© Münchner Ent. Ges., Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Untersuchung des Spinnvorgangs bei *Haploembia solieri* (RAMBUR) im REM

(Insecta, Embioptera, Oligotomidae)

Andreas DUBITZKY und Roland R. MELZER

Abstract

Using liquid nitrogen as a shock-freezing agent we have studied the spinning behaviour of the embiopteran *H. solieri* with the SEM. We show that silk is extruded in liquid form via pores at the tip of the gland hairs forming drops of silk on the substrate. By quickly dabbing the tarsus at the substrate silk fibers of varying diameters are produced and woven. Herewith both the gland hairs as well as the other hairs of the metatarsus are used.

Einleitung

Die ca. 250 bekannte Arten umfassende Insektenordnung der Tarsenspinner (Embioptera) ist ausschließlich in den Tropen und Subtropen verbreitet. Es handelt sich dabei um kleine, bis max. 20 mm lange Insekten mit paurometaboler Entwicklung. Die Ernährungsweise der Embien ist i.d.R. phyto- bzw. detritophag, die adulten Männchen allerdings nehmen keine Nahrung mehr auf. Systematisch werden sie in die Nähe der Plecoptera gestellt, manche Autoren sehen sie sogar als deren direkte Schwestergruppe an (SZUMIK 1996, KLAUSNITZER 1996).

Allen Tarsenspinnern (Larven wie auch Imagines beider Geschlechter) gemeinsam ist der im Tarsus des ersten Beinpaares lokalisierte Spinnapparat, mit welchem sie ihre Wohngespinste anfertigen. Letztere bestehen aus einem System von mehr oder weniger verzweigten Gespinströhren, die vorzugsweise unter Steinen oder Totholz angelegt werden, welche den relativ schwach sklerotisierten Embien einen gewissen Verdunstungsschutz bieten. Wie bei *H. solieri* beobachtet, können zudem noch Gespinströhren vom eigentlichen, etwa unter einem Stein liegenden Wohngespinst oberirdisch oder im Boden weiterlaufen. In die am tiefsten gelegenen Abschnitte ziehen sich die Embien vor allem bei anhaltender Trockenheit zurück (KALTENBACH 1968). Einige tropische Embienarten, welche aufgrund der konstant hohen Luftfeuchtigkeit nicht auf Verdunstungsschutz angewiesen sind, legen ihre Gespinste auch oberirdisch, z.B. auf der Rinde von Bäumen, an (KALTENBACH 1968). In Anpassung an das Leben im Gespinst ist auch die Flügellosigkeit weiblicher Embien zu sehen (ROSS 1970). Lediglich die Männchen mancher Arten (nicht jedoch *H. solieri*) besitzen noch zwei Flügelpaare.

Die Spinntarsen selbst sowie die Ultrastruktur der Spinndrüsen sind von RIMSKY-KORSAKOW (1905), ALBERTI & STORCH (1976), RITA et al. (1990) und NAGASHIMA et al. (1991) bereits eingehend untersucht worden. Danach sind in dem stark vergrößerten Metatarsus zahlreiche Spinndrüsen (80-100) in übereinander liegenden Schichten angeordnet. Jede dieser Spinndrüsen stellt dabei eine vielkernige Zelle dar, welche ballonförmig einen großen, extrazellulären Sekretraum umschließt, in den die beiden Komponenten des Spinnsekrets (die Proteine Sericin und Fibroin) abgegeben werden (NAGASHIMA et al. 1991). Von jeder dieser Drüsenzellen führt ein mehr oder weniger gewundener, dünner Gang zu je einem Spinnhaar auf der Tarsussohle. Die Spinnhaare auf der Sohle des zweiten Tarsalglieds, welches selbst in seinem Inneren keine Spinndrüsen besitzt, stehen über Kanäle mit Spinndrüsen des Metatarsus in Verbindung (NAGASHIMA et al. 1991).

Während die weiblichen Tiere kaum einmal die nähere Umgebung ihres Gespinsts verlas-

© Münchner Ent. Ges., Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

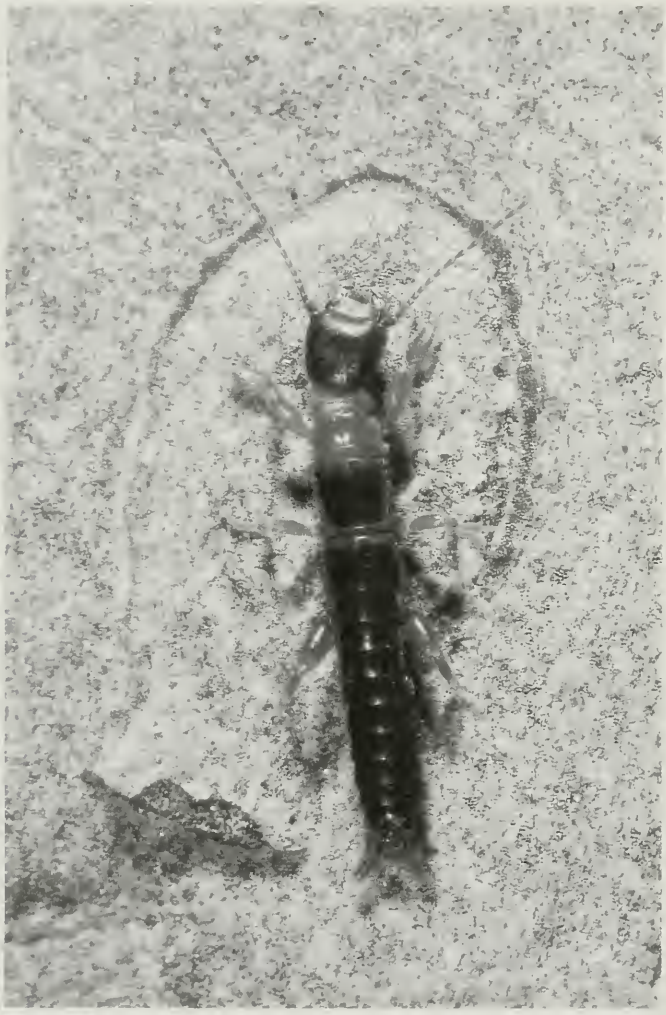

Abb. 1: Ein männliches Tier von *Haploembia solieri*; am Vorderbein ist der verbreiterte tarsale Spinnapparat zu erkennen.

sen, schwärmen die geschlechtsreifen Männchen aus, um Weibchen aufzusuchen (ROSS 1970). Sie leben dann für den Rest ihres Lebens mit in den Wohngespinsten der Weibchen und paaren sich dort mit diesen (KALTENBACH 1968). Neben der zweigeschlechtlichen Fortpflanzung kommt bei Tarsenspinnern aber auch Parthenogenese vor, wie etwa bei einigen Populationen von *H. solieri* auf den Tyrrhenischen Inseln (KALTENBACH 1968, ROSS 1966). Die ca. 1 mm großen Eier werden vom Weibchen einzeln oder in kleinen Häufchen im Gespinst abgelegt. Aus ihnen schlüpfen nach ungefähr drei Wochen die Larven (KALTENBACH 1968). Die Entwicklung zur Imago verläuft bei allen Tarsenspinnern über vier Larvenstadien. Bei mediterranen Embienarten wie *H. solieri* beträgt die Larvalzeit etwa zehn Monate, wobei das letzte Larvenstadium überwintert und sich erst im darauffolgendem Frühjahr bzw. Frühsommer zur Imago häutet. Bei vielen Tarsenspinnerarten (z.B. *Embia ramburi*, *H. solieri*) ist ein stark ausgeprägter Brutpflegeinstinkt der Weibchen zu beobachten. So werden die Eier an bevorzugten Orten im Gespinst deponiert und durch Belecken vor Verpilzung geschützt. Außerdem bietet das Mut-

© Münchner Ent. Ges., Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

tertier den Junglarven zernagte Pflanzenpartikel als Nahrung an (KALTENBACH 1968). Häufig läßt sich bei Embien auch subsoziales Verhalten beobachten, bei dem mehrere Weibchen mit ihrem Nachwuchs ein gemeinsames, großes Gespinst bewohnen. Es scheint hierbei aber nicht zu größeren Interaktionen zwischen den einzelnen Familien zu kommen (EDGERLY 1994, CHOE 1994, FRIEDRICHS 1934).

Während man über die Eidonomie und auch die Ultrastruktur des Spinnapparats von Embien recht gut unterrichtet ist (Literatur s.o.), gibt es bislang kaum genauere Beschreibungen des Spinnvorgangs selbst. In der vorliegenden Untersuchung wurden daher Tarsenspinner in Aktion fixiert und anschließend im REM untersucht. Bei hoher Vergrößerung konnten so die Position und Anordnung der Spinnfäden am Tarsus und die Beteiligung der verschiedenen Haartypen dokumentiert werden. Außerdem gibt die Studie Aufschluß über die Struktur eines frischen "Verankerungsgespinsts" von *H. solieri*.

Verhaltensbeobachtungen und Präparation

Die untersuchten Tiere stammten aus der Gegend um Rovinj (Kroatien) und von der Insel Elba (Italien). Die Bestimmung nach ROSS (1966) ergab für beide Versuchstiergruppen, daß es sich um *Haploembia solieri* (RAMBUR) handelte.

Die äußere Gestalt des Spinnapparats wurde an konventionell in 70 % Ethanol fixierten Tieren untersucht. Nach Entwässerung über eine Acetonreihe wurden die Tiere Kritisch-Punkt-getrocknet, mit Gold bedampft und im Philips XL20 REM analysiert. Darüber hinaus wurden sowohl goldbedampfte als auch im Originalzustand belassene Gespinstproben der Tiere studiert.

Lebende männliche Tiere konnten in kleinen Gefäßen mit etwas Moos längere Zeit gehalten und unter dem Binokular beobachtet werden. Zur Dokumentation des Spinnvorgangs mit dem REM wurde ein lebender Tarsenspinner in eine Petrischale gesetzt, deren Boden mit Alufolie ausgelegt war. Dann wurde das Tier im abgedunkelten Labor bei Rotlicht beobachtet. Der Tarsenspinner wähnte sich hierbei offensichtlich in m.o.w. dunkler Umgebung und zeigte sein Gespinstbauverhalten, das bei Tageslicht nicht gesehen worden war. Mehrfach stellte er "Anheftungsgespinste" her, die offenbar zunächst Hilfen zum Festhalten am glatten Untergrund waren, aber dem Anfangsstadium des Baus einer Gespinströhre entsprechen dürften. Hierbei betupfte er mit den Vordertarsen das Substrat und führte in schneller Folge Auf- und Abbewegungen mit den Vorderbeinen aus, bei denen offensichtlich das Spinnsekret zu Fäden ausgezogen wurde.

Nach ausgiebiger Beobachtung wurde das Tier durch Übergießen mit flüssigem Stickstoff und das dadurch bewirkte Schockgefrieren beim Spinnen fixiert. Um ein Ablösen der Spinnseide vom Vordertarsus zu vermeiden, wurde auf eine anschließende Kritisch-Punkt-Trocknung verzichtet; das Präparat wurde lediglich nach drei Tagen "Lufttrocknung" mit Gold bedampft und dann im REM analysiert. Zur Betrachtung der Gespinste wurden die Stellen mit Spinnseide aus der Alufolie ausgeschnitten und nach Lufttrocknung ebenfalls mit Gold bedampft.

Analyse des Spinnvorgangs mit dem REM

An den Beinen eines Tarsenspinners folgt auf die Tibia jeweils ein dreigliedriger Tarsus, welcher an der Spitze mit zwei kräftigen Klauen endet (Abb. 1, 2a,b; siehe genaue Beschreibung bei KALTENBACH 1968). An den relativ langen, in alle Richtungen beweglichen Vorderbeinen fällt besonders der stark vergrößerte Metatarsus (1. Tarsalglied) auf, welcher die Spinndrüsen enthält (Abb. 2a,b). Der elliptische bis eiförmige Metatarsus ist auf seiner Dorsalseite bauchig gewölbt und weist eine geschwungene Medianfurche auf (Abb. 2b). Außerdem inserieren hier zahlreiche, in Membrangelenken stehende Tastsinneshaare (Abb. 2b). Die abgeflachte Sohle des Metatarsus (Abb. 2a) weist hingegen noch zwei andere Haartypen auf: Neben vereinzelten

© Münchner Ent. Ges., Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

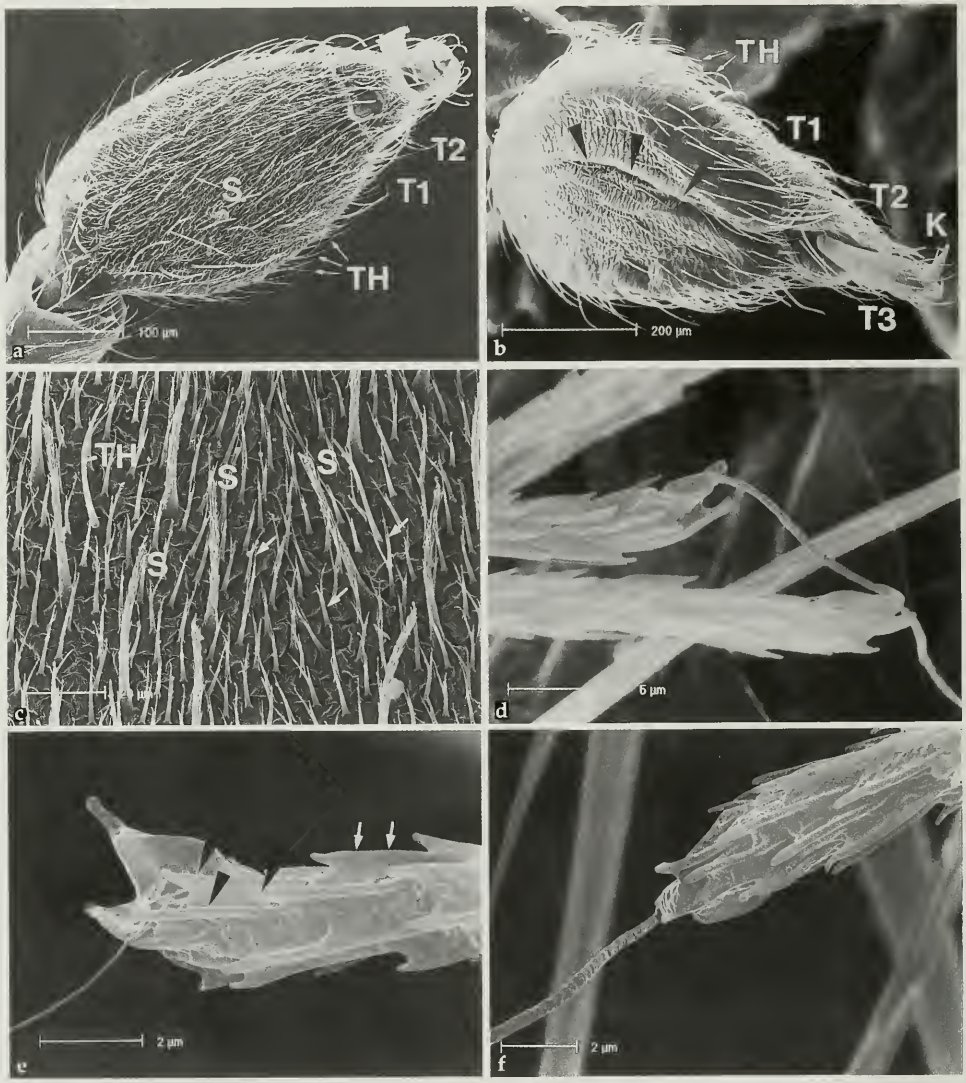

Abb. 2: **a.** Die Unterseite des Vordertarsus einer Larve von *H. solieri*; **b.** Die Oberseite des Vordertarsus; Pfeilspitzen: Medianfurche; **c.** Ausschnitt der Metatarsussohle; Pfeile: gegabelte Pseudospinnhaare; **d-f.** Spitzen dreier verschiedener Spinnhaare mit Resten von Sekrettropfen und ausgezogenen Spinnfäden (Dicke der Fäden 76-330 nm); beachte die Cuticulaleisten (Pfeile) und die sekundären Häärchen (Pfeilspitzen). K: Krallen, S: Spinnhaar, T1-3: Tarsalglieder 1-3, TH: Tastsinneshaar.

Tasthaaren der Sohlenperipherie finden sich mehrere, kräftige, gleichmäßig verteilte Spinnhaare und zahlreiche, sehr kurze (17 µm) und fast immer gegabelte Epidermishaare (Abb. 2c). Die letzten beiden Haartypen stellen unmittelbare Epidermisauswüchse (Microtrichien) dar, d.h. sie sitzen nicht in Membrangelenken, wie die in der Sohlenperipherie auftretenden Tastsinneshaare, sondern gehen an ihrer Basis nahtlos in die Cuticulaoberfläche über. Während das zweite Tarsalglied ebenfalls diese Haartypen besitzt, trägt das schmale, keulenförmige dritte Tarsalglied neben einigen wenigen Tastsinneshaaren lediglich die beiden Klauen an seiner Spitze (Abb. 2a,b). Es ist als einziges Tarsalglied der Vorderbeine nicht direkt in den Spinnvorgang mit

© Münchner Ent. Ges., Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

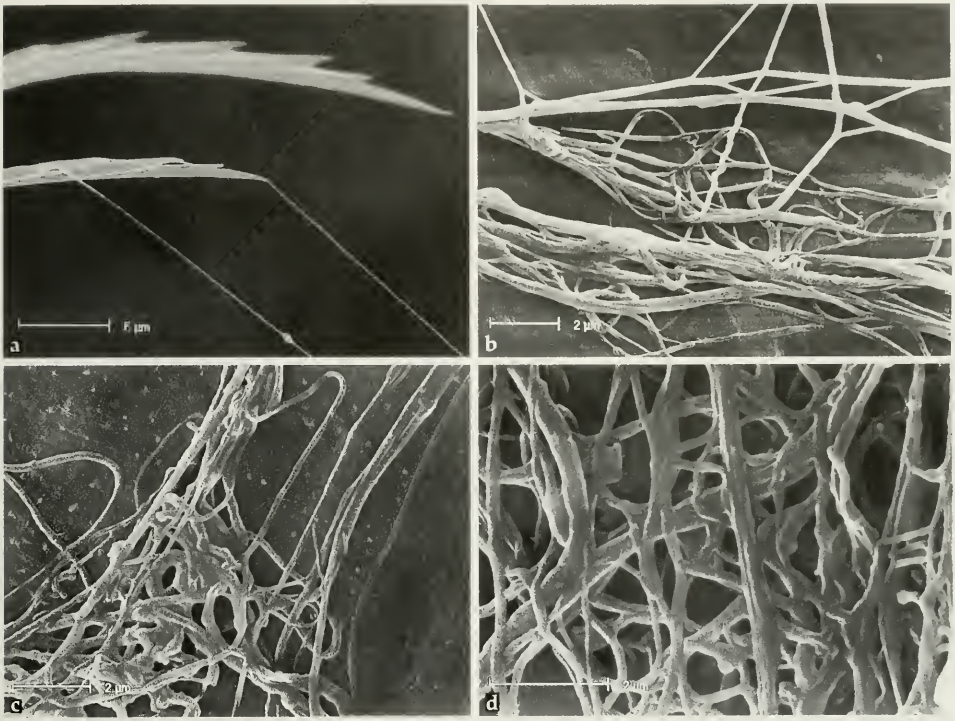

Abb. 3: a. Tastsinneshaar mit Spinnfaden (Dicke 109 nm), an dem noch ein kleines Sekrettröpfchen zu erkennen ist; **b-d.** Gespinstausschnitte mit verschiedenen Fadendicken (94-400 nm) und Verzweigungsformen; beachte die kaum "ausgezogenen" Sekretklumpen (**c**).

eingebunden. Die Spinnhaare, welche ca. 50 μm lang und an ihrer Basis 3-4 μm breit sind, weisen eine von der Basis zur Spitze hin zunehmende Skulpturierung auf (Abb. 2c-f). Hierbei handelt es sich um ca. 200 nm breite, radiär angeordnete Cuticulaleisten, die am Ende oft zapfenartig zu "Sekundärhaaren" ausgezogen sind. Die etwa 2 μm breite Spitze der Spinnhaare endet meist ziemlich abrupt und ist mit einer oder mehreren dornartigen Cuticulaspitzen versehen (Abb. 2d-f).

Wie die REM-Aufnahmen des schockgefrorenen Tieres zeigen, wird beim Spinnvorgang das Spinndrüsensekret über den chitinisierten Kanal zur Spitze eines Spinnhaares geleitet und dort ausgeschieden (Abb. 2d-f). Ein Austrittsporus konnte jedoch nicht gefunden werden. Wahrscheinlich liegt er in einer schmalen Rinne zwischen den Cuticulafortsätzen und ist normalerweise durch Sekretreste verdeckt. Das an der abgeschrägten Spitze des Spinnhaares austretende Spinnsekret bildet zunächst zwischen den langen Cuticulafortsätzen einen Sekrettropfen. Dieser wird dann durch das oben beschriebene "Betupfen", d.h. das Aufsetzen des Tarsus bzw. der Spinnhaarspitze auf die Unterlage (Anheftung) und das anschließende Wiederanheben (passives Ausziehen des Spinnsekrets) fadenförmig in die Länge gezogen. Dieser Vorgang ist vergleichbar mit dem Fädenziehen einer Flüssigklebertube. Während das Spinnsekret aktiv an der Spinnhaarspitze abgeschieden wird, erfolgt die Bildung der Spinnfäden also offensichtlich passiv durch Ausziehen des Spinnsekrets. Das erklärt auch die stark schwankende Dicke und Struktur der Spinnseide (Durchmesser: 75 nm-375 nm; Abb. 2d-f u. Abb. 3b-d). Beide sind dabei abhängig von der Geschwindigkeit des "Auftupfens" bzw. der Verweildauer des Tarsus oder der Spinnhaare auf dem Untergrund. Je schneller der Tarsenspinner den Tarsus auf und ab bewegt, umso dünner wird die Spinnseide offenbar ausgezogen und umgekehrt. Die Poren der Spinnhaare fungieren also nicht als Düse, die die Dicke der Fäden definiert. Diese Art der

© Münchner Ent. Ges., Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Spinntechnik setzt jedoch voraus, daß das an der Spinnhaarspitze austretende Sekret nur allmählich an der Luft erhärtet, da ein sofortiges Erhärten jede weitere Modifizierung des Sekrets verhindern würde.

Bei näherer Betrachtung des Anheftungsgespinsts (Abb. 3b-d) findet man neben einfachen Spinnfäden auch Stellen mit verklumpter oder stark verklebter Spinnseide. Von diesen können wiederum dünner werdende Fäden ausgehen, welche sich weiter aufspalten oder wieder zu dickeren Spinnfäden vereinigen. Zur Manipulation des ausgeschiedenen Spinnsekrets können neben den eigentlichen Spinnhaaren auch die gegabelten Pseudospinnhaare sowie die Tastsinneshaare beitragen (Abb. 3a). Das Gespinst der Embien läßt außerdem kein einheitliches Webmuster erkennen. Die Spinnseide wird aufgrund der eben beschriebenen Spinntechnik ohne festes Schema zu einem dichten Maschenwerk verklebt. (Abb. 3d).

Man nimmt an, daß das Auspressen des Spinnsekrets über einen Druckanstieg im Inneren des Metatarsus bewerkstelligt wird (KALTENBACH 1968). Welcher Mechanismus jedoch zu diesem Druckanstieg führt, ist noch nicht sicher geklärt. Höchstwahrscheinlich dürfte er jedoch auf eine Erhöhung des Hämolymphdrucks im Metatarsus (vergleichbar den Spinndrüsen der Araneae) zurückzuführen sein. Wie der Tarsenspinner nach Beendigung des Spinnvorgangs ein Verkleben der Spinnhaarspitzen und deren Poren verhindert, ist noch unklar. Möglicherweise geschieht dies durch Belecken der Tarsussohle mit einem Speichelsekret. So konnte kurz nach Beenden des Spinnvorgangs wiederholt ein "Putzen" der Tarsussohle mit den Mundwerkzeugen beobachtet werden. Eine andere Möglichkeit wäre, durch einen im Metatarsus erzeugten Unterdruck das noch flüssige Spinnsekret ins Tarsusinnere (Richtung Drüsenzelle) zurückzuziehen und so ein Verkleben der Austrittspore zu verhindern.

Die Hauptaufgabe des Gespinsts besteht wohl darin, die Embien vor Freßfeinden zu schützen (KALTENBACH 1968, ROSS 1970). Neben einem gewissen optischen Schutz stellen die weißfilzigen Gespinströhren ein Biotop dar, in dem die Tarsenspinner aufgrund spezieller Anpassungen (Sohlenbläschen, Trichobothrien) räuberischen Arthropoden hinsichtlich Fortbewegungsgeschwindigkeit und Orientierung im Gespinst (wichtig für Flucht vor Prädatoren) überlegen sein dürften. Außerdem wurde festgestellt, daß räuberische Arthropoden (Arachnida, Insecta) nicht in die Gespinste der Embien eindringen (KALTENBACH 1968).

Zusammenfassung

Mit Hilfe von flüssigem Stickstoff wurden Tarsenspinner (*Haploembia solieri*, Oligotomidae) während des Spinnvorgangs schockgefroren und im REM untersucht. Hierdurch konnte über die Anordnung und Struktur der Spinnfäden im Bereich des Spinnapparats sowie eines eben begonnenen Anheftungsgespinstes Aufschluß gewonnen werden. Das Spinnsekret wird offenbar in flüssiger Form über terminale Poren der Spinnhaare abgegeben, auf das Substrat getupft und durch Auf- und Abbewegungen der Vorderbeine zu Fäden ausgezogen. Dieser Vorgang ähnelt in gewisser Weise dem Ziehen von Fäden aus einer Tube mit Flüssigkleber. Hierbei werden neben den Spinnhaaren auch andere am Metatarsus inserierende Haare eingesetzt.

Literatur

ALBERTI, G. & STORCH, V. 1976: Transmissions- und rasterelektronenmikroskopische Untersuchung der Spinndrüsen von Embien (Embioptera, Insecta). – Zool. Anz. Jena **197**, 179-186.

