

Zur Ernährungsphysiologie des Ameisenlöwen *Euroleon nostras* Fourcr.

Von Jürgen BONGERS und Monika KOCH (Bonn)

Summary

The ant-lion *E. nostras* FOURCR. digs pitfalls for catching prey. The size of the pits varies depending on the quality of the sand and the age of the ant-lion. Many arthropod species make up the prey spectrum. The contact stimuli which provoke the capture response of the ant-lion are typical vibrations of the prey. The victim is killed by a poison within a few minutes.

For extraintestinal digestion the ant-lion secretes a mixture of hydrolytic enzymes into the prey. In this liquid as well as in the contents of the larva's crop and midgut proteolytic and lipolytic components, carbohydrases and esterases can be found. It is investigated how the activity of the proteolytic enzymes depends on temperature, time and pH.

Into artificial diets the ant-lion gives up digestive enzymes twice. Sucking on these sachets begins after ten minutes.

Zusammenfassung

Der Ameisenlöwe *E. nostras* FOURCR. baut Sandtrichter, die er zum Beutefang benutzt. Die Trichtergröße variiert mit dem Bausubstrat und dem Alter des Ameisenlöwen. Zum Nahrungsspektrum zählen viele Arthropodenarten. Die Wahrnehmung der Beute erfolgt über Mechanorezeptoren. Ein hochtoxisches Gift, welches der Ameisenlöwe sofort nach dem Fang via Saugzange in das Opfer abgibt, sorgt für seinen schnellen Tod. Vor dem Aussaugen wird die Beute extraintestinal verdaut. Dazu wird ein Hydrolasengemisch ebenfalls via Saugzange in das Opfer abgegeben. Das Enzymspektrum deckt sich mit dem in Kropf- und Mitteldarminhalt der Larve. Es umfaßt proteolytische und lipolytische Anteile sowie Carbohydrasen und Esterasen. In einen künstlichen Sachet wird zweimal regurgitiert, und er wird ab der 10. Minute besaugt.

Temperatur-, Zeit- und pH-Abhängigkeit der proteolytischen Anteile in Regurgitat bzw. Kropf- und Mitteldarmextrakten wurden untersucht.

Einleitung

Die Lebensweise des Ameisenlöwen (AL), der Larve der Ameisenjungfer, zählt zu den interessantesten verhaltensbiologischen Erscheinungen unter den Insekten.

Alle drei Larvenstadien bauen Sandtrichter und lauern in deren Zentrum auf die Beute. Das Beutespektrum umfaßt nicht nur Ameisen, sondern eine Vielzahl von Arthropoden. Offensichtlich folgt das Bauprinzip für den Trichter einem angeborenen Verhaltensmuster. Dafür sind einmal der sogenannte „Schleuderreflex“ (DOFLEIN 1916) und zum anderen das Rückwärtslaufen typisch.

Die spezielle Anatomie von Kopf und Thorax ermöglicht dem AL Würfe verschiedener Richtung und Weite.

Die Trichtergröße wächst mit dem Alter des Erbauers und der Feinkörnigkeit des Baumaterials. In Wahlversuchen wird stets feineres Bausubstrat bevorzugt (KOCH, 1981; BONGERS und KOCH 1981).

Das Wahrnehmen von Beute erfolgt über Mechanorezeptoren, die im Thorax lokalisiert sein sollen (RICHARD 1952). Die Erschütterungen eines 40 mg schweren Insekts lösen in 8 cm Entfernung vom Trichtermittelpunkt gezieltes Sandschleudern des Räubers aus. Beim Beutefang können der gesamte Trichter und ein Umfeld von 30 cm gezielt mit Sand befeuert werden (KOCH 1978).

Gefangene Arthropoden werden innerhalb von wenigen Minuten mittels eines hochtoxischen Giftes getötet, wobei die Tötungszeit von der Art der Beute und dem Einstichort abhängt. Obwohl nur einmal Gift injiziert wird und die Dosis gering ist, führt ein Anstich von 25 sec Dauer zur LD 50. Innerhalb von fünf Minuten können 5 Heteropteren-Larven vergiftet werden (KOCH, 1981). Die Giftinjektion erfolgt offensichtlich immer nur aus einer Zangenhälfte (KOCH und BONGERS, unpubl.). Die typischen Reaktionen der Beute nach dem Anstich lassen auf ein Nervengift schließen. Aufgrund seiner stechend-saugenden Mundwerkzeuge kann der AL nur flüssige Nahrung aufnehmen. Deshalb muß die Beute extraintestinal aufbereitet werden.

Während zu Trichterbau und Fangverhalten des AL eine Vielzahl von Beobachtungen vorliegt, ist dem biologischen Prozeß der extraintestinalen Verdauung – offensichtlich wegen seiner Komplexität – bisher keine detaillierte Bearbeitung gewidmet worden. Allenfalls interessante Hypothesen zu Regurgitation und Nahrungsaufnahme werden diskutiert (VON LENGERKEN 1923; BERLAND et GRASSÉ 1951; BUSCHINGER und BONGERS 1969).

Im Rahmen unserer Arbeit wurde folgenden Fragen nachgegangen:

- Welche Hydrolasen werden in die Beute injiziert?
- Wie verhalten sich diese Hydrolasen außerhalb des Verdauungstraktes?
- Erfolgt eine einmalige oder mehrmalige Abgabe von Hydrolasen?
- Ab wann beginnt die eigentliche Nahrungsaufnahme?

Material und Methoden

Untersucht wurden alle drei Larvenstadien von *Euroleon nostras* FOURCR. Die Larven stammten aus Biotopen in Darmstadt (BRD) und Bergen (Niederlande). Näheres zur Haltung im Labor vgl. BONGERS und KOCH (1981).

Gewinnung des extraintestinalen Regurgitats

Ein ca. 10 mm großes Parafilm-Säckchen wurde mit 50 μ l Trehalose-Lösung gefüllt. Dieser „Sachet“ wurde dem AL angeboten und eine definierte Zeit in der Zange belassen. Nach Vorversuchen wurde eine 4%ige Trehalose-Lösung gewählt, da Trehalose vom regurgitierten Enzymgemisch nicht hydrolysiert wird, und weil eine 4%ige Konzentration auswertbare Anstichraten erbrachte.

Extrakterstellung aus Organen

Der Verdauungstrakt wurde unter eisgekühlter 0,6%iger NaCl-Lösung herauspräpariert und in Kropf und Mitteldarm getrennt. (Näheres zur Anatomie vgl. RAMDOHR 1811). Vor der Inkubation wurde jedes Organ in 200 μ l 0,6%iger NaCl-Lösung mit etwas Quarzsand homogenisiert und zentrifugiert (3000 \times g/1 min).

Proteinbestimmung

Aus aliquoten Teilen des Sachet-Inhaltes bzw. der zentrifugierten Organ-Extrakte wurde das Protein mit 3 molarer TCE oder durch Hitzedenaturierung (100°C/5 min) ausgefällt. Das abzentrifugierte Eiweiß (3000 \times g/20 min) wurde nach LOWRY et AL. (1951) quantifiziert.

Substrate

Die Aktivität der α -Glucosidase wurde nach RICK und STEGBAUER (1974) bestimmt. Als Substrat für die proteolytische Aktivität diente Azocasein (SERVA/BRD) (Methode nach HAZEN 1974).

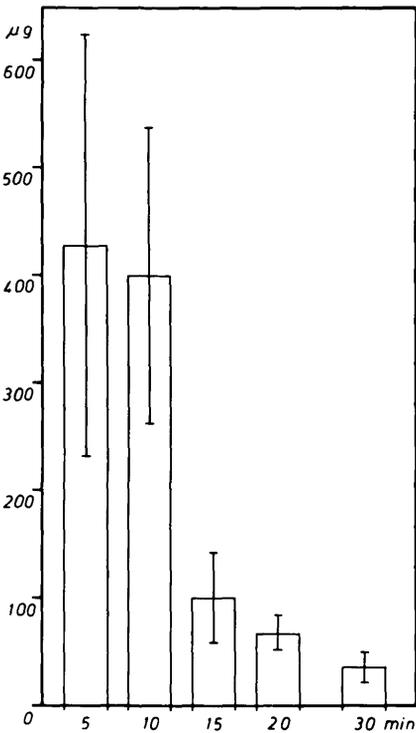


Abb. 1: Proteingehalt in Parafilm-Sachets (Ordinate) in Abhängigkeit von der Anstichzeit (Abszisse). $n = 114$; Signifikanzen: 5–10 min: $p < 0,8$; 10–15 min: $p < 0,02$; 15–20 min: $p < 0,8$; 20–30 min: $p < 0,05$ (t-Test nach STUDENT).

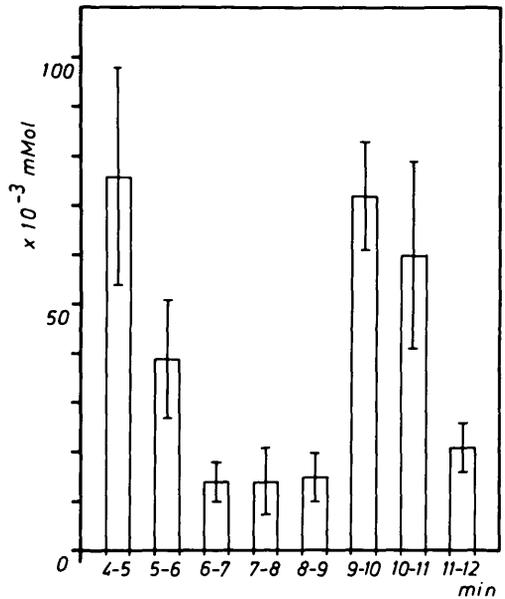


Abb. 2: Spaltungsaktivität (Substrat: Amylose) des Regurgitats im Sachet in Abhängigkeit von der Anstichzeit (Abszisse). Ordinate: Konzentration der enzymtisch freigesetzten Kohlenhydrate mit reduzierenden Gruppen. $n = 114$; Signifikanzen: Säulen 1–2; 6–7; 7–8: $p < 0,05$; Säulen 2–3; 5–6: $p < 0,02$; Säulen 3–4; 4–5: $p < 0,9$ (t-Test nach STUDENT).

Der Inkubationsansatz für die Lipaseaktivität setzte sich wie folgt zusammen: In $500 \mu\text{l}$ $0,2 \text{ M}$ Tris-Puffer (pH 8,0): 18 mg Gummi arabicum; 12 mg Rinderserumalbumin; 18 mg Triolein; $2,1 \mu\text{mol}$ Na-Desoxycholat; $3 \mu\text{mol}$ CaCl_2 .

Die freigesetzten Fettsäuren wurden nach DUNCOMBE (1964) bestimmt.

Wegen der geringen Volumina wurden alle Testverfahren auf Ultramikromaßstab modifiziert.

Ergebnisse

Zeitlicher Verlauf der Regurgitation

Die Analyse der Enzyme im Regurgitat setzt die Kenntnis des zeitlichen Verlaufs der Ausschüttung dieser Verdauungsenzyme voraus.

Wird der Proteingehalt im Sachet in Abhängigkeit von der Anstichzeit quantitativ bestimmt, läßt sich feststellen, daß zwischen 10 und 15 min nach dem Anstich das Wiederaufsaugen der injizierten Enzyme erfolgen muß (Abb. 1).

Regurgitat im Sacht

Enzymspektrum: Das Hydrolasengemisch aus dem Sacht spaltet α -Amylose. Die Carbohydrasen werden offensichtlich in zwei Phasen ausgeschüttet. Die erste Abgabe erfolgt zwischen 4 und 6 min und eine zweite zwischen 9 und 11 min nach dem Anstich (Abb. 2). Nach der 11. Minute nimmt die Enzym-Menge endgültig ab. Damit dürfte die eigentliche Nahrungsaufnahme am Sacht bei etwa 11 min anzusetzen sein.

Das Regurgitat hydrolysiert eine Vielzahl natürlicher und synthetischer Protein-Substrate (u. a. Haemoglobin, Azocasein, Dimethylcasein, Congooll, Azocoll).

