

Anmerkungen zur Abgabe von Wehrsekret und zur Struktur der Wehrdrüsen bei der Stabschrecke *Oreophoetes peruana* (Phasmatodea)

Notes on the Discharge of Defensive Secretion and the Structure of the Defence Glands in the Stick Insect *Oreophoetes peruana* (Phasmatodea)

DANIELA BEIN & HARTMUT GREVEN

Zusammenfassung: *Oreophoetes peruana* ist eine auffällig gefärbte Stabschrecke aus Peru, die im Prothorax jederseits eine große Drüse besitzt. Nach massiver Störung geben Nymphen und Adulte ein milchiges, unangenehm riechendes Sekret aus einem winzigen Pore an den anterolateralen Ecken des Pronotums ab. Das Sekret kann in Tropfenform abgegeben oder als dünner Strahl, der nur auf Videosequenzen mit 500 Bildern/s sichtbar wird, nach hinten gespritzt werden. Potenzielle Ziele eines solchen Sekretstrahls könnten verschiedene Prädatoren wie Anuren sein; ein Exemplar von *Hyla cinerea* (diese Art kommt nicht mit *O. peruana* zusammen vor) zeigte sich jedoch von der Sekretabgabe unbeeindruckt.

Schlüsselwörter: *Oreophoetes peruana*, Thoraxdrüsen, Wehrsekret, Hochfrequenz-Videographie

Summary: *Oreophoetes peruana* is a strikingly coloured Peruvian stick insect possessing a pair of large prothoracic glands. When massively disturbed, nymphs and adults discharge a milky, malodorous secretion from a very small pore beneath the anterolateral corners of the pronotum. Glands discharge the secretion as large drops or rapidly squirt the secretion in a thin jet backwards. The jet could be visualized only by high frequency videography (500 frames per second) and may be used against potential predators such as anurans. An individual of *Hyla cinerea* (not sympatric with *O. peruana*) was, however, unaffected by the secretion.

Keywords: *Oreophoetes peruana*, thoracic glands, defensive secretion, high frequency videography

1. Einleitung

Viele Phasmiden besitzen große paarige Drüsen im Thorax, deren Sekret bei Störungen abgegeben wird und offenbar dazu dient, potenzielle Fressfeinde abzuwehren (EISNER 1965; BEIER 1968). Bei diesen Wehrdrüsen handelt es sich um Einstülpungen des Integuments, dessen sekretorische Epithelzellen daher von einer dünnen Cuticula bedeckt sind (u.a. NOIROT & QUENNEDEY 1974). Die abgegebenen Substanzen können unterschiedlich sein; es sind meist Monoterpen-Cyclopentanoide wie Anisomorphal und Nepetalacton

oder Monoterpen-Alkaloide wie Actinidin oder Chinolin (MEINWALD et al. 1962, 1966; SMITH et al. 1979; CHOW & LIN 1986; HO & CHOW 1993; EISNER et al. 1997).

Die Peruanische Farnstabschrecke *Oreophoetes peruana* (Saussure, 1868) ist eine auffällig gefärbte Phasmide mit schwarz-gelb-grünen Weibchen und schwarz-roten Männchen (FLOYD 1993). Über die Chemie ihres Wehrsekrets, den Einfluss von Chinolin, das wesentlicher Bestandteil dieses Sekrets ist, auf die Nahrungsaufnahme und Abwehrbewegungen verschiedener Organismen (Ameisen, Spinnen, Schaben und Frösche) sowie über

einige strukturelle Besonderheiten der Wehrdrüsen haben bereits EISNER et al. (1997) berichtet.

Im Folgenden befassen wir uns erneut mit dem Abwehrverhalten von *O. peruana*, um mit Hilfe der Hochfrequenz-Videographie Näheres über die Abgabe des Sekrets zu erfahren und seine Wirkung, wenn *O. peruana* einem potenziellen Räuber als Beute geboten wird. Darüber hinaus legen wir weitere rasterelektronenmikroskopische und erste histologische Bilder zur Struktur dieser Wehrdrüsen vor.

2. Material und Methoden

Als Versuchstiere dienten Nymphen verschiedener Entwicklungsstadien sowie Adulte von *O. peruana* aus privaten Zuchten (Abb. 1A,B). Die Tiere wurden in einem Terrarium bei etwa 20-22 °C und einer Luftfeuchtigkeit von 60-80 % gehalten (SEILER et al. 2000). Beleuchtet wurde nur stundenweise, um eine zu starke Aufheizung des Terrariums zu vermeiden. Gefüttert wurde mit verschiedenen Farnen, unter anderem *Nephrolepis* sp.

