

## Zur Aussagekraft von Kotanalysen über die Bedeutung verschiedener Arthropodentaxa als Nahrung für Fledermäuse\*

Von MICHAEL STRAUBE, Wegberg

Mit 2 Abbildungen

### Einleitung

In vielen Veröffentlichungen von Kotanalysen wird anhand der Anteile verschiedener Arthropodentaxa an den identifizierbaren Beutetierfragmenten oder am Anteil der Kotkrümel, in dem sie auftauchen, auf die Bedeutung einzelner Arthropodengruppen für die Ernährung der Fledermäuse geschlossen. Dabei treten eine Reihe von methodischen Ungenauigkeiten und Fehlermöglichkeiten auf, die hier kurz zusammengefaßt werden. Daneben wird bei den bisherigen Kotanalysen weitgehend außer acht gelassen, daß verschiedene Arthropodengruppen sich nicht nur in Form und Größe unterscheiden, sondern folglich auch stark in der Masse. Für die Aufnahme von Nährstoffen, Energie und Wasser ist aber die Masse der erbeuteten Einzeltiere oft entscheidender als ihre Zahl oder systematische Stellung.

Dieser Beitrag ist als Anregung gedacht. Er soll die Methode der Kotanalyse nicht grundsätzlich in Frage stellen.

### I. Die Methode der Kotanalyse und auftretende Probleme

Obwohl in der Literatur bereits kritisch über die Kotanalyse berichtet wurde (v.a. bei TAAKE 1992 und WOLZ 1993a), sollen hier kurz ein paar Punkte angesprochen werden.

Die in Europa heimischen Fledermäuse ernähren sich ausschließlich von Insekten und anderen Gliedertieren. Diese Tiere besitzen ein Exoskelett aus Chitin und anderen, schwer verdaulichen Substanzen, die zum Teil unverändert und daher identifizierbar in Kotpellets auftauchen (z.B. MCANEY et al. 1991). Durch das Abbeißen von Gliedmaßen und das Zerkleinern vordem Verschlucken gehen aber oft wichtige, für die Bestimmung notwendige Merkmale

verloren. Verschiedene Taxa lassen sich unterschiedlich gut im Kot nachweisen (BECK 1995). Daneben ist umstritten, ob und in welchem Maße Fledermäuse Chitin verdauen können. NEUWEILER (1993) bezweifelt das Vorkommen von Chitinasen bei Fledermäusen, obwohl bereits JEUNIAUX (1961) - zumindest für die Große Hufeisennase - ein Chitin-abbauendes Enzymsystem im Magen fand. WEBB et al. (1993) kommen zu dem Ergebnis, daß ihre untersuchten Braunen Langohren etwa 59 % des aufgenommenen Chitins verdaut haben müssen. Infolgedessen könnten Beutetiere mit leicht verdaulichem Exoskelett bei den Analysen unterbewertet werden. Die Zerkleinerung der Arthropoden führt häufig zu einer Verteilung auf mehrere Kotpellets. Dies kann zu einer Überbewertung führen, insbesondere weil Teile wie die Schuppen und Haare der Nachtfalter über mehrere Tage im Kot nachweisbar bleiben (WOLZ 1993a).

Es ist also problematisch, von der Zahl identifizierbarer Insektenfragmente auf die absolute Häufigkeit verschiedener Beutetiergruppen zu schließen. Bei einigen typischen Fragmenten ist immerhin ein Rückschluß auf die ungefähre Größe der gefangenen Tiere möglich (TAAKE 1992).

Eine bessere Bestimmung von Art und Größe der erbeuteten Insekten lassen die Fraßreste der beiden Langohrarten zu, da sie an ihren Fraßplätzen ganze Köpfe, Flügel und andere Extremitäten hinterlassen (BAUEROVÁ 1982, CASTOR et al. 1993 u.a.). Diese Fraßreste können allerdings von mehreren Fledermäusen stammen. Da kleine oder leicht zu bearbeitende Beutetiere wahrscheinlich im Flug verspeist werden, treten aber große Unterschiede zwischen der Analyse von Kotproben und Fraßresten auf (MEINECKE 1991). Starker Windzug unter den Fraßplätzen führt zu einer weiteren Verfä-

\* Überarbeitete Zusammenfassung zu einem Posterbeitrag anlässlich der 2. Fachtagung der BAG Fledermausschutz vom 28.-30. April 1995 in Münster

Tabelle 1. Biometrische Daten wichtiger Fledermaus-Beutetiere (Abkürzungen siehe S. ??)

Art	Taxon	Länge [mm]	FG [mg]	TG [mg]
<b>Lepidoptera</b>				
<i>Alsophila aescularia</i>	<i>Geometridae</i>	15	17,3 (1)	6,5 (6)
<i>Boarmia rhomboidaria</i> m (2. Gen.)	<i>Geometridae</i>	16	20,9 (1)	9,4 (4)
<i>Campaea margaritata</i> m	<i>Geometridae</i>	11	16,6 (4)	5,8 (5)
<i>Opisthograptis luteolata</i> m	<i>Geometridae</i>		15,7 (5)	7,3 (5)
<i>Opisthograptis luteolata</i> w	<i>Geometridae</i>		32,6 (3)	13,2 (3)
<i>Sterrha seriata</i> m	<i>Geometridae</i>	6	2,8 (2)	1,3 (2)
<i>Agrotis exclamationis</i> m	<i>Noctuidae</i>		169,6 (25)	63,0 (4)
<i>Agrotis exclamationis</i> w	<i>Noctuidae</i>		168,3 (4)	72,4 (3)
<i>Amphipyra pyramidea</i> w	<i>Noctuidae</i>	24	330,9 (1)	127,4 (1)
<i>Calymnia trapezina</i> m	<i>Noctuidae</i>		46,6 (5)	25,4 (5)
<i>Calymnia trapezina</i> w	<i>Noctuidae</i>		64,4 (4)	25,1 (4)
<i>Catocala nupta</i> w	<i>Noctuidae</i>	33	796,6 (1)	
<i>Conistra vaccinii</i> m	<i>Noctuidae</i>		80,3 (21)	26,8 (6)
<i>Conistra vaccinii</i> w	<i>Noctuidae</i>		95,5 (3)	20,9 (1)
<i>Monima gothica</i> m	<i>Noctuidae</i>		85,2 (19)	32,3 (11)
<i>Monima gothica</i> w	<i>Noctuidae</i>		143,1 (2)	36,7 (1)
<i>Monima stabilis</i> m	<i>Noctuidae</i>		94,8 (4)	32,7 (4)
<i>Monima stabilis</i> w	<i>Noctuidae</i>		127,3 (2)	46,0 (1)
<i>Parastichtis monoglypha</i> m	<i>Noctuidae</i>		295,4 (2)	123,0 (4)
<i>Phytometra gamma</i> m	<i>Noctuidae</i>		92,6 (5)	
<i>Phytometra gamma</i> w	<i>Noctuidae</i>		95,8 (5)	
<i>Rhyacia c-nigrum</i> m	<i>Noctuidae</i>		110,0 (5)	39,1 (5)
<i>Rhyacia c-nigrum</i> w	<i>Noctuidae</i>		132,9 (1)	
<i>Rhyacia plecta</i> m	<i>Noctuidae</i>		57,7 (5)	22,8 (5)
<i>Rhyacia plecta</i> w	<i>Noctuidae</i>		67,1 (5)	25,9 (5)
<i>Rhyacia xanthographa</i> m	<i>Noctuidae</i>		114,4 (8)	44,1 (8)
<i>Scoliopteryx libatrix</i> m	<i>Noctuidae</i>		184,8 (1)	78,1 (1)
<i>Scoliopteryx libatrix</i> w	<i>Noctuidae</i>	16	141,9 (1)	72,6 (1)
<i>Trigonophora meticulosa</i> m	<i>Noctuidae</i>		172,5 (4)	
<i>Trigonophora meticulosa</i> w	<i>Noctuidae</i>	18	210,1 (2)	43,8 (1)
<i>Triphaena comes</i> m	<i>Noctuidae</i>	17		58,2 (1)
<i>Triphaena comes</i> w	<i>Noctuidae</i>	18	315,5 (1)	109,1 (4)
<i>Triphaena fimbria</i> m	<i>Noctuidae</i>			196,3 (1)
<i>Triphaena fimbria</i> w	<i>Noctuidae</i>		597,3 (1)	
<i>Triphaena janthe</i> m	<i>Noctuidae</i>	15	113,9 (1)	42,2 (1)
<i>Triphaena janthe</i> w	<i>Noctuidae</i>	15	203,9 (1)	53,0 (5)
<i>Triphaena pronuba</i> m	<i>Noctuidae</i>		400,4 (7)	210,8 (4)
<i>Triphaena pronuba</i> w	<i>Noctuidae</i>		331,5 (2)	161,9 (2)
<i>Phalera bucephala</i> m	<i>Notodontidae</i>		317,6 (8)	151,9 (5)
<i>Phalera bucephala</i> m (ohne Extremitäten)	<i>Notodontidae</i>			134,6 (5)
<i>Phalera bucephala</i> w	<i>Notodontidae</i>		410,4 (1)	131,5 (1)
<i>Phalera bucephala</i> w (ohne Extremitäten)	<i>Notodontidae</i>			113,5 (1)
<i>Eudia pavonia</i> m	<i>Saturniidae</i>			95,7 (1)
<b>Coleoptera</b>				
<i>Carabus coriaceus</i>	<i>Carabidae</i>	32	944,5 (1)	272,1 (1)
spec.	<i>Carabidae</i>	13	92,8 (1)	36,5 (1)
spec. w	<i>Carabidae</i>	21	350,2 (1)	122,5 (1)
<i>Carabus violaceus</i> m	<i>Carabidae</i>	22	398,0 (2)	141,3 (2)
<i>Carabus nemoralis</i> m	<i>Carabidae</i>	20	414,0 (1)	142,6 (1)
<i>Carabus nemoralis</i> w	<i>Carabidae</i>	21	403,4 (1)	118,0 (1)
<i>Geotrupes stercorarius</i> **	<i>Scarabaeidae</i>			89,0 (2)
<i>Geotrupes stercorarius</i>	<i>Scarabaeidae</i>	17	381,1 (5)	128,9 (5)
<i>Melolontha melolontha</i> m	<i>Scarabaeidae</i>		820,8 (45)	428,3 (3)
<i>Aphodius rufipes</i>	<i>Scarabaeidae</i>	11	72,4 (3)	31,6 (3)

Art	Taxon	Länge [mm]	FG [mg]	TG [mg]
<i>cf. Necrodes littoralis</i>	<i>Silphidae</i>	22	393,7 (1)	143,0 (1)
<i>Staphylinus olens</i> **	<i>Staphylinidae</i>	24		86,1 (4)
<i>Tenebrio molitor</i> (aus Zucht)	<i>Tenebrionidae</i>		89,4 (10)	
<b>Diptera</b>				
<i>Tipula cf. paludosa</i> m	<i>Tipulidae</i>	15	35,9 (1)	13,4 (8)
<i>Tipula cf. paludosa</i> m (ohne Extremitäten)	<i>Tipulidae</i>	15		9,7 (6)
<i>Tipula cf. paludosa</i> w	<i>Tipulidae</i>	22	49,4 (4)	16,1 (4)
<i>Tipula cf. paludosa</i> w (ohne Extremitäten)	<i>Tipulidae</i>	22		12,8 (4)
spec.	<i>Culicidae</i>	6	2,2 (1)	1,1 (1)
<i>Episyrphus balteatus</i> **	<i>Syrphidae</i>	12		5,3 (1)
<i>Eristalis</i> spec. **	<i>Syrphidae</i>	13		11,5 (1)
<b>andere Taxa</b>				
spec.	<i>Chrysopidae</i>	18	18,9 (1)	6,8 (1)
spec.	<i>Chrysopidae</i>	10	7,8 (1)	4,5 (1)
spec. w	<i>Dermaptera</i>	13	58,1 (1)	
spec. m	<i>Dermaptera</i>	16	86,0 (1)	36,9 (1)
spec.	<i>Trichoptera</i>	18	82,4 (1)	35,6 (1)
spec.	<i>Trichoptera</i>	9	15,0 (1)	5,6 (1)
spec. **	<i>Megaloptera</i>	14		3,4 (1)
spec.	<i>Gerridae</i>		9,3 (2)	3,9 (2)
spec.	<i>Opilionida</i>	4	17,5 (1)	5,8 (1)
spec.	<i>Opilionida</i>	8	89,5 (1)	29,0 (1)

schung der Ergebnisse, da Teile weggewehrt werden können.

#### Schwierigkeiten bei der Probenahme

Zur Gewinnung von Kotproben werden zwei Methoden angewandt: Die einfachere besteht aus der mehr oder weniger regelmäßigen Sammlung von Kotpellets in Fledermauskästen, Dachstühlen oder anderen, regelmäßig benutzten und einfach zu erreichenden Quartieren. Dabei kann es zu einer Ansammlung unterschiedlich alter Brocken kommen. Die Vermischung des Kotes verschiedener Arten ist nicht ausgeschlossen. Abhängig von Art und Jahreszeit kann die Fluktuation verschiedener Individuen in einem Quartier recht hoch sein. Die Tiere einer Kolonie müssen auch nicht unbedingt im selben Habitat jagen. Gerade von großen Mausohr-Wochenstuben ist bekannt, daß sich ihre Mitglieder auf viele Quadratkilometer Jagdgebiet verteilen (v. HELVERSEN 1989). Es werden folglich verschiedene Lebensräume mit unterschiedlichen Insektendichten und Artenverteilungen aufgesucht. Sollten sich einige Tiere auf bestimmte Habitate und/oder Nahrungstaxa spezialisiert haben, fällt dies bei Kotuntersuchun-

gen aus Quartieren kaum auf. Denkbar sind auch Unterschiede von ♂ und ♀ einer Art, da zwischen den Geschlechtern insbesondere während der Laktationsperiode große Unterschiede im Energiebedarf bestehen. Man kann also mit solchen Analysen nur das Beutespektrum einer Population bestimmen, nicht jedoch die wirkliche Nahrungsaufnahme einzelner Tiere.

#### Verbesserungen

Um Angaben über einzelne Tiere zu erhalten, ist es daher sinnvoller, Fledermäuse bei der Jagd zu fangen (oder zu telemetrieren) und ihren Kot zu sammeln. Auf diese Weise sind mehrere Kotpellets einem Tier zuzuordnen, von dem man im günstigen Fall das Jagdhabitat kennt. Die Analyse des Kotes von Einzeltieren, z.B. Solitär Männchen in Fledermauskästen (WOLZ 1993b), erlaubt ebenfalls die Feststellung individueller Unterschiede in der Beutewahl.

Bevor man aus den Ergebnissen solcher Kotanalysen auf Nahrungspräferenzen schließen kann, muß jedoch das vorhandene Beuteangebot bekannt sein, wie es z.B. von BAUEROVÁ (1982), TAAKE (1992) und GLOOR et al. (1995) erfaßt wurde. Es ist aber schwierig, absolute