Zeitabhängigkeit: Eine wichtige Voraussetzung für die extraintestinale Verdauung ist die Stabilität der Hydrolasen außerhalb des AL. Für die Proteasen (Azocasein-Spaltung) kann eine langdauernde Stabilität gezeigt werden. Die Proteasen haben nach 6 h noch keinen Aktivitätsverlust erlitten (Abb. 3).

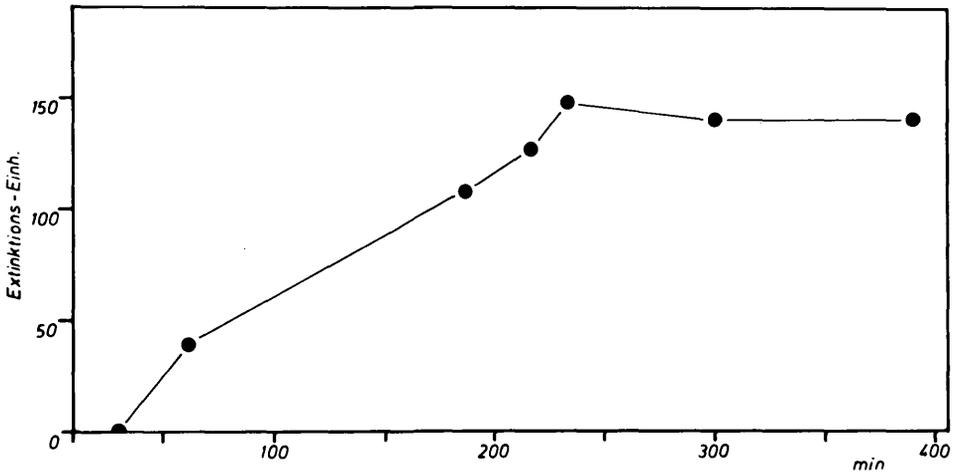


Abb. 3: Proteasenaktivität des Regurgitats aus dem Sacht (Ordinate) in Abhängigkeit von der Inkubationsdauer (Abszisse). Substrat: Azocasein; pH 7,4; Temperatur 30°C (Einzelversuch belegt durch 18 Wiederholungen).

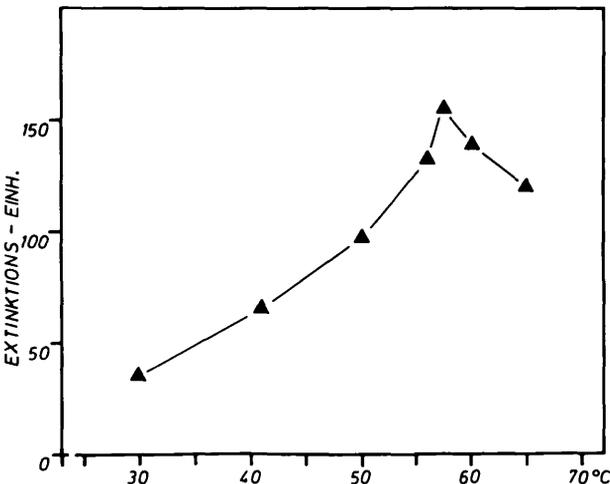


Abb. 4: Temperaturabhängigkeit der Proteasen aus dem Sacht
 Ordinate: Enzymaktivität
 Abszisse: Temperatur
 Substrat: Azocasein; pH 7,4;
 Zeit: 60 min
 (Einzelversuch durch 17 Wiederholungen belegt).

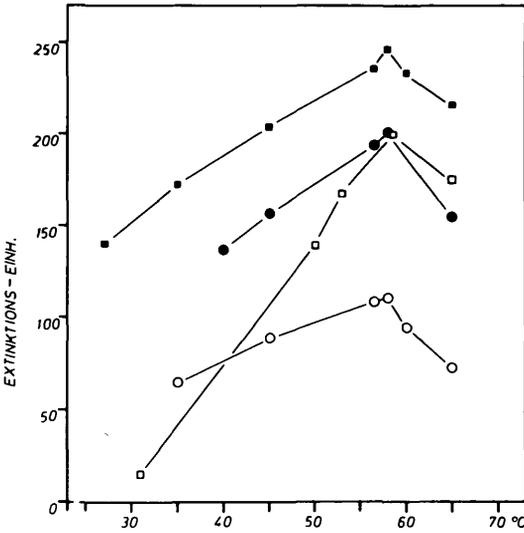


Abb. 5: Temperaturabhängigkeit der Proteasenaktivität aus Organextrakten
 Ordinate: Enzymaktivität
 Abszisse: Temperatur

■ Gesamt-Mitteldarm
 ● Gesamt-Kropf
 □ Mitteldarm-Inhalt
 ○ Kropf-Inhalt
 Substrat: Azocasein; pH 7,4; Zeit: 60 min
 (Einzelversuche mit n = 14 Wiederholungen).

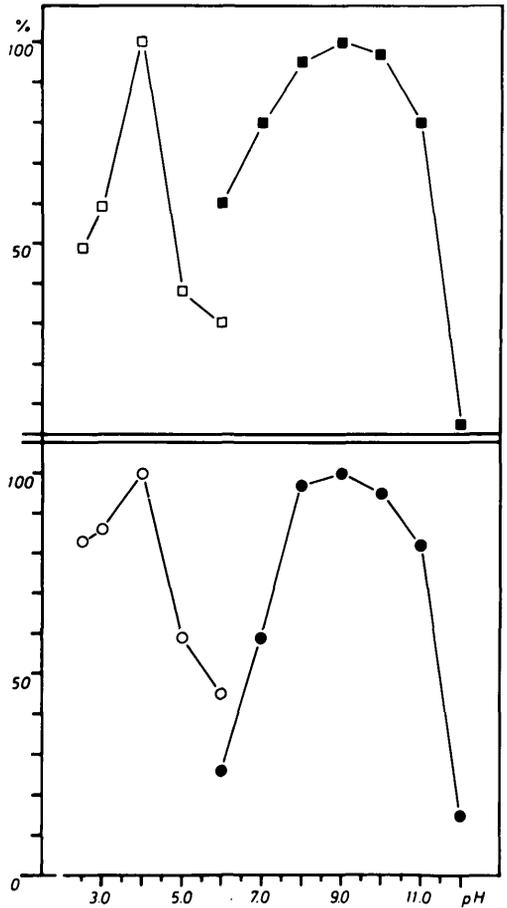


Abb. 6: pH-Abhängigkeit der Proteasen-Aktivität aus Organextrakten
 Ordinate: Enzymaktivität
 Abszisse: pH
 □ Gesamt-Mitteldarm (Substrat Haemoglobin)
 ■ Gesamt-Mitteldarm (Substrat Azocasein)
 ○ Gesamt-Kropf (Substrat Haemoglobin)
 ● Gesamt-Kropf (Substrat Azocasein)
 n = 31.

Temperaturabhängigkeit: Das Vorkommen der Trichter in besonders wärmeexponierten Habitaten macht die Frage nach dem Einfluß der Temperatur auf die Hydrolasen relevant. Das Temperaturoptimum für Proteasen (Azocasein) liegt bei 59°C, was für Insektenenzyme erstaunlich hoch ist (Abb. 4).

Kropf- und Mitteldarmextrakt

Enzymspektrum: Das Enzymspektrum in Kropf- und Mitteldarmextrakten deckt sich mit dem in Sachets. Zusätzlich konnte in beiden Organen Lipase- und Esterase-Aktivität nachgewiesen werden.

Temperaturabhängigkeit: Auch das Temperaturoptimum der Proteasen mit 59°C in Kropf und Mitteldarm ist mit dem des Regurgitats identisch (Abb. 5).

pH-Optimum: Sowohl Kropf als auch Mitteldarm besitzen im sauren bei pH 4 (Haemoglobin) und im schwach basischen Milieu bei pH 9 (Azocasein) Optima. Dabei überstreicht die pH-Kurve im basischen einen breiteren Bereich als im sauren Milieu (Abb. 6).

