

Artenspektren und Wirtsbindung von Ektoparasiten der Fledermäuse aus Nordbulgarien – Bewertung des Zusammenhangs von Körperkondition und Ektoparasitenlast

Von INGO SCHEFFLER, Potsdam

Mit 13 Abbildungen

Abstract

Species composition and host-specificity of bat ectoparasites in Northern Bulgaria: assessing the relationship between body condition and ectoparasitic load

We examined the ectoparasite fauna of nine bat species in Northern Bulgaria during autumn, when bats relocate to their winter quarters. Bat flies were most abundant and six species found. Wing mites (six species), *Macronyssidae* and *Ixodidae* (one species each) were also present in lower densities. A brief summary of the host-specificity and range of all ectoparasites is given. We suggest a new model to calculate parasitic load, incorporating size relationships and parasite frequencies, which then allows for comparing data between different degrees of host infestation. Parasite composites were more scarce than expected for Northern Bulgaria. Data from the most common bat species were used to examine whether or not a relationship between body weight, forearm length, and parasitic load exists. A robust relationship could not be established. Incorporating an adapted body-mass-index (BMI) or body-condition-index (BCI) rendered the same result, and no relationship between body condition and parasitic load was found. During this study, in one of the caves, we observed an unexpected rise in wing mite abundance. This phenomenon could provide an interesting basis for further investigation. In comparison to studies from Germany during the same season, bats in Northern Bulgaria carried a distinctly higher parasitic load.

Zusammenfassung

Während der herbstlichen Schwärmphase wurden im Norden Bulgariens die Ektoparasiten von neun Fledermausarten untersucht. Die höchsten Abundanzen erreichten Fledermausfliegen, von denen 6 verschiedene Arten determiniert wurden. In geringeren Dichten besiedelten auch Flughautmilben (6 Arten) sowie *Macronyssidae* und *Ixodidae* (jeweils eine Art) die Fledermäuse. Die Bindung an den Wirt und die Verbreitung aller Ektoparasiten sind kurz zusammengefasst. Für die Berechnung der Parasitenlast wird ein neues Modell vorgeschlagen, das unter Berücksichtigung von Größenrelationen und Abundanzen

vergleichbare Daten bei unterschiedlichen Befallsszenarien ermöglicht. Parasitenkombinationen traten im Norden Bulgariens seltener auf als erwartet. Mit den Werten der häufigsten Fledermausarten wurde überprüft, ob es einen Zusammenhang zwischen Masse, Unterarmlänge und Parasitierung gibt. In keinem Fall konnte eine sichere Korrelation zwischen diesen Faktoren ermittelt werden. Unter Verwendung eines adaptierten Body-Mass-Index (BMI) oder eines Body-Condition-Index (BCI) ergab sich ebenfalls kein Zusammenhang zwischen der Körperkondition und der Parasitenlast. Im Verlaufe der Untersuchung kam es in einer Höhle zu einer unerwarteten Zunahme der Abundanzen von Flughautmilben. Dieses Phänomen könnte ein interessanter Ansatz weiterer Studien sein. Im Vergleich zu herbstlichen Untersuchungen in Deutschland waren die Fledermäuse im Norden Bulgariens deutlich stärker parasitiert.

Keywords

Bats, Bulgarian ectoparasites, *Nycteribiidae*, *Ischnopsyllidae*, *Spinturnicidae*, *Macronyssidae*, *Ixodidae*, Ectoparasite load, Body-mass-index, Body-condition-index.

1 Einleitung

Die klassische Form der Untersuchung von Ektoparasiten durch Spezialisten einer systematischen Gruppe erfolgte mit der Zielstellung, die Parasitenarten und deren Verbreitung zu ermitteln. Bis in die 70er Jahre des 20. Jahrhunderts waren solche Studien ein interessantes Thema, das aber in der Folgezeit deutlich an Akzeptanz in den wissenschaftlichen Zeitschriften verlor und von anderen Fragestellungen verdrängt wurde.

Dies lag vor allem daran, dass die Artenlisten der Flöhe, Fledermausfliegen und Wanzen zu diesem Zeitpunkt als abgeschlossen

galten und die Vorkommen vieler Arten in Mitteleuropa gut belegt schienen (z. B. HÜRKA 1963a, 1963b, 1970, KOCK 1973, 1999, WALTER & KOCK 1985, 1994).

Dies traf allerdings nicht für die anderen Parasitengruppen zu. Insbesondere bei kleinen ektoparasitischen Milben mangelte es auf Grund der geringen Anzahl von Spezialisten schon immer an hinreichenden Informationen. Im Zusammenhang mit neuen Fragestellungen wie z. B. Faunenveränderungen durch den Klimawandel oder durch das Problem der Übertragung pathogener Viren sind die Fledermäuse und ihre Ektoparasiten in den letzten Jahren wieder etwas stärker in den Fokus der Forschung geraten. Dabei zeigte sich, dass die Kenntnis zu Vorkommen und Ökologie der Insekten und Milben in vielerlei Hinsicht defizitär waren.

Die Entwicklungszyklen der kleinen Parasitenarten, die exakten Verbreitungsgebiete oder die Ursachen der Unterschiede in der Stärke des Befalls verschiedener Fledermausarten stehen hier exemplarisch für Themen mit Forschungsbedarf. Die Parasitenspektren der meisten Fledermausarten sind in ihrer Zusammensetzung und wechselseitiger Beeinflussung kaum bekannt und verstanden. In den letzten Jahren gab es einzelne Veröffentlichungen, die sich mit dieser Thematik auseinandersetzen (z. B. ZAHN & RUPP 2004, JAUNBAUERE et al. 2008, LOURENÇO & PALMERIM 2008, SCHEFFLER 2009). Diese Arbeiten erfolgten jedoch mit unterschiedlicher Zielstellung, Qualität und in heterogenen Stichprobengrößen.

Im Sinne der Parasitenspektren ergaben sich allerdings Hinweise auf bisher nicht beachtete regionale Unterschiede der Parasitierung innerhalb Europas. Die Überprüfung solcher Phänomene war ein Aspekt der vorliegenden Untersuchung. Nach eigenen Studien in Deutschland ergab sich die Möglichkeit im Oktober 2010 an einer von Herrn MILAN PODANY organisierten Exkursion nach Bulgarien teilzunehmen, deren Ergebnisse hier vorgestellt werden. Neben den ermittelten Para-

sitenarten und deren Verbreitung stehen ökologische Aspekte wie die Zusammensetzung der Spektren an Ektoparasiten auf spezifischen Fledermausarten und die Qualität der Wirtsbindung im Mittelpunkt der Analyse.

2 Material und Methode

Die Netzfänge der Fledermäuse und die Untersuchung der Ektoparasiten erfolgten in der Zeit vom 12. bis 18.10.2010 in Fledermaushöhlen im Norden Bulgariens in der Umgebung von Aleksandrovo (nordwestlich von Loveč, Abb. 1) und nahe Muselievo (nördlich von Pleven, Abb. 2). Die Höhle von Aleksandrovo („Vodna peštera“) ist in Teilen hallenartig ausgebaut und diente im zweiten Weltkrieg als Lager. Später wurde sie nach Auskunft eines Anwohners zeitweise für Pilzzucht und Käseproduktion benutzt. Aktuell gibt es deutliche Bestrebungen die derzeit ausgeräumte Höhle touristisch zu nutzen, was besonders an den Wochenenden Besucher mit unterschiedlichen Ambitionen anlockt. Der Bestand an Fledermäusen wurde zum Untersuchungszeitraum auf mehrere hundert Individuen geschätzt. Im Artenspektrum der Höhle „Vodna peštera“ dominierten Langflügel-Fledermäuse und Große Mausohren. Weitere Bewohner waren in der Reihenfolge der Häufigkeit: Kleine Mausohren, Langfußfledermäuse, Große und Kleine Hufeisennasen, Mittelmeer-Hufeisennasen sowie Große Abendsegler. In der Umgebung von Muselievo wurden zwei natürliche Karsthöhlen mit engen Zugängen untersucht. Nur in einer dieser Höhlen gab es während der Untersuchungszeit zahlreiche Fledermäuse. Die häufigsten Arten waren hier Langfußfledermäuse, Langflügel-Fledermäuse sowie Große Hufeisennasen (Abb. 3). Darüber hinaus wurden in dieser Höhle Kleine Hufeisennasen sowie ein Exemplar der Mehely-Hufeisennase gefangen. Das Parasitenspektrum der einzelnen Wirtsarten zeigte keinen Unterschied beim Vergleich der Höhlen, so dass die Ergebnisse zusammen dargestellt werden können (Tab. 1). Die Untersuchungen erfolgten in der herbstlichen Schwärmphase. Während der Netzfänge (in der Regel zwischen 19.00 und 24.00 Uhr) wurden deshalb sowohl Bewohner



Abb. 1. Fledermaushöhle bei Aleksandrovo; am Eingang postiert: MILAN PODANY. Alle Aufn.: Dr. I. SCHEFFLER.



Abb. 2. Fledermaushöhle bei Muslievo mit Hufeisennasen und Langflügel-Fledermäusen.



Abb. 3. Große Hufeisennase, *Rhinolophus ferrumequinum*, Weibchen, rechte Krallen markiert.

der Höhlen als auch einfliegende Individuen auf Erkundungsflügen erfasst.

Zur Untersuchungsprozedur der Wirtsindividuen gehörten die Determination von Art und Geschlecht, die Messung von Unterarmlänge und Gewicht sowie das Absammeln der Ektoparasiten von der Flughaut und aus dem Fell. Während der Fänge war es nicht immer

möglich, die Individuen nach Arten getrennt zu halten. Kurzzeitige Kontakte mit möglichen Überläufern gab es deshalb gelegentlich zwischen Großen und Kleinen Mausohren bzw. zwischen Langflügel- und Langfußfledermäusen. Dies wurde bei der Ergebnisdarstellung berücksichtigt. Viele Individuen der erwähnten Arten konnten darüber hinaus ohne solche Kontakte bearbeitet werden.

