serricornes*), wurde bei diesem Stadium zusätzlich ein Wattepfropfen in das Reagenzglas gesteckt, der die Tiere unterhalb der Wasseroberfläche im Glas zurückhielt und so ein Entkommen in kühlere Bereiche verhinderte. Am Ende der jeweiligen Einwirkzeit wurden die Proben entnommen, in Petrischalen umgefüllt, und wöchentlich auf Überlebende untersucht. Prozent Mortalität wurden berechnet in dem die Imagines bzw. der Schlupf adulter Insekten aus unbehandelten Kontrollproben gleich 100% gesetzt wurden. Ergebnisse aus mindestens drei unabhängigen Wiederholungen wurden als Einzeldaten in Letalitätskurven eingetragen, die zur vollständigen Abtötung nötige Einwirkzeit durch eine Log Trend Kurve ermittelt.

Außerdem wurden praktische Hitzebehandlungen in Mühlen mit gekäfigten Tierproben und Dataloggern zur Erfassung des Temperaturverlaufs begleitet, um Laborergebnisse mit Felddaten zu vergleichen.

## Ergebnisse

Einzelresultate zu den Laborversuchen mit *R. dominica* und *L. serricornes* (Adler 2002, 2003), *C. pusillus* und *T. castaneum* (Adler 2004), *S. granarius* und *S. zeamais* (ADLER & GROSSE 2004) und *E. kuehniella* (ADLER 2006) wurden bereits an anderer Stelle publiziert. Ein Vergleich der zur vollständigen Abtötung der untersuchten Arten benötigten Einwirkzeiten und das jeweils widerstandsfähigste Stadium findet sich in Tabelle 1.

**Tabelle 1** Einwirkzeiten (min), die in Laborversuchen unter verschiedenen Temperaturen zur Abtötung aller Stadien einer Insektenart benötigt wurden und das jeweils widerstandsfähigste Entwicklungsstadium\*

Insektenart	45°C		50°C		55°C	
<i>Ephestia kuehniella</i>	660 (11 h)	E/P	27	L/P	7.2	L/P
<i>Sitophilus granarius</i>	540 (9 h)	L/P	40	L/P	30	L/P
<i>Sitophilus zeamais</i>	660 (11 h)	L/P	45	A	30	A
<i>Cryptolestes pusillus</i>	1200 (20 h)	L	65	L	20	L
<i>Tribolium castaneum</i>	1800 (30 h)	L/P	35	L/P	20	L/P
<i>Lasioderma serricornes</i>	2400 (40 h)	P	370	E	45	E/P
<i>Rhizopertha dominica</i>	6000 (100 h)	P	370	P	45	P

\*E = Eistadium, L = Larvenstadium, P = Puppenstadium A = adulte Tiere (Imago)

Tests wurden in 10 ml Substrat in zu 2/3 in einem geheizten Wasserbad eingetauchten Reagenzgläsern mit Stopfen durchgeführt, 100% Mortalität wurden grafisch ermittelt durch eine Log Trend-Kurve

## Diskussion

Im Lauf der Versuche zeigte sich, dass je nach Insektenart und Temperatur unterschiedliche Entwicklungsstadien besonders widerstandsfähig sein können. So waren bei 50°C beispielsweise die Eier des Tabakkäfers, die späten Larven und Puppen des Rotbraunen Reismehlkäfers und die Imagines (Adulten) des Maiskäfers am widerstandsfähigsten (Tabelle 1). Im Vergleich der Arten waren insbesondere Puppen und Eier von *R. dominica* und *L. serricornes* mit Abstand hitzetoleranter als andere Käferarten. Dies bestätigt im Wesentlichen die Ergebnisse der vergleichenden Untersuchung von KIRKPATRICK & TILTON (1972) mit einer Infrarot-Wärmequelle an adulten Vorratsschädlingen.

BARTLETT et al. (2005) erwähnen, dass bei Wärmeentwesungen in Mühlen zwei bzw. eine halbe Stunde Einwirkzeit ausreichen um den Rotbraunen und Amerikanischen Reismehlkäfer *T. castaneum* und *T. confusum* sowie den Türkischen Leistenkopflattkäfer *C. turcicus* bei 49°C bzw. 51°C abzutöten. Dies bestätigen tendenziell die in Tabelle 1 dargestellten Laborergebnisse für *T. castaneum* und *C. pusillus*, während die

Daten von MAHROOF et al. (2004), die bei 50° C eine Einwirkzeit von mindestens 7,2 Stunden zur Abtötung des Rotbraunen Reismehlkäfers errechneten, nicht unterstützt werden können.

Als besonders empfindlich gegen hohe Temperaturen erwies sich die Mehlmotte, orientierende Versuche mit der Dörrobstmotte (unveröffentlichte Daten) ergaben eine ähnlich hohe Empfindlichkeit. Dies könnte auf den deutlich weicheren Körperbau der Mottenlarven, also ihre dünnere und weichere Cuticula, zurückzuführen sein.

Praktische Wärmeentwesungen in Betrieben der Lebensmittelerzeugung zeigten, dass überall dort, wo für mehrere Stunden mehr als 50°C herrschten, alle Schadinsekten abgetötet wurden (siehe Abb. 1). In Einzelfällen wurden die Tierproben bei hoher Luftumwälzung auch bei Temperaturen knapp unter 50°C abgetötet. Problematisch unter dem Gesichtspunkt einer vollständigen Schädlingsbekämpfung waren vor allem Sackstapel mit Produkten, Putzlappen, gefüllte Wassereimer, verbliebene Produktrestmengen, Bauhölzer, Mülleimer und Beutel mit Staub, ausgereinigtem Häckselstroh oder anderen Produktionsrückständen sowie unzureichend isolierte Außenwände. Aus anderen Behandlungen ist bekannt, dass feuchtes Holz rissig wird und feuchter Beton nicht zu vertretbaren Kosten aufgeheizt werden kann. Trotzdem ist die Wärmeanwendung ein sicheres Verfahren, wenn gewährleistet ist, dass alle Bereiche gleichmäßig aufgeheizt werden. Die in einem Gebäude eingesetzte Infrarot-Thermographie zeigte Kältebrücken und mögliche Rückzugsräume für Insekten während der Behandlung an und könnte dem Hitzeanwender ein wertvolles Hilfsmittel sein. Gute Isolationsmedien wie Lappen oder Mehl zeigt sie jedoch nicht an. In diesen Materialien lagen während der Behandlung die Temperaturen um bis 20 Grad unter der Umgebungstemperatur. Wichtig erscheint eine enge Einbindung des Auftraggebers in die Behandlung. Produkte im Gebäude sollten vor der Behandlung reduziert, Restmengen ausgelagert und von dort abverkauft oder verbraucht werden. Wichtig ist eine eindeutige Definition der zu entwesenden Räume, damit eine Rückbesiedlung durch Restpopulationen ausgeschlossen werden kann.

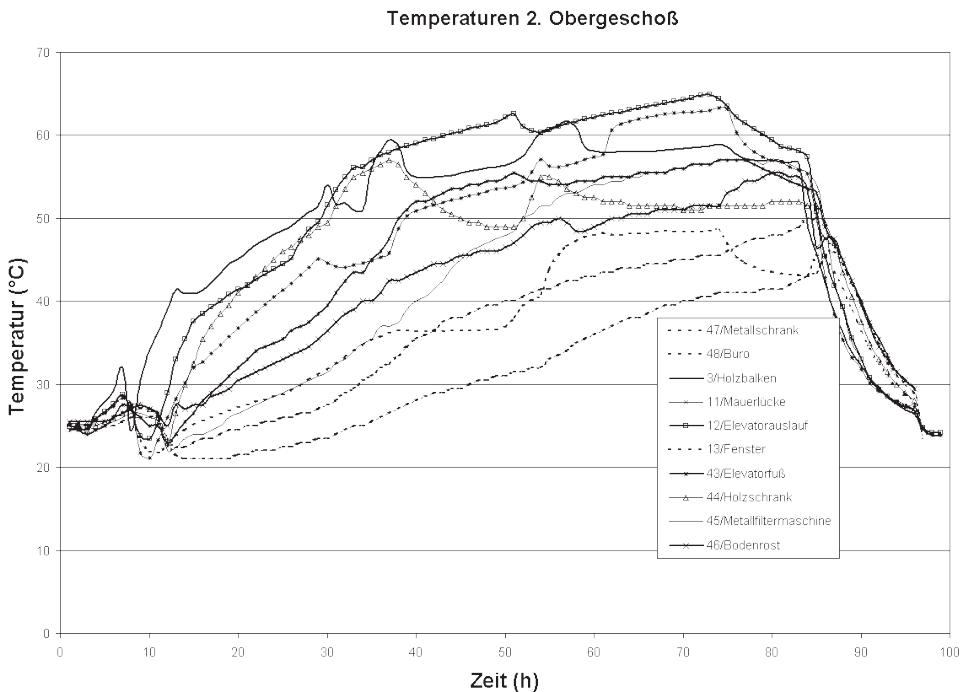


Abb. 1 Temperaturverlauf bei der Hitzeentwesung im 2. Obergeschoß einer Mühle.

