

Chemische Abwehr bei Käfern

von Konrad Dettner

Bei Coleopteren und anderen Insekten finden sich vom Eistadium bis zur Imago vielfältige Möglichkeiten der chemischen Abwehr. Der einfachste und überall anzutreffende Abwehrmechanismus besteht im Ausspucken von Vorderdarminhalt bzw. in einer Kotabgabe. Bei vielen Pflanzenfressern kommen dabei auch giftige Pflanzeninhaltsstoffe zur Wirkung, oder es handelt sich um Giftstoffe, die erst im Insektendarm aus ihren harmlosen Vorstufen freigesetzt werden. Coleopteren produzieren in den meisten Fällen ihre Abwehrstoffe jedoch in exokrinen Drüsen. Solche Wehrstoffe werden bei Reizung in Tropfenform aus dem Drüsenreservoir abgegeben oder über größere Entfernungen versprüht, um topikal auf den angreifenden Organismus gebracht zu werden. In manchen Fällen werden per Eigensynthese hergestellte oder aus Pflanzen aufgenommene Wehrstoffe allerdings auch in der Hämolymphe gespeichert und per Relexbluten abgegeben. Insekten mit Hämolympfgiften sind häufig nicht nur durch eine Warnfarbe sondern auch durch Warngerüche charakterisiert (z.B. Marienkäfer, Ölkäfer).

Als Abwehrsubstanzen kommen eine Vielzahl organischer Verbindungen gegen diverse Räuber und Parasiten (Zielorganismen) zum Einsatz.

1. Proteine oder Terpene dienen beispielsweise zum Verkleben der Mundwerkzeuge des Angreifers.

2. Steroide, Alkaloide oder andere komplexe Naturstoffe stellen wirksame, hauptsächlich gegen Wirbeltiere gerichtete Gifte dar.
3. Zahlreiche niedermolekulare organische Verbindungen haben einen Repellent- oder Knock-down-Effekt oder zeichnen sich durch eine insektizide bzw. hautreizende Wirkung aus. Sie können topikal oder auch in der Gasphase wirken. Die Zielorganismen reichen dabei von Bakterien und Pilzen bis zu Arthropoden und Wirbeltieren (DETTNER 1989).

Im folgenden sollen Abwehrsysteme von Käfern herausgegriffen werden, bei denen niedermolekulare Wirkstoffe in Komplexdrüsen synthetisiert werden. Als niedermolekulare Abwehrstoffe können z.B. organische Säuren, Aldehyde, Ketone, Chinone oder Phenole genannt werden. Die Drüsen, in denen diese Stoffe gebildet werden, bestehen aus zahlreichen Drüsenzellen und einem Drüsenreservoir. Um eine Schädigung des Käfers durch seine eigenen Gifte zu verhindern, sind Reservoirinnenwand und die bis in die Drüsenzellen reichenden Röhrensysteme mit Kutikulamaterial ausgekleidet. Solche Komplexdrüsen sind meist auf bestimmte Taxa beschränkt, können aber auch ausnahmsweise wieder reduziert werden, wie beispielsweise bei behaarten, solitären Larven der Blattkäfergattung **Gonioctena** (KRÖBER & DETTNER, in Vorbereitung) oder einigen Tenebrionidenimagines (DETTNER 1987).

Von der Fülle der Beispiele sollen die Abwehrsysteme der Kurzflügler und die der adepagen Wasserkäfer etwas genauer betrachtet werden. Hierbei werden insbesondere folgende Fragen angesprochen.

- Sind hinsichtlich Verteilung und Ausprägung exokriner Drüsen bestimmte Prinzipien erkennbar?
- Wie sind Abwehrsekrete zusammengesetzt und

durch welche Faktoren wird dies bestimmt?

Betrachten wir zuerst die Verhältnisse bei den ca. 30 000 bekannten Arten der Kurzflügler. Aufgrund des mechanisch ungeschützten Abdomens werden offenbar bei fast allen Staphylinidentaxa exokrine Abwehrdrüsen im Abdominalbereich ausgebildet (Abb. 1). Kurzflügler weisen als solitäre Käfer eine solche Vielzahl an exokrinen Drüsen auf, wie sie vergleichsweise nur bei sozialen Insekten zu finden sind. Diese Drüsen-systeme sind nicht nur für Unterfamilien sondern oft sogar für Triben und Subtriben spezifisch. Solche neuen und meist abgeleiteten Merkmalskomplexe sind für die oft auf künstlichen Charakteren beruhende Staphylinidentaxonomie von größter Bedeutung.

Sagittalschnitte durch Abdominalspitzen europäischer Staphylinidae zeigen klar, daß Drüsen bestimmten Abdominaltergiten bzw. -sterniten zuzuordnen sind und je nach Taxon (Abb. 1: 1-9) variieren: Vertreter der Staphylininae (1 & 2: Staphylinina, Philonthina) sind durch paarige, ausstülpbare Wehrdrüsen zwischen dem 8. und 9. Tergiten charakterisiert. Xantholininae (3) und Steninae (6) weisen hingegen jeweils ein neben dem After mündendes Drüsenreservoir auf. Während bestimmte Vertreter der Paederinae (4) durch Hämolympfgifte charakterisiert sind, münden unpaare Wehrdrüsenreservoirs auf der Dorsalseite (Aleocharinae; 9) oder Ventralseite (Omaliinae, Proteininae, 5) des Abdomens. Bei den Oxytelinae (7) finden sich schließlich paarige Komplexdrüsen zwischen dem 8. und 9. Abdominaltergiten, in der Gattung **Deleaster** (8) ist sogar ein zusätzliches Paar Wehrdrüsen zwischen dem 9. und 10. Tergiten ausgeprägt.

So läßt sich hinsichtlich der Verteilung und Ausprägung exokriner Drüsen folgendes aussagen: Innerhalb eines homologen Wehrdrüsen-systems sind auf morphologischer Ebene zahlreiche Evo-

lutionstrends zu erkennen, welche bei abgeleiteten Arten eine Mehrfachreizung ermöglichen (z.B. Reservoirvergrößerung, Vermehrung Drüsenzellen), die gezielte Sekretabgabe bzw. deren Dosierung verbessern (Ausbildung best. Muskelsysteme, Evaporationsgewebe) oder eine Eigenschädigung durch bereits abgegebenes Wehrsekret vermindern (Verlagerung der Reservoiröffnung auf Sklerite).

Auch die chemische Zusammensetzung der zumeist unspezifisch wirkenden Abwehrstoffe wird, und dies ist nicht ohne weiteres zu erwarten, in erster Linie durch die verwandtschaftliche Stellung der untersuchten Taxa und weniger durch Habitattyp, ökologische Ansprüche und Prädatoren bzw. Parasitoide bestimmt. Vergleichende Untersuchungen können dies auch für zahlreiche Staphylinidengruppen (Omaliinae & Proteininae, REISSENWEBER & DETTNER; Aleocharinae, STEIDLE & DETTNER; Oxytelinae, DETTNER & WUNDERLE, alle Arbeiten in Vorber.) und für die Pygidialdrüsensubstanzen der Hydradephaga (DETTNER 1985) sowie Cincindelidae (PEARSON et al. 1988) bestätigen. Die bei den Oxytelinae gewonnenen Befunde sollen dies belegen (s.a. DETTNER 1990). Von 22 Arten wurde die Chemie der abdominalen Wehrdrüse der Ernährungsweise und dem Habitattypus gegenübergestellt. Alle Spezies speichern den gleichen Giftstoff p-Toluchinon, lösen diesen jedoch in diversen Lösungsmitteln (z.B. Estern oder/und Kohlenwasserstoffen) und erreichen hierdurch eine Variabilität der Sekretzusammensetzung. Die Vermutung, daß Lebensweise oder Ernährung mit dem Substanzinventar des Wehrsekretes korreliert sind, läßt sich nicht bestätigen. So weisen Dungbewohner wie **Coprophilus** und andere koprophile Gattungen (z.B. **Platystethus**, **Oxytelus**) mit Isopropylestern einerseits und Alkenen & Laktonen andererseits völlig unterschiedliche Lösungsmittel auf. Laktone, denen ursprünglich eine Bedeutung bei algenfressenden Spezies zu-

geschrieben wurde, lassen sich nur bei einem Teil der Algenzüchter bzw. Algenfresser nachweisen (z.B. **Bledius**), wohingegen sie bei der Gattung **Syntomium** fehlen. Das jeweils vorliegende Muster in Oxytelinenwehrgemischen läßt sich vielmehr dadurch interpretieren, daß während der Kurzflüglerevolution das in der ganzen Unterfamilie vorhandene p-Toluchinon in verschiedensten Lösungsmitteln gelöst wird und durch kontinuierliches Ausprobieren von neuen Lösungsmitteln und der Ausnutzung synergistischer Effekte beim Zusammenmischen mehrerer Lösungsmittel, die topikale Wirkung und Giftigkeit des Chinon-Abwehrstoffgemisches von ursprünglichen Taxa (**Coprophilus**, **Deleaster**, **Syntomium**) hin zu abgeleiteten Arten (z.B. **Anotylus**, **Platystethus**) immer mehr verbessert wird. Höher entwickelte Arten mit großem Drüsenreservoir und hochwirksamen Sekreten müssen sogar darauf achten, nicht mit dem abgegebenen, eigenen Wehrsekret in Berührung zu kommen.

Auf biochemischer Ebene schälen sich bei der chemischen Abwehr folglich von ursprünglichen Taxa bis hin zu abgeleiteten Arten folgende Evolutionstrends heraus, die sich auch bei anderen Coleopteren bestätigen ließen:

1. Erfindung und Beibehaltung relativ weniger Wirkstoffe; 2. Fortwährende Biosynthese neuer Lösungsmitteltypen und somit Optimierung der Wirkstoff-Formulierung; 3. Ausnutzung von synergistischen Effekten, so daß die Mischung mehrerer bestimmter Lösungsmittel in einem definierten Volumenverhältnis die Wirkung des Wehrstoffgemisches beträchtlich erhöht.

Im bisher beschriebenen Beispiel wird die Wirksamkeit von Sekreten ausschließlich durch die Variation der verwendeten, allein unwirksamen Lösungsmittel erreicht, während der gelöste Giftstoff immer identisch ist. Wenn synergistische Effekte nicht zum Tragen kommen, kann

durch eine Vermehrung der gelösten Substanzen die Anzahl möglicher Zielorganismen erhöht werden, was eine beträchtliche Erweiterung des Wirkungsspektrums des Wehrstoffgemisches zur Folge hat.

Dies läßt sich schön am Beispiel der Pygidialdrüsensubstanzen der Hydradephaga untermauern. Die in einem abdominalen Drüsenpaar gespeicherten Verbindungen können die Benetzbarkeit der Wasserkäferoberfläche für Wasser modifizieren. Wasserkäfer und hier insbesondere die kleineren Spezies haben nach längerem Landaufenthalt (z.B. nach Überwinterung, Aufsuchen neuer Wohngewässer) Schwierigkeiten, das Oberflächenhäutchen des Wassers zu durchbrechen (Abb. 3). Durch Verteilen von Spuren ihres Pygidialdrüsensekretes auf der Körperoberfläche beim Putzen an der Wasseroberfläche gelingt es den Tieren, die Benetzbarkeit ihrer Körperoberfläche für Wasser zu erhöhen, um nach kurzer Zeit abtauchen zu können. Andererseits kommt demselben Sekret eine enorme Bedeutung bei der Körperhygiene der Tiere zu; dies unterstreicht gleichzeitig die multifunktionelle Bedeutung dieser Naturstoffe. Auf der Körperoberfläche verteilt, können mit dem Pygidialdrüsensekret (z.B. Benzoesäure, PHB-Ester, sorbinsäureähnliche Verbindungen) Bakterien und Pilze bekämpft werden. Die Tiere wären schnell über und über mit Bakterien- und Pilzschleim bedeckt, wenn sie daran gehindert würden, das Wasser zu verlassen, um sich an Land mit ihrem desinfizierenden Sekret zu behandeln. Mit den komplizierten Gemischen von antimikrobiellen Pygidialdrüsensubstanzen können, und dies ist für in der Lebensmittelindustrie benützte Konservierungsstoffe bekannt, keine synergistischen Effekte erzielt werden. Auf der anderen Seite erfassen diese diversen Naturstoffe zahlreiche Bakterien- und Pilzspezies und haben überdies bei unterschiedlichsten pH-Werten ihr Wirkungsoptimum. Dies unterstreicht eindrucksvoll die Bedeutung von Viel-

stoffgemischen in Abwehrdrüsen von Arthropoden.

Aufgrund der enormen Möglichkeiten der modernen Spurenanalytik liegen vermehrt drüsenchemische Daten aus den unterschiedlichsten Arthropodengruppen vor, und es zeigt sich immer mehr, daß die vorgenannten Evolutionstrends auch für andere Taxa mit unspezifisch wirkenden Wehrsekreten gültig sind.

Literatur

- DETTNER, K. (1985): Ecological and phylogenetic significance of defensive compounds from pygidial glands of Hydradephaga (Coleoptera). - Proc. Acad. Nat. Sci. Philadelphia 137, 156-171.
- DETTNER, K. (1987): Chemosystematics and evolution of beetle chemical defenses. - Ann. Rev. Entomol. 32, 14-48.
- DETTNER, K. (1989): Insektenabwehrstoffe - Produktion, Speicherung, Abgabe und Anwendung im Biologischen Pflanzenschutz. - Z. Umweltchem. Ökotox. 3, 46-53.
- DETTNER, K. (1990): Solvent-dependent variability of effectiveness of quinone-defensive systems of Oxytelinae beetles (Coleoptera: Staphylinidae). - Entomol. Gen., im Druck.
- PEARSON, D., BLUM, M., JONES, T.H., FALES, H.M. GONDA, E. & WITTE, B.R. (1988): Historical perspective and the interpretation of ecological patterns: defensive compounds of tiger beetles (Coleoptera: Cicindelidae). Amer. Nat. 132: 404-416.

Prof. Dr. Konrad Dettner
Lehrstuhl für Tierökologie II, Univ. Bayreuth
Postfach 10 12 51, 8580 Bayreuth

Abb. 1: Sagittalschnitte (halbschematisch) durch Abdominalspitzen von Kurzflüglern verschiedener Taxa (schwarz: Drüsengewebe bzw. einzelne Drüsenzellen mit Tubuli; Kreise: Wehrsekret; römische Zahlen: Numerierung der hinteren Abdominalsegmente): 1: Staphylinina (Staphylininae); 2: Philonthina (Staphylininae); 3: Xantholininae; 4: Paederinae; 5: Omaliinae, Proteininae; 6: Steninae; 7: Oxytelinae; 8: Deleaster (Oxytelinae); 9: Aleocharinae.

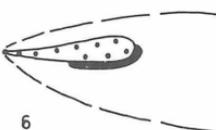
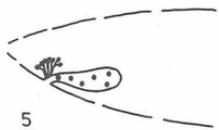
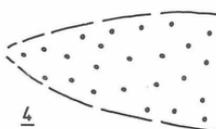
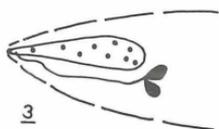
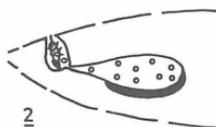
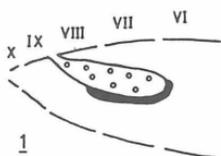
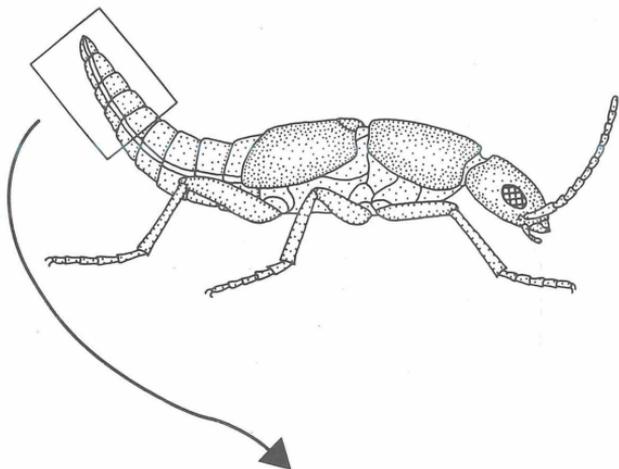


Abb. 2: Untersuchte Kurzflüglergattungen aus der Unterfamilie der Oxytelinae (Klammerwert: Zahl untersuchten Arten). Chemie der abdominalen Wehrdrüse (links), Lebensraum (Mitte) und Ernährungsweise (rechts, soweit bekannt) der studierten Oxytelinae; chemischer Vergleich von algenfressenden Arten (Schraffur) sowie Spezies aus faulendem Pflanzenmaterial (Punktierung).

		chemistry					habitat		nutrition						
		p-toluquinone	isopropyl- and sec-butylesters	alkenes	lactones	other compounds	corticole, in moss	ripicole, in waterside mud, sand or gravel	decomposing, moist vegetable matter	omnivorous	flower blossoms	algae	decaying vegetable matter	dead arthropods	facultative predators
Deleaster, 1	●	●	●					●		●	●			●	
Coprophilus, 1	●	●	●						●						
Syntomium, 1	●		●	●	▨		●	●			▨				
Epomotylus, 1	●		●	●	●			●				●			
Styloxis, 3	●		●	●	●	●		●	●	●		●	●	●	
Oxytelus, 2	●		●	●	●	●		●				●			
Anotylus, 4	●		●	●	●	●		●	●	●		●		●	
Oxytelops, 1	●		●	●	●			●				●			
Platystethus, 2	●		●	●	●	●		●				●		●	
Aploderus, 1	●		●	●	●	●		●				●			
Bledius, 1	●		●	●	▨		●				▨	●			
Ancyrophorus, 1	●		●	●	▨		●					●			
Trogophloeus, 3	●		●	●	▨		●	○			▨	●			

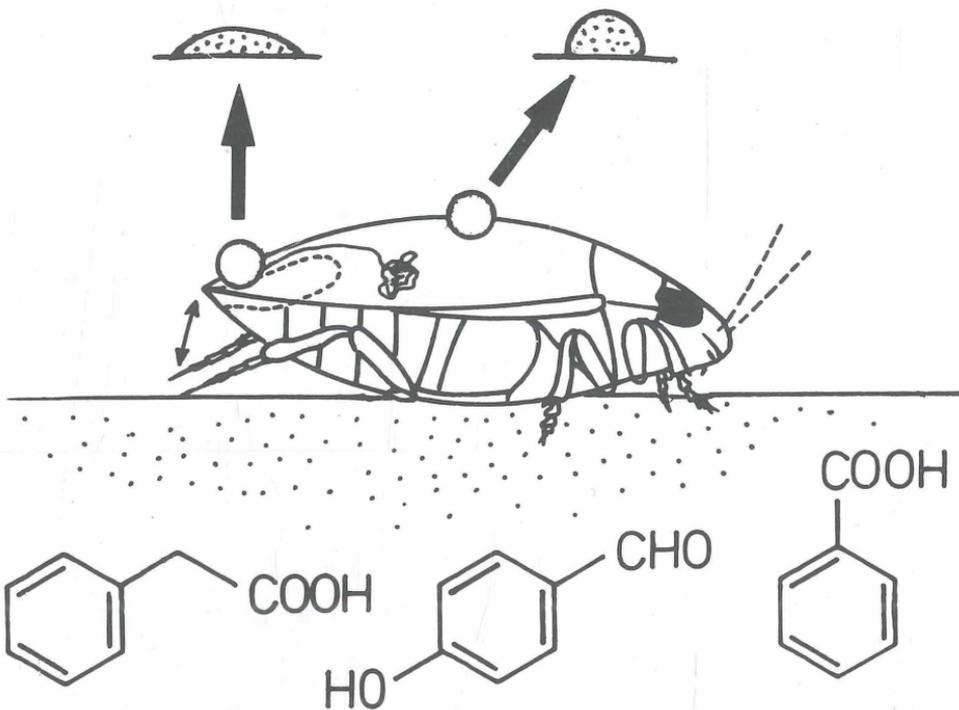


Abb. 3: Auf der Wasseroberfläche hängender, abtauchbereiter Wasserkäfer. Die in den Pygidialdrüsen gespeicherten Konservierungsstoffe Phenyllessigsäure (links), p-Hydroxybenzaldehyd (Mitte) und Benzoesäure (rechts) können die Benetzung der Käferoberfläche durch Wasser erhöhen, falls sie mit den Hinterextremitäten auf die Körperoberfläche gebracht werden (links oben). Wassertropfen auf schlecht benetzbarer Käferoberfläche (rechts oben).

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen des Westdeutschen Entomologentag Düsseldorf](#)

Jahr/Year: 1990

Band/Volume: [1989](#)

Autor(en)/Author(s): Dettner Konrad

Artikel/Article: [Chemische Abwehr bei Käfern 7-18](#)