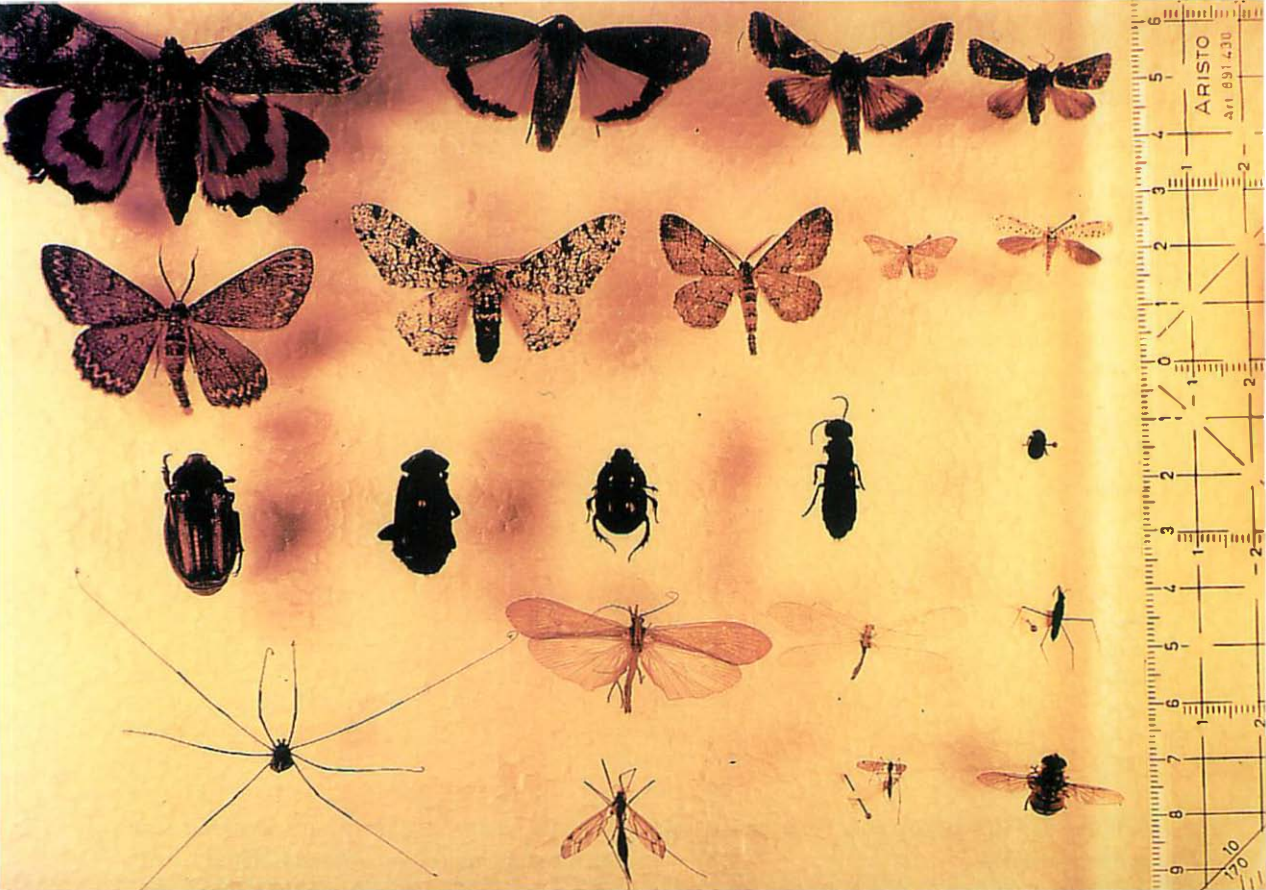


Abb. 1. Typische Größenverhältnisse von (genadelten) Arthropoden verschiedener Ordnungen. Die Abdomina der nicht stark sklerotisierten Tiere sind teilweise durch die Präparation eingefallen. 1. Reihe: *Noctuidae*: *Catocala nupta*, *Triphaena pronuba*, *Phytometra gamma*, *Oligia strigilis*; 2. Reihe: *Geometridae*: *Boarmia punctinalis*, *Biston betularia*, *Boarmia rhomboidaria*, *Sterrhia serrata*, *Microlepidoptera*: *Yponomeutidae*; 3. Reihe: *Melolontha melolontha*, *Necrophorus lunata*, *Geotrupes stercorarius*, *Staphylinus olens*, *Trax scaber*; 4. Reihe: *Opilionida*, *Ephemeroptera*, *Chrysopidae*, *Gerridae*; 5. Reihe: *Tipulidae*, *Culicidae*, *Syrphidae*

Insektenhäufigkeiten zu bestimmen, da alle Fallarten selektiv sind. So ziehen Lichtfallen v.a. Nachtfalter und Dipteren an, bei denen jeweils wieder einige Arten und (zumindest bei den Nachfallern) die ♂ deutlich überrepräsentiert sind. Mit den Insekten locken die Lichtfallen nachfolgend natürlich auch Fledermäuse an (u.a. eig. Beob.). In deren Kot sollten v.a. positiv phototaktische Insekten zu finden sein.

Ob der Fang gefährdeter Fledermausarten zum Zweck der Nahrungsanalyse gerechtfertigt ist, sei dahingestellt. (Aufgrund der Gefährdung und des gesetzlichen Schutzes kommt der wohl besten Art der Nahrungsanalyse, der Untersuchung von Mageninhalten, bei Fledermäusen in Europa keine Bedeutung zu.)