Diskussion

Das Enzymspektrum erlaubt dem AL die extraintestinale Aufarbeitung von Proteinen, Lipiden und Kohlenhydraten, also der drei wichtigsten Energiequellen. Die zwei pH-Optima für die Proteasen sowie die Tatsache, daß Beutetiere bis auf das Chitinskelett aufgelöst werden, sprechen für ein Gemisch aus proteolytischen Hydrolasen. Das Temperaturoptimum der Proteasen, sowie das der Lipasen und Esterasen (unpubl.) bei 59°C ist als Anpassung an den Biotop zu werten. Nicht selten lassen sich Trichtertemperaturen derselben Größenordnung messen. Auch die extraintestinale Stabilität der Proteasen dürfte für die besondere Ernährungsweise des AL von ausschlaggebender Wichtigkeit sein, da sie ihm eine praeorale Aufbereitung über mehrere Stunden erlaubt. So können auch weitaus größere Beutetiere als Ameisen vollständig verflüssigt werden. Erstaunlicherweise gibt der AL auch in Flüssigkeiten Hydrolasen ab, wie die „Sachet“-Versuche zeigen, obgleich diese Flüssigkeit ohne praeorale Lyse aufsaugbar wäre. Gift läßt sich in den Sachets jedoch nicht nachweisen (KOCH, unpubl.). Auch die Haemolymphe von Beutetieren könnte als solche sofort aufgesaugt werden, was jedoch unterbleibt. Erst wenn eine fast vollständige Auflösung der Beute eingetreten ist, beginnt die eigentliche Nahrungsaufnahme. Für *Myrmica* = Arbeiterinnen als Beute geschieht dies nach etwa 11 min (BUSCHINGER und BONGERS 1969).

Offensichtlich dient die Haemolymphe des Opfers der Verteilung des Giftes über das gesamte Innere. So hat in den Fettkörper injiziertes Gift eine wesentliche Verzögerung der Tötung zur Folge (KOCH, unpubl.). Außerdem ermöglicht ein Transport auch des Regurgitats via Haemolymphe die gleichzeitige Lyse aller Organe. Wahrscheinlich wirkt nicht die Konsistenz der Nahrung auslösend für die Injektion des Regurgitats, sondern sie scheint mit dem Einstich beider Zangenhälften in das Substrat gekoppelt zu sein.

Die Frage, ob eine ein- oder mehrmalige Abgabe von Hydrolasen in die Beute erfolgt, läßt sich nur indirekt beantworten. Obwohl der Sachet-Inhalt keine enzymatische Verflüssigung erfordert, wird zweimal Regurgitat injiziert, bevor die endgültige Aufnahme des Inhaltes einsetzt. Zwischen den beiden Enzymabgaben ist eine kurze Saugphase eingeschoben (Abb. 2). Vielleicht dient diese der Überprüfung des Substrats.

Das zentrale Problem innerhalb der extraintestinalen Verdauung stellen Herkunft und Transportweg der Hydrolasen dar. Im Gegensatz zur Vermutung von HANDLIRSCH (1933–36) dürften die sehr kleinen Mandibulardrüsen schon aus rein quantitativen Gründen, ebenso wie das Drüsenpaar an der Basis der Maxillen als Produzenten für Hydrolasen ausscheiden. Die Herkunft der Enzyme aus dem Mitteldarm darf als gesichert gelten (BUSCHINGER und BONGERS 1969). Strittig ist jedoch noch, ob einfach Mitteldarminhalt regurgitiert wird, oder ob das Enzymgemisch weitgehend frei von bereits aufgenommener Nahrung ist. Die

schnelle und effektive Lyse von Beute spricht für eine geringe Verdünnung der Enzyme mit bereits aufgesaugtem Beuteinhalt. Andererseits sind keine morphologischen Strukturen am Darm ausgebildet, die eine Trennung von Hydrolasen und Nahrungsbrei ermöglichen.

AL, deren Darminhalt mit Neutralrot markiert worden war, wurden mit Ameisen gefüttert. Zum Zeitpunkt der maximalen Injektion von Hydrolasen in die Ameisen (ca. 7 min nach dem Anstich) wurden diese auf Farbstoff untersucht: Niemals konnte Neutralrot nachgewiesen werden, obwohl die AL den Farbstoff in erheblichen Mengen innerhalb der peritrophischen Membran enthielten.

