

Zur Fähigkeit von Ektoparasiten der Fledermäuse ihre Wirte aktiv aufzusuchen

Von INGO SCHEFFLER, Potