

ANDREAS ARNOLD, URSEL HÄUSSLER & MONIKA BRAUN

Zur Nahrungswahl von Zwerg- und Mückenfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus* und *P. pygmaeus*) im Heidelberger Stadtwald

Kurzfassung

Anhand von Kotproben wurde die Nahrungszusammensetzung der in Nistkastengebieten des Heidelberger Stadtwaldes sympatrisch auftretenden Zwillingarten Zwerg- und Mückenfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus* und *P. pygmaeus*) ermittelt. Die Nahrung wies auf dem Niveau der Insekten(unter)ordnungen keine signifikanten Unterschiede auf. Kleine bis sehr kleine Zweiflügler (Diptera, Fliegen und Mückenartige) stellten jeweils mit Abstand die Hauptbeute dar. Darauf folgten als weitere wichtige Taxa Hymenoptera (Schlupfwespen), Homoptera (Blattläuse und Zikaden) und Planipennia (Blattlauslöwen).

Entsprechend hoch liegt der Wert für die Nischenüberlappung bezüglich der Ressource "Nahrung". Die Breite des Nahrungsspektrums, in dem häufig verfügbare silvicole und zu einem geringen Anteil auch aquatische Kleininsekten vertreten waren, sprechen eher für eine weitgehend opportunistische Form des Beuteerwerbs an einer Vielzahl von Habitatstellen. Nahrungswahl und Habitatpräferenzen der Zwillingarten werden unter Einbeziehung anderer Ergebnisse diskutiert.

Abstract

Feeding ecology of common and soprano pipistrelles (*Pipistrellus pipistrellus* und *P. pygmaeus*) in Heidelberg communal forest (SW-Germany)

The diets of the sibling species, which occur sympatrically in the study area, were investigated by fecal analysis. Prey composition was not differing significantly at the level of (sub)orders. In both species small or even very small specimens of Diptera (midges and flies), followed by Hymenoptera (ichneumonid wasps), Homoptera (aphids and cicadas), and Planipennia (lacewings) were mostly preferred. Hence calculated trophic niche overlap attained a high degree. The value for standardized niche width stands for a high degree of specialization in both species. In fact this value is biased due to size selection by the hunting bats. According to the broad spectrum of prey items and the bats' foraging behavior both pipistrelle species may rather forage mainly opportunistically making use of distinct feeding places within the study area. Our results are compared with habitat preferences and related differences in the composition of diets of the species under study.

Autoren

Dr. ANDREAS ARNOLD, Dr. URSEL HÄUSSLER, Dipl.-Biol. MONIKA BRAUN, Koordinationsstelle für Fledermausschutz Nordbaden, c/o Staatliches Museum für Naturkunde, Erbprinzenstraße 13, D-76133 Karlsruhe.

E-mail: MonikaBraun@aol.com

1. Einleitung

Bereits vor über 20 Jahren beschrieb AHLÉN (1981) einen skandinavischen Ortungstyp der Zwergfledermaus *Pipistrellus pipistrellus*, der sich gegenüber mitteleuropäischen Tieren durch eine um etwa 10 kHz höhere Hauptfrequenz (ca. 55 kHz statt ca. 45 kHz) auszeichnete. "Hochrufende Zwergfledermäuse" wurden später neben den verbreiteten "tiefrufenden" auch in der Schweiz und im Mittelmeerraum nachgewiesen. Dies brachte die Diskussion um deren artliche Eigenständigkeit in Gang (WEID & v. HELVERSEN 1987, ZINGG 1990). Neuen Antrieb erhielt die potenzielle Artentrennung durch die Entdeckung sympatrischer Populationen beider Ruftypen in Großbritannien (JONES & PARIJUS 1993). Als dann BARRATT et al. (1997) bei den Phonotypen auf so starke Abweichungen in bestimmten Basensequenzen der Mitochondrien-DNA stießen, wie sie nur zwischen eigenständigen Arten zu erwarten sind, konnte schließlich die hochrufende Form (= "Mückenfledermaus") in den Artrang gehoben werden. Inzwischen wurden auch dezente morphologische Differenzen zwischen den beiden Zwillingarten beschrieben (BARLOW et al. 1997, HÄUSSLER et al. 1999, ZIEGLER et al. 2001, v. HELVERSEN & HOLDERIED 2003). Die Mückenfledermaus *Pipistrellus pygmaeus* (Abb. 1) ist die im Mittel geringfügig kleinere Art. Sie ist über weite Teile Europas verbreitet (MAYER & v. HELVERSEN 2001). In Deutschland scheint sie in geeigneten Lebensräumen zur bodenständigen Fledermausfauna zu gehören (BRAUN & HÄUSSLER 1999). Die Vorkommensschwerpunkte in Baden-Württemberg fallen nach derzeitigem Kartierungsstand auf die Rheinauen und das Neckartal.

Viele Untersuchungen zur Nahrungsökologie der angeblichen Zwergfledermaus *Pipistrellus pipistrellus*, wie z. B. die oft zitierten, umfangreichen Studien aus Schottland, fallen in das Sympatriegebiet der Zwillingarten und können im Nachhinein nicht mehr artgenau zugeordnet werden, bzw. dürften sich auf ein Gemisch aus beiden Arten beziehen (SWIFT et al. 1985, S. M. SWIFT, mdl. Mitt.). Da die Zwergfledermaus in Skandinavien ab etwa Mitteldänemark nordwärts nicht präsent ist (BAAGØE 2001), betreffen die Studien zur sozialen Organisation der "Zwergfledermaus" aus Schweden die Mückenfledermaus (vgl. z. B. LUNDBERG 1989). Von dort liegen jedoch keine Nahrungsanalysen vor.

Nach der Artauftrennung zeigten erste Vergleichsuntersuchungen zur Habitatwahl der Zwillingarten in Großbritannien wie auch in Baden-Württemberg erkennbare Unterschiede dahingehend, dass die Mückenfledermaus als weniger euryök einzustufen ist als die Zwergfledermaus. Während erstere eine Bindung an wasser- und walddreiche Biotope aufweist, kann letztere als Paradebeispiel einer synanthropen Fledermausart mit besonders breitem Habitatspektrum gelten (VAUGHN et al. 1997, OAKELEY & JONES 1998, BRAUN & HÄUSSLER 1999). Dies scheint sich auch in der Nahrungswahl widerzuspiegeln. In England stellte BARLOW (1997) bei Wochenstubenkolonien beider Arten deutliche Unterschiede in der Hauptnahrung fest. Hierfür könnte ein stark abweichendes Insekteninventar der besiedelten Biotope verantwortlich sein, oder aber eine selektive Beutebevorzugung. Im letzteren Fall sollten auch bei sympatrischem Auftreten der beiden Arten Unterschiede erhalten bleiben. Dies wollten wir in einem Gebiet nachprüfen, in dem die Zwillingarten sympatrisch, teilweise sogar syntop auftreten.

In den Mischwaldbeständen der Talflanken des Neckartals bei Heidelberg werden regelmäßig sowohl Mücken- als auch Zwergfledermäuse in Fledermauskästen gefunden (HEINZ 2000, 2001). Basierend auf dieser Beobachtung führte unsere Arbeitsgruppe im Rahmen des Forschungsprojekts "Die Mückenfledermaus in Baden-Württemberg" eine Untersuchung zum Nahrungsspektrum der beiden Zwillingarten in dem Gebiet durch. Das dort zumindest in Teilen syntope Auftreten des Artenpaares bot erstmalig die Gelegenheit, deren Nahrungswahl in einem gleichartigen Waldlebensraum zu vergleichen.

Dieses Forschungsprojekt wurde finanziell unterstützt durch die Stiftung Naturschutzfonds am Ministerium für den Ländlichen Raum Baden-Württemberg, der wir hier unseren Dank aussprechen möchten. Gleichfalls danken möchten wir den Diplom-Biologinnen BRIGITTE HEINZ und SANDRA HÜTTINGER für die Probennahme im Feld.

2. Untersuchungsgebiet und Methoden

Das ca. 16 km² große Untersuchungsgebiet umfasst etwa die Hälfte des "Heidelberger Stadtwaldes" und gliedert sich in zwei Teilbereiche nördlich und südlich des tief eingeschnittenen Neckartals. Geomorphologisch zählt das Gebiet zu den Randhängen des Sandsteinodenwaldes. Von den dort in 39 Gruppen ausgebrachten 227 Kunsthöhlen werden mindestens 18 Gruppen mit zusammen 124 Kästen von den hier untersuchten Arten benutzt. Die Jagdräume der zugehörigen Tiere konnten nicht näher abgegrenzt werden; sie dürften sich jedoch größtenteils auf das Untersuchungsgebiet beschränken. Die Höhenlage ist collin bis submontan (höchste Fundstellen ca. 430 m üNN). In den heterogenen, heute nachhaltig bewirtschafteten Waldbeständen dominiert die Rotbuche (*Fagus sylvatica*). Vielerorts sind standortfremde Baumarten eingebracht. Sechs kleinere Forsteiche sind integriert und die Flussauen von Neckar und Elsenz schließen in teils geringer Distanz (1,5-5 km) an das Gebiet an. Die Siedlungsränder mehrerer Teilorte und der Stadt Heidelberg selbst sind an zwei Stellen unter 1 km von den nächstgelegenen Kastengruppen entfernt.



Abbildung 1. Zwei Mückenfledermäuse (*Pipistrellus pygmaeus*), die kurzzeitig in Pflege gehalten werden mussten. Das linke Tier wurde zur Wiedererkennung an der Daumenkralle mit Nagellack farbmarkiert. – Foto: J. HENATSCH.

Bei den Kastenkontrollen der letzten Jahre wurden maximal 37 Mückenfledermäuse an einem einzelnen Termin gefunden, über die Saison verteilt waren es insgesamt 78 Tiere. Damit ist diese Art etwa vier mal stärker vertreten als die Zwergfledermaus (HEINZ 2000, 2001, HÜTTINGER 2001). Die Arten bevorzugen unterschiedliche Arealabschnitte: Mückenfledermäuse wurden bisher ausschließlich in den zumeist feuchteren Wäldern (vorwiegend Nordhanglage) südlich des Neckars nachgewiesen. Zwergfledermäuse traten dagegen hauptsächlich in Kastengruppen im nördlichen Stadtwald auf. Einzeltiere wurden daneben aber auch mehrfach in den südlichen Waldteilen gefunden. Sie bezogen dort Quartier in denselben Kastengruppen wie die Mückenfledermäuse oder in der unmittelbaren Nachbarschaft; eine gemeinsame Kastennutzung konnte bisher nicht festgestellt werden.

Das Waldgebiet fungiert für beide Arten als saisonales Teilhabitat. Über die Saison hinweg haben wir die Fledermäuse in folgenden sozialen Konstellationen angetroffen: gemischtgeschlechtliche Frühjahrskolonien (Mückenfledermaus), Einzeltiere oder Kleingruppen in Frühjahr, Sommer und Herbst (Mückenfledermaus und Zwergfledermaus) sowie typische Paarungsgesellschaften (Harems) bis zum Spätherbst (Mückenfledermaus). Wochenstuben wurden im Untersuchungsgebiet von keiner der beiden Art gefunden. Von der Zwergfledermaus liegen jedoch Reproduktionsnachweise aus umliegenden Ortschaften vor. Die Fortpflanzungsbiootope der Mückenfledermaus vermuteten wir in der Flussaue außerhalb des Stadtgebietes von Heidelberg (Phänologische Daten s. HEINZ 2001).

Die Zusammensetzung der Nahrung wurde durch Kotanalysen erfasst. Während der Monate April bis Oktober 2001 fanden regelmäßige Überprüfungen von bereits in den Vorjahren von Mücken- oder Zwergfledermäusen belegten Kastengruppen statt. Eine Kotprobe wurde den Kästen entnommen, wenn die Anwesenheit einer der beiden (in der Hand bestimmten) *Pipistrellus*-Arten eine eindeutige Zuordnung des frischen Kotes zuließ. Nach jeder Kontrolle wurden die Kästen von allen anhaftenden Kotspuren gesäubert.

Für jede Probestelle und jeden Termin wurden in der Regel 20 Pellets untersucht. Im Labor wurden diese einzeln für mindestens 24 h in 70 % Ethanol eingeweicht und danach unter dem Binokular bei 8- bis 56-facher Vergrößerung mit Präpariernadeln zerrupft. Die dabei gefundenen Insektenfragmente konnten wenigstens bis auf Ordnung-, manche bis auf Familienebene bestimmt werden. Dazu wurden Bestimmungsliteratur von WHITAKER (1988), McANEY et al. (1991), WOLZ (1992, 1993), SHIEL et al. (1997) sowie eine selbst angelegte Vergleichssammlung herangezogen.

Die Auswertung erfolgte nach der Methode von SHIEL et al. (1998), bei der die verschiedenen Beutetierkategorien entsprechend ihres Anteils an der Nahrung erfasst und die jeweiligen Fragmente einer bestimmten Beutetierkategorie gemäß ihrer Anzahl bzw. Dichte pro Pellet einer vierstufigen Häufigkeitsskala (nur 1-3 Fragmente bis hin zu Massenauf-treten) zugeordnet und somit gewichtet wurden. Die dadurch

erhaltenen Ergebnisse wurden als Prozent-Quantität ($Q_{nc}\%$) ausgedrückt: die Zahl der Pellets (n) in denen eine gewichtete Beutekategorie (c) auftrat (n_c), geteilt durch die Summe aller Beutekategorien ($\sum n_c$) x 100:

$$Q_{nc}\% = \left[\frac{n_c}{\sum n_c} \right] \times 100$$

Um die Nahrungszusammensetzung beider Fledermausarten zu vergleichen, wurden die Ergebnisse statistisch per einseitiger ANOVA (Analysis of Variance) überprüft. Darüber hinaus wurden die standardisierte Nischenbreite (std. NB.) in Anlehnung an die SHANNON-Formel und die spezielle Nischenüberlappung (NU_{in}) bezüglich der Nische "Nahrung" anhand der Formel von PIANKA (1973) berechnet (Details vgl. ARNOLD 1999). Die std. NB. kann Werte von 0 bis 1 annehmen. Eine enge Nischenbreite (bis 0,5) weist auf einen hohen Spezialisierungsgrad hin, eine große Nischenbreite (0,5 bis 1) kennzeichnet in der Regel Generalisten. Die NU_{in} (0 bis 1) dient als Vergleichsmaß der Nahrungszusammensetzung. Hier steht 1 für 100 % Überlappung.

Artenschutzrechtliche Ausnahmegenehmigungen lagen vom RP Karlsruhe unter den Aktenzeichen 73c2-8853.44 und 56c1-8852.15 vor.

3. Ergebnisse der Nahrungsanalysen

Für die Analysen wurden Kotpellets aus 9 (Mückenfledermaus) bzw. 5 (Zwergfledermaus) Kästen herangezogen. Ihre Lage im Untersuchungsgebiet nördlich (n) oder südlich (s) des Neckars, weitere Probandaten und die Anzahl nachgewiesener Beutetiergruppen sind in der Tabelle 1 aufgeführt.

Tabelle 1. Probenprotokoll zur Kotanalyse (S: südlich des Neckars, N: nördlich des Neckars gelegen).

Lage, Kastengruppe, Kastennummer	Datum	Anzahl analysierter Kotpellets	Anzahl nachgewiesener Beutetiergruppen
Mückenfledermaus		$\Sigma = 181$	
S, 5.4, F97	11.04.01	20	8
S, 5.3, F88	05.05.01	20	6
S, 5.4, F96	04.05.01	20	7
S, 5.4, F97	04.05.01	20	7
S, 5.4, F96	09.07.01	20	10
S, 6.6, F105	09.07.01	20	8
S, 5.4, F96	14.08.01	20	6
S, 5.3, F88	19.09.01	21	6
S, 5.3, F92	03.10.01	20	7
Zwergfledermaus		$\Sigma = 88$	
N, 4.2, F131	30.05.01	18	7
N, 1.2, F30	29.06.01	20	7
S, 6.3, F100	09.07.01	9	7
S, 6.7, F616	13.08.01	21	10
N, 1.2, F29	16.08.01	20	6

In den 181 untersuchten Kotpellets der Mückenfledermaus (*P. pygmaeus*) konnten Zweiflügler (Diptera) mit einem Anteil von ca. 60 % als wichtigste Beutetierkategorie identifiziert werden. Dabei waren die Unterordnungen Fliegen (Brachycera/Cyclorrhapha) und Mücken (Nematocera) insgesamt gesehen mit jeweils rund 30 % etwa gleich stark vertreten (Tab. 2). Unter den Mücken herrschten Familien mit besonders kleinen Vertretern (Körperlänge meist um 3 mm) wie die Trauermücken (Sciaridae), Pilzmücken (Mycetophilidae), Gnitzen (Ceratopogonidae) und Kriebelmücken (Simuliidae) vor, ohne dass eine bestimmte Nematoceren-Familie besonders stark in Erscheinung getreten wären. Hier reihen sich auch Zuckmücken (Chironomidae) ein, die in Mai- und Juliprobe vorhanden waren. Reste größerer Beuteindividuen, wie Schnaken (*Tipula* spp.) wurden insgesamt nur vereinzelt gefunden. Nicht nur die mückenartigen Insekten, auch die zahlreich erbeuteten Fliegen (nicht näher bestimmte Taxa) waren ganz überwiegend klein. Die Dominanz der Zweiflügler kommt sowohl im Gesamtmittel als auch bei den saisonalen Stichproben zum Ausdruck.

Zweitwichtigste Beutetierordnung stellte mit rund 20 % der analysierten Fragmente die Gruppe der Hautflügler (Hymenoptera) dar. Wiederum wurden nur Überreste kleiner Individuen (insbesondere Schlupfwespen) festgestellt. Die übrigen Insektengruppen (aus 6 weiteren Ordnungen) machten zusammen ebenfalls einen Anteil von rund einem Fünftel aus (vgl. Abb.1). Dabei stellten die Blattläuse (Hemiptera, Unterordnung Homoptera: Aphidina) und Blattlauslöwen (Planipennia: Hemerobiidae) die wichtigsten Taxa dar. Zu erwähnen sind einzelne Raupen- und Spinnennachweise im Mai und August.

In 88 Pellets der Zwergfledermaus (*P. pipistrellus*) bildeten insgesamt wiederum Zweiflügler (Diptera) den Hauptbestandteil. Der Anteil der Mücken (Nematocera) war hier (über die Saison gemittelt) mit gut 33 % höher als der der Fliegen (Brachycera u. Cyclorrhapha, ca. 24 %) (Tab. 2). Auch bei der Analyse des Zwergfledermauskotes wurde deutlich, dass bevorzugt kleine Beutetiere erjagt wurden. Diese Präferenz war nach einer Abschätzung jedoch nicht ganz so ausgeprägt wie bei der Zwillingart. Neben kleinsten Zuckmücken (Chironomidae) traten in den Pellets beispielsweise häufig auch Reste von größeren Schnaken (Tipulidae und Limoniidae) auf. Im Juli war der Anteil der aufgrund der Bestimmungsschwierigkeiten zusammengeführten Gruppe Stechmücken/Büschelmücken (Culicidae/Chaoboridae) vergleichsweise hoch. Hautflügler (Hymenoptera) machten mit rund 15 % (wie bei der Mückenfledermaus) die drittgrößte Gruppe aus. Relativ stark vertreten waren außerdem noch Schmetterlinge (Lepidoptera, ~5 %) und Gleichflügler (Homoptera, ~10 %, vor allem Zikaden - Cicadina). Darüber hinaus konnten auch bei dieser Art in zwei Kotpellets vom August Reste von Raupen, in einem anderen Pellet Teile einer Webspinne sowie Pflanzenreste

gefunden werden. Die Gesamtzahl der nachgewiesenen Insektenordnungen lag wie bei der Zwillingart bei 8.

Obwohl die Zusammensetzung der Nahrung durch die etwas abweichenden Anteile derselben Taxa bei beiden Arten im ersten Ansatz leicht unterschiedlich aussieht (vgl. Abb. 1 und 2), ergab die ANOVA keine signifikanten Unterschiede auf dem Niveau von $p < 0.05$.

Gemäß der Berechnung liegen die Werte für die standardisierte Nischenbreite bei der Zwergfledermaus bei 0,30 und bei der Mückenfledermaus bei 0,32. Dies spricht für einen jeweils relativ hohen Grad der Spezialisierung beim Nahrungserwerb, was sich im wesentlichen darauf zurückführen lässt, dass beide Fledermausarten kleine Organismen den größeren Insekten als Beutetiere vorziehen. Gleichzeitig weisen die Ergebnisse auf eine hohe Nischenüberlappung (0,95) hin.

Tabelle 2. Prozentuale Nahrungszusammensetzung von Mücken- (*Pipistrellus pygmaeus*) und Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*).

Beutetiergruppe	Nahrungszusammensetzung [%]	
	Zwergfledermaus	Mückenfledermaus
Nematocera	37,47	30,11
Brachycera	21,40	30,35
Lepidoptera	4,59	0,93
Trichoptera	3,18	3,22
Planipennia	6,47	5,48
Heteroptera	1,54	0,72
Aphidina	2,81	5,40
Cicadina	7,90	0,74
Hymenoptera	13,25	20,36
Ephemeroptera	0,16	2,17
Coleoptera	1,22	0,53

4. Diskussion

Nach dem aus England vorliegenden Nahrungsvergleich unterscheiden sich die Zwergfledermaus-Zwillingarten signifikant in ihrer Hauptbeute (BARLOW 1997). In den Kotproben aus jeweils drei Wochenstufen (Mitte Juni bis Mitte Juli) dominierten zwar bei beiden Arten kleine Zweiflügler der Unterordnung Nematocera (Mücken), es wurden aber jeweils verschiedene Familien bejagt. So fanden sich bei der Mückenfledermaus mit Zuckmücken/Gnitzen (Chironomidae/Ceratopogonidae; die beiden morphologisch ähnlichen Familien wurden bei der Untersuchung nicht getrennt) zu einem sehr hohen Prozentsatz (um 60 %) Insekten der Flusssau in den Kotproben, während bei der Zwergfledermaus die im ländlichen Umfeld gehäuft vorkommenden Schmetterlingsmücken (Psychodidae) und Fenstermücken (Anisopodidae) bei weitem den

wichtigsten Nahrungsbestandteil ausmachten. Über Weideland, das die Landwirtschaftsflächen weiter Teile Großbritanniens prägt, werden Mückenfledermäuse viel weniger häufig angetroffen als Zwergfledermäuse (BARLOW 1997, VAUGHN et al. 1997). Dementsprechend spielen Gelbe Dungfliegen (*Scatophaga stercoraria*) nur bei der Zwergfledermaus eine größere Rolle als Beutetiere. Diese Befunde einer divergierenden Nahrungswahl stehen in Einklang mit dem Konkurrenz-Ausschluss-Prinzip nach GAUSE-VOLTERRA, das für sympatrische Zwillingarten getrennte Nahrungsnischen fordert. Sie wurden bei Angaben zur Nahrung der *Pipistrellus*-Zwillingarten vielfach übernommen, wodurch der Eindruck einer jeweiligen Spezialisierung auf die oben genannten Hauptbeutegruppen entstehen konnte.

Wie nun unsere Gegenüberstellung der Beutespektren von sympatrischen Populationsteilen der Zwillingarten (keine Wochenstuben, s.o.) aus einem Laubmischwaldgebiet außerhalb der Flussniederung zeigt, rücken in diesem Habitattyp beide Arten von den nach BARLOW (1997) präferierten Insektenfamilien ab und zeigen fast identische Nahrungsbilder. Die Nahrungsdifferenzen zwischen den Zwillingarten mit einer starken Konzentration auf bestimmte Beutetierfamilien, erweisen sich damit als habitatgeprägt und können nicht als feststehende Artunterschiede im Sinne einer Nahrungsspezialisierung gewertet werden. Auch BARLOW (1997) geht davon aus, dass sich der Habitattyp und die Qualität des Lebensraumes durch die unterschiedliche Verfügbarkeit von Beuteinsekten in der Nahrungswahl niederschlagen. Der Vergleich unserer Ergebnisse mit den von BARLOW vorgelegten Daten lässt diese Habitatabhängigkeit nun klar erkennen, auch wenn etwas abweichende Auswertungsmethoden angewandt wurden. So beziehen sich die Prozentangaben in der englischen Studie auf der Anzahl der Fragmente eines Taxons (nach VAUGHN 1997), was die Dominanz der Haupttaxa (z. B. Zuckmücken/Gnitzen) stärker hervorheben dürfte, als die von uns angewandte Methode unter Verwendung von Häufigkeitsklassen (nach SHIEL et al. 1998).

Dass die Zwergfledermaus als euryöke Art variable Speisepläne aufweist und opportunistisch die jeweils verfügbaren Nahrungsressourcen nutzt, ist kaum verwunderlich. Die deutliche Bevorzugung von Schmetterlings- und Fenstermücken der englischen Tiere stellen in dem von BARLOW gefundenem Ausmaß sicherlich eine Besonderheit der ausgewählten Populationen bzw. des Wochenstubenumfeldes dar. Gleichwohl dürften in agrarisch intensiv genutzten Regionen die genannten Mückenfamilien regelmäßig einen größeren Beitrag zur Ernährung der Zwergfledermaus liefern.

Unsere Nahrungsanalysen erkennen auch der Mückenfledermaus eine zunächst nicht erwartete Plastizität zu. So ernährten sich die in dem Mischwaldbiotop ansässigen Tiere ebenso wie die dort beprobten

Zwergfledermäuse von einem breiten Spektrum weichhäutiger Kleininsekten. Für beide Arten bilden insgesamt (mit saisonalen Abweichungen) zu etwa gleichen Teilen kleine silvicole Fliegen, Mücken und Hautflügler die Nahrungsgrundlage. Die allenfalls geringfügigen Abweichungen hin zu größeren Beutetieren bei der Zwergfledermaus waren bedingt durch einen höheren Anteil an Schnaken. Wie bei den englischen Tieren war auch in unserer Untersuchung bei den Zwillingarten keine unterschiedliche Nischenbreite nachzuweisen. Nach den Kotanalysen hatten die im Heidelberger Stadtwald angesiedelten Zwergfledermäuse, konträr zu den Nahrungsgewohnheiten der englischen Wochenstubenkolonien, deutlich mehr Zuckmücken gefressen als die im gleichen Waldgebiet lebenden Mückenfledermäuse, die offenbar nah gelegene Gewässer weniger regelmäßig anfliegen.

Da viele der gefundenen Beutetiergruppen im Untersuchungsgebiet in hoher Individuendichte (Massenemergenzen, Schwarmbildungen) auftreten, kann die Jagdstrategie beider Fledermausarten, abgesehen von der festgestellten Größenselektion, als opportunistisch gelten. Insektenfallenfänge, die dies untermauern würden, konnten im Rahmen des Projektes allerdings nicht durchgeführt werden. Die weitreichende Übereinstimmung in den Nahrungsspektren könnte dahingehend interpretiert werden, dass die in dem Waldgebiet gemeinsam vorkommenden Zwillingarten exakt dieselbe Ressource nutzen und als direkte Konkurrenten an denselben Jagdplätzen denselben Insektenarten nachstellen. Schon die bis auf Ausnahmen etliche Kilometer voneinander entfernten Quartierschwerpunkte im nördlichen und südlichen Untersuchungsgebiet deuten jedoch auf insgesamt geringe Jagdstellenüberschneidungen hin. Die Hintergründe dieser Bevorzugung unterschiedlicher Gebietsabschnitte konnten bisher nicht geklärt werden. Die Quartierlage der vorgefundenen Zwergfledermäuse würde zu der Annahme passen, dass die Tiere hauptsächlich Waldrandzonen mit Anbindung an ihre südexponierten Wochenstubenstandorte besiedeln. Die Mückenfledermaus als stärker an Wald gebundene Art, nutzt auch den zentralen Bereich des südlichen Stadtwalds u.a. als Paarungsraum. Hier werden die Wochenstuben in der Neckaraue vermutet.

Im Untersuchungsgebiet weist das Jagdverhalten der Zwillingarten keine offensichtlichen Unterschiede auf. Beide Arten jagten nach Detektoruntersuchungen von HEINZ (2000, 2001) für gewöhnlich im halboffenen Luftraum (Waldwege, Schneisen, lichte Altholzbestände, Ufersäume). Jagende Tiere wurden ferner an Siedlungsrand in der Nähe von Straßenlaternen beobachtet, was zu dem hohen Anteil an positiv phototaktischen Insekten (darunter auch Dipteren) in der Nahrung beigetragen haben dürfte (ARNOLD 2001). Eher selten wurden Mücken- und Zwergfledermäuse länger gemeinsam an einem Jagdplatz angetroffen.

Ein vorläufiger Vergleich der Habitatnutzung spricht dafür, dass Mückenfledermäuse auf der Suche nach Insektenschwärmen häufig weitläufig im Baumbestand umherstreifen, um dann an ergiebigen, kleinräumigen Jagdstellen ("Lichtschächte" durch umgestürzte Bäume, Kleingewässer etc.) zu verweilen. Zwergfledermäuse finden sich dagegen regelmäßig an offeneren Jagdstellen mit linearen Vegetationskanten (Waldrand, breite Waldwege, Schneisen) ein (HEINZ 2001). Die genauere Dokumentation solcher Unterschiede in der Raum- und Ressourcennutzung steht noch aus.

Mückenfledermäuse umkreisen bei der Nahrungssuche Büsche und Bäume, wobei sie manchmal mehrfach Zweigspitzen anfliegen und berühren; sie legen auch kürzere Schwirflughphasen ein (Beobachtungen U. HÄUSSLER). Eine Interpretation dieses Verhaltens wäre das Aufscheuchen ruhender Dipteren. Auch bestehen für beide Arten Hinweise auf gelegentliches "gleaning", d.h. dem Aufsammeln nicht-fliegender oder flugunfähiger Beutetiere. So nennt BARLOW (1997) Spinnen (Arachnidae) und Hundertfüßer (Chilopoda) als seltene Nahrungsbestandteile im Kot der Zwergfledermaus. In den Kotproben aus dem Heidelberger Stadtwald wurden bei beiden Arten, ebenfalls ganz vereinzelt, flugunfähige Nahrungstiere gefunden und ein Raupenfund war auch bei einer Mückenfledermaus aus einem Rheinauegebiet zu verzeichnen (ARNOLD 2000). Eine größere Bedeutung dürfte dieser Art des Beuteerwerbs jedoch nicht zukommen.

Wie eingangs erwähnt, werden Mückenfledermäuse überwiegend in insektenreichen Gewässerbiotopen festgestellt (BARLOW 1997, VAUGHN et al. 1997, BRAUN & HÄUSSLER 1999). Reproduktionsgebiete mit hohen Bestandsdichten dürften in Mittel- und Südeuropa regelmäßig gewässerreiche Biotope mit einschließen. Unzweifelhaft bilden deshalb Zuckmücken (und andere Wasserinsekten) für die Art prinzipiell eine wichtige Nahrungskomponente. Die Kenntnisse der Habitatamplitude der neu entdeckten Art sind noch sehr lückenhaft. Anders als in England gehören in Baden-Württemberg die bis auf einen Ufergehölzstreifen ausgeräumten Flussauen nicht zu den bevorzugten Habitaten. Bei naturnaher Ausprägung der Flussau mit breitem Auwaldgürtel erweitern sich die Nahrungsräume und waldbenutzende Insekten gewinnen an Gewicht. In nordbadischen Rheinauewäldern ermittelte ARNOLD (2000) durch Kotanalysen eine Nahrungszusammensetzung, die insgesamt deutliche Parallelen zu den englischen Befunden aufwies. Die einseitige Bevorzugung von Zuckmücken/Gniten konnte allerdings nicht bestätigt werden. Analysen von Frühjahrs- und Herbstproben nichtreproduzierender Gruppen (keine Wochenstuben) aus mehreren Auwaldparzellen erbrachten neben einem auch hier hohen Anteil an Mückenartigen, insbesondere wiederum Zuckmücken, z.T. bedeutende Mengen an Fliegen (Brachycera/Cyclorrhapha), Hautflüglern (Hymenoptera), Schnabelkerfen (Hemi-

ptera), Netzflüglern (Planipennia) und Köcherfliegen (Trichoptera). Eine erste kursorische Prüfung von Kotmaterial aus einer am Rand der Rheinauewälder gelegenen Wochenstube in Südbaden (KRETSCHMAR 2001) scheint ein weit gefächertes, ausgewogeneres Nahrungsbild zu bestätigen (ARNOLD et al., in Vorb.).

5. Literatur

- AHLÉN, I. (1981): Identification of Scandinavian bats by their sounds. – Swed. Univ. Agr. Sci., Dept. of Wildlife Ecology, Rep. 6: 1-56.
- ARNOLD, A. (1999): Zeit-Raumnutzungsverhalten und Nahrungsökologie rheinauenbewohnender Fledermausarten (Mammalia: Chiroptera). – Diss. Univ. Heidelberg: 303 S.
- ARNOLD, A. (2000): Untersuchungen zur Nahrungsökologie und Biologie der Mückenfledermaus (*Pipistrellus pygmaeus* LEACH 1825) in Nordbaden (Regierungsbezirk Karlsruhe). – Unveröff. Bericht zum Projekt "Mückenfledermaus in Baden-Württemberg": 40 S.
- ARNOLD, A. (2001): Vergleichende Untersuchungen zur Nahrungsökologie von Mückenfledermaus (*Pipistrellus pygmaeus* LEACH 1825) und Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus* SCHREBER, 1774) im Stadtwald Heidelberg (Regierungsbezirk Karlsruhe). – Unveröff. Bericht zum Projekt "Mückenfledermaus in Baden-Württemberg": 40 S.
- BAAGØE, H. J. (2001): Danish bats (Mammalia:Chiroptera): Atlas and analysis of distribution, occurrence and abundance. – *Steenstrupia*, 26(1): 1-117
- BARLOW, K. E. (1997): The diets of two phonic types of the bat *Pipistrellus pipistrellus* in Britain. – *J. Zool., Lond.*, 243: 597-609.
- BARLOW, K. E., JONES, G. & BARRATT, E. M. (1997): Can skull morphology be used to predict ecological relationships between bat species. A test using two cryptic species of pipistrelle. – *Proc. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.*, 264: 1695-1700.
- BARRATT, E. M., DEAVILLE, R., BURLAND, T. M., BRUFORD, M. W., JONES, G., RACEY, P. A. & WAYNE, R. K. (1997): DNA answers the call of pipistrelle bat species. – *Nature*, 387: 138-139.
- BRAUN, M. & HÄUSSLER, U. (1999): Funde der Zwergfledermaus-Zwillingsart (*Pipistrellus pygmaeus*, LEACH 1825) in Nordbaden. – *Carolina*, 57: 111-120.
- HÄUSSLER, U., NAGEL, A., BRAUN, M. & ARNOLD, A. (1999): External characters discriminating sibling species of European pipistrelles, *Pipistrellus pipistrellus* (SCHREBER, 1774) and *P. pygmaeus* (LEACH, 1825). – *Myotis*, 37: 27-40.
- HEINZ, B. (2000): Untersuchungen zum Vorkommen der Mückenfledermaus (*Pipistrellus pygmaeus*) im Raum Heidelberg. – Unveröff. Bericht zum Projekt "Mückenfledermaus in Baden-Württemberg": 22 S. + Anhang.
- HEINZ, B. (2001): Untersuchungen zum Vorkommen und zur Biologie der Mückenfledermaus (*Pipistrellus pygmaeus*) im Raum Heidelberg. – Unveröff. Bericht zum Projekt "Mückenfledermaus in Baden-Württemberg": 38 S. + Anhang.
- HELVERSEN, O. v. & HOLDERIED, M. (2003): Zur Unterscheidung von Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*) und Mückenfledermaus (*Pipistrellus mediterraneus/pygmaeus*) im Feld. – *Nyctalus* (N.F.), 8(5): 420-426.
- HÜTTINGER, S. (2001): Ökologische Freilanduntersuchungen an der Mückenfledermaus im Stadtwald Heidelberg. – Diplomarb. Univ. Heidelberg: 164 S.
- JONES, G. & PARIJS, S. M. v. (1993): Bimodal echolocation in

- pipistrelle bats: are cryptic species present? – Proc. R. Soc. Lond. B Biol. Sci., **251**: 119-125.
- KRETZSCHMAR, F. (2001): Kartierung der Mückenfledermaus im Regierungsbezirk Freiburg. – Unveröff. Bericht zum Projekt "Mückenfledermaus in Baden-Württemberg"
- LUNDBERG, K. (1989): Social organization and survival of the pipistrelle bat (*Pipistrellus pipistrellus*) and a comparison of advertisement behaviour in three polygynous bat species. – PhD thesis Univ. Lund (Schweden).
- MAYER, F. & HELVERSEN, O. V. (2001): Sympatric distribution of two cryptic species across Europe. – Biol. J. Linn. Soc., **72**: 1-9.
- MCANEY, C., SHIEL, C., SULLIVAN, C. & FAIRLEY, J. (1991): The analysis of bat droppings. – Occasional publication of the Mammal Society, **14**: 1-48.
- OAKELEY, S. F. & JONES, G. (1998): Habitat around maternity roosts of the 55 kHz phonic type of pipistrelle bats (*Pipistrellus pipistrellus*). – Zool. Lond., **245**: 222-228.
- PIANKA, E. R. (1973): The structure of lizard communities. – Ann. Rev. Ecol. Syst., **4**: 53-74.
- SHIEL, C., MCANEY, C., SULLIVAN, C. & FAIRLEY, J. (1997): Identification of arthropod fragments in bat droppings. – Occasional publication of the Mammal Society, **17**: 1-56.
- SHIEL, C. B., DUVERGÉ, P. L., SMIDDY, P. & FAIRLEY, J. S. (1998): Analysis of the diet of Leisler's bat (*Nyctalus leisleri*) in Ireland with some comparative analyses from England and Germany. – J. Zool., **223**: 299-305.
- SWIFT, S. M., RACEY, P. A. & AVERY, M. I. (1985): Feeding ecology of *Pipistrellus pipistrellus* (Chiroptera: Vespertilionidae) during pregnancy and lactation. II. Diet. – J. Anim. Ecol., **54**: 217-225.
- VAUGHN, N., JONES, G. & HARRIS, S. (1997): Habitat use by bats (Chiroptera) assessed by means of a broad-band acoustic method. – J. Appl. Ecol., **34**: 716-730.
- WEID, R. & HELVERSEN, O. V. (1987): Ortungsrufe europäischer Fledermäuse beim Jagdflug im Freiland. – Myotis, **25**: 5-27
- WHITAKER, J. O. (1988): Food habit analysis of insectivorous bats. – In: KUNZ, T. H. (Hrsg.): Ecological and behavioral methods for the study of bats: 171-189; Washington (Smithsonian Institution Press).
- WOLZ, I. (1992): Zur Ökologie der Bechsteinfledermaus *Myotis bechsteini* (KUHLE, 1818) (Mammalia: Chiroptera). – Diss. Univ. Erlangen-Nürnberg: 147 S.
- WOLZ, I. (1993): Untersuchungen zur Nachweisbarkeit von Beutetierfragmenten im Kot von *Myotis bechsteini* (KUHLE, 1818). – Myotis, **31**: 5-25.
- ZINGG, P. E. (1990): Akustische Artidentifikation von Fledermäusen (Mammalia, Chiroptera) in der Schweiz. – Rev. suisse Zool., **97**(2): 263-294.
- ZIEGLER, T., FEILER, A. & ZÖPHEL, U. (2001): New data on the genital morphology of the midge bat *Pipistrellus pygmaeus* (LEACH, 1825) from Germany (Mammalia: Chiroptera). – Zool. Abh. Mus. Tierkde. Dresden, **51**(25): 437-444.

Tafel 1. a) Porträt einer Mopsfledermaus (*Barbastella barbastellus*). – Foto: J. GEBHARD.



Tafel 1. b) Nähere Quartierumgebung der Mopsfledermaus-Wochenstube. – Foto: U. HÄUSSLER.



Tafel 1. c) Lebensraum der Mopsfledermaus (*Barbastella barbastellus*) im nordöstlichen Teil des Neckar-Odenwaldkreises. – Foto: U. HÄUSSLER.

