

Malaxieren oder Desinfizieren der Beutetiere bei Grabwespen (Hymenoptera: Crabronidae)?

EGON ORLOPP & HANS-JOACHIM FLÜGEL

Zusammenfassung

Beobachtungen der Grabwespe *Psenulus fuscipennis* (DAHLBOM, 1843) in ihrer Niströhre erbrachten, dass diese ihre erbeuteten Blattläuse malaxiert. Erste Nachforschungen nach dem Grund für dieses Verhalten blieben erfolglos. Neuere Untersuchungen am Bienenwolf und anderen Grabwespen sowie Beobachtungen an Blattschneiderameisen zeigten, dass diese neben körpereigenen Bakteriziden auch extrazelluläre Bakterien besitzen, die antibakterielle und fungizide Stoffe produzieren. Es liegt deshalb nahe anzunehmen, dass auch *Psenulus fuscipennis* über solche Möglichkeiten verfügt und die Blattläuse vor der Eiablage desinfiziert.

Abstract

Observations of the digger wasp *Psenulus fuscipennis* (DAHLBOM, 1843) in their nesting tube provided that she malaxed their captured aphids. Initial investigations into the cause of this behavior have been unsuccessful. Recent studies on *Philanthus* species, other digger wasps and also on leaf-cutting ants showed that all this Hymenoptera Aculeata possess not only the body's own bactericides but also extracellular bacteria that produce antibacterial and antifungal agents. It stands to reason that even *Psenulus fuscipennis* must have such possibilities with which it disinfects aphids before laying her eggs.

Einleitung

Inbesondere beim Bienenwolf (*Philanthus triangulum* (FABRICIUS, 1775)) kann beobachtet werden, dass er die gefangenen und gelähmten Bienen knetet oder, „wissenschaftlich“ ausgedrückt malaxiert. Oft lecken die Bienenwolf-Weibchen dabei den aus dem Honigmagen herausgepressten Nektartropfen vom Rüssel der Biene und werfen die Biene anschließend manchmal sogar wieder weg. Auch bei anderen Grabwespen, beispielsweise den Kotwespen (*Mellinus arvensis* (LINNAEUS, 1758)) konnte der Vorgang des Malaxierens ihrer Beutetiere nach dem Fang und deren Lähmung beobachtet werden (BLÖSCH 2000). Der Grund für diese Handlung war bisher nicht ersichtlich. Beim Bienenwolf konnte noch angenommen werden, dass diese Grabwespenart sich das mühselige Sammeln des Nektars ersparen wollte, den sie als Betriebsstoff für ihre Muskeln benötigt. Beim Malaxieren von Schmetterlingsraupen oder Rüsselkäferlarven sind durch das Malaxieren jedoch kein Nektar oder andere zuckerhaltige Säfte zu gewinnen. Neuere Untersuchungen beim Bienenwolf und die Beobachtungen in den Nestern der Grabwespe *Psenulus fuscipennis* (DAHLBOM, 1843) durch den Erstautor könnten nun ein neues Licht auf den Vorgang des Malaxierens werfen.