Auch analoge Experimente mit ^{32}P -markierten AL sind dahingehend zu interpretieren, daß erst nach Resorption des ^{32}P in das Darmepithel (nach ca. 3 Tagen) auch die sekretierten Verdauungsenzyme radioaktiv markiert sind (BUSCHINGER und BONGERS 1969).

Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse ist von BUSCHINGER und BONGERS (1969) folgende Hypothese vorgeschlagen worden: Das enzymhaltige Regurgitat stammt aus dem Raum zwischen Darmepithel und peritrophischer Membran. Es tritt ohne wesentlichen Kontakt mit dem Inhalt proximal in den Kropf und wird dann in einer von der Muscularis abgetreten ventralen Rinne am Kropfinhalt vorbei in den Mundraum geführt.

Literatur

- BERLAND, L. et GRASSÉ, P. P. 1951: — *Traité de Zoologie* 10, I, Masson & Cie, Paris, pp. 1–69.
- BONGERS, J. und KOCH, M. 1981: Trichterbau des Ameisenlöwen, *Euroleon nostras* Fourcr. — *Neth. J. Zoology* 31, 2.
- BUSCHINGER, A. und BONGERS, J. 1969: Zur extraintestinalen Verdauung des Ameisenlöwen (*Euroleon nostras* Fourcr., Myrmeleonidae). — *Z. vergl. Physiologie* 62, pp. 205–213.
- DOFLEIN, F. 1916: *Der Ameisenlöwe*. — G. Fischer Jena.
- DUNCOMBE, W. G. 1964: The colorimetric micro-determination of non esterified fatty acids in plasma. — *Clin. Chim. Acta* 9, p. 122.
- HANLIRSCH, A. 1933–36: In: KÜKENTHAL, W. und KRUMBACH, T. — *Handbuch der Zoologie* 4, Teil 2, W. de Gruyter & Co, Berlin.
- HAZEN, G. 1974: In: BERGMAYER, H. U.: *Methoden der enzymatischen Analyse* 1. p. 1038. — Verlag Chemie.
- KOCH, M. 1978: Zur Ernährungsbiologie des Ameisenlöwen *Myrmeleon europaeus* M'Lachl. — unpubl. Diplomarbeit der Math.-Nat. Fak. Universität Bonn.
- KOCH, M. (1981). Zur Ernährungsbiologie des Ameisenlöwen *Euroleon nostras* Fourcr. — *Verh. Mitt. DGaE, St. Gallen (Schweiz)* 1980; 3, pp. 107–109.
- LENGERKEN, H. von 1923: Extraintestinale Verdauung. — *Verh. d. Dtsch. Zool. Ges.* 28, Berlin, p. 89.
- LOWRY, O. H. et al. 1951: Protein measurement with the folin phenol reagent. — *J. biol. Chem.* 193, p. 265.
- RAMDOHR, K. A. 1811: *Abhandlungen über die Verdauungswerkzeuge der Insekten*. — Hrsg. Natf. Ges. Halle, p. 151.
- RICK, W. und STEGBAUER, H. P. 1974: In: BERGMAYER, H. U.: *Methoden der enzymatischen Analyse* 1, p. 918. Verlag Chemie.
- RICHARD, G. 1952: Contribution à l'étude de la biologie des Fourmilions. — *Bull. soc. Zool. France* 77, pp. 252–263.

Anschrift der Verfasser: Univ.-Prof. Dr. Jürgen Bongers und Dr. Monika Koch
 Institut für Angewandte Zoologie der Universität Bonn,
 An der Immenburg 1, 5300 Bonn, BRD.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Monografien Entomologie Neuroptera](#)

Jahr/Year: 1984

Band/Volume: [MEN1](#)

Autor(en)/Author(s): Bongers Jürgen, Koch Monika

Artikel/Article: [Zur Ernährungsphysiologie des Ameisenlöwen Euroleon nostras FOURCR. 241-247](#)