Für lichtmikroskopische Untersuchungen wurden die Drüsen eines adulten Weibchens mit Ausführgängen in 2,5 % Glutaraldehyd in 0,1 mol/l Cacodylatpuffer fixiert, in 1 % Osmiumtetroxid im gleichen Puffer nachfixiert, entwässert, in Kunststoff eingebettet (SPURR 1969) und mit einem Diamantmesser etwa 0,5 µm dick geschnitten. Die Semidünnschnitte wurden mit einem Toluidinblau-Borax-Gemisch gefärbt.

Für die Rasterelektronenmikroskopie wurden frei präparierte Drüsen wie für die Lichtmikroskopie fixiert, entwässert, nach der Kritischen-Punkt-Methode getrocknet, mit Heißkleber auf Probenhalter geklebt, mit Gold bedampft und im Rasterelektronenmikroskop Leo 1430 VP (Fa. Zeiss) untersucht.

Die Abgabe des Sekrets nach massiver Störung (Festhalten eines adulten Weibchens am Abdomen, um ein Weglaufen zu verhindern) sowie das Verhalten eines Amerikanischen Laubfrosches *Hyla cinerea*, der Nymphen und ein adultes Weibchen vorgesezt bekam, wurden mit Hilfe einer Hochgeschwindigkeits-Videokamera (Motion Pro 500, Fa. Redlake; 55 mm Brennweite, Fa. Navita; Beleuchtung: Primalux 2500 Watt) mit 500 Bildern pro Sekunde aufgezeichnet.

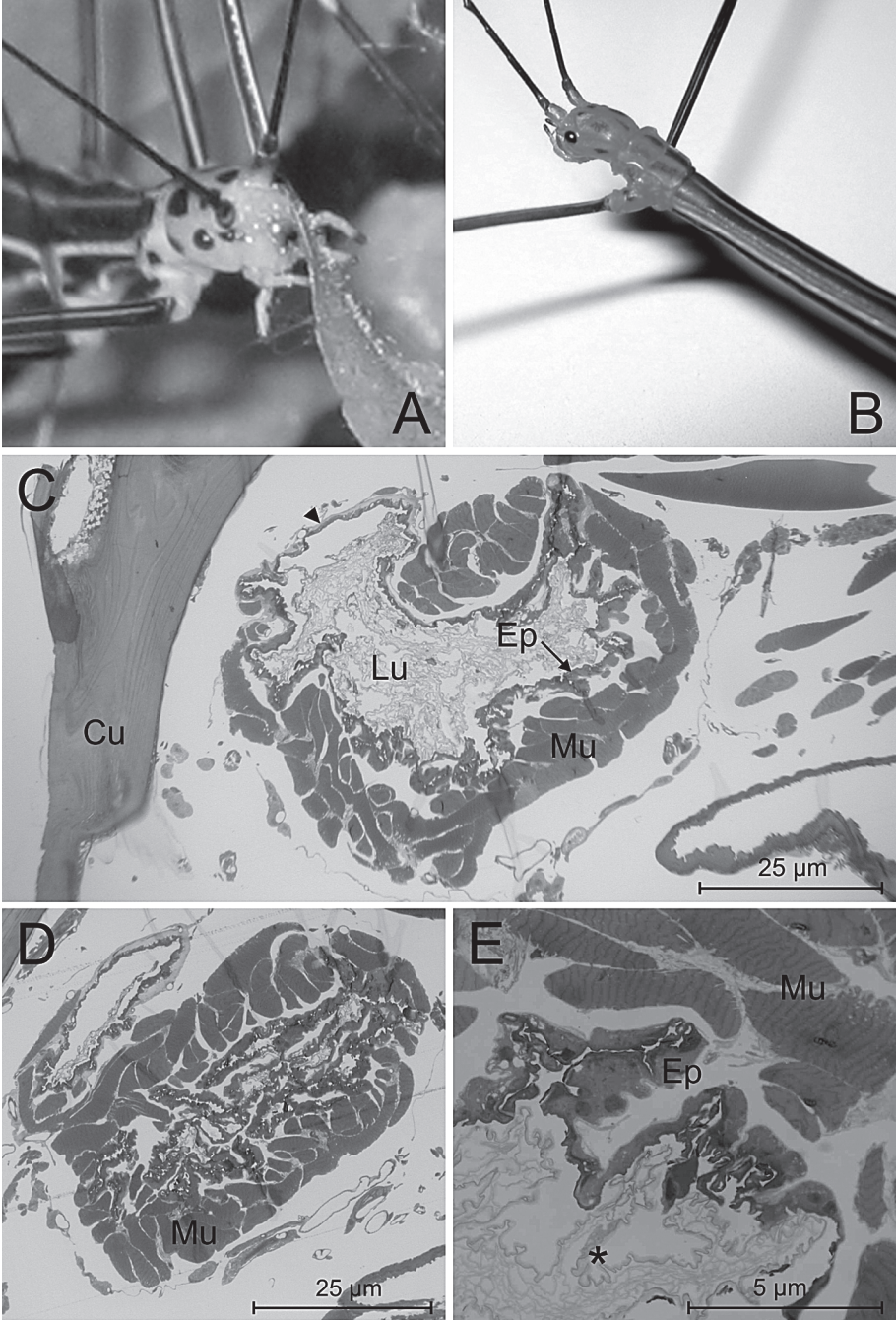
3. Ergebnisse

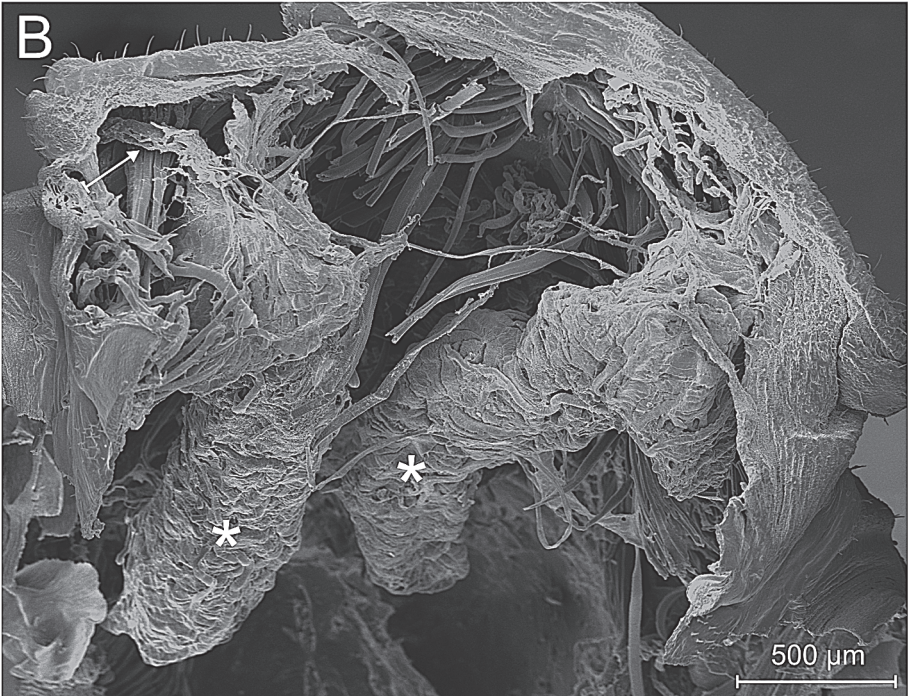
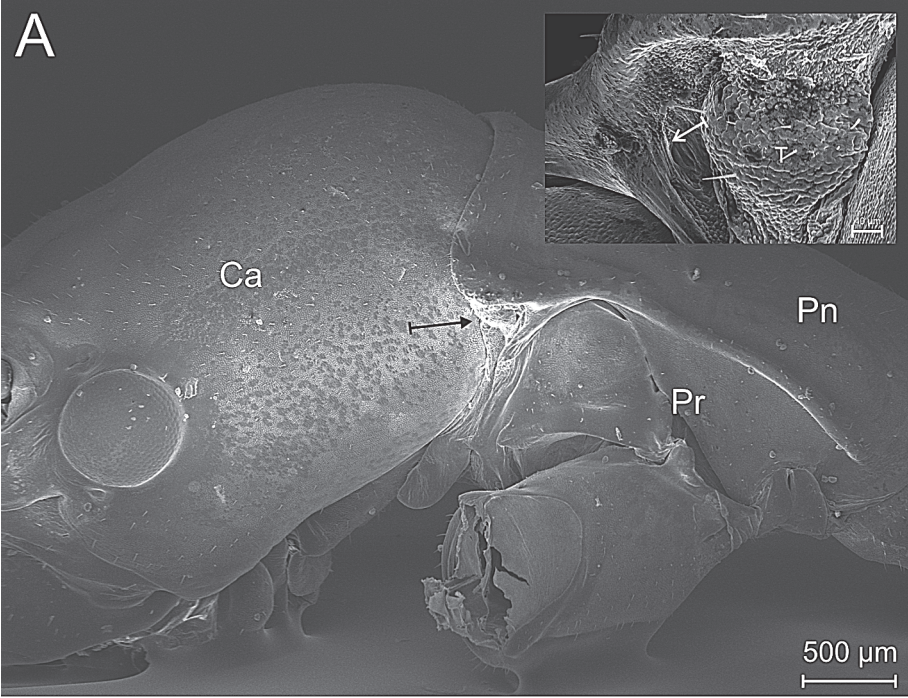
Die paarigen Thoraxdrüsen adulter *O. peruana* sind relativ groß; sie liegen dorsal im Prothorax (Abb. 2A), erstrecken sich weit bis in den Mesothorax und münden über einen relativ dünnen Abschnitt (Abb. 2B) an den Vorderecken des Pronotums. Hier wird das Sekret über eine kleine, schlitzförmige Öffnung abgegeben. Diese liegt leicht eingesenkt vor einer cuticularen Erhebung (Tuberkel) (Abb. 2A, Einsatz).

Im histologischen Bild wird deutlich, dass die Drüsen von einer dicken Lage quer gestreifter Muskulatur umgeben sind, die außen mehr ringförmig, innen aber mehr längs angeordnet zu sein scheint (Abb. 1C-E).

Abb. 1: Peruanische Farnstabschrecke *Oreophoetes peruana*. **A:** Adultes Männchen. **B:** Adultes Weibchen. **C:** Wehrdrüse in Nähe der Prothorax-Cuticula. Pfeilkopf = Ausführgang. **D:** Wehrdrüse mit kollabiertem Lumen. **E:** Ausschnitt aus einer Wehrdrüse; man beachte das dünne Drüsenepithel und die Cuticulae früherer Häutungen im Drüsenlumen (Stern). Cu = Cuticula; Ep = Epithel der Wehrdrüse; Lu = Drüsenlumen; Mu = Muskulatur.

Fig. 1: Peruvian Firestick *Oreophoetes peruana*. **A:** Adult male. **B:** Adult female. **C:** Defence gland near the cuticle of the prothorax (Cu). Arrowhead = duct. **D:** Defence gland with collapsed lumen. **E:** Detail of defence gland; note the thin gland epithelium and cuticles of previous moults in the lumen (asterisk). Cu = cuticle; Ep = epithelium of the defence gland; Lu = lumen of the gland; Mu = muscles.





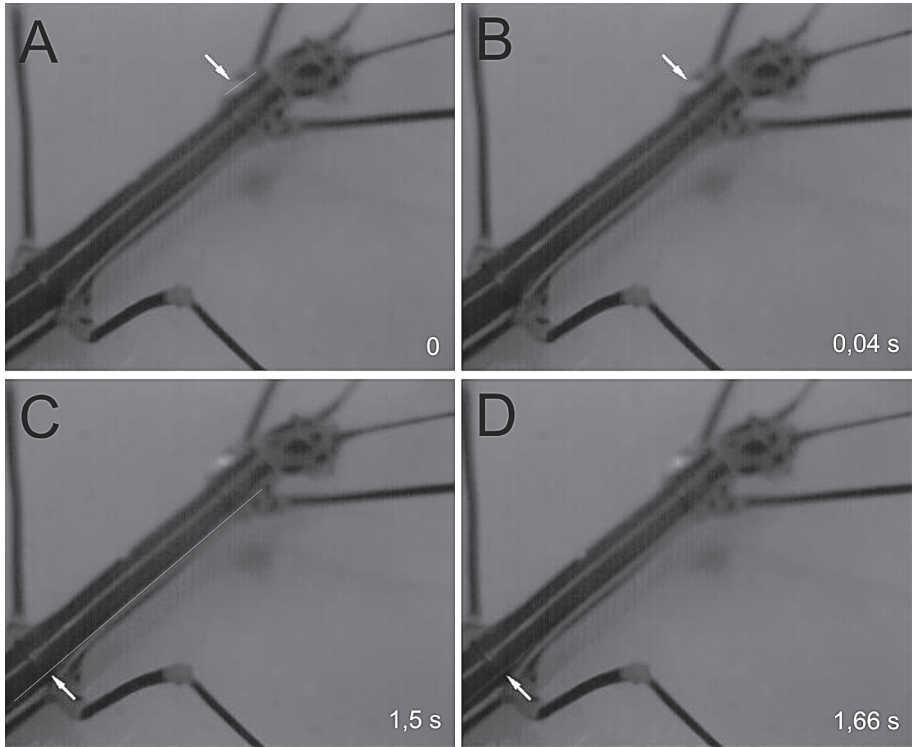


Abb. 3: Sekretabgabe eines adulten Weibchens von *Oreophoetes peruana* (Dorsalansicht). Man beachte die Abgabe von Tropfen (Pfeil) auf der linken Seite (**A**, **B**) und etwas später die Abgabe eines dünnen Strahls von Sekret (Pfeil; in **C** weiß nachgezogen) auf der rechten Seite (Hochfrequenz-Videographie, 500 Bilder/s).

Fig. 3: Discharge of secretion of an adult female *Oreophoetes peruana* (dorsal view). Note discharge of droplets (arrow) at the left side (**A**, **B**) and later of a thin jet (arrow; in **C** indicated in white) at the right side (high frequency videography, 500 frames per second).

Der etwas dünnere Ausführungsgang besitzt eine schwächer ausgeprägte Muskulatur (Abb. 1C). Das Drüsenepithel, dessen Zellkerne überwiegend basal liegen, ist etwa 0,6–2 μm dick und von einer zarten Cuticula bedeckt (Abb. 1E). Im Lumen der Drüsen

befinden sich Stapel von cuticulärem Material (Abb. 1E).

Das Drüsensekret kann offenbar nacheinander aus den beiden Öffnungen abgegeben werden und dabei auf jeder Seite auf unterschiedliche Art und Weise, das heißt entwe-

Abb. 2: REM-Aufnahmen von *Oreophoetes peruana*. **A:** Seitliche Ansicht von Kopf, Pronotum und Prothorax mit Lage der Drüsenöffnung (Pfeil). Einsatz: Drüsenöffnung (Pfeil). **B:** Paarige Wehrdrüsen (Sterne) mit dünnerem, ausleitendem Abschnitt (Pfeil) im Thorax eines adulten Weibchens. Vorderdarm und Teile der Muskulatur wurden entfernt. Ca = Caput; Pn = Pronotum; Pr = Prothorax; T = Tuberkel.

Fig. 2: SEM-pictures of *Oreophoetes peruana*. **A:** Lateral view of head, pronotum and prothorax and position of the gland opening (arrow). Inset: gland opening (arrow). **B:** Paired defence glands (asterisk) with the thinner portion (arrow) in the thorax of an adult female. Foregut and parts of the muscles removed. Ca = caput; Pn = pronotum; Pr = prothorax; T = tubercle.

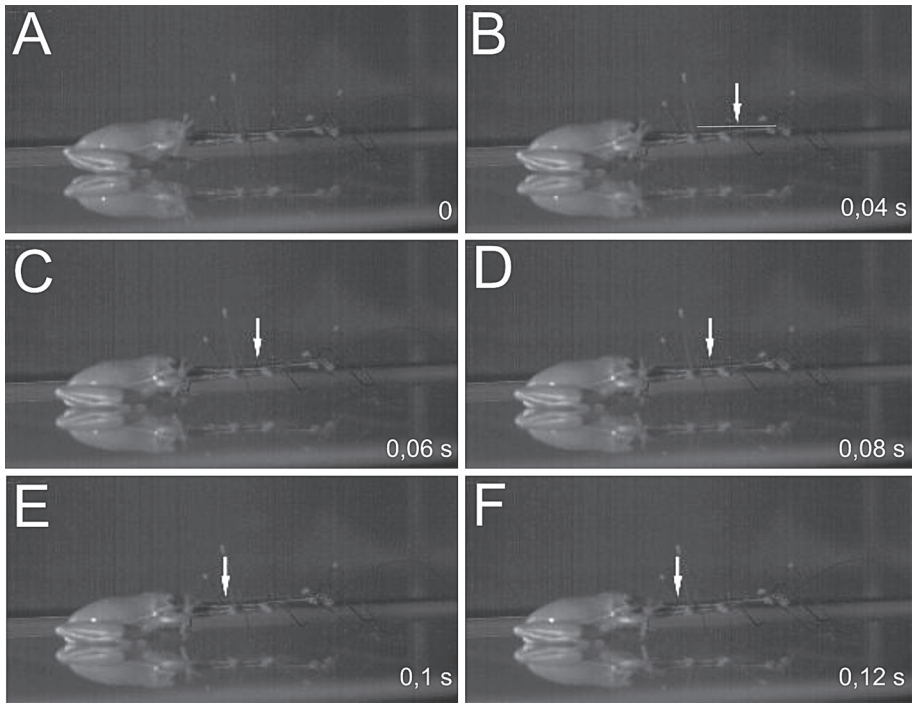


Abb. 4: Ein Amerikanischer Laubfrosch *Hyla cinerea* greift ein adultes Weibchen von *Oreophoetes peruana* an. Man beachte den extrem dünnen Sekretstrahl (Pfeil; in **B** weiß nachgezogen) (Hochfrequenz-Videographie, 500 Bilder/s).

Fig. 4: A Green Treefrog *Hyla cinerea* attacks an adult female of *Oreophoetes peruana*. Note the thin jet of secretion (arrow; in **B** indicated in white) (high frequency videography, 500 frames per second).

der langsam in Form weißer, relativ großer Tropfen oder mit hoher Geschwindigkeit als dünner Strahl. Dieser ist mit bloßem Auge nicht zu sehen und auch in den Videosequenzen (500 Bilder/s) kaum erkennbar (Abb. 3, 4). In allen von uns beobachteten Fällen wurde der Sekretstrahl nach hinten abgegeben.

Zwei Nymphen von etwa 3 und 5 cm Körperlänge, die wir einem Amerikanischen Laubfrosch *Hyla cinerea* vorsetzten, wurden von hinten angegriffen. Wir konnten nicht sehen, ob sie während des nur wenige Sekunden dauernden Angriffs durch den Laubfrosch die Möglichkeit hatten, von ihrem Wehrsekret Gebrauch zu machen. Der Frosch fraß die Nymphen, ohne unmittelbar danach oder später Zeichen von Unwohlsein zu zeigen.

In einem weiteren Versuch, in welchem dem Frosch eine adulte *O. peruana* angeboten wur-

de, trat bei dieser das Sekret auf der einen Seite in einem großen Tropfen aus der Drüsenöffnung, während es kurze Zeit später aus der anderen Drüsenöffnung dem Laubfrosch entgegengespritzt wurde. Dennoch versuchte der Frosch, die Stabschrecke zu fressen (Abb. 4).

4. Diskussion

Lage und Anatomie der prothorakalen Wehrdrüsen scheinen bei allen bisher untersuchten Phasmiden ähnlich zu sein. Lediglich die Weite des Ausführgangs, die gesamte Ausdehnung sowie die Stärke der Ring- und Längsmuskulatur dürften je nach Taxon etwas unterschiedlich sein (HAPP et al. 1966; EISNER et al. 1997; eigene Untersuchungen), zudem sind bei einigen Arten die Drüsen je-

derseits paarig (STRONG 1975). Vielleicht gilt das auch für die Feinstruktur der Drüsenzellen, vor allem wenn sie taxonspezifisch unterschiedliche Substanzen produzieren. Bisher liegen aber kaum Arbeiten dazu vor (siehe HAPP et al. 1966).

EISNER et al. (1997) fanden im Lumen der Wehrdrüsen adulter *O. peruana* weitgehend intakte cuticulare „Säcke“, die von früheren (Nymphen-)Häutungen stammten. Abgesehen davon, dass es Probleme bereiten würde, diese großen Cuticulastücke bei einer Häutung durch den relativ engen Ausführgang und die winzige Drüsenöffnung zu ziehen, scheint diese Besonderheit den Tieren zu ermöglichen, relativ kurze Zeit nach der Häutung, nämlich dann, wenn der Ausführgang frei von der gehäuteten Cuticula ist, das im Lumen gespeicherte und neu produzierte Sekret zu nutzen (vgl. EISNER et al. 1997). Unklar ist allerdings, ob diese Cuticulae nicht auch die Drüsenöffnungen verstopfen können. Der winzige, wohl nicht ständig offene Drüsenausgang verhindert sicher auch, dass die flüchtigen Substanzen vorzeitig aus der Drüse entweichen.

Wir konnten nicht nur bestätigen, dass *O. peruana* das Sekret der Wehrdrüsen in Tropfenform abgibt, sondern mit Hilfe der Hochfrequenz-Videografie zudem belegen, dass dieses auch in Form eines sehr dünnen Strahls mit hoher Geschwindigkeit nach hinten gespritzt werden kann (vgl. dazu EISNER et al. 1997: 2494, die diese Abgabe lediglich als „ejected as a spray“ bezeichnen). Wir haben bis jetzt keine Hinweise dafür, ob der Strahl gezielt auch in verschiedene Richtungen abgegeben werden kann, wie dies offenbar bei *Anisomorpha buprestoides* der Fall ist (EISNER 1965). Diese Fähigkeit scheint von Art zu Art verschieden zu sein (siehe auch ROBINSON 1968). Bei *Extatosoma tiaratum* ist die cuticuläre Erhebung, auf der die Drüse mündet, beweglich, doch scheint hier das Sekret vornehmlich auf dem eigenen Körper verteilt zu werden (STRONG 1975).

