

Johannes L.M. Steidle, Steffi Niedermayer

Was Professor Hase noch nicht wusste: Biologische Bekämpfung von Vorratsschädlingen mit der Lagererzwespe: Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft

Biological Control of stored product pests using the parasitoid
Lariophagus distinguendus: Past, presence and future

123

Zusammenfassung

Die Erzwespe *Lariophagus distinguendus* (Lagererzwespe) entwickelt sich als Ektoparasitoid an den Larven einer Reihe von Vorratsschädlingen. Daher wurde bereits 1919 durch Prof. Dr. Albrecht HASE an der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft ihre Verwendung zur Bekämpfung dieser Schädlinge vorgeschlagen. Nach russischen Arbeiten aus den 1930er Jahren, u. a. auch zur Wirtsfindungsfähigkeit von *L. distinguendus*, folgten ausgiebige Studien zur Biologie dieser Art in den 1950er Jahren durch KASHEF und in den 70er und 80er Jahren durch VAN DEN ASSEM, BELLOWS und CHARNOV. Letztere machten *L. distinguendus* als Modellorganismus für verhaltensbiologische Fragestellungen berühmt. Anfang der 90er Jahre untersuchte eine koreanische Gruppe v. a. die ökologische Wechselwirkung der Art mit ihren Wirten und konkurrierenden Arten. Insbesondere der Bedarf an alternativen, umweltfreundlichen Methoden zur Schädlingsbekämpfung auch im Vorratsschutz führte dazu, dass ab 1994 die Idee der biologischen Schädlingsbekämpfung mit *L. distinguendus* wieder aufgegriffen wurde. Die Arbeiten wurden in enger Kooperation zwischen der Angewandten Zoologie der FU Berlin, dem ehemaligen Institut für Vorratsschutz der Biologischen Bundesanstalt und der Berliner Firma BiP-Biologische Beratung bei Insektenproblemen durchgeführt. Sie zeigten, dass *L. distinguendus* Kornkäfer bis zu 4 m tief in gelagertem Getreide finden kann und in der Lage ist, die Populationsentwick-

lung von Kornkäfern um bis zu 94% zu unterdrücken und führten dazu, dass die Lagererzwespe inzwischen bei einer Reihe von Anbietern kommerziell erhältlich ist. Aktuelle Arbeiten, v. a. am Institut für Zoologie der Universität Hohenheim in Stuttgart, befassen sich mit der Optimierung der Freisetzung durch Verwendung einer Zuchtbox, welche in das Lager gestellt werden kann, sowie den Möglichkeiten der Bekämpfung von Schädlingen auch im Leerraum und in Abhängigkeit von extremen Umgebungstemperaturen im Winter und im Sommer.

Stichwörter: Biologische Schädlingsbekämpfung, Vorratsschutz, Parasitoide, Ökolandbau

Abstract

The Pteromalid wasp *Lariophagus distinguendus* develops as ectoparasitoid in larvae of several stored product pests. Therefore, in 1919 Prof. Dr. Albrecht HASE from the Biologische Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft in Berlin suggested its use for the Biological Control of these pests. Russian studies on the host finding ability of *L. distinguendus* in the 30ties were followed by extensive studies on several aspects of the biology of the species in the 50ties by KASHEF and in the 70ties and 80ties by VAN DEN ASSEM, BELLOWS and CHARNOV. The latter made *L. distinguendus* famous as model organism in behavioural biology. Around the beginning of the 90ties a group from

Institut

Universität Hohenheim, Institut für Zoologie, Fachgebiet Tierökologie, Stuttgart

Kontaktanschrift

Prof. Dr. Johannes Steidle, Universität Hohenheim, Institut für Zoologie, Fachgebiet Tierökologie 220c, 70593 Stuttgart, E-Mail: jsteidle@uni-hohenheim.de