Tabelle 1. Spektrum der insgesamt in Höhlen Nordbulgariens untersuchten Fledermäuse.

Wirtsart	n	Männchen	Weibchen
<i>Miniopterus schreibersii</i> (Langflügelfledermaus)	211	125	86
<i>Myotis myotis</i> (Großes Mausohr)	94	59	35
<i>Myotis oxygnathus</i> (Kleines Mausohr)	32	17	15
<i>Myotis capaccinii</i> (Langfußfledermaus)	28	18	10
<i>Rhinolophus ferrumequinum</i> (Große Hufeisennase)	16	3	13
<i>Rhinolophus hipposideros</i> (Kleine Hufeisennase)	7	6	1
<i>Rhinolophus euryale</i> (Mittelmeer-Hufeisennase)	2	0	2
<i>Rhinolophus mehelyi</i> (Mehely-Hufeisennase)	1	1	0
<i>Nyctalus noctula</i> (Großer Abendsegler)	1	0	1

Für die Bewertung der Ektoparasitenlast im intra- bzw. interspezifischen Vergleich von Fledermäusen wurde berücksichtigt, dass unterschiedliche Parasitenarten einzeln oder in Kombination auf einem Wirt auftreten können. Dieses Problem ist bisher weitgehend negiert worden. Die meisten parasitologischen Studien berücksichtigen nur jeweils eine Parasitengruppe oder -art. Die einfache Summierung aller Ektoparasiten auf einer Fledermaus charakterisiert nicht in ausreichendem Maße die Belastung dieses Wirtes. Mit hoher Wahrscheinlichkeit gibt es unterschiedliche negative Auswirkungen durch verschiedene Arten oder Familien der Blutsauger. Eine große Lausfliege beeinträchtigt eine Fledermaus durch eine höhere Menge an Speichelsekreten, eine größere Wunde und einen stärkeren Substratentzug deutlich stärker als eine viel kleinere Flughautmilbe. Obwohl nicht alle realen Parameter (Saughäufigkeit, Geschlechtsunterschiede u. a.) berücksichtigt werden können, versuchen wir mit der Berechnung eines auf der Größe basierenden Parasitierungsfaktors die Belastung eines Wirtes möglichst objektiv zu berücksichtigen (Tab. 2). Die Berechnung des Bewertungsfaktors erfolgt durch Quadrieren des Mittelwertes der durchschnittlichen Länge beider Geschlechter einer Parasitenart. Die dadurch entstehenden Zahlenwerte entsprechen ungefähr der Relation der Volumina der Parasiten.

Einer Parasitenart wird ein Parasitierungswert zugewiesen, der sich aus dem Faktor von Abundanz und artspezifischem Bewertungsfaktor ergibt. Die Summe aller Parasitierungswerte eines Individuums entspricht der spezifischen Ektoparasitenlast.

Parasitenlast = Abundanz der Parasitenart x Bewertungsfaktor

Beispiel: Auf einer Fledermaus finden sich 2 x *Nycteribia schmidlii* und 12 x *Spinturnix psi*.

Die Ektoparasitenlast beträgt für dieses Individuum ($2 \times 5,06 + 12 \times 0,66$) = 18,04.

Auf der Basis einer solchen Berechnung können die Parasitierungen von Wirtsindi-

viduen oder Wirtsarten beim Auftreten verschiedener Ektoparasitenarten bzw. -gruppen quantitativ miteinander verglichen werden.

Tabelle 2. Parasitierungsfaktoren bulgarischer Ektoparasitenarten.

Ektoparasitenart	Länge (L) in mm	Parasitierungsfaktor (L ²)
<i>Penicillidia dufourii</i>	3,75	14,06
<i>Penicillidia conspicua</i>	3,75	14,06
<i>Nycteribia vexata</i>	2,25	5,06
<i>Nycteribia schmidlii</i>	2,25	5,06
<i>Nycteribia pedicularia</i>	2,37	5,62
<i>Nycteribia latreillii</i>	3,00	9,00
<i>Eynthovenia euryalis</i>	0,48	0,23
<i>Spinturnix myoti</i>	1,16	1,35
<i>Spinturnix psi</i>	0,81	0,66
<i>Macronyssus granulosis</i>	0,57	0,32
<i>Ichronyssus scutatus</i>	0,43	0,18

Anmerkung: Längenangaben nach Rudnick (1960), THEODOR & ROTHSCHILD (1967), STANYUKOVICH (1997) und eigenen Messungen.

Zur Beurteilung der Parasit-Wirt-Beziehungen wurden die Abundanz (A), Prevalenz (P in %) und die Intensität (I) berechnet.

Für den Vergleich unterschiedlicher Parameter wurde ein dimensionsloser „standard deviation score“ berechnet: $z = (x - \mu) / \partial$ (x = Messwert, μ = Mittelwert der jeweiligen Untersuchungsgruppen; ∂ = Standardabweichung des Mittelwertes).

Für die Ermittlung eines an Fledermäuse adaptierten BMI (Body-Mass-Index) wurde das Gewicht und als Längenmaß die Unterarmlänge gemessen. Die Berechnung erfolgte nach der Formel: BMI = Körpermasse (kg)/Quadrat der Unterarmlänge (m²).

Für die Berechnungen des „body condition index“ (BCI) wurden im Statistikprogramm SPSS die Residuen einer log-log Regression von Unterarmlänge und Körpermasse ermittelt. Die Abweichung zwischen individuellem Messwert und den aus dem Regressionsmodell vorhergesagten Werten ergibt den BCI eines Individuums.

3 Ergebnisse

3.1 Vorkommen, Verbreitung und Wirtsspektren von Parasitenarten

a) Fledermausfliegen

Die auffälligsten und insgesamt häufigsten Ektoparasiten bei der Untersuchung von Fledermäusen in Höhlenquartieren im Norden Bulgariens waren Fledermausfliegen (Tab. 3). Unter diesen dominierten große Arten, die sich ausschließlich auf der Rückenseite der Wirtsindividuen im Fell aufhielten. Dies lässt sich als Schutz vor Putzaktivitäten interpretieren, da Fledermäuse als Insektenfresser durchaus geeignete Gebisse besitzen, um die Plagegeister effektiv zu bekämpfen. Individuen der Gattung *Penicillidia* konnten im Fell der Wirte auch ohne Aufschrecken durch Pusten detektiert werden, da sie sich nur schlecht verbergen können. Auf Grund der beobachteten Mobilität lässt sich vermuten, dass diese Fledermausfliegen keine Probleme mit einem Wirtswechsel haben sollten und in einer Fledermausgruppe mit Körperkontakt innerhalb weniger Sekunden etliche Wirte passieren können. In den überwiegenden Fällen trat auf einzelnen Wirtsindividuen nur eine Fleder-

mausfliegenart auf. Die wenigen ermittelten Kombinationen verschiedener Fliegenarten auf einzelnen Fledermäusen betrafen:

Penicillidia dufourii + *Penicillidia conspicua* (1 x bei *Myotis myotis*, 2 x bei *Miniopterus schreibersii*)

Penicillidia dufourii + *Nycteribia pedicularia* (1 x bei *Miniopterus schreibersii*, 2 x bei *Myotis capaccinii*)

Penicillidia conspicua + *Nycteribia pedicularia* (1 x bei *Miniopterus schreibersii*)

Penicillidia dufourii + *Nycteribia latreillii* (1 x bei *Myotis myotis*)

Die meisten Fledermausfliegenarten wurden auf mehreren Wirtsarten detektiert. Die konkrete Analyse der Fänge in Bezug auf Abundanz und Prevalenz lässt aber deutliche Unterschiede in der Qualität der Wirt-Parasit-Beziehungen erkennen. Auf dieser Basis lassen sich die Hauptwirte der betreffenden Parasitenart meist eindeutig ermitteln.

Penicillidia conspicua Speiser, 1901 erreicht mit 3,5-4 mm eine beträchtliche Größe. Diese Fledermausfliege wurde bisher in verschiedenen Gebieten Südeuropas, Nordafrikas und Westasiens nachgewiesen. THEODOR &

Tabelle 3. Übersicht über die in Nordbulgarien nachgewiesenen Fledermausfliegen.

Parasitenart	Wirtsart	Abundanz	Intensität	Prevalenz %
<i>Penicillidia conspicua</i>	<i>Miniopterus schreibersii</i>	0,33	1,4 (1-6)	23,7
	<i>Myotis myotis</i>	0,02	1,0 (1)	2,1
	<i>Myotis oxygnathus</i>	0,03	1,0 (1)	3,1
<i>Penicillidia dufourii</i>	<i>Myotis myotis</i>	0,60	1,5 (1-8)	67,9
	<i>Myotis oxygnathus</i>	0,53	1,4 (1-3)	70,6
	<i>Miniopterus schreibersii</i>	0,05	1,4 (1-2)	3,3
	<i>Myotis capaccinii</i>	0,11	1,0 (1)	10,7
<i>Nycteribia pedicularia</i>	<i>Myotis capaccinii</i>	1,07	2,0 (1-4)	50
	<i>Miniopterus schreibersii</i>	0,01	1,0 (1)	1,4
	<i>Myotis myotis</i>	0,01	1,0 (1)	1,1
	<i>Myotis oxygnathus</i>	0,03	1,0 (1)	3,1
<i>Nycteribia vexata</i>	<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	0,19	1,0 (1)	18,8
	<i>Rhinolophus euryale</i>	0,5	1,0 (1)	50
	<i>Myotis myotis</i>	0,01	1,0 (1)	1,1
<i>Nycteribia schmidlii</i>	<i>Miniopterus schreibersii</i>	0,004	1,0 (1)	0,4
<i>Nycteribia latreillii</i>	<i>Myotis myotis</i>	0,01	1,0 (1)	1,1
	<i>Myotis oxygnathus</i>	0,03	1,0 (1)	3,1

ROTHSCHILD (1967) listen neben historischen Funden aus Frankreich, Italien, Bulgarien, Rumänien, Korsika, Algerien und Israel sogar einen Fang von 1913 aus Deutschland (Taucha near Leipzig, from bat) auf. Der Fund aus Bulgarien erfolgte am 31.7.1925 in Karamleh, Strandja an *Nyctalus* sp. Als Wirte von *P. conspicua* gaben THEODOR & ROTHSCCHILD (1967) unkommentiert sieben Fledermausarten an.