Beobachtung

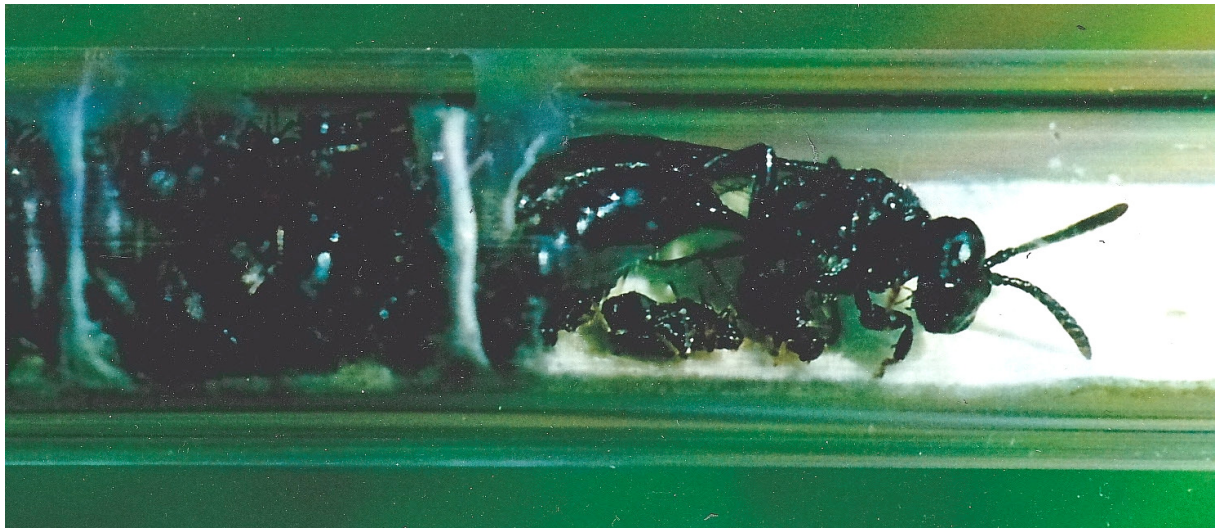


Abb. 1: Weibchen von *Psenulus fuscipennis* mit ihrer Nestanlage in einer Glasröhre beim Malaxieren einer erbeuteten und gelähmten Blattlaus. Foto: E. ORLOPP.

In einem Brief vom 5.5.2011 mit beiliegendem Bild (s. Abbildung 1) teilte Egon Orlopp dem Zweitautor nach einem Telefonat Folgendes mit:

„Vor einigen Jahren (1995) hatte ich mir einen Beobachtungsplatz in meinem Garten eingerichtet. Ich hatte Plexiglasröhrchen in ein dickes Brett eingelassen und konnte damit die Brut-Biologie verschiedener Einmieter sehr gut beobachten und auch filmen, unter anderem von der Grabwespe *Psenulus fuscipennis*. Die Aufnahmen zeigen, wie *Psenulus fuscipennis* Blattläuse einträgt. Nach ungefähr 30 Exemplaren wird der Vorgang unterbrochen. Die Wespe schiebt alle eingetragenen und paralysierten Blattläuse unter dem Körper durch in Richtung Nesteingang, wobei sie mit den Mandibeln und den Vorderbeinen „behandelt“ werden. Ist der Vorrat bearbeitet, erfolgt der Transport in umgekehrter Richtung, wiederum mit der vorgenannten Bearbeitung. Sind alle Blattläuse in der neuen Kammer abgelegt, werden sie verdichtet; es erfolgen Eiablage und Verschluss der Zelle. Diesen Vorgang im Film zu sehen, ist einfach begeisternd-faszinierend.

Meine Nachfragen unter Stechimmenforschern zur damaligen Zeit führten zu keinem Ergebnis. Meine Vermutung, dass evtl. irgendwelche Chemikalien zur Verhinderung von Schimmelbefall im Spiel sein könnten, stand auf sehr wackeligen Füßen, denn ich bin erstens kein Chemiker, sondern nur Ingenieur und die entsprechende Messtechnik für irgendwelche Untersuchungen stand mir auch nicht zur Verfügung, aber die Evolution hätte bestimmt eine Erklärung für diesen Vorgang bereit, nur ich hatte keinen Schlüssel für dieses Verhalten. Ich kann mich nur erinnern, dass ich einen großen deutschen Chemiekonzern anschrieb, aber zu einem Ergebnis kam die Sache nicht.

Das mitgeschickte Bild ist ein Ausschnitt aus meinem Film über das Verhalten der Grabwespe in ihrer Brutröhre: es hält den Augenblick fest, in welchem eine Blattlaus von der Wespe bearbeitet wird, was jedoch nur einen blassen Eindruck von dem im Film sichtbaren Ablauf des Vorganges vermittelt.“

Diskussion

Mehrere Veröffentlichungen über den Bienenwolf und seine speziellen Mitbewohner in seinen Antennen haben die Möglichkeit eröffnet, eine Antwort auf das merkwürdige Verhalten des *Psenulus*-Weibchens nach Abschluss der Verproviantierung ihrer Brutzellen zu finden. Erstmals wurden symbiotische Bakterien aus der Gruppe der Streptomyceten in speziellen Nischen in den Fühlern des Bienenwolfes gefunden, die ihm offensichtlich behilflich waren bei der Abwehr von Infektionen (KALTENPOTH et al. 2006). Die Kontrolle anderer *Philanthus*-Arten bestätigte das Vorkommen von Streptomyceten in den Antennen der Gattung *Philanthus*, aber in verwandten Gattungen konnten von der Arbeitsgruppe um KALTENPOTH keine symbiotischen Bakterien in den Fühlern gefunden werden. Bei weiteren Untersuchungen zeigte sich, dass die Weibchen der Bienenwölfe die Decken der Brutzellen mit ihren Fühlern intensiv bestreichen und so einen feinen Bakterienfilm aufbringen. Dieser wird anschließend von der Larve aufgenommen und auf die Außenhaut des von ihr gesponnenen Kokons aufgebracht (KROISS et al. 2010). Auf diese Weise schützt sie sich während der Puppenruhe vor Befall mit Krankheitskeimen und Pilzen und übernimmt die symbiotischen Bakterien vermutlich nach dem Schlupf in ihre eigenen Fühlertaschen.

Nun ist seit langem bekannt, dass viele Insekten intensive Symbiosen mit Mikrobionten eingegangen sind, die meistens zur Verdauung beitragen. So wurden beispielsweise in den Larven des Laubholzbockkäfers *Batocera horsfieldi* Streptomyzeten gefunden, die spezielle Xylanasen produzieren, die als Enzym beim Abbau von Zellulose helfen und deren chemische Struktur aufgeklärt werden konnte (ZHOU et al. 2011). Die Eigenschaften der von diesem Bakterienstamm produzierten spezifischen Verdauungshilfe, des Xyn119, machen dieses sehr interessant für die Futtermittelindustrie und vielversprechend für die Grundlagenforschung. Von Ameisen ist ebenfalls bekannt, dass sie endosymbiotische Bakterien besitzen. So sitzen bei der Gattung *Camponotus* im Mitteldarm intrazelluläre Bakterien, die wesentlich zur Verdauung beitragen.

Es bestand nun die Vermutung, dass die Grabwespe *Psenulus fuscipennis* die erbeuteten und gelähmten Blattläuse bei der Umschichtung und Malaxierung mit ihrem Speichel desinfiziert. Bei älteren Untersuchungen des Speichels von Blattschneiderameisen, von denen bekannt ist, dass sie ihr Pilzsubstrat desinfizieren, wurden in ihrem Speichel keine antibakteriellen Stoffe gefunden (NASCIMENTO et al. 1996). Allerdings wurden jüngst bei der Untersuchung von Drüsen, die im Brustteil von Ameisen sitzen (die sogenannten Metapleuraldrüsen) und ihre Öffnung an den

Seiten des dritten Brustabschnitts haben, durchaus antibiotische Stoffe nachgewiesen (YEK & MUELLER 2011). Diese Metapleuraldrüsen setzen Blattschneiderameisen aktiv zur Kontrolle von Pilzinfektionen ein (FERNÁNDEZ-MARIN et al. 2006). Zumindest bei den Blattschneiderameisen aus der Gruppe der Attini sind weiterhin extrazelluläre symbiotische Bakterien entdeckt worden, die essentiell für die Pflege ihrer Pilzgärten sind (BOURSAUX-EUDE & GROSS 2000).

Die mit ihnen in Symbiose lebenden Bakterien, die ebenfalls zur Gattung *Streptomyces* zählen, wohnen auf der Bauchseite der Ameisen und produzieren antibakterielle und fungizide Stoffe. Diese werden von den Ameisen eingesetzt, um ihre Pilzkulturen vor Schadpilzen und anderen Krankheitskeimen zu schützen. Die Bakterien werden dabei von den älteren Ameisen auf die jüngeren übertragen. Untersuchungen haben gezeigt, dass Blattschneiderameisen, die Träger von symbiotischen Bakterien sind, einen um 10 bis 20 % erhöhten Stoffwechsel haben gegenüber Arbeiterinnen, die keine Bakterien besitzen und beispielsweise sehr viel mehr Nährkörper ihrer Pilze verzehren. Der Gewinn einer gesunden und produktiven Pilzzucht wiegt aber diesen Mehraufwand an Energie für das Ameisenvolk bei weitem auf (POULSEN et al. 2003). Zusätzlich besitzen zumindest die Arbeiterinnen von Blattschneiderameisen der Gattung *Acromyrmex* antibiotische Stoffe produzierende Metapleuraldrüsen. Dabei haben die kleineren Arbeiterinnen wesentlich größere Drüsen als die größeren, als Soldaten dienenden Individuen (POULSEN et al. 2006).

Neueste Untersuchungen von mit den Bienenwölfen verwandten Gattungen zeigten, dass entgegen den ersten Ergebnissen doch noch weitere Gattungen in ihren Antennen Streptomyzeten als Untermieter hielten. Die nächstverwandte Gattung zu *Philanthus*, die Grabwespengattung *Trachypus* besitzt wie *Philanthus* jeweils fünf Antennenglieder, in denen Streptomyzeten eingenistet sind. Bei einer weiteren verwandten Gattung konnte bei einer Art (*Philanthinus quattuordecimpunctatus* (F. MORAWITZ, 1888)) der Nachweis von symbiotischen Bakterien aus der Gattung *Streptomyces* in deren Antennen erbracht werden. Hier sind allerdings sechs Antennenglieder mit symbiotischen Bakterien besetzt (KALTENPOTH et al. 2012). Das Auftreten in verschiedenen Gattungen der Gruppe der Bienenwolfartigen mit heute 172 bekannten Arten zeigt, dass diese Symbiose schon seit längerem existieren muss.

Bei Untersuchungen einer anderen, nordamerikanischen Arbeitsgruppe stellte sich heraus, dass nicht nur Grabwespen aus der Gruppe der Philanthini symbiotische Bakterien zur Produktion von antibakteriellen und fungiziden Stoffen besitzen. Bei der Suche nach neuen Antibiotika wählten sie willkürlich die zu den Langstiel-Grabwespen (Sphecidae s.str.) zählenden *Sceliphron caementarium* (SAUSSURE, 1867) und *Chalybion californicum* SMITH, 1870 aus und untersuchten sie auf das Vorhandensein von extrazellulären symbiotischen Bakterien. Der Nachweis gelang und sie fanden bei beiden Arten verschiedene Linien von Aktinobakterien der Gattung

Streptomyces. Bei der Analyse der von diesen produzierten Abwehrstoffe konnten elf strukturell verschiedene Verbindungen festgestellt werden, die sowohl fungizid als auch bakterizid wirkten (POULSEN et al. 2011).

Alle bisherigen Untersuchungen deuten darauf hin, dass bei den Stechimmen sowohl extrazelluläre Bakterien, die zur Abwehr anderer, krankmachender Bakterien und Pilze dienen, wie auch körpereigene Drüsen, die antibiotische Stoffe produzieren, sehr viel weiter verbreitet sind als bisher vermutet. Es ist deshalb mit größter Wahrscheinlichkeit anzunehmen, dass das beobachtete Malaxieren der erbeuteten Blattläuse durch *Psenulus fuscipennis* tatsächlich zur Desinfizierung der gelähmten Blattläuse diene. Dass der Versuch des Erstautors, den Chemiekonzern dazu zu bewegen, an einer Aufklärung des beobachteten Verhaltens mitzuwirken, scheiterte und der Konzern nicht einmal auf die Anfrage antwortete, zeigt, dass unsere Großkonzerne zu starr und verkrustet sind für neue Entwicklungen. Hätte der deutsche Chemiekonzern damals die Anfrage ernst genommen, könnte er vielleicht heute bereits neue Breitband-Antibiotika auf dem Pharmamarkt anbieten. Die derzeit an dem Thema forschenden Arbeitsgruppen haben jedenfalls erkannt, dass hier ein großes Potential enthalten ist.

Wörtlich schreibt die internationale Forschergruppe um POULSEN: “*Finding phylogenetically diverse and chemically prolific Actinobacteria from solitary wasps suggests that insect-associated Actinobacteria can provide a valuable source of novel natural products of pharmaceutical interest.*” (POULSEN et al. 2003). Dabei machen die untersuchten Grabwespen sich im Übrigen ein schon seit Millionen von Jahren wirksames Prinzip zunutze, das in der Humanmedizin als Kombinationsprophylaxe bekannt ist (KROISS et al. 2010). Leider steht zu fürchten, dass die Pharmaindustrie, sofern sie dieses Potential an antibakteriellen Stoffen bei den Insekten überhaupt registriert, wiederum nur das wirksamste Antibiotikum extrahieren und vermarkten wird. Doch warum produzieren *Sceliphron caementarium* und *Chalybion californicum* elf strukturell verschiedene Verbindungen, die nachweisbar fungizid und bakterizid wirken? Und warum produzieren sie zusätzlich hunderte weiterer Stoffe, die sie ebenfalls bei dem Vorgang des Desinfizierens mit abgeben? Diese Fehleinschätzung in der pharmazeutischen und medizinischen Forschung hat bewirkt, dass Penizillin, das der Pilz *Penicillium chrysogenum* seit Jahrtausenden effektiv und wirksam gegen seine Feinde einsetzt, innerhalb weniger Jahrzehnte nahezu wirkungslos geworden ist mit seinem alleinigen Einsatz durch den Menschen ohne alle Begleitstoffe, die dieser Schimmelpilz natürlicherweise mit benutzt.

Danksagung

Frau Susanne Lummer, Producerin beim NDR Naturfilm, danken wir für die Auskunft über die argentinischen Grasschneiderameisen, die in der Filmserie „Das Wunder des Lebens“ beim Desinfizieren ihres Grasschnittes gezeigt wurden. Flavio Roces von der II. Zoologischen

Abteilung der Universität Würzburg machte uns dankenswerterweise auf die Arbeiten der Forschergruppe um Michael Poulsen aufmerksam.