Beide Drüsen müssen nicht unbedingt gleichzeitig entleert werden; dies spricht für ihre unabhängige Steuerung. Die Sekrete der Wehrdrüsen von *O. peruana* und anderer Phasmiden dienen sicherlich der Feinabwehr. Dafür sprechen die verschiedenen Substanzen (siehe Einleitung), die entweder unangenehm riechen oder beim Menschen sogar ein brennendes Gefühl auf Schleimhäuten und in Wunden hervorrufen sowie bei verschiedenen Organismen zu Abwehrbewegungen führen (u.a. EISNER 1965; EISNER et al. 1997; weitere Literatur bei STRONG 1975). Es gibt aber auch Arten, deren Sekret weniger aggressiv zu sein scheint, zum Beispiel bei *Extatosoma tiaratum*. Hier wird auch eine Pheromonwirkung diskutiert (STRONG 1975).

Bei *O. peruana* enthält das Sekret Wasser und als einzige flüchtige Komponente Chinolin, das sich auf dem Thorax verteilt und hier nach Verdunstung des Wassers kurzfristig als öliger Film zu sehen ist (EISNER et al. 1997). Da die verwendeten Tiere aus einer Population stammten, die seit Jahren mit nur einer Farnart (*Nephrolepis exaltata*) gefüttert wurde und dieser Farn kein Chinolin enthielt, gehen die Autoren davon aus, dass diese Substanz von *O. peruana* selbst synthetisiert wird. In der Literatur sind keine präzisen Angaben über natürliche Feinde von *O. peruana* zu finden. Die Wirkung ihres Wehrdrüsensekrets ist bisher an verschiedenen Organismen, die nicht aus dem Lebensraum dieser Phasmidenart stammten, getestet worden. Auf Ameisen (*Monomorium pharaonis*) wirkt reines Chinolin im Nahbereich repellierend, Schaben (*Periplaneta americana*) kratzten sich nach Kontakt mit Chinolin oder dem Sekret auf der stimulierten Seite, Spinnen ließen ergriffene „Mehlwürmer“ (*Tenebrio molitor*) los, nachdem Chinolin auf die Cheliceren getropft wurde und Frösche (*Pseudacris crucifer*) kratzten sich an der Seite, die mit Chinolin gereizt wurde (EISNER et al. 1997).

Stellvertretend für Anuren, die natürliche Feinde sein könnten, haben wir die Reaktionen der nicht in Peru heimischen Laub-

froschart *Hyla cinerea* auf das Abwehrverhalten von Nymphen und adulten *O. peruviana* getestet. Bei zwei Nymphen war nicht zu riechen, ob sie während des nur wenige Sekunden dauernden Angriffs durch den Laubfrosch von ihrem Wehrsekret Gebrauch machten. Der Laubfrosch fraß beide ohne Anzeichen von Unwohlsein. Ein weiterer Versuch mit einer adulten *O. peruviana* zeigte deutlich, dass diese das Sekret aus einer Drüse in Tropfenform abgab und kurze Zeit später aus der anderen Drüse Sekret in Richtung Angreifer spritzte (der Angriff erfolgte von hinten), allerdings ohne sichtbare Wirkung.

Die Literatur gibt als Prädatoren von Phasmiden unter anderem auch Vögel an (z.B. ROBINSON 1968). Sicher müssen diese wie auch andere potenzielle Prädatoren lernen, dass mit der auffälligen, offenbar aposematischen Färbung von *O. peruviana* und anderen Arten Unannehmlichkeiten verbunden sind. Im Hinblick auf den getesteten Laubfrosch ist dies aber weniger wahrscheinlich, weil er die ihm angebotenen Nymphen und Adulte wiederholt attackierte. Weitere Versuche waren aus Mangel an Stabschrecken nicht möglich.

Unser Ergebnis ist insofern erstaunlich, als Chinolin und seine Derivate in Wehrsekreten von Insekten relativ weit verbreitet sind (siehe die Zusammenstellung bei EISNER et al. 1997) und Chinolin durchaus Abwehrreaktionen bei unterschiedlichen Organismen hervorruft (s.o.). Es macht aber deutlich, wie wichtig es ist, die potenziell schützende Wirkung von Wehrsekreten mit intakten Tieren und einer größeren Anzahl, auch verschiedenartiger möglicher Prädatoren zu überprüfen.