Zur Veröffentlichung angenommen

14. September 2012

Korea studied the ecological interaction of *L. distinguendus* with its hosts and with competitors. Due to the need of alternative, environmentally friendly methods for the control of stored product pests, the idea of Biological Control with *L. distinguendus* was revived in 1994 in Berlin by scientists from the Angewandte Zoologie of the Freie Universität Berlin, the former Institut für Vorratsschutz der Biologischen Bundesanstalt, and the company BiP-Biologische Beratung bei Insektenproblemen. Their studies revealed that *L. distinguendus* is able to locate granary weevil infested grains up to 4 m deep in the grain, and that it is able to reduce population growth of granary weevils by 94%. Based on these results, *L. distinguendus* is commercially available by several companies. Current studies on *L. distinguendus* are conducted at the Institut für Zoologie of the Universität Hohenheim in Stuttgart. The goal is to improve the mode of application by using a rearing box, which can be placed in the grain store. Furthermore, the use of *L. distinguendus* in empty grain stores to control residual populations and its dependence from extreme temperatures in summer and winter is studied.

Key words: Biological Control, stored product protection, ecological farming

Einleitung

Die Lagererzwespe *Lariophagus distinguendus* FÖRSTER entwickelt sich als Ektoparasitoid an den Entwicklungsstadien einer Reihe von Käferarten, die häufig als Vorratsschädlinge auftreten.

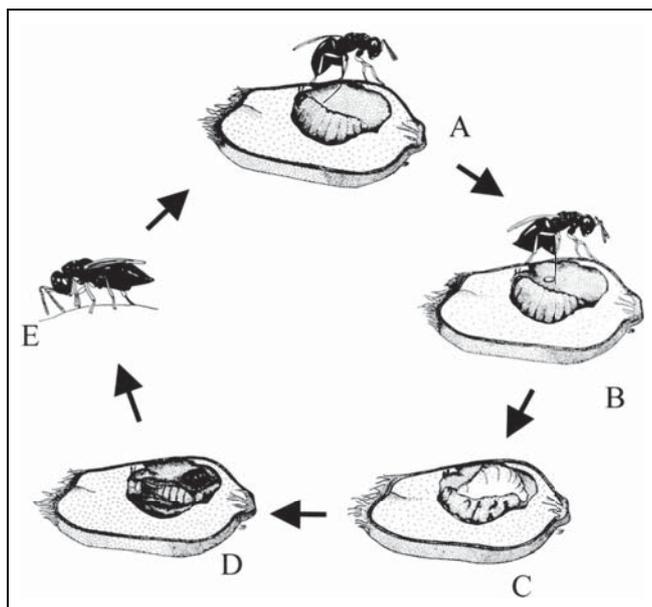


Abb. 1. Lebenslauf der Lagererzwespe *Lariophagus distinguendus*. Beispielhaft dient hier eine Larve des Kornkäfers *Sitophilus granarius* als Wirt. A: Einstechen in ein befallenes Weizenkorn. B: Eiablage auf die Außenseite des Wirtes. C: Die Wespenlarve frisst von außen an dem Wirt. D: Die Wespenpuppe im Inneren des Kornes. E: Wespenweibchen auf Wirtssuche.

schädlinge oder Materialschädlinge auftreten (Abb. 1). Daher wurde bereits Anfang des 20. Jahrhunderts ihre Verwendung zur Bekämpfung von Vorratsschädlingen diskutiert. Seit dieser Zeit haben sich zahlreiche Arbeiten mit grundlegenden Fragen zur Biologie dieser Art, aber auch mit ihrem Einsatz in der biologischen Schädlingsbekämpfung befasst (Abb. 2). Eine Zusammenstellung der Literatur bis 1998 findet sich bei SCHÖLLER (1998). Die vorliegende Darstellung gibt einen Überblick über diese früheren Arbeiten und befasst sich darüber hinaus mit den gegenwärtigen und zukünftigen Fragestellungen.