In den ersten veröffentlichten Kotanalysen wurden oft Angaben über die absolute Nahrungszusammensetzung der Fledermäuse gemacht, die aus der Zahl der bestimmbar fragmente pro Taxon oder der relativen Häufigkeit des Auftretens eines Taxons in den Kotpellets

wurden oft Angaben über die absolute Nahrungszusammensetzung der Fledermäuse gemacht, die aus der Zahl der bestimmbar fragmente pro Taxon oder der relativen Häufigkeit des Auftretens eines Taxons in den Kotpellets

Tabelle 2. Massen von Arten verschiedener Insektenordnungen mit ähnlicher Körperlänge

Taxon	<i>Coleoptera</i> <i>Scarabaeidae</i>	<i>Lepidoptera</i> <i>Noctuidae</i>	<i>Coleoptera</i> <i>Scarabaeidae</i>	<i>Neuroptera</i> <i>Chrysopidae</i>
Art	<i>Melolontha melolontha</i> m	<i>Triphaena pronuba</i> m	<i>Aphodius rufipes</i>	spec.
Länge [mm]	27	29	11	10
FG [mg]	820,8 (45)	400,4 (7)	72,4 (3)	7,8 (1)
TG [mg]	428,3 (3)	210,8 (4)	31,6 (3)	4,5 (1)

Tabelle 3. Massen von Arten ähnlicher Körperlänge

Ordnung Familie	<i>Lepidoptera</i> <i>Noctuidae</i>	<i>Lepidoptera</i> <i>Geometridae</i>	<i>Diptera</i> <i>Syrphidae</i>	<i>Diptera</i> <i>Syrphidae</i>
Art	<i>Monima</i> <i>gothica</i> m	<i>Alsophila</i> <i>aescularia</i> m	<i>Episyrphus</i> <i>balteat.</i> m **	<i>Eristales</i> <i>spec.</i> m **
Länge [mm]	13	15	12	13
FG [mg]	85,2 (19)	17,3 (1)	-	-
TG [mg]	32,3 (11)	6,5 (6)	5,3 (1)	11,5 (1)

abgeleitet wurde. Dabei wurden die o.g. Probleme der Über- oder Unterbewertung einiger Taxa noch nicht gesehen. Andere Autoren gaben die enthaltenen Fragmente als Volumenteile an (z.B. KUNZ & WHITAKER 1983, TAAKE 1992), um eine quantitative Abschätzung des Volumen-/Massenanteils der erbeuteten Tiere vorzunehmen.

Heutzutage wird meistens nur mitgeteilt, in welchem Anteil der untersuchten Pellets ein Beutetaxon nachgewiesen wurde (WOLZ 1993b, BECK 1995, GLOOR et al. 1995). Diese Angabe ist wohl die objektivste, wenn daraus auch aus o.g. Gründen nicht direkt auf die absolute Häufigkeit geschlossen werden darf.

### Energiegewinn aus Arthropoden

Verschiedene Studien zeigen, daß der Energiegehalt von Arthropoden bei etwa 20 - 25 kJ/g Trockenmasse liegt (19,3 - 29,7 kJ/g;  $\bar{x}$  22,1 kJ/g [KUNZ 1988]; 20,5 - 27,0 kJ/g [ROBEL et al. 1995]). Vergleicht man den Energiegehalt potentieller Fledermausbeute mit dem Restenergiegehalt des Fledermauskotes, stellt man fest, daß die Verdauungseffizienz je nach Beutetier variieren kann. BARCLAY et al. (1991) erhielten für Nachtfalter Energieausbeuten von nur 75 - 78 % verglichen mit 88 - 90 % für Mehlwürmer in älteren Studien. Als Ursache nehmen sie eine dünnere Chitinhülle und einen höheren Fettgehalt der Mehlwürmer im Vergleich zu Faltern und anderen Insekten-Imagines an. Allgemein haben kleine Insekten ein ungünstigeres Oberflächen-Volumen-Verhältnis als große. Bei ihnen ist also der Anteil des Exoskeletts am Körpergewicht relativ groß. Zudem werden bei kleinen Insekten möglicherweise in geringerem Umfang nicht verdauliche Teile wie Flügel und Beine abgetrennt. Da in der Natur vielfach

kleinere Insekten als die von den Autoren verfütterten Falter erbeutet werden und außerdem stark sklerotisierte Tiere wie Käfer und Schnabelkerfe vermutlich schlecht verdaut werden, nehmen die Autoren eine natürliche Verdauungseffizienz von nur 50 - 70 % an (BARCLAY et al. 1991). Nach TUNOV (1994) soll die Verdauungseffizienz auch positiv mit der Magenfüllung korreliert sein.

### II. Eigene Untersuchungen

Die in Tab. 1 aufgeführten Arthropoden wurden i. w. im Rahmen einer Diplomarbeit über Nachtfalter mit und an Lichtfallen gefangen, stellen also bereits einen Ausschnitt der vorhandenen Fauna dar. Für Fang und Abtötung lag eine entsprechende Ausnahmegenehmigung der zuständigen Unteren Landschaftsbehörde vor. Die Frischgewichte wurden am Tag nach dem Fang bestimmt. Bis dahin wurden die lebenden Tiere in einem Kühlraum gelagert. Die Bestimmung der Trockengewichte geschah nach Trocknen über 48 h bei 70 °C. Bei einigen Tieren wurde zusätzlich das Trockengewicht nach Abtrennung der Extremitäten bestimmt (vgl. Tab. 1). In Klammern ist die Zahl untersuchter Tiere angegeben. Artnamen der Schmetterlinge nach KOCH (1984), der übrigen Insekten nach CHINERY (1987).

m männlich - w weiblich

FG Frischgewicht - TG Trockengewicht

\*\*Tiere wurden in 70 % Alkohol gelagert. Daher konnten nur die Trockengewichte bestimmt werden. Durch die Lagerung wurden möglicherweise Stoffe herausgelöst.

### III. Ergebnisse:

#### Die Variabilität von Größe und Masse bei Arthropoden

Bei der Beurteilung der Bedeutung verschiedener Arthropodentaxa für die Ernährung der Fledermäuse sind folgende Punkte zu beachten:

1) Arthropoden verschiedener Taxa variieren stark in Größe, Körperform und Masse (Tab. 2). Als Beispiele seien hier die Mückenartigen (*Nematocera*) genannt, die stets ei-

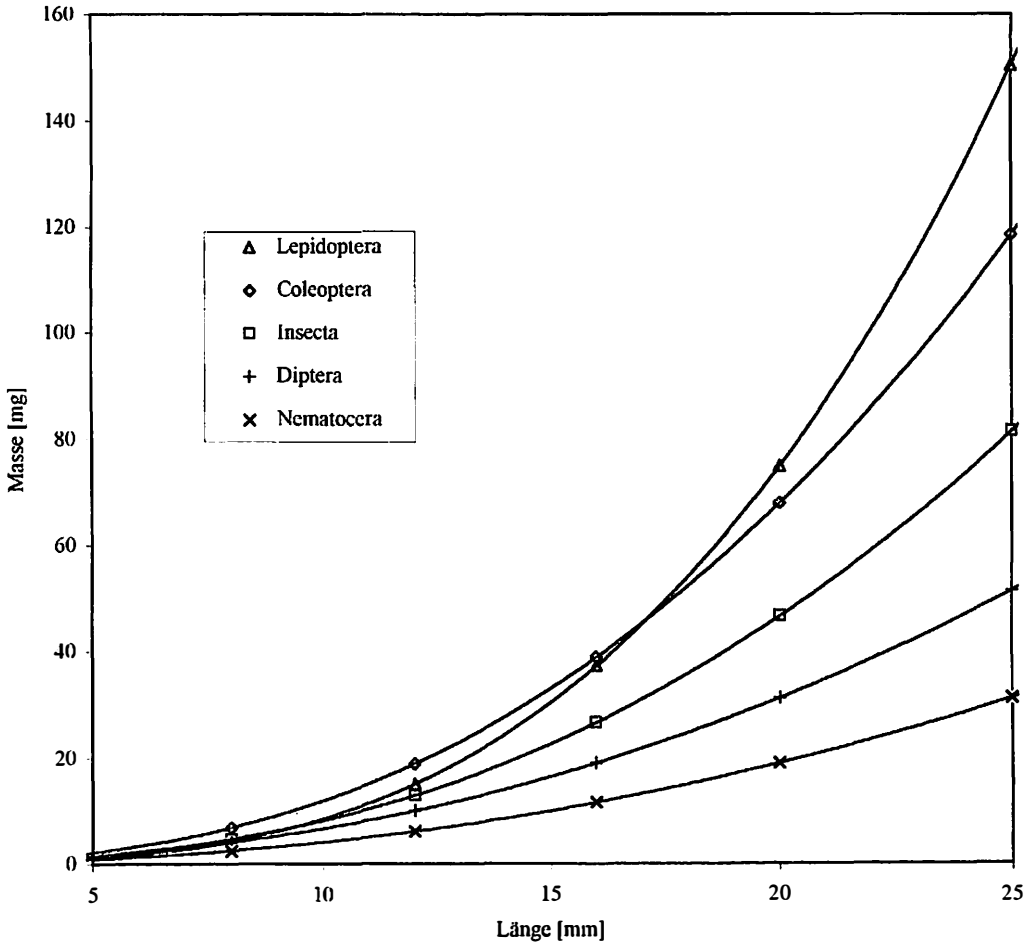


Abb. 2. Abhängigkeit der Trockenmasse von der Körperlänge bei verschiedenen Insektentaxa (Modell nach SAMPLE et al. 1993).

Tabelle 4. Einfluß des Geschlechts auf die Massen von Insekten

Ordnung Familie	<i>Lepidoptera</i> <i>Noctuidae</i>	<i>Lepidoptera</i> <i>Noctuidae</i>	<i>Lepidoptera</i> <i>Geometridae</i>	<i>Lepidoptera</i> <i>Geometridae</i>	<i>Diptera</i> <i>Tipulidae</i>	<i>Diptera</i> <i>Tipulidae</i>
Art	<i>Monima gothica</i>	<i>Monima gothica</i>	<i>Opisthograptis luteolata</i>	<i>Opisthograptis luteolata</i>	<i>Tipula paludosa</i>	<i>Tipula paludosa</i>
Geschlecht	m	w	m	w	m	w
FG [mg]	85,2 (19)	143,1 (2)	15,7 (5)	32,6 (3)	35,9 (1)	49,4 (4)
TG [mg]	32,3 (11)	36,7 (1)	7,3 (5)	12,2 (3)	13,4 (8)	16,1 (4)

nen schlanken Körper und zarte Extremitäten besitzen. Im Gegensatz dazu haben Schmetterlinge und Käfer derselben Größe viel dickere Körper und kräftigere Beine (Abb. 1). Dadurch erreichen sie ein deutlich größeres Volumen und damit auch eine höhere Masse (Abb. 2). Umgekehrt können Tiere unterschiedlicher Taxa und Größe ähnliche Massen besitzen.