Die von uns ermittelte deutliche Bevorzugung der Langflügelfledermaus durch *P. conspicua* entspricht den Resultaten weiterer Untersuchungen, die auf den Balearen (KOCK & QUETGLAS 2003) und in Portugal (ZAHN & RUPP 2004, LOURENÇO & PALMEIRIM 2008) erfolgten. Die wenigen von uns an *Myotis myotis* bzw. *M. oxygnathus* gefangenen Exemplare lassen sich als Folge der gemeinsamen Nutzung der Höhle in Aleksandrovo interpretieren.

Penicillidia dufouri dufouri (Westwood, 1835) gehört mit etwa 4 mm Länge wie *P. conspicua* zu den auffällig großen Ektoparasitenarten. Nach SHTAKELBERG (1989) besitzt diese Fledermausfliege ein riesiges Verbreitungsgebiet, das von Westeuropa und Nordafrika über Westasien bis zum Himalaja reicht. THEODOR & ROTHSCCHILD (1967) meldeten Vorkommen aus Portugal, Spanien, Frankreich, Italien, Sardinien, Jugoslawien, Bulgarien, Rumänien, Marokko, Algerien, Israel, Iran und Indien. Bei beiden Quellen findet sich kein deutlicher Hinweis auf einen Hauptwirt. Während THEODOR & ROTHSCCHILD (1967) neun Wirtsarten angaben, erwähnte SHTAKELBERG (1989) nur die Gattungen *Miniopterus* und *Rhinolophus*. Die Exemplare der Rothschild-Sammlung aus Bulgarien betrafen den gleichen Fundort wie bei *P. conspicua* (Karamleh, Strandja von *Nyctalus* sp., 31.7.1925, leg. G. HEINRICH). Bisherige Funde der Fliegenart in Deutschland (KOCK 1973), von den Balearen (KOCK & QUETGLAS 2003) sowie aus Portugal (ZAHN & RUPP 2004) unterstützen die Annahme, dass das Große Mausohr in Mitteleuropa der Hauptwirt dieser Fliegenart sein könnte.

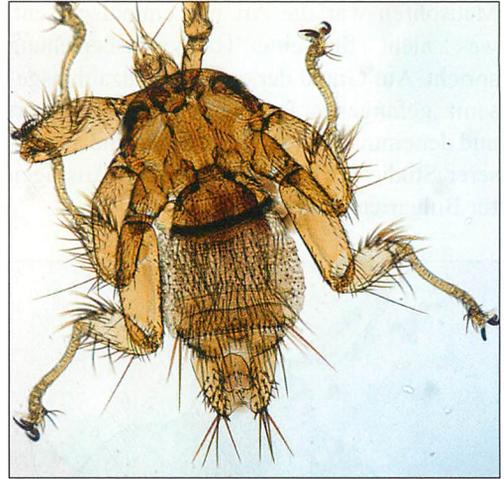


Abb. 4. *Nycteribia pedicularia*, Weibchen.

Nycteribia pedicularia Latreille, 1805 (Abb. 4) erreicht nur eine Länge von etwa 2,5 mm. Das Vorkommen dieser Art erstreckt sich von Westeuropa über Nordafrika bis nach Nordwestasien (SHTAKELBERG 1989). Funde aus Italien, Korsika, Sardinien, Jugoslawien und Israel führten THEODOR & ROTHSCCHILD (1967) an. Beide Quellen erwähnen undifferenziert diverse Wirtsarten aus den Gattungen *Myotis*, *Eptesicus* und *Rhinolophus*. Von *Nycteribia pedicularia* sind bisher keine Funde aus Deutschland bekannt (KOCK 1999, MÜLLER 1999). In den von uns in Nordbulgarien untersuchten Höhlen wurde *Myotis capaccinii* deutlich von dieser Fledermausfliege bevorzugt.

Nycteribia vexata Westwood, 1835 ist mit 2-2,5 mm Länge eine der kleinsten Fledermausfliegen in der paläarktischen Region. Das Verbreitungsgebiet reicht von Westeuropa bis nach Indien (SHTAKELBERG 1989). Als Wirtsarten gelten Vertreter der Gattungen *Myotis*, *Miniopterus*, *Rhinolophus* und *Plecotus*. In Europa gibt es u. a. Funde aus Rumänien, Italien, Sardinien, Frankreich, Deutschland und aus der Türkei (THEODOR & ROTHSCCHILD 1967). Die meisten der Belege aus Deutschland (KOCK 1973), von den Balearen (KOCK & QUETGLAS 2003) bzw. aus Portugal (ZAHN & RUPP 2004) stammen vom Großen Mausohr. Bei unseren Fängen in Bulgarien war die Große Hufeisennase mit höherer Prävalenz und Abundanz besiedelt. Auf 94 Großen

Mausohren war die Art nur einmal präsent, was nicht für eine Hauptwirtsbeziehung spricht. Auf Grund der geringen Anzahl insgesamt gefangener Individuen der Fliegenart und der einmaligen Untersuchung sind aus unserer Studie noch keine fundierten Aussagen für Bulgarien möglich.

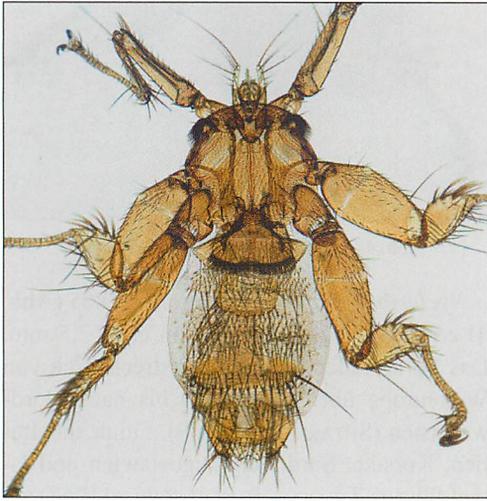


Abb. 5. *Nycteribia schmidlii*, Weibchen.

Nycteribia schmidlii schmidlii Schiner, 1853 (2-2,25 mm, Abb. 5) besiedelt nach SHTAKELBERG (1989) das südliche Westeuropa, Nordafrika, die Halbinsel Krim und südliche Gebiete des Kaukasus. Bei THEODOR & ROTHSCHILD (1967) finden sich Fundangaben aus Frankreich, Deutschland, Italien, Rumänien, Bulgarien (1925 ex *Nyctalus*), Kreta, Balearen, Dalmatien, Spanien, Israel, Türkei, Algerien und Marokko. Die meisten Wirtsangaben betreffen *Miniopterus schreibersii*. LOURENÇO & PALMEIRIM (2008) führen die Art als häufigen Parasit der Langflügelfledermaus in Portugal an. Das geringe Vorkommen von

Nycteribia schmidlii schmidlii an den vielen untersuchten Langflügelfledermäusen war daher überraschend. Ob diese Art in Bulgarien seltener auftritt als in westeuropäischen Ländern kann unsere Untersuchung nicht eindeutig belegen. Weitere Studien erscheinen hier wünschenswert.

Für *Nycteribia latreillii* (Leach, 1817) gibt SHTAKELBERG (1989) als Verbreitungsgebiet Westeuropa, Nordafrika und Palästina an. In der Rothschild Sammlung befinden sich Exemplare aus Portugal, Italien, Jugoslawien, Marokko, Algerien, Tunesien, Türkei, Syrien, Frankreich und Deutschland (THEODOR & ROTHSCHILD 1967). Die meisten Funde stammen vom Großen Mausohr. Bei der größeren Anzahl von uns untersuchter Vorzugswirte war die Seltenheit dieser Fledermausfliegenart ebenfalls überraschend. Mit 3 mm Körpergröße liegt *N. latreillii* zwischen den Werten der oben erwähnten großen und kleinen Fledermausfliegenarten.

b) *Spinturnicidae*

Flughautmilben gehören in Mitteleuropa zu den häufigsten Ektoparasiten der Fledermäuse. Alle Entwicklungsstadien leben auf der Flughaut. Das Vorkommen der Arten weist in der Regel starke saisonale Schwankungen auf. Die meisten Individuen findet man zum Zeitpunkt der Wochenstuben der Wirte, hier sind die Weibchen und deren Jungtiere besonders stark besiedelt. In der herbstlichen Schwärmphase der Fledermäuse durften daher noch relativ viele Individuen erwartet werden. Die tatsächlich ermittelte Anzahl in den nordbulgarischen Höhlen war aber überraschend gering (Tab. 4).

Tabelle 4. Übersicht über die nachgewiesenen Flughautmilben an Fledermäusen in Nordbulgarien.

Parasitenart	Wirtsart	Abundanz	Intensität	Prevalenz %
<i>Eyndhovenia euryalis</i>	<i>Rhinolophus euryale</i>	1,5	3,0 (3)	50,0
<i>Spinturnix myoti</i>	<i>Myotis myotis</i>	1,20	3,3 (1-8)	37,3
	<i>Myotis oxygnathus</i>	0,38	0,7 (1-2)	37,5
<i>Spinturnix psi</i>	<i>Myotis capaccinii</i>	0,61	1,4 (1-3)	42,8
	<i>Miniopterus schreibersii</i>	0,56	2,0 (1-16)	27,5
<i>Spinturnix accuminatus</i>	<i>Nyctalus noctula</i>	3,00	3,0 (3)	100

Die Detektion von *Eyndhovenia euryalis* (Canestrini, 1884) auf der Flughaut war nicht einfach, da die Art deutlich kleiner als die Vertreter der Gattung *Spinturnix* ist. Herrn MARCO KÖNIG ist zu verdanken, dass diese Ektoparasiten bei der hier beschriebenen Untersuchung nicht übersehen wurden.