CHOE, J. C. 1994: Communal nesting and subsociality in a webspinner, *Anisembia texana* (Insecta: Embiidina: Anisembiidae). – Anim. Behav. **47**, 971-973.

EDGERLY, J. S. 1994: Is group living a defense in a facultatively communal webspinner (Embiidina: Clothodidae). – J. Insect Behav. **7**, 135-147.

FRIEDRICHS, K. 1934: Das Gemeinschaftsleben der Embien und Näheres zur Kenntnis der Arten. – Arch. Naturgeschichte **1934**, 405-444.

KALTENBACH, A. 1968: VII. Überordnung Embioidea und 8. Ordnung Embiodea. – Handbuch der Zoologie, Bd. IV, 4(2) 2/8, 1-29.

© Münchner Ent. Ges., Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

KLAUSNITZER, B. 1996: Insecta (Hexapoda), Insekten. – WESTHEIDE, W. & RIEGER, R. 1996: Spezielle Zoologie, Teil 1, 601-681

NAGASHIMA, T.: 1991: Ultrastructure of silk gland of webspinners, *Oligotoma japanica* (Insecta, Embioptera). – Cytologia **56**, 679-685.

RIMSKY-KORSAKOW, M. 1905: Beitrag zur Kenntnis der Embiiden. – Zool. Anz.,Bd. **XXIX**, Nr. 14, 433-442.

RITA, C. 1990: The spinning behaviour and the significance of spinning in the Embiids with special reference to *Pseudembia flava* Ross. – Uttar Pradesh J. Zool. **10**, 148-151.

ROSS, E. S. 1966: The Embioptera of Europe and the Mediterranean Region. – Bulletin of the British Museum, Entomology **17**, 273- 326.

– – 1970: Biosystematics of the Embioptera. – Ann. Rev. Entomol. **15**, 157-172.

SZUMIK, C. A. 1996: The higher classification of the order Embioptera: A cladistic analysis. – Cladistics **12**, 41-64.

Anschrift der Autoren:

Andreas DUBITZKY und Roland R. MELZER
Zoologisches Institut der Universität
Luisenstr. 14
D-80333 München
Phone 0049/89/5902-262, Fax 0049/89/5902-450
e-mail melzer@zi.biologie.uni-muenchen.de

Erstfunde von *Eupithecia irriguata* (HÜBNER, 1813) in Westösterreich und *Fagivorina arenaria* (HUFNAGEL, 1767) in Nordtirol

(Lepidoptera, Geometridae)

Kurt LECHNER

Abstract

During field studies for a thesis at the University of Innsbruck in the years 1993 and 1994 in a riverine forest near Breitenbach/Inn *Eupithecia irriguata* (HÜBNER, 1813) and *Fagivorina arenaria* (HUFNAGEL, 1767) have been recorded for the first time in Nordtirol. In case of *E. irriguata* this is also the first record for western Austria. For both species the distribution in the surrounding area is shortly discussed and the biotope is described.

Einleitung

Im Zuge lepidopterologischer Erhebungen in einem Auwald bei Breitenbach im Nordtiroler Unterland im Rahmen einer Diplomarbeit an der Universität Innsbruck konnten erstmals *Eupithecia irriguata* (HÜBNER, 1813) und *Fagivorina arenaria* (HUFNAGEL, 1767) für Nordtirol nachgewiesen werden. Wie sich herausstellte, ist *Eupithecia irriguata* sogar neu für Westösterreich.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Nachrichtenblatt der Bayerischen Entomologen

Jahr/Year: 1999

Band/Volume: 048

Autor(en)/Author(s): Dubitzky Andreas, Melzer Roland R.

Artikel/Article: Untersuchung des Spinnvorgangs bei Haploembia solieri (Embioptera, Oligotomidae). 97-103