SAMPLE et al. (1993) sammelten 1673 Insekten und Larven verschiedener Taxa und erfaßten Länge, Thoraxbreite und Trockengewicht. Daraus erstellten sie ein Modell (Abb. 2), das auf folgendem mathematischem Zusammenhang beruht:

$$y = a(x)^b \quad y = \text{Trockengewicht} \quad x = \text{Länge}$$

Abhängig vom Taxon lagen die Korrelationskoeffizienten für die zitierten Taxa bei 0,85-0,93. Ein genau-

res Modell erhielten die Autoren für  $x = \text{Länge} * \text{Thoraxbreite}$  ( $r = 0,92 - 0,96$ ).

Weitere Modelle wurden u.a. von SAGE (1982; div. *Insecta* und *Arachnida*), JAROSIK (1989; *Carabidae*), KUSCHKA (1994; *Arachnida*, *Opilioniida*, *Carabidae* und *Staphylinidae*) und MEYER (1989; Wasserinvertebraten) entwickelt.

- 2) Selbst innerhalb einer Ordnung oder Familie treten große Schwankungen auf (Tab. 3). Während die groben Proportionen innerhalb einer Ordnung ähnlich sind, können Details wie die Abdomendicke und Spannweite dennoch stark variieren. Als Beispiel seien hier Eulen und Spanner mit ähnlicher Spannweite genannt (*Noctuidae* - *Geometridae*, Abb. 1):
- 3) Tiere einer Art variieren ebenfalls abhängig von Geschlecht, Alter (Stadium), Larvalnahrung, Eiablage, Generation etc. (Tab. 4). So erreichen Carabiden-Imagines erst etwa 2-3 Wochen nach dem Schlüpfen ihr Endgewicht (GRÜM 1976). Gerade der Einfluß des Geschlechts und des Fortpflanzungszustandes ist bedeutend für den Nährstoffgehalt von Insekten. Weibliche Tiere sind durch ihre Eier häufig - aber nicht immer (!) - schwerer und nahrhafter als  $\sigma\sigma$ . Zumindest bei einigen Nachtfalterarten werden von Fledermäusen vorwiegend  $\sigma\sigma$  erbeutet, da diese eher in der Jagdzeit der Fledermäuse fliegen und bei der Partnersuche mobiler sind (ACHYRA 1995).

#### IV. Diskussion

Wie gezeigt wurde, kann man von der Anzahl gefressener Arthropoden nicht ohne weiteres auf deren Bedeutung für die Ernährung von Fledermäusen schließen, abgesehen davon, daß bei der Bestimmung der Taxa und der Schätzung der Anzahlen bereits grobe Fehler möglich sind. Betrachtet man die sehr unterschiedlichen Massen von Insekten gleicher Länge aus unterschiedlichen Ordnungen, erhält man für deren Nährwert völlig andere Ergebnisse als bei bloßer Betrachtung der Häufigkeit. Lepidopteren sind bei gleicher Körperlänge etwa dreibis fünfmal so schwer wie Nematoceren (u.a. Mücken und Schnaken, Abb. 2). Geht man von einem Massenunterschied um den Faktor 3 bei ähnlicher Körpergröße der Beutetiere aus, er-

hält man folgendes Ergebnis, das auf Wasser- oder Zwergfledermäuse zutreffen könnte (Tab. 5):

Tabelle 5. Fiktives Beispiel für die Individuen- und Trockenmassenanteile von Mücken und Nachtfaltern an einer Fledermausdiät

	<i>Nematocera</i>	<i>Lepidoptera</i>
Individuenanteil	80 %	20 %
Massenanteil	57 %	43 %

Nachtfalter machen in diesem Beispiel trotz ihres geringen Anteils an der Zahl gefangener Individuen fast die Hälfte der erbeuteten - nicht unbedingt der gefressenen - Masse aus. Unter der Annahme, daß der Energiegehalt bezogen auf die Masse bei verschiedenen Insektentaxa in etwa gleich ist, kann man Nachtfalter nicht als unbedeutenden Beifang bezeichnen. Hierbei ist auch zu berücksichtigen, daß es für Fledermäuse weit effizienter sein kann, mit geringem Jagdaufwand wenige, fette Beutetiere zu fangen und zu verzehren, wenn diese ausreichend häufig sind und nicht erst lange gesucht werden müssen. Vor diesem Hintergrund müssen die von verschiedenen Fledermausarten gewählten Jagdstrategien vielleicht neu bewertet werden, obwohl für die Jagdweise wohl eher die Arthropoden ausschlaggebend sind, die in großer Zahl gefangen werden.

#### Dank s a g u n g

Für die Durchsicht des Manuskripts und Anmerkungen dazu sei an dieser Stelle Dr. H. VIERHAUS und den Mitarbeitern des Lehrstuhls für Entomologie und Didaktik der Biologie an der RWTH Aachen herzlich gedankt.

#### Z u s a m m e n f a s s u n g

Die Methode der Kotanalyse zur Bestimmung des Anteils verschiedener Arthropodentaxa in der Ernährung der Fledermäuse wird kritisch betrachtet. Insbesondere wird auf die starken Masseunterschiede gleich großer Tiere aus verschiedenen Ordnungen eingegangen. Auch innerhalb derselben Ordnung und Familie können die Längen-Masse-Verhältnisse stark variieren. Wenige Tiere mit dicken Abdomina können also den gleichen Ernährungseffekt haben wie viele kleine Mücken.

Abschließend werden beispielhaft die Frisch- und Trockengewichte wichtiger Insektenarten angegeben.