Danksagung

Wir danken ganz herzlich Herrn MARCEL BRENNER, Institut für Zoomorphologie und Zellbiologie der Universität Düsseldorf, für vielfältige Hilfe, insbesondere bei der Hochfrequenz-Videografie.

Literatur

- BEIER, M. (1968): Phasmida (Stab- oder Gespenstheuschrecken). S. 1-56 in: HELMCKE, J.G., STARCK, D., & WERMUTH, H. (Hrsg.): Handbuch der Zoologie, IV. Band: Arthropoda. 2. Hälfte: Insecta, 2. Teil. De Gruyter; Berlin.
- CHOW, Y.S., & LIN, Y.M. (1986): Actinidine, a defensive secretion of stick insect, *Megacrania alpheus* Westwood (Orthoptera: Phasmatidae). *Journal of Entomological Science* 21: 97-101.
- EISNER, T. (1965): Defensive spray of a phasmid insect. *Science* 148: 966-968.
- EISNER, T., MORGAN, R.C., ATTYGALLE, A.B., SMEDLEY, S.R., HERATH, K.B., & MEINWALD, J. (1997): Defensive production of quinoline by a phasmid insect (*Oreophoetes peruviana*). *Journal of Experimental Biology* 200: 2493-2500.
- FLOYD, D. (1993): *Oreophoetes peruviana* – a very unconventional stick insect. *Bulletin of the Amateur Entomologist's Society* 52: 121-124.
- HAPP, G.M., STRANDBERG, J.D., & HAPP, C.M. (1966): The terpene-producing glands of a phasmid insect. *Cell morphology and histochemistry*. *Journal of Morphology* 119: 143-160.
- HO, H.-Y., & CHOW, Y.S. (1993): Chemical identification of defensive secretion of stick insect, *Megacrania tsudai* Shiraki. *Journal of Chemical Ecology* 19: 39-46.
- MEINWALD, J., CHADA, M.S., HURST, J.J., & EISNER, T. (1962): Anisomorphal, the secretion of a phasmid insect. *Tetrahedron Letters* 1: 29-33.
- MEINWALD, J., HAPP, G.M., LABOWS, J., & EISNER, T. (1966): Cyclopentanoid terpene biosynthesis in a phasmid insect and in catmint. *Science* 151: 79-80.
- NOIROT, C., & QUENNEDEY, A. (1974): Fine structure of insect epidermal glands. *Annual Review of Entomology* 19: 61-80.
- ROBINSON, M.H. (1968): The defensive behaviour of the javanese stick insect, *Orcixes macklotti* De Haan, with a note on the startle display of *Metriotes dioctes* (Westw.) (Phasmatodea, Phasmatidae). *Entomologist's Monthly Magazine* 104: 46-54.
- SEILER, C., BRADLER, S., & KOCH, R. (2000): Phasmiden. *Bede-Verlag; Ruhmannsfelden*.
- SMITH, R.M., BROPHY, J.J., CAVILL, G.W.K., & DAVIES, N.W. (1979): Iridodials and nepetalactone in the defensive secretion of the coconut stick insect *Graeffea crouani*. *Journal of Chemical Ecology* 5: 727-735.

- SPURR, A.R. (1969): A low viscosity embedding medium for electron microscopy. *Journal of Ultrastructure Research* 26: 31-43.
- STRONG, L. (1975): Defence glands in the giant spiny phasmid *Extatosoma tiaratum*. *Journal of Entomology* 50: 65-72.

Daniela Bein
Prof. Dr. Hartmut Greven
Institut für Zoomorphologie
und Zellbiologie der
Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf
Universitätsstr. 1
D-40225 Düsseldorf
E-Mail: grevenh@uni-duesseldorf.de

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Entomologie heute](#)

Jahr/Year: 2006

Band/Volume: [18](#)

Autor(en)/Author(s): Bein Daniela, Greven Hartmut

Artikel/Article: [Anmerkungen zur Abgabe von Wehrsekret und zur Struktur der Wehrdrüsen bei der Stabschrecke *Oreophoetes peruana* \(Phasmatodea\). Notes on the Discharge of Defensive Secretion and the Structure of the Defence Glands in the Stick Insect *Oreophoetes peruana* \(Phasmatodea\) 55-63](#)