Abb. 6. *Eyndhovenia euryalis*, Männchen, 20x.

E. euryalis (Abb. 6) besitzt ein einheitliches Dorsalschild mit Peritremen, die diese Körperseite nicht verlassen. RUDNICK (1960) lieferte dazu eine detaillierte Beschreibung und Abbildungen beider Geschlechter. Bei STANYUKOVICH (1997) werden zwei Unterarten differenziert: *Eyndhovenia euryalis euryalis* (Canestrini, 1884) sowie *E. euryalis oudemansi* (Eyndhoven, 1941). Trennungsmerkmale beider Morphotypen sind hier Merkmale des Tritosternum und das Gestaltungsmuster des Integuments. Beides war mit der verfügbaren mikroskopischen Technik nicht hinreichend erkennbar, deshalb erfolgte die Zuweisung nur bis zur Art. Das Verbreitungsgebiet beider Unterarten umfasst nach STANYUKOVICH (1997) asiatische Gebiete sowie in Mitteleuropa Tschechien und die Slowakei. Als bevorzugte Wirte wurden Hufeisennasen angegeben, was mit unseren Ergebnissen übereinstimmt.

Spinturnix myoti (Kolenati, 1856) ist eine in Süd- und Mitteleuropa häufig vorkommende Flughautmilbe, die ein diverses Wirtsspek-

trum besiedeln kann. Die meisten Funde stammen nach STANYUKOVICH (1997) von *Myotis*-Arten. Hauptwirt ist das Große Mausohr. Die aktuellen Fänge aus Bulgarien bestätigen den Hauptwirt. Das Vorkommen von *S. myoti* am Kleinen Mausohr lag auf Grund der hier gemischten Vorkommen beider *Myotis*-Arten im Rahmen der Erwartung.

Die Wirtsbindung von *Spinturnix psi* Kolenati, 1856 (Abb. 7) ist nicht besonders spezifisch. STANYUKOVICH (1997) listet diverse Arten der Gattungen *Miniopterus*, *Rhinolophus*, *Myotis*, *Pipistrellus*, *Eptesicus* und *Vespertilio* auf. Bei unserer aktuellen Untersuchung war

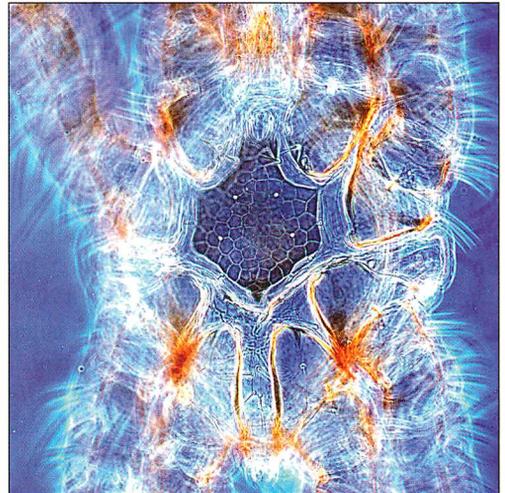


Abb. 7. *Spinturnix psi*, Brustschild, Männchen, Phasenkontrast 20x.

aber auffällig, dass sich die Präsenz von *S. psi* auf die zwei kleineren Fledermausarten beschränkte. RUDNICK (1960) und DUSBÁBECK (1972) bezeichnen *Miniopterus schreibersii* als Hauptwirt und unsere Ergebnisse bestätigen diesen Befund. Das bisher beschriebene Verbreitungsgebiet von *Spinturnix psi* umfasst nach den genannten Autoren neben europäischen Vorkommen auch zentralasiatische Staaten, Japan, Formosa, Korea, Indien und Madagaskar.

Spinturnix accuminatus (Koch, 1836) ist die typische Flughautmilbe des Großen Abendseglers (RUDNICK 1960, SCHEFFLER 2009). Bis-

herige Nachweise liegen aus Russland, Zentralasien und Mitteleuropa vor (STANYUKOVICH 1997).

c) *Macronyssidae* und *Ixodidae*

Die kleinen Milben der Familie *Macronyssidae* halten sich in der Regel körpernah im Fell ihrer Wirte auf und sind daher schwer zu entdecken. Wenn sie an die Oberfläche der Haare kommen, fallen sie allerdings durch ihre lebhafte Färbung auf, die in Abhängigkeit von der Blutfüllung von Gelb oder Braun bis zu einem leuchtenden Rot wechselt. Die Populationsentwicklung dieser Milben ist noch unzureichend untersucht. Sie können zu Hunderten auf einem Wirt vorkommen, scheinen aber in manchen Jahren seltener zu sein. Die hier aufgefundene Anzahl von Vertretern dieser Milbenfamilie lag deutlich unter der Erwartung (Tab. 5).

Das Verbreitungsgebiet von *Ichronyssus scutatus* Kolenati, 1858 reicht von Mitteleuropa (Frankreich, Tschechien, Slowakei) bis Japan (RADOVSKY 1967, STANYUKOVICH 1997). Bisher ermittelte Wirte dieses Ektoparasiten sind *Miniopterus schreibersii*, *Myotis myotis*, *M. oxygnathus*, *M. macrodactylus*, *Vespertilio murinus*, *Rhinolophus euryale* und *R. ferrumequinum*. Aus unseren aktuellen Funden lässt sich auf Grund der geringen Abundanz nur die Präsenz der Parasitenart an den ermittelten Wirten in Bulgarien ableiten.

RADOVSKY (1967) charakterisiert *Macronyssus granulatus* (Kolenati, 1856) als geogra-

phisch am weitesten verbreitete Milbe der Familie mit Vorkommen in Italien, Kenia und Mexiko. Einige europäische Wirte: *Miniopterus schreibersii*, *Myotis myotis*, *Barbastella barbastellus* und *Rhinolophus euryale* finden sich bei DUSBÁBECK (1964). STANYUKOVICH (1997) erweiterte das Wirtsspektrum mit einer Aufzählung von insgesamt 21 Fledermausarten. In der Liste dieser Arten werden 24 Länder mit Nachweisen von *M. granulatus* aus Europa, Asien und Afrika aufgeführt, darunter befinden sich auch Nachweise aus Bulgarien.

Die Gruppe der an Fledermäusen parasitierenden Zecken umfasst nur wenige Arten. Die häufigste Art ist *Argas vespertilionis* (*Argasidae*), die zahlreiche Fledermausarten besiedeln kann. Im Verbreitungsgebiet der Langflügel-Fledermaus (*M. schreibersii*) war darüber hinaus mit dem Auftreten von *Ixodes simplex* (*Ixodidae*) zu rechnen (WALTER & KOCK 1985, LOURENÇO & PALMEIRIM 2008). Die dritte Art *Ixodes vespertilionis* Koch, 1844 unterscheidet sich von den anderen Arten der Gattung durch auffällig lange Beine. Sie ist auf in Höhlen lebende Fledermäuse spezialisiert (DUSBÁBECK 1972). HILLYARD (1996) erwähnt, dass die Weibchen der Art in den Wintermonaten Nahrung zu sich nehmen und die Kopulation im Sommer erfolgt. Nach diesem Autor besitzt diese Zecke ein Verbreitungsgebiet, das sich von Afrika über Europa bis nach Japan erstreckt, weitere Vorkommen liegen in Australien. In Europa gab es bisher Funde in Großbritannien, Irland, Frankreich, Belgien, Deutschland, Polen, Schweiz, Spanien und Italien. Vorzugswirte sind Hufeisennasen, ge-

Tabelle 5. Übersicht über die nachgewiesenen anderen Milbengruppen (*Macronyssidae*, *Ixodidae*) an Fledermäusen in Nordbulgarien.

Parasitenart	Wirtsart	Abundanz	Intensität	Prevalenz %
<i>Macronyssidae</i>				
<i>Ichronyssus scutatus</i>	<i>Myotis myotis</i>	0,03	3,0 (3)	1,1
	<i>Myotis capaccinii</i>	0,04	1,0 (1)	3,6
	<i>Myotis oxygnathus</i>	0,06	2,0 (2)	3,1
<i>Macronyssus granulatus</i>	<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	0,06	1,0 (1)	6,2
<i>Ixodidae</i>				
<i>Ixodes vespertilionis</i>	<i>Myotis oxygnathus</i>	0,03	1,0 (1)	3,1

legentliche Vorkommen betreffen Arten der Gattungen *Myotis*, *Pipistrellus* und *Miniopterus* (DUSBÁBECK 1963, HILLYARD 1996).

3.2 Ökologische Aspekte

Bei der Untersuchung von Fledermäusen in Höhlenquartieren im Norden Bulgariens konnten zahlreiche Ektoparasiten gefangen werden. Bei allen untersuchten Fledermausarten, die in größerer Zahl gefangen wurden, fanden sich mehrere Parasitenarten in spezifischen Häufigkeiten (Tab. 6). Lediglich *Myotis myotis* und *M. oxygnathus* wiesen ein ähnliches Parasitenspektrum auf, welches mit dem gemeinsamen Vorkommen und der engen Verwandtschaft der Arten erklärt werden könnte.

Bei den untersuchten Wirtsarten waren Fledermausfliegen die dominanten Parasiten. Flöhe, die in Deutschland mit Abstand häufigsten Insekten an Fledermäusen, konnten in

den nordbulgarischen Höhlen von uns überhaupt nicht nachgewiesen werden. Die meisten Wirtsarten wiesen auch einen Besatz mit Spinturniciden auf. Die Vertreter der *Macronyssidae* und andere Parasitengruppen waren nur relativ sporadisch präsent.

Für die vier häufigsten Wirtsarten wurde der durchschnittliche Besatz mit Flughautmilben, Fledermausfliegen bzw. deren Kombination errechnet. Abb. 8 verdeutlicht, dass die Fledermausarten unterschiedlich stark parasitiert wurden. *Myotis capaccinii* weicht bei dieser Betrachtung besonders deutlich von den anderen Wirten ab. Die Anzahl von Individuen ohne Parasiten war bei dieser Art auffällig gering, die Vorkommen von Fledermausfliegen und Kombinationen von Ektoparasiten erreichten höhere Prozentwerte. Die Langfußfledermaus weist damit auffällige Parallelen zur Wasserfledermaus (*Myotis daubentonii*) in Deutschland auf, für die ebenfalls ein überdurchschnittlicher Besatz mit Ektoparasiten

Tabelle 6. Parasitenspektren der untersuchten Fledermäuse in Nordbulgarien.

Parasitenarten	<i>Msch</i>	<i>Mcap</i>	<i>Mmyo</i>	<i>Moxy</i>	<i>Nnoc</i>	<i>Reur</i>	<i>Rfer</i>
<i>Nycteribiidae</i>							
<i>Nycteribia latrellii</i>			1,1	3,1			
<i>Nycteribia pedicularia</i>	1,4	50,0	1,1	3,1			
<i>Nycteribia schmidlii</i>	0,4						
<i>Nycteribia vexata</i>			1,1			50,0*	18,8
<i>Penicillidia conspicua</i>	23,7		2,1	3,1			
<i>Penicillidia dufourii</i>	3,3	10,7	67,9	70,6			
<i>Spinturnicidae</i>							
<i>Eynhovenia euryalis</i>						50,0*	
<i>Spinturnix myoti</i>			37,3	37,5			
<i>Spinturnix accuminatus</i>					100*		
<i>Spinturnix psi</i>	27,5	42,8					
<i>Macronyssidae</i>							
<i>Ichronyssus scutatus</i>		3,6	1,1	3,1			
<i>Macronyssus granulatus</i>							6,2
<i>Ixodidae</i>							
<i>Ixodes vespertilionis</i>				3,1*			

Zahlenangaben = Prevalenz in % * Angaben von einzelnen Tieren

Abkürzungen der Fledermäuse:

Msch – *Miniopterus schreibersii* (Langflügelfledermaus)

Mcap – *Myotis capaccinii* (Langfußfledermaus)

Mmyo – *Myotis myotis* (Großes Mausohr)

Moxy – *Myotis oxygnathus* (Kleines Mausohr)

Nnoc – *Nyctalus noctula* (Großer Abendsegler)

Reur – *Rhinolophus euryale* (Mittelmeer-Hufeisennase)

Rfer – *Rhinolophus ferrumequinum* (Große Hufeisennase)

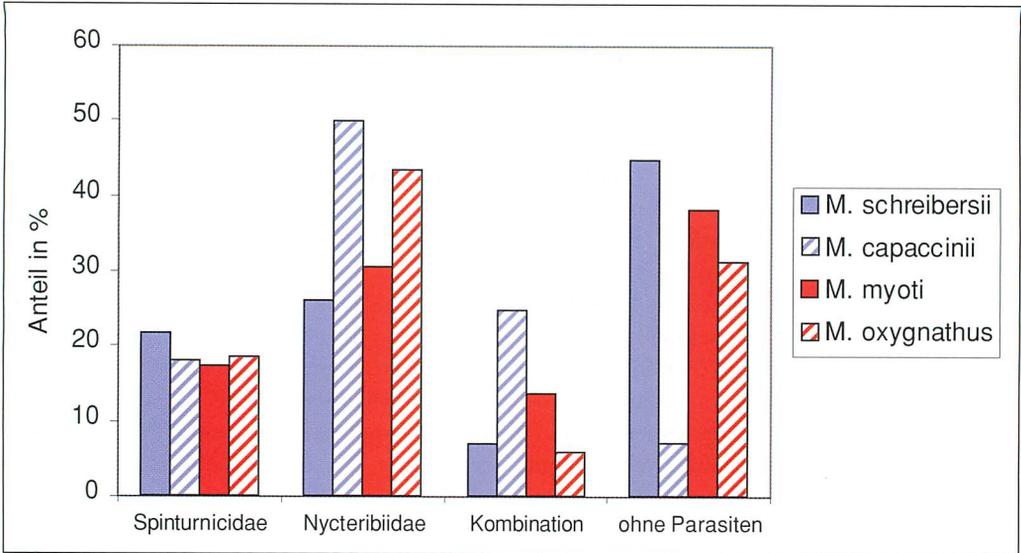


Abb. 8. Prozentualer Besatz der 4 häufigsten Wirtsarten mit den häufigsten Ektoparasiten. Die unter Spinturniciden und Nycteribiiden angegebenen Prozentwerte beziehen sich auf Individuen, bei denen ausschließlich die jeweilige Parasitengruppe vorkam.

typisch ist. Insgesamt betrachtet waren Kombinationen verschiedener Parasitenarten auf den Wirtsindividuen relativ selten. Aus der prozentualen Häufigkeit des Vorkommens der Spinturniciden und Nycteribiiden lässt sich die theoretische Wahrscheinlichkeit errechnen, mit der zufällig verteilte Kombinationen auftreten sollten: Kombinationen in % = (% Anteil Gruppe A x % Anteil Gruppe B/100). Die Relation der erwarteten Kombinations-

häufigkeit zur ermittelten Kombinationshäufigkeit für *Miniopterus schreibersii* (9,52 / 6,93 %), *Myotis capaccinii* (28,57 / 23,33 %), *M. myotis* (15,19 / 13,54 %), *M. oxygnathus* (13,18 / 6,25 %) zeigte, dass reale Kombinationen generell seltener auftraten, als dies erwartet werden könnte. Das reflektiert möglicherweise eine wechselseitige, negative Beeinflussung verschiedener Ektoparasitenarten untereinander.

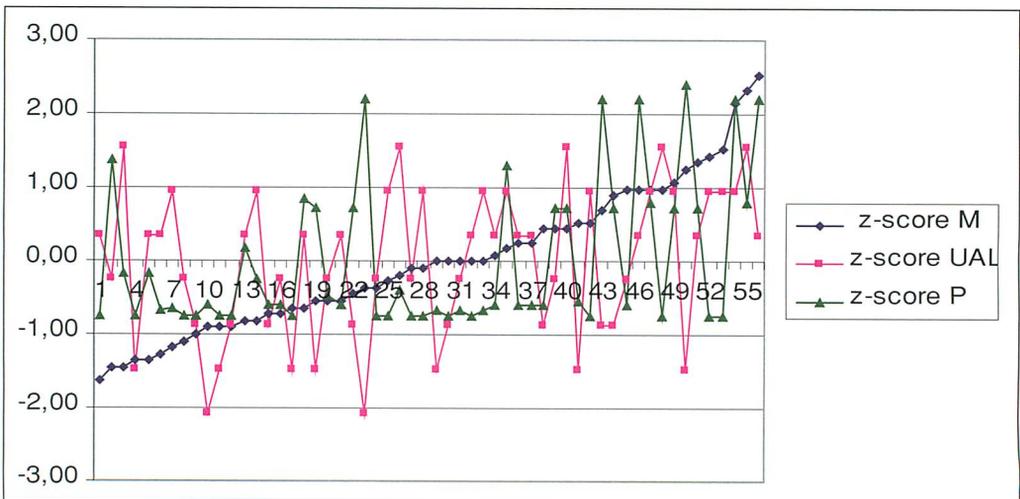


Abb. 9. Vergleich der Parameter Masse (M), Unterarmlänge (UAL) und Parasitierungswert (P) nach Transformation in dimensionslose Standard Score Werte, geordnet nach steigender Masse für Männchen von *Miniopterus schreibersii*.

Eine derzeit in der Literatur diskutierte Hypothese zur Erklärung unterschiedlicher Parasitierungsraten von Wirtsindividuen einer Art weist der Körperkonstitution eine wichtige Rolle zu (HAWLENA et al. 2005). Diese kann unterschiedlich ermittelt werden. In der Regel sind aber das Gewicht und ein Längenmaß entscheidende Bewertungsgrundlagen. Dem gut genährten Wirt („well fed hosts“) mit stärkeren Fettreserven wird eine höhere Fitness und ein besseres Immunsystem zugeschrieben, woraus sich im Vergleich mit kleineren und leichteren Individuen („poorly fed hosts“) eine geringere Parasitierungsrate ergeben soll. Um dies zu prüfen, haben wir die Messwerte von Gewicht und Unterarmlänge mit der Parasitierungsrate verglichen. Abb. 9 zeigt das Ergebnis am Beispiel von *Miniopterus schreibersii* Männchen. Deutlich erkennbar ist, dass es keinen linearen Zusammenhang zwischen Unterarmlänge und dem Gewicht gibt. Da das Längenmaß für die Größe steht, ist offensichtlich, dass es eine starke Variabilität in der Körpergestalt gibt, die kleine dünne, kleine dicke, lange dicke oder lange dünne Individuen und Zwischenformen umfasst. Sowohl das Gewicht als auch die Länge stehen in keinem erkennbaren Zusammenhang zur Parasitierungsrate. Das gleiche Resultat war bei beiden Geschlechtern von *Myotis myotis*, *M. capaccini*

und bei den Weibchen von *Miniopterus schreibersii* zu verzeichnen. Eine Prüfung der Korrelationskoeffizienten zwischen Gewicht, Unterarmlänge und der Parasitierungsrate bestätigte diese Ergebnisse für alle 4 Arten.

Der beim Menschen zur Beurteilung des Ernährungszustandes gebräuchliche Body-Mass-Index (BMI = Körpermasse in kg/Körperhöhe² in m²) wurde hier modifiziert, indem als Längenmaß die Unterarmlänge eingesetzt wurde. Die individuellen Werte der untersuchten Fledermäuse wurden hier Perzentilgruppen zugeordnet: geringer BMI (1.-24. Perzentile), mittlerer BMI (25.-75. Perzentile) und hoher BMI (76.-100. Perzentile). Wirte mit schlechterem Ernährungszustand sollten zur Gruppe mit geringem BMI gehören und solche mit gutem Ernährungszustand einen mittleren bis hohen BMI aufweisen. Da bei den vier häufigsten Arten weder in der Parasitierungsrate noch im Gewicht signifikante Unterschiede zwischen den Geschlechtern auftraten (t-Test), wurden diese im Folgenden zusammengefasst. Abb. 10 zeigt die durchschnittliche Parasitierungsrate verschiedener Wirtsarten in Relation zum BMI. Bei keiner der untersuchten Arten waren dünne (bzw. leichte) Fledermäuse stärker parasitiert als die

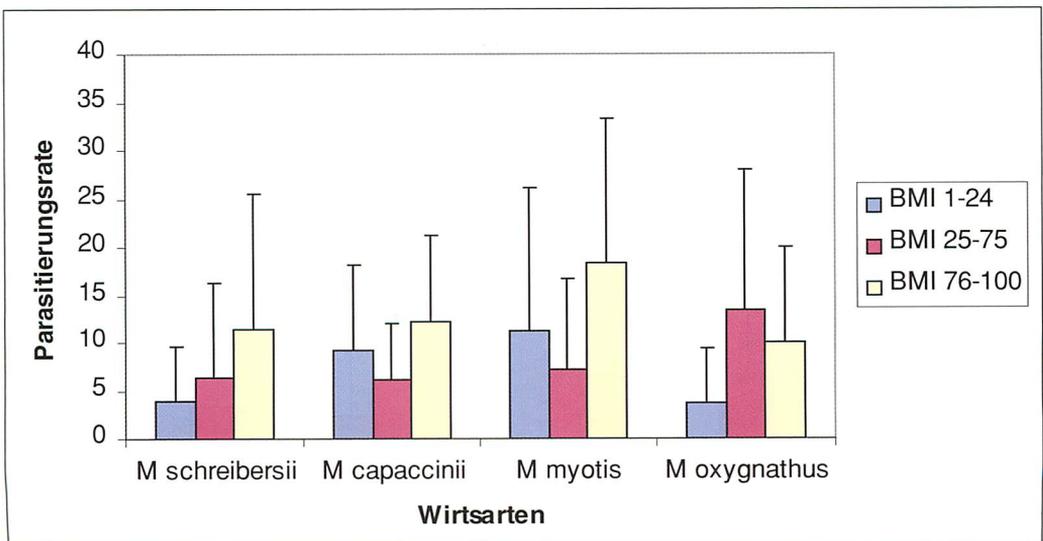


Abb. 10. Zusammenhang zwischen Body-Mass-Index (Perzentilgruppen) und Parasitierungsrate von Fledermausarten.

dickeren (schweren) Individuen. Eine Berechnung (SPSS) ergab zwischen BMI und Parasitierung bei keiner Art eine gute oder mittlere Korrelation (*M. schreibersii*: $r = 0,256$; *M. capaccinii*: $r = 0,197$; *M. myotis*: $r = 0,293$; *M. oxygnathus*: $r = 0,027$).

Eine weitere Betrachtungsmöglichkeit der Körperkondition fokussiert auf Unterschieden zwischen Messwerten und vorhergesagten Werten aus einem Regressionsmodell. Der Residualwert ist die unerklärte Abweichung eines Individuums von der Regressionslinie einer Population. Positive Residualwerte für die Fettmasse eines Individuums stehen dabei für eine bessere Kondition als negative (REYNOLDS & CORINE 2009). Für Kleinsäuger und Fledermäuse wurden solche Modelle angepasst, indem als „body condition index“

(BCI) Residuen einer log-log Regression von Unterarmlänge und Körpermasse verwendet wurden (SCHULTE-HOSTEDDE et al. 2005, RECKHARD & KERTH 2009).

Die Anwendung dieses Modells (Abb. 11a, 11b) erbrachte keinen signifikanten Zusammenhang zwischen „Body condition index“ und Parasitierungsrate. Für die Diagramme wurden die Werte von 205 Individuen verschiedener Arten summiert.

Bei der Untersuchung in Aleksandrovo erfolgten in einer Höhle in drei aufeinander folgenden Nächten Fänge. Anschließend wurden in der gleichen Höhle 4 Tage später erneut Ektoparasiten untersucht. Unsere ursprüngliche Annahme, dass das Entfernen von Ektoparasiten bei einem Teil der Höhlenbewohner

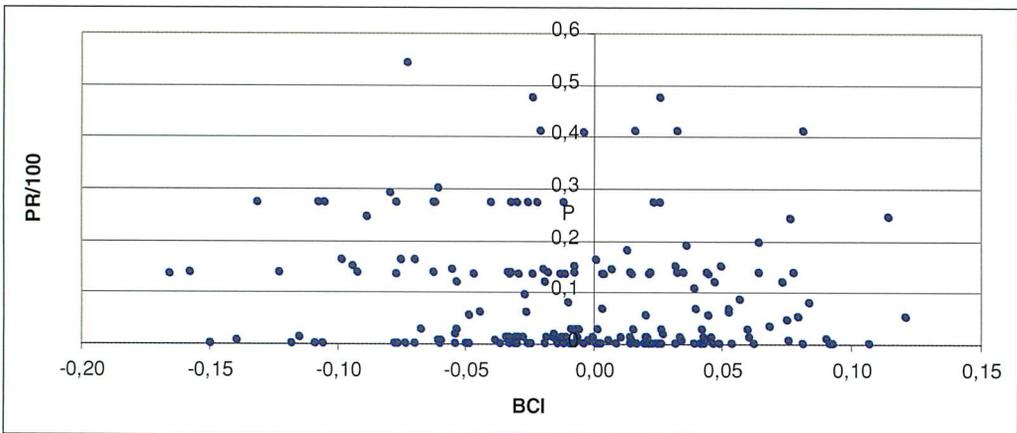


Abb. 11a. Residualindizes (als Body condition index) und Parasitierungsrate (PR).

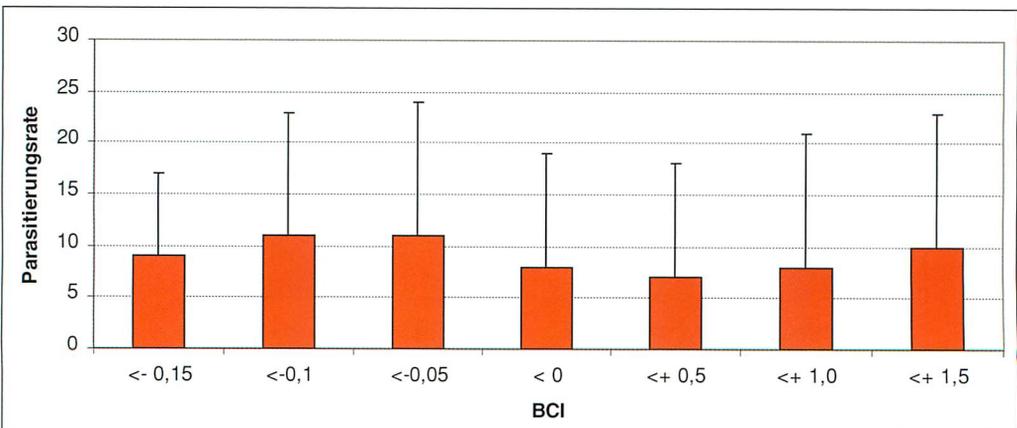


Abb. 11b. Gruppierte Body condition indices und Parasitierungsrate (PR).

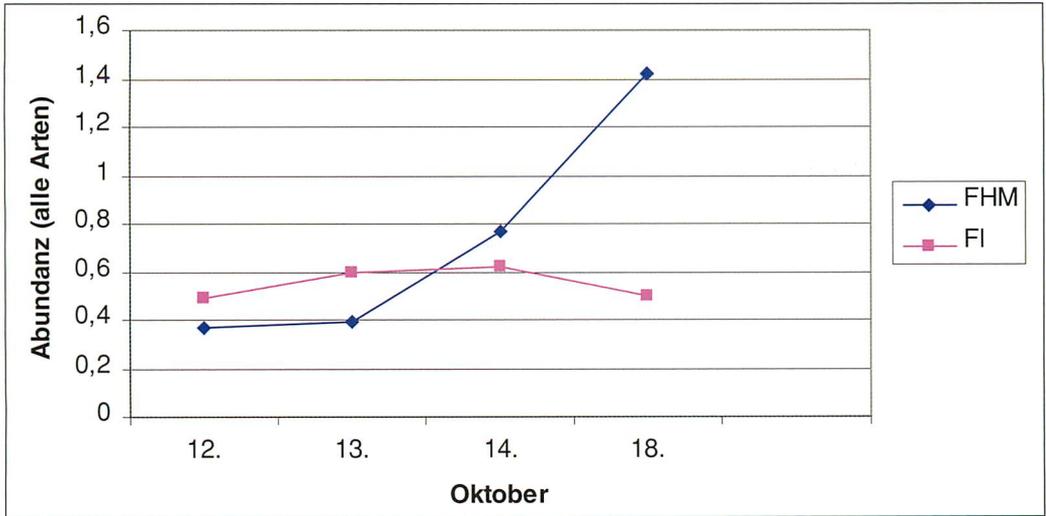


Abb. 12. Häufigkeiten von Flughautmilben (FHM) und Fledermausfliegen (FI) in der Höhle Aleksandrovo im Verlauf der Untersuchung.

keine wesentlichen Auswirkungen auf die gesamte Parasitenfauna haben sollte, bestätigt sich nur an den ersten beiden Tagen. Danach registrierten wir zwischen dem 13. und 18. Okt. eine deutliche Zunahme der Abundanz der Flughautmilben (Abb. 12).

Da wir im Okt. 2010 auch in Deutschland parasitologische Untersuchungen an Fledermäusen bei Fängen an Höhleneingängen durchgeführt hatten, bot sich ein Vergleich der Ergebnisse an. Die Fledermäuse aus Nordbulgarien gehörten überwiegend zu anderen Arten, weshalb es nicht überraschend war, auch

ein anderes Spektrum an Ektoparasiten vorzufinden. Mit dem Großen Mausohr konnte allerdings der gleiche Wirt im Abstand weniger Tage in beiden Ländern inspiziert werden. Identisch war hier nur die Präsenz der Flughautmilbe *Spinturnix myoti*, aber bei den Vorkommen großer Ektoparasitenarten gab es keinerlei Übereinstimmung. Vergleicht man die durchschnittliche Parasitierungsrate, ergeben sich im Ländervergleich starke Unterschiede. Dass diese nicht nur auf der Betrachtung unterschiedlicher Arten beruhen können, zeigt sich bei den Werten von *M. myotis*, die in Bulgarien einer drei Mal so starken Parasiten-

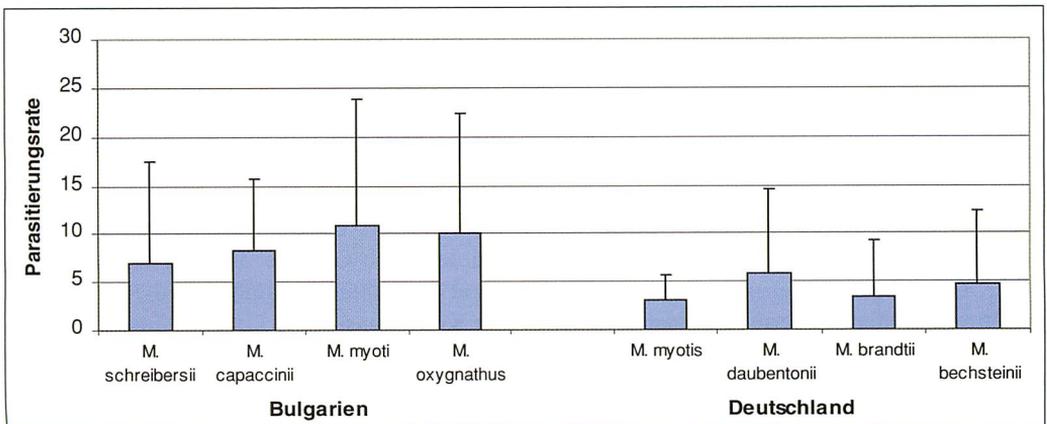


Abb. 13. Parasitierungsraten verschiedener Fledermausarten während der Schwärmphase im Okt. 2010. Die Vergleichswerte aus Deutschland stammen von Fängen an Höhlen am Iberg im Harz.

last ausgesetzt war wie im Vergleichszeitraum in Deutschland (Abb. 13).

4 Diskussion

4.1 Zum Vorkommen von Ektoparasiten

Die hier vorgestellte Studie liefert aktuelle Daten zu Ektoparasiten der Fledermäuse aus dem Norden Bulgariens. Von 32 bekannten Fledermausarten dieses Landes (BENDA et al. 2003) konnten insgesamt 9 untersucht werden, wobei allerdings nur 4 davon in einer größeren Anzahl (28-211 Ex.) zur Verfügung standen. Die Untersuchungen erfolgten in der herbstlichen Schwärmphase. Bei den Fängen gab es bei fast allen Wirten einen deutlichen Überschuss an Männchen (Tab. 1). Unter den Ektoparasiten dominierten Fledermausfliegen, von denen 6 verschiedene Arten gefangen wurden. Das Vorkommen dieser Arten lag auf Grund der bekannten geographischen Verbreitung bzw. auf Grund älterer Fundangaben aus Bulgarien im Rahmen der Erwartungen (THEODOR & ROTHSCILD 1967, SHTAKELBERG 1989). Bis auf *Phthiridium biarticulatum* Hermann, 1804 (einer Fledermausfliege der Hufeisennasen) scheint damit diese Parasitengruppe vollständig erfasst worden zu sein. Die zweithäufigste Ektoparasitengruppe der Untersuchung bildeten die Flughautmilben. Insgesamt konnten 4 Arten ermittelt werden, wobei nur *Spinturnix myoti* am Großen Mausohr und *Spinturnix psi* an der Langflügel-Fledermaus in größerer Anzahl registriert wurden. Zu Arten- und Individuenzahlen von Spinturniciden liegen uns keine ausreichenden Vergleichsdaten vor, so dass die quantitative Verteilung schwer zu beurteilen ist. Andere Ektoparasitengruppen wie *Macronyssidae* bzw. Vertreter der Zecken wurden nur sporadisch registriert, und auf keiner der 392 inspizierten Fledermäuse gab es Flöhe. Das gesamte Artenspektrum der in Bulgarien ermittelten Fledermausparasiten unterscheidet sich deutlich von dem in Deutschland (SCHEFFLER 2009). Aus den Daten konnten für einige Fledermausarten Parasitenspektren erstellt werden, die auch die unterschiedliche Wirtsbindung verschiedener Parasiten-

arten wiedergeben (Tab. 6). Die bekannte Regel, dass bei verwandten Arten gleiche Parasitenarten auftreten, zeigte sich hier sehr deutlich beim Parasitenspektrum am Großen und Kleinen Mausohr.

4.2 Körperkondition und Parasitierung

Ein Ansatz für die Erklärung individueller Unterschiede basiert auf der Annahme, dass die individuelle Körperkondition einen Einfluss auf die Parasitierung haben könnte (RECKHARDT & KERTH 2009). Eine gute Kondition wird dabei im Zusammenhang mit hohen Energiereserven und einem leistungsfähigen Immunsystem (guter Gesundheitszustand) gesehen. Allerdings ergibt sich ein grundsätzliches Problem, denn die Körperkondition ist eine dynamische Größe, die auf Grund intrinsischer Faktoren (z. B. Alter, Geschlecht, Reproduktionsstatus) und unter extrinsischen Einflüssen (z. B. Klima, Ressourcenverfügbarkeit) schwankt (REYNOLDS & CORINE 2009). Bei Fledermäusen gibt es darüber hinaus auch tägliche Massenschwankungen, die bis 30 % erreichen können (ANTHONY & KUNZ 1977). Im Sinne der positiven Kondition wird als Energiereserve die Fettmasse des Organismus gesehen. Die Masse eines Organismus hängt aber auch vom Wassergehalt und der Trockenmasse (ohne Fett) ab. Unabhängig von all diesen Problemen wollen wir testen, ob die Messungen von Gewicht und Unterarmlänge Parameter liefern können, die eine Beziehung zwischen Körperkonstitution und Parasitierungsrate aufzeigen. Unter diesem Aspekt wurden 205 Fledermäuse beim Ausflug aus den Höhlen gemessen und auf Parasiten untersucht. Die häufigsten Arten (*Miniopterus schreibersii*, *Myotis myotis*, *M. oxygnathus* und *M. capaccinii*) wurden nach Geschlechtern getrennt und separat betrachtet. Nimmt man die Messwerte für Körpermasse und Unterarmlänge als Ausgangspunkt, ergab sich in keinem Fall eine Korrelation zwischen einem dieser Faktoren und der Parasitierungsrate. Als Beispiel zeigt Abb. 9 dies für die Männchen von *M. schreibersii*. Überraschend war die Feststellung,

dass es in den meisten Fällen bei beiden Geschlechtern keine Korrelation zwischen Körpermasse und Größe (hier Unterarmlänge) gab. Nur bei den Männchen von *M. capaccinii* konnte die allgemein angenommene starke Korrelation (BARCLAY & HARDER 2003) bestätigt werden.

Die Einbeziehung des Body-Mass-Index ermöglichte eine andere Betrachtungsebene. Drei der 4 analysierten Arten zeigten im Trend eine höhere Parasitierungsrate bei Wirten mit einem BMI oberhalb der 75. Perzentile. Dies würde dafür sprechen, dass „gut genährte Wirte“ stärker parasitiert werden als solche mit weniger Körpermasse in Relation zur Körperlänge. Allerdings gab es bei keiner der untersuchten Arten eine deutliche Korrelation zwischen BMI und Parasitierungsrate, und in jeder BMI-Gruppe (Abb. 10) wurde eine hohe Variabilität der Parasitierung registriert. Aus diesem Grund sprechen die Ergebnisse nicht für einen Zusammenhang zwischen BMI und der Parasitierung. Der aus der Kombination von Massen und Größenangaben berechnete Konditionsindex zeigte bei den untersuchten Arten ebenfalls keine signifikante Beziehung zur Parasitierungsrate.

4.3 Veränderung der Struktur

Im Verlaufe der Untersuchung in der Höhle in Aleksandrovo beobachteten wir eine deutliche Zunahme der Flughautmilben. Dies war insofern bemerkenswert, als die übliche Populationsentwicklung der Spinturniciden in Mitteleuropa in dieser Jahreszeit eher in Richtung einer Abnahme der Individuenzahl tendiert und maximale Individuenzahlen üblicherweise zum Zeitpunkt der Wochenstuben vorkommen (DEUNFF & BEAUCOURNU 1981, ESTRADA-PEÑA 1991, CHRISTE et al. 2000, 2003, LUČAN 2006). Etwa die Hälfte der von uns präparierten Spinturniciden-Weibchen war trächtig. Leider liegen noch keine ausreichenden Informationen über die Dauer der Entwicklung mitteleuropäischer Spinturniciden vor, so dass offen bleibt, ob die überraschende Vermehrung dieser Ektoparasiten in Zusammenhang mit unseren Untersuchungen

stehen könnte. Denkbar wäre ein Szenario, bei dem durch die Reduzierung der Anzahl großer Fledermausfliegen bessere Bedingungen für die kleineren Ektoparasitenarten entstehen könnten. Die hier registrierte schnelle Vermehrung ist allerdings ungewöhnlich und sollte Gegenstand weiterer Untersuchungen und gezielter Experimente sein.

Danksagung

Bei der Untersuchung wurde ich großzügig unterstützt. Deshalb gilt mein Dank allen Mitwirkenden. Besondere Anerkennung gebührt Herrn MILAN PODANY, der die Organisation der Exkursion übernahm und keine Risiken beim Parasitenfang scheute. Ohne die tatkräftige und ausdauernde Unterstützung beim Fang der Fledermäuse und Parasiten durch Frau MONIQUE LEIBIG, Herrn PAUL SCHNITZLER und Herrn MARKO KÖNIG wären die umfangreichen Ergebnisse nicht zustande gekommen. Schließlich bedanke ich mich bei unserem bulgarischen Gastgeber Herrn VENCI und seiner Familie aus Muslievo.

Schrifttum

- ANTHONY, E. L., & KUNZ, T. H. (1977): Feeding strategies of little brown bat, *Myotis lucifugus*, in southern New Hampshire. *Ecology* **58**, 775-786.
- BARCLAY, R., & HARDER, L. (2003): Life history of bats: Life in the slow lane. In: KUNZ, T. H., & FENTON, M. B. (eds.): *Bat ecology*, 209-256. Univ. Chicago Press. Chicago.
- BENDA, P., IVANOVA, T., HORÁČEK, I., HANÁK, V., ČERVENÝ, J., GAISLER, J., GUEORGUEVA, A., PETROV, B., & VOHRALIK, V. (2003): Bats (*Mammalia: Chiroptera*) of the Eastern Mediterranean. Part 3. Review of distribution in Bulgaria. *Acta Soc. Zool. Bohem.* **67**, 245-357.
- CHRISTE, P., ARLETTAZ, R., & VOGEL, P. (2000): Variation in intensity of a parasitic mite (*Spinturnix myoti*) in relation to the reproductive cycle and immunocompetence of its bat host (*Myotis myotis*). *Ecol. Lett.* **3**, 207-212.
- , GIORGI, M. S., VOGEL, P., & ARLETTAZ, R. (2003): Differential species-specific ectoparasitic mite intensities in two intimately coexisting sibling bat species: resource-mediated host attractiveness or parasite specialization? *J. Anim. Ecol.* **72**, 866-872.
- DEUNFF, J., & BEAUCOURNU, J.-C. (1981): Phénologie et variations du dermecos chez quelques espèces de *Spinturnicidae* (*Acarina: Mesostigmata*). *Ann. Parasitol. Hum. Comp.* **56**, 203-224.
- DUSBÁBECK, F. (1963): Parasitische Fledermausmilben des Tschechoslowakei. IV. Fam. *Trombiculidae*, *Sarcoptidae*, *Ixodidae*, *Argasidae* und *Dermanyssidae* (*Acarina, Trombidiformes*). *Cas. Csl. Spol. ent.* **60**, 332-340.

- (1964): Parasitische Fledermausmilben der Tschechoslowakei. II. Familie *Dermanyssidae* Kol. 1859 (*Acarina: Gamasides*). *Ceskoslov. Parasitol.* **11**, 77-125.
- (1972): The zone of bat acarina in central Europe. *Folia Parasitol.* **19**, 139-154.
- ESTRADA-PÉÑA, A., & SERRA-COBO, J. (1991): The acarina and nycteribiida zones of *Miniopterus schreibersii* Kuhl (*Mammalia: Chiroptera*) in the northeast of Spain. *Folia Parasitol.* **38**, 345-354.
- HAWLENA, H., ABRAMSKY, Z., & KRASNOV, B. R. (2005): Age-biased parasitism and density-dependent distribution of fleas (*Siphonaptera*) on desert rodent. *Oecologia* **146**, 200-208.
- HILLYARD, P. (1996): The ticks of North-West Europe. In: BARNES, R., & CROTHERS, J. (eds.): *Synopsis of the British fauna (New series)*. Field Studies Council Shrewsbury (178 pp.).
- HÜRKA, K. (1963a): Bat fleas (*Aphaniptera, Ischnopsyllidae*) of Czechoslovakia. Contribution to the Distribution, Morphology, Bionomy, Ecology and Systematics. Part I. Subgenus *Ischnopsyllus* Westw. *Acta Faun. Entom. Mus. Nat. Prague* **9**, 57-120.
- (1963b): Bat fleas (*Aphaniptera, Ischnopsyllidae*) of Czechoslovakia. II. Subgenus *Hexactenopsylla* Oud., subgenus *Nycteridopsylla* Oud., subgenus *Dinycteropsylla* Ioff. *Acta Univ. Carolinae, Biologica*, **1**, 1-73.
- (1970): Systematic, faunal and bionomical notes on the European and Asiatic flea species of the family *Ischnopsyllidae* (*Aphaniptera*). *Ibid.* **8**, 11-26.
- JAUNBAUERE, G., SALMANE, I., & SPUNGIS, V. (2008): Occurrence of bat ectoparasites in Latvia. *Latv. entomol.* **45**, 38-42.
- KOCK, D. (1973): Über Nycteribiiden im deutschen Faunengebiet (*Ins.: Diptera*). *Senckenbergiana biol.* **54**(4/6), 343-352.
- (1999): Die Fledermauslausfliegen Bayerns (*Diptera: Nycteribiidae*). *Entomol. Z.* **109**(11), 444-447.
- , & QUETGLAS, J. (2003): The bat flies of the Balearic Islands (*Insecta: Diptera: Nycteribiidae*). *Bull. Soc. Hist. Nat. Balears* **46**, 79-83.
- LOURENÇO, S., & PALMEIRIM, J. (2008): Which factors regulate the reproduction of ectoparasites of temperate-zone cave-dwelling bats? *Parasitol. Res.* **104**, 127-134.
- LUČAN, R. K. (2006): Relationships between the parasitic mite *Spinturnix andegavinus* (*Acari: Spinturnicidae*) and its bat host, *Myotis daubentonii* (*Chiroptera: Vespertilionidae*): seasonal, sex- and age-related variation in infestation and possible impact of the parasite on the host condition and roosting behaviour. *Folia Parasitol.* **53**, 147-152.
- MÜLLER, J. (1999): *Nycteribiidae*. In: SCHUMANN, H., BÄHRMANN, R., & STARK, A. (Hrsg.): *Checkliste der Dipteren Deutschlands*. *Studia Dipterologica*, Suppl. **2**, 167.
- RADOVSKY, F. J. (1967): The *Macronyssidae* and *Laelapidae* (*Acarina: Mesostigmata*) parasitic on bats. *Univ. California Pub. Entomol.* **46**, 1-288.
- RECKARDT, K., & KERTH, G. (2009): Does the mode of transmission between hosts affect the host choice strategies of parasites? Implications from a field study on bat fly and wing mite infestation of Bechstein's bats. *Oikos* **118**, 183-190.
- REYNOLDS, D. S., & CORINE, C. (2009): Body composition analysis of bats. In: KUNZ, T. H., & PARSONS, S. (eds.) *Ecological & behavioural methods for the study of bats*, 674-687. J. Hopkins Univ. Press. Baltimore.
- RUDNICK, A. (1960): A revision of the mites of the family *Spinturnicidae* (*Acarina*). *Univ. Calif. Publ. ent.* **17**, 157-253.
- SCHEFFLER, I. (2009): Ektoparasiten der Fledermäuse in Deutschland – neue Erkenntnisse zur Verbreitung, Ökologie und Bedeutung. *Beitr. Jagd- u. Wildforsch.* **34**, 193-207.
- SCHULTE-HOSTEDDE, A., ZINNER, B., MILLAR, J. S., & HICKLING, G. J. (2005): Restitution of mass-size residuals: validating body condition indices. *Ecology* **86**, 155-163.
- SHTAKELBERG, A. (1989): Family *Nycteribiidae*. In: BEIBIENKO, - (ed.): *Keys to the insects of the European part of the USSR*. Vol. V: *Diptera* and *Siphonaptera*. Part II, 989-994. Brill: Leiden, New York, Kobenhaven, Köln.
- STANYUKOVICH, M. (1997): Keys to the gamasid mites (*Acari, Parasitiformes, Mesostigmata, Macronyssosidea* et *Laelaptoidea*) parasitizing bats (*Mammalia, Chiroptera*) from Russia and adjacent countries. *Rudolst. Naturhist. Schr.* **7**, 13-46.
- THEODOR, O., & ROTHSCHILD, M. (1967): An illustrated catalogue of the Rothschild collection of the *Nycteribiidae* (*Diptera*) in the British Museum (natural history). Trustees of the British Museum. London.
- WALTER, G., & KOCK, D. (1985): Records of *Ixodes vespertilionis*, *I. simplex* and *Argas vespertilionis* (*Ixodoidea: Ixodidae, Argasidae*) from German bats (*Chiroptera*). *Z. Parasitenkd.* **71**, 107-111.
- , & - (1994): Verbreitung und Wirtsarten der Fledermausflöhe Deutschlands (*Insecta: Siphonaptera: Ischnopsyllidae*). *Senckenbergiana biol.* **74**(1/2), 103-125.
- ZAHN, A., & RUPP, D. (2004): Ectoparasite load in European vespertilionid bats. *J. Zool., Lond.*, **262**, 383-391.