## Summary

This article reviews bat dropping analysis used to determine the amount of different prey taxa in the nutrition of bats. Special regard has been paid to the large differences in mass between arthropods of the same size or wingspan from different orders. Even within the same orders and families the length-weight relationship can vary considerably. Thus a small number of insects with large abdomina, such as moths or beetles, can have the same nutritional effect as many dipteres.

The author gives biometric data on some insect species found frequently as bat prey.

## Schrifttum

- ACHYRA, L. (1995): Sex-biased predation on moths by insectivorous bats. *Anim. Behav.* **49** (6), 1461-1468.
- BARCLAY, R. M. R., DOLAN, M.-A., & DYCK, A. (1991): The digestive efficiency of insectivorous bats. *Can. J. Zool.* **69**, 1853-1856.
- BAUEROVÁ, Z. (1982): Contribution to the trophic ecology of the Grey long-eared bat, *Plecotus austriacus*. *Fol. zool.* **31** (2), 113-122.
- BECK, A. (1995): Fecal analyses of European bat species. *Myotis* **32-33**, 109-119.
- CASTOR, T., DETTMER, K., & JÜPTNER, S. (1993): Vom Tagesmenü zum Gesamtfräßspektrum des Grauen Langohrs (*Plecotus austriacus*) - 2 Jahre Freilandarbeit für den Fledermausschutz. *Nyctalus* (N.F.) **4**, 495-538.
- CHINERY, M. (1987): Pearsy Buch der Insekten. Parey-Verlag, Berlin, Hamburg.
- GLOOR, S., STUTZ, H.-P. B., & ZISWILER, V. (1995): Nutritional habits of the Noctule bat *Nyctalus noctula* (Schreber, 1774) in Switzerland. *Myotis* **32-33**, 231-242.
- GRUM, L. (1976): Biomass production of carabid beetles in a few forest habitats. *Ekol. pol.* **24**, 37-56.
- HELVERSEN, O. v. (1989): Schutzrelevante Aspekte der Ökologie heimischer Fledermäuse. *Schriftenr. Bayer. Landesamt f. Umweltschutz* **92**, 7-17.
- JAROSIK, V. (1989): Mass vs. length relationship for carabid beetles (*Col.*, *Carabidae*). *Pedobiol.* **33**, 87-90.
- JEUNIAUX, C. (1961): Chitinase: An addition to the list of hydrolases in the digestive tract of vertebrates. *Nature* **192**, 135-136.
- KOCH, M. (1984): Wir bestimmen Schmetterlinge. Neumann-Verlag, Radebeul.
- KUNZ, T. H. (1988): Ecological and behavioural methods for the study of bats. Smithsonian Institution Press, Washington DC.
- , & WHITAKER, J. O., Jr. (1983): An evaluation of fecal analyses for determining food habits of insectivorous bats. *Can. J. Zool.* **61**, 1317-1321.
- KUSCHKA, V. (1994): Der Einfluß der Körpergestalt auf die Massen-Körperlängen-Relation von Arthropoden. *Zool. Anz.* **233** (5/6), 265-281.
- MCANEY, C., SHIEL, C., SULLIVAN, C., & FAIRLEY, J. (1991): The analysis of bat droppings. An occasional publication of the Mammal society **14** (48 pp.).
- MEINECKE, T. (1991): Auswertung von Fraßresten der beiden Langohrarten *Plecotus auritus* L. und *Plecotus austriacus* Fischer. *Naturschutz Landschaftspfl. Niedersachs.* **26**, 37-45.
- MEYER, E. (1989): Therelationshipbetweenbodylength parameters and dry mass in running water invertebrates. *Arch. hydrobiol.* **117** (2), 191-203.
- NEUWEILER, G. (1993): Biologie der Fledermäuse. Thieme-Verlag, Stuttgart, New York.
- ROBEL, R. J., PRESS, B. M., HENNING, B. L., JOHNSON, K. W., BLOCKER, H. D., & KEMP, K. E. (1995): Nutrient and energetic characteristics of sweepnet-collected invertebrates. *J. Field. Ornithol.* **66** (1), 44-53.
- SAGE, R. D. (1982): Wet and dry-weight estimates of insects and spiders based on length. *Am. Midl. Nat.* **108** (2), 407-411.
- SAMPLE, B. E., COOPER, R. J., GREES, R. D., & WHITMORE, R. C. (1993): Estimation of insect biomass by length and width. *Am. Midl. Nat.* **129**, 234-240.
- TAAKE, K.-H. (1992): Strategien der Ressourcennutzung an Waldgewässern jagender Fledermäuse (*Chiroptera: Vespertilionidae*). *Myotis* **30**, 7-74.
- TIUNOV, M. P. (1994): Maximum possible level of energy consumption from food for *Chiroptera*. *Russ. J. Ecol.* **25** (2), 128-131.
- WEBB, P. I., SPEAKMAN, J. R., & RACEY, P. A. (1993): Defecation, apparent absorption efficiency, and the importance of water obtained in the food for water balance in captive brown long-eared (*Plecotus auritus*) and Daubenton's (*Myotis daubentoni*) bats. *J. Zool.* **230**, 619-628.
- WOLZ, I. (1993a): Untersuchungen zur Nachweisbarkeit von Beutetierfragmenten im Kot von *Myotis bechsteini* (Kuhl, 1818). *Myotis* **31**, 5-25.
- (1993b): Das Beutetierspektrum der Bechsteinfledermaus *Myotis bechsteini* (Kuhl, 1818) ermittelt aus Kotanalysen. *Ibid.* **31**, 27-68.