Die Biologie der Lagererzwespe *Lariophagus distinguendus*

Die Lagererzwespe parasitiert die Larven, Präpuppen und Puppen von mindestens elf verschiedenen Käferarten aus fünf verschiedenen Familien (STEIDLE und SCHÖLLER, 2002). Dazu gehören z.B. die Larven von Rüsselkäfern (Curculionidae) der Gattung *Sitophilus* (Korn-, Reis-, und Maiskäfer), von Bohnenkäfern (Bruchidae), Brot- und Tabakkäfern (Anobiidae) und vom Getreidekapuziner *Rhyzopertha dominica* (Bostrychidae). Allen Wirten ist gemeinsam, dass sie sich in einer Hülle, entweder in einem Samen (Bruchidae), einem Getreidekorn (Curculionidae, Bostrychidae), oder in einem Kokon (Anobiidae) entwickeln. Viele der Wirtsarten treten als Vorratsschädlinge auf. Die Wespenweibchen stechen die Hülle an und legen in der Regel je ein Ei von außen an den Wirt (Abb. 1). Aus dem Ei schlüpft eine Wespenlarve, welche die Wirtslarve auffrisst und sich in der Hülle verpuppt. Schließlich schlüpft die adulte Wespe aus der Hülle.

Die frühen Arbeiten (1919–1937)

Die ersten Arbeiten, in denen Details der Biologie der Lagererzwespe untersucht wurden, stammen aus Deutschland. Hier befassten sich SCHULZ (1919) und v.a. Prof. Dr. Albrecht HASE in den 20er Jahren des letzten Jahrhun-

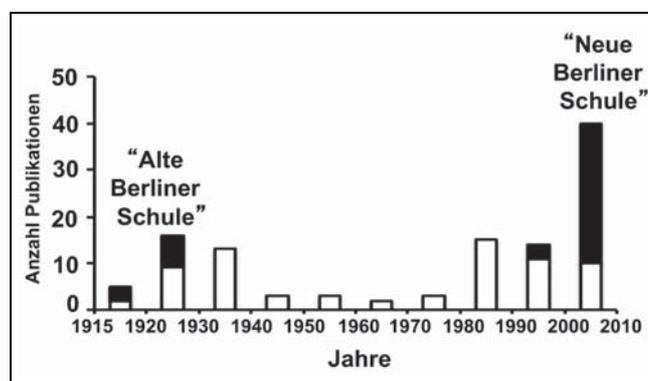


Abb. 2. Publierte Arbeiten zur Biologie der Lagererzwespe *Lariophagus distinguendus* der letzten 100 Jahre. Schwarz: Arbeiten von Berliner Arbeitsgruppen. Weiß: Arbeiten anderer Arbeitsgruppen.

derts mit dieser Art. HASE war in dieser Zeit Oberregierungsrat an der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft in Berlin und nach dem Krieg Leiter der Abteilung für landwirtschaftliche Zoologie der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (PIEKARSKI, 1969), dem heutigen Julius Kühn-Institut – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, wo er sich mit der Biologie von Schadinsekten und ihren Gegenspielern beschäftigte. Ab 1919 publizierte er eine ganze Reihe von Arbeiten zur Biologie von Parasitoidenarten, einschließlich *L. distinguendus* (SCHÖLLER, 1998), z.B. „Über den Stech- und Legeakt sowie über den Wirtswechsel von *Lariophagus distinguendus*“ oder „Über den Putzvorgang bei der Schlupfwespe *Lariophagus distinguendus*“. Die Grundidee dieser Arbeiten war stets die Überlegung, *L. distinguendus* zur Bekämpfung von Vorratsschädlingen einzusetzen. Daher kann HASE sicherlich als der „Urvater“ der Lagererzwespenforschung und einer der Begründer des Biologischen Vorratsschutzes gelten.

Nach den Arbeiten von HASE befassten sich Wissenschaftler aus verschiedenen Ländern mit *L. distinguendus* sowie den Möglichkeiten, diese Art im Vorratsschutz einzusetzen. So untersuchte RYABOV (1926) die Frage, wie eine Massenzucht von *L. distinguendus* durchgeführt werden kann, und SMIRNOV und POLEZHAEV (1937) beschrieben erstmals das erstaunliche Wirtsfindungsvermögen der Wespen. Die letztgenannten Autoren berichten, dass die Wespen Tiere in der Lage sind, einige wenige mit Kornkäferlarven befallene Körner aus 230 000 unbefallenen Körnern herauszufinden.