Literatur

- BLÖSCH, M. (2000): Die Grabwespen Deutschlands. Sphecidae s.str., Crabronidae. Lebensweise, Verhalten, Verbreitung. – Die Tierwelt Deutschlands **71**: 480 S., Keltern.
- BOURSAUX-EUDE, C. & GROSS, R. (2000): New insights into symbiotic associations between ants and bacteria. – Res. Microbiol. **151**: 513-519; Paris.
- FERNÁNDEZ-MARIN, H., ZIMMERMAN, J. K., REHNER, S. A. & WCISLO, W. T. (2006): Active use of metapleural glands by ants in controlling fungal infection. – Proc. R. Soc. **B 273**: 1689-1695; London.
- KALTENPOTH, M., GOETTLER, W., DALE, C., STUBBLEFIELD, J. W., HERZNER, G., ROESER-MUELLER, K. & STROHM, E. (2006): ‚Candidatus Streptomyces philanthi‘, an endosymbiotic streptomycete in the antennae of *Philanthus digger* wasps. – Int. J. Syst. Evol. Microbiol. **56**: 1403-1411; Reading, UK.
- KALTENPOTH, M., YILDIRIM, E., GÜRBÜZ, M. F., HERZNER, G. & STROHM, E. (2012): Refining the Roots of the Beewolf-Streptomyces Symbiosis: Antennal Symbionts in the Rare Genus *Philanthinus* (Hymenoptera, Crabronidae). – Appl. Environ. Microbiol. **78**: 822-827, Washington, D.C..
- KROISS, J., KALTENPOTH, M., SCHNEIDER, B., SCHWINGER, M.-G., HERTWECK, C., MADDULA, R. K., STROHM, E. & SVATOŠ, A. (2010): Symbiotic streptomycetes provide antibiotic combination prophylaxis for wasp offspring. – Nat. Chem. Biol. **6**: 261-263; Cambridge, USA.
- NASCIMENTO, R. R. DO, SCHOETERS, E., MORGAN, E. D., BILLEN, J. & STRADLING, D. J. (1996): Chemistry of metapleural gland secretions of three attine ants, *Atta sexdens rubropilosa*, *Atta cephalotes*, and *Acromyrmex octospinosus* (Hymenoptera: Formicidae). – J. Chem. Ecol. **22**: 987-1000; New York.
- POULSEN, M., BOT, A. N. M., CURRIE, C. R., NIELSEN M. G. & BOOMSMA, J. J. (2003): Within-colony transmission and the cost of a mutualistic bacterium in the leaf-cutting ant *Acromyrmex octospinosus*. – Funct. Ecol. **17**: 260-269; London.
- POULSEN, M., HUGHES, W. O. H. & BOOMSMA, J. J. (2006): Differential resistance and the importance of antibiotic production in *Acromyrmex echinator* leaf-cutting ant castes towards the entomopathogenic fungus *Aspergillus nomius*. – Insectes Soc. **53**: 349-355; Basel.
- POULSEN, M., OH, D.-C., CLARDY, J. & CURRIE, C. R. (2011): Chemical Analyses of Wasp-Associated Streptomyces Bacteria Reveal a Prolific Potential for Natural Products Discovery. – PloS ONE **6**: e16763; New York.
- YEK, S.H. & MUELLER, U. G. (2011): The metapleural gland of ants. – Biol. Rev. **86**: 774-791; Cambridge, UK.
- ZHOU, J., SHI, P., ZHANG, R., HUANG, H., MENG, K., YANG, P. & YAO, B. (2011): Symbiotic *Streptomyces* sp. TN119 GH 11 xylanase: a new pH-stable, protease- and SDS-resistant xylanase. – J. Ind. Microbiol. Biotechnol. **38**: 523-530; Heidelberg.

Anschriften der Verfasser:

Egon Orlopp, Außerhalb 10, D-64832 Hergershausen;

E-Mail: e.orlopp@web.de,

Hans-Joachim Flügel, Beiseförther Str. 12, D-34593 Knüllwald;

E-Mail: h_fluegel@web.de

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Bembix - Zeitschrift für Hymenopterologie](#)

Jahr/Year: 2012

Band/Volume: [34](#)

Autor(en)/Author(s): Orlopp Egon, Flügel Hans-Joachim

Artikel/Article: [Malaxieren oder Desinfizieren der Beutetiere bei Grabwespen \(Hymenoptera: Crabronidae\)? 19-24](#)