Durchgezogene Linie: vollständige Abtötung der eingebrachten Versuchstiere (*E. kuehniella*, *T. castaneum*, *R. dominica*) an, unterbrochene Linie: überlebende Tiere (Fenster mit Temperaturschwankungen, Metallschrank an Außenwand wird am Ende kurz 50°C, verschlossenes Büro nur langsam erwärmt).

**Literatur**

- ADLER, C. (2002): Efficacy of high temperatures to control *Lasioderma serricorne* and *Rhyzopertha dominica*. Proceedings of the meeting of the IOBC-WPRS study group 'Integrated Protection of Stored Products', Lisbon, 3-5 September, 2001, IOBC-Bulletin **25** (3): 187-191.
- ADLER, C. (2003): Efficacy of heat treatments against the tobacco beetle *Lasioderma serricorne* F. (Col., Anobiidae) and the lesser grain borer *Rhyzopertha dominica* F. (Col., Bostrychidae). Advances in Stored Product Protection, Proceedings of the 8<sup>th</sup> International Working Conference on Stored Product Protection, York 2002, CAB International Publishing: 617-621.
- ADLER, C. (2004): Control of *Cryptolestes pusillus* (Col., Cucujidae) and *Tribolium castaneum* (Col., Tenebrionidae) at high temperatures. In: Integrated Protection in Stored Products. Proceedings of the meeting of the IOBC-WPRS working group 'Integrated Protection of Stored Products', Kusadasi, 16-19 September 2003, IOBC Bulletin **27** (9): 211-214.
- ADLER, C., GROSSE, N. (2004): Wirkung hoher Temperaturen zwischen 45°C und 55°C auf vorratsschädliche Insekten. In: 54. Deutsche Pflanzenschutztagung, Hamburg 20.-23. September 2004. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- u. Forstw., Heft 396, 438-439.
- ADLER, C. (2006): Efficacy of heat against the Mediterranean flour moth *Ephestia kuehniella* and methods to test the efficacy of a treatment in a flour mill. In: Proceedings of the 9<sup>th</sup> International Working Conference on Stored Product Protection, Campinas 15-18 October 2006, 741-746.
- ADLER, C. & RASSMANN, W. (2000): Utilisation of extreme temperatures in stored product protection. In: Adler, C. and Schoeller, M. (eds.): Proceedings of the meeting of the IOBC-WPRS study group 'Integrated Protection of Stored Products', Berlin, 22-24 August 1999, IOBC-Bulletin **23** (10), 257-262.
- BARTLETT, D., CONYERS, T. BELL, C.H., WATSON, C. (2005): Further development of heat-based methods for disinfecting flour mills. Project Report No. 378. HGCA, 62 pp.
- BECKETT, S.J.; MORTON, R., DARBY, J.A. (1998): The survival of *Rhyzopertha dominica* (F.) (Col., Bostrychidae) and *Sitophilus oryzae* (L) (Col., Curculionidae) at moderate temperatures. J. Stored Prod. Res. **34**, 363-376.
- BURKS, C., S. JOHNSON, J.A., MAIER, D.E., HEAPS, J.W. (2000): Ch. 4 Temperature. In: Subramanyam, B. and Hagstrum, D.W. Alternatives to pesticides in stored-product IPM, Kluwer Acad. Publ., 73-105.
- FIELDS, P.G. (1992): The control of stored-product insects and mites with extreme temperatures. J. Stored Prod. Res. **28**: 89-118.
- KIRKPATRICK, R.L., TILTON, E.W. (1972): Infrared radiation to control adult stored-product coleoptera. J. Ga. Entomol. Soc. 7:73-75.
- MAHROOF, R., SUBRAMANYAM, B.H., THRONE, J. E., MENON, A. (2003): Time-mortality relationships of *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) life stages exposed to elevated temperatures. Journal of Economic Entomology **96**: 1345-1351.