Die zweite Hälfte des 20. Jahrhunderts

Nach diesen frühen Arbeiten klafft eine große Lücke, bis sich in den 50er und 60er Jahren des letzten Jahrhunderts v.a. der Ägypter KASCHEF wieder intensiver mit *L. distinguendus* befasste. KASCHEF ging es v.a. um das Wirtsspektrum, und er untersuchte dazu vergleichend das Verhalten und das Parasitierungsvermögen von Lagererzwespenweibchen gegenüber verschiedenen Wirtsarten, wie *Stegobium paniceum* (Anobiidae), *Rhizopertha dominica* und *Gibbium psylloides* (Ptinidae) (z.B. KASCHEF, 1964).

In den 70er und 80er Jahren folgten zahlreiche Arbeiten durch VAN DEN ASSEM, BELLOWS und CHARNOV, in denen *L. distinguendus* als Modellorganismus für grundlegende verhaltensbiologische, evolutionäre und populationsökologische Untersuchungen berühmt wurde. In einer grundlegenden, in „Nature“ publizierten Arbeit, konnten CHARNOV et al. (1981) am Beispiel von *L. distinguendus* zeigen, dass Parasitoiden das Geschlechterverhältnis (sex-ratio) an bestimmte ökologische Bedingungen anpassen. Bei hymenopteren Parasitoiden sind, wie bei allen anderen Hymenopteren auch, die Weibchen diploid und die Männchen haploid. Die Weibchen können daher bei der Eiablage darüber entscheiden, ob sie ein weibliches (befruchtetes) oder ein männliches (unbefruchtetes) Ei legen. Diese Entscheidung hängt offenbar von der

Größe der Wirte ab. Sind Wirte von unterschiedlicher Größe vorhanden, so legen die Weibchen männliche Eier an kleine Wirte und weibliche Eier an große Wirte. Als Folge dieser Entscheidung sind ihre Töchter groß und können mehr Eier und damit Nachkommen produzieren als kleine Töchter. Die Größe der Söhne spielt für die Anzahl der Nachkommen nur eine geringe Rolle, da kleine Söhne nahezu gleich viele Spermien produzieren können wie große Söhne. Was passiert, wenn nur große Wirte vorhanden sind, konnte VAN DEN ASSEM bereits 1970 zeigen. Die Weibchen produzieren nur so viele Männchen, wie erforderlich sind, um die Befruchtung aller Töchter sicher zu stellen und vermeiden damit Konkurrenz unter ihren Söhnen. Das Geschlechterverhältnis liegt dann bei etwa 70:30 (Töchter: Söhne).

Ende der 80er und bis in die Mitte der 90er Jahre wurden die Arbeiten mit ökologischen und evolutionsbiologischen Fragestellungen bei *L. distinguendus* v.a. durch eine koreanische Gruppe fortgeführt. RYOO und Mitarbeiter untersuchten die Präferenz von *L. distinguendus* für bestimmte Wirtsstadien, den Einfluss von klimatischen Faktoren (v.a. Temperatur) auf die Entwicklungsdauer der Wespen und die Beziehung von *L. distinguendus* zu konkurrierenden Arten.

Die neue Berliner Schule

Insbesondere der Bedarf an alternativen, umweltfreundlichen Methoden zur Schädlingsbekämpfung auch im Vorratsschutz und der wachsende Markt für biologische Produkte führten dazu, dass ab 1994 die Idee der biologischen Schädlingsbekämpfung mit *L. distinguendus* wieder aufgegriffen wurde. SCHÖLLER hatte 1995 in einer Mühle in der Schweiz einen Stamm gesammelt, mit dem in der Folgezeit in enger Kooperation an der Angewandten Zoologie der Freien Universität Berlin (STEIDLE, RUTHER, STEINER), dem ehemaligen Institut für Vorratsschutz der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft in Berlin (jetzt: Institut für ökologische Chemie, Pflanzenanalytik und Vorratsschutz im Julius Kühn-Institut, REICHMUTH, ADLER) und der Berliner Firma BiP-Biologische Beratung bei Insektenproblemen (SCHÖLLER, PROZEL) zahlreiche Untersuchungen durchgeführt wurden. Im Zentrum der Arbeiten standen grundlegende Fragen zur Biologie der Wespe wie zum Wirtsfindungs-, Lern-, und Paarungsverhalten, sowie Untersuchungen zur Eignung der Wespe bei der Bekämpfung von Vorratsschädlingen, insbesondere von Kornkäfern. Die wichtigsten Ergebnisse dieser Arbeiten waren, dass *L. distinguendus* seine Wirte v.a. über chemische Signale findet, und dass die Reaktion auf zumindest einen Teil dieser Signale erlernt ist. Bedeutsam für die Anwendung waren die Befunde, dass *L. distinguendus* Kornkäfer bis zu 4 m tief in gelagertem Getreide finden und parasitieren kann (STEIDLE und SCHÖLLER, 2002) und in der Lage ist, die Populationsentwicklung von Kornkäfern um bis zu 94% zu unterdrücken (REPPCHEN et al., 2003). Vor allem diese letzten Ergebnisse führten dazu, dass *L. distinguendus* heute von

einer Reihe von Anbietern kommerziell zur Bekämpfung von Kornkäfern im Getreidelager angeboten wird. Darüber hinaus beantragte Prof. Christoph REICHMUTH, der Leiter des Institutes für Vorratsschutz der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft in Berlin im Rahmen der ersten Ausschreibung des Bundesprogrammes Ökologischer Landbau das Projekt „Strategien für die Regulierung von Lagerschädlingen in Vorratsräumen und Fabriken für Produkte aus dem Ökolandbau“ (Projekt 02OE113). In diesem Projekt wurden von 2002 bis 2003 weitere Grundlagen zum Einsatz von *L. distinguendus* untersucht, und es wurde das Computerprogramm VOEL als Entscheidungssoftware für Anwender erstellt (SCHÖLLER et al., 2005). Nicht zuletzt wurde im Rahmen dieses Projektes der deutsche Name „Lagererzwespe“ geprägt, um die Einführung der Art bei Lagerhaltern zu erleichtern.

Die Lagererzwespe zieht in den Süden

Mit der Wiederbesetzung des Fachgebiets Tierökologie im Institut Zoologie der Universität Hohenheim im Jahr 2003 durch einen der Autoren (STEIDLE) verlagerte sich der Schwerpunkt der Forschung mit *L. distinguendus* nach Stuttgart. Im Rahmen einer Diplomarbeit untersuchte NIEDERMAYER die Lagerstrukturen im Ökologischen Landbau, um die Rahmenbedingungen für den Einsatz von *L. distinguendus* im süddeutschen Raum zu definieren. Die Untersuchung zeigte u.a., dass die Möglichkeit, *L. distinguendus* als natürlichen Gegenspieler gegen Kornkäfer einzusetzen bei ökologisch wirtschaftenden Landwirten zwar bekannt ist, aber nur wenig Anwendung findet. Dies wurde unter anderem auf die mehrmals notwendige Ausbringung der Tiere zurückgeführt (NIEDERMAYER und STEIDLE, 2006). Aus diesem Grund wurde das Projekt „Methodische Grundlagen zur kontinuierlichen Zucht und Freisetzung von Lagererzwespen zur Biologischen Bekämpfung des Kornkäfers in Getreidelagern“ (Projekt 05OE040) beim Bundesprogramm Ökologischer Landbau beantragt. Im Rahmen dieses Projektes wurde zwischen 2008 und 2010 eine Zuchtbox entwickelt, mit der die Anwendung von *L. distinguendus* in der Praxis wesentlich vereinfacht wird. Die Lagererzwespen werden direkt im Lager gezüchtet und kontinuierlich ausgebracht. Ein einmaliges Aufstellen der Zuchtbox reicht aus, um eine kontinuierliche Freisetzung von Lagererzwespen von Frühjahr bis Herbst zu gewährleisten. Neben der Entwicklung der Zuchtbox spielen in der aktuellen Forschung in Hohenheim der Einsatz von *L. distinguendus* in Leerräumen und der Einfluss von winterlichen und sommerlichen Extremtemperaturen eine große Rolle. Letztere Versuche zeigen, dass *L. distinguendus* nicht nur im Winter bei Niedrigtemperaturen, sondern auch im Sommer bei Temperaturen über 30°C nicht mehr eingesetzt werden kann (NIEDERMAYER und STEIDLE, 2007).

In zukünftigen Arbeiten wird es darum gehen, den Einsatz von *L. distinguendus* im Vorratsschutz weiter zu perfektionieren und das Verfahren neben chemischen und physikalischen Methoden zu einem Standardverfahren zu machen. Erst dann kann die Vision von HASE als verwirklicht angesehen werden.

Danksagung

Unser besonderer Dank gilt Prof. Dr. Christoph REICHMUTH für seine ständige Unterstützung und seinen mitreißenden Enthusiasmus. Ohne ihn wäre HASE's Idee vom Einsatz der Lagererzwespe im Vorratsschutz immer noch – eine Idee.

Literatur

- CHARNOV, E.L., R.L. LOS-DEN HARTOGH, W.T. JONES, J. VAN DEN ASSEM, 1981: Sex ratio evolution in a variable environment. *Nature* **289**, 27-33.
- KASCHEF, A.H., 1964: Further studies of olfaction in *Lariophagus distinguendus* Forst. (Hymenoptera, Pteromalidae). *Behaviour* **23**, 31-42.
- NIEDERMAYER, S., J.L.M. STEIDLE, 2006: Lagerbedingungen und Vorratsschädlinge in Getreidelagern im Ökologischen Landbau in Baden-Württemberg. *Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Allgemeine und Angewandte Entomologie* **15**, 285-288.
- NIEDERMAYER, S., J.L.M. STEIDLE, 2007: Einfluss von Extremtemperaturen in Getreidelagern auf die Parasitierungsleistung von Nützlingen im Vorratsschutz. *Organic Eprints*, <http://orgprints.org/9631>.
- PIEKARSKI, G., 1969: Hase, Arndt Michael Albrecht. *Neue Deutsche Biographie* **8**, 20-21.
- REPPCHEN, A., M. SCHÖLLER, S. PROZELL, C. ADLER, C. REICHMUTH, J.L.M. STEIDLE, 2003: The granary weevil *Sitophilus granarius* is suppressed by the parasitoid *Lariophagus distinguendus* Förster (Hymenoptera: Pteromalidae). In: CREDLAND, P.F., D.M. ARMITAGE, C.H. BELL, P.M. COGAN, E. HIGHLEY (Eds.): *Advances in Stored Product Protection. Proceedings of the 8th International Working Conference on Stored Product Protection*. 22-26 July 2002 in York, UK, CAB International Publishing, 230-232.
- RYABOV, M.A., 1926: The Possibilities of applying the Parasitic Method of Control in the case of Granary Pests. *Bulletin of the North Caucasian Plant Protection Station* **1**, 19-50.
- SCHÖLLER, M., 1998: Biologische Bekämpfung vorratsschädlicher Arthropoden mit Räubern und Parasitoiden – Sammelbericht und Bibliographie. In: REICHMUTH, C., (Ed.): *100 Jahre Pflanzenschutzforschung. Wichtige Arbeitsschwerpunkte im Vorratsschutz*. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Berlin-Dahlem, Heft **342**, 85-189.
- SCHÖLLER, M., S. PROZELL, C. REICHMUTH, B. DAU, D. ROSSBERG, J.L.M. STEIDLE, 2005: VOEL 1.0: A decision support software for protection of organic stored products. In: STENGÅRD HANSEN, L., M. WAKEFIELD, J. LUKÁŠ, V. STEJSKAL (Eds.): *Biocontrol of Arthropod Pests in Stored Products*. Prague, Proceedings of the 5th meeting off COST action 842, Research Institute of Crop Production, 35-40.
- SMIRNOV, E.S., V.G. POLEZHAEV, 1937: On the Behaviour of *Lariophagus distinguendus* Forst. a Parasite of the Granary Weevil *Calandra granaria* L. *Zoologicheskii Zhurnal* **16**, 999-1012.
- STEIDLE, J.L.M., M. SCHÖLLER, 2002: Fecundity and ability of the parasitoid *Lariophagus distinguendus* (Hymenoptera: Pteromalidae) to parasitize larvae of the granary weevil *Sitophilus granarius* (Coleoptera: Curculionidae) in bulk grain. *Journal of Stored Products Research* **38**, 43-53.
- VAN DEN ASSEM, J., 1970: Some experiments on sex ratio and sex regulation in the pteromalid *Lariophagus distinguendus*. *Netherlands Journal of Zoology* **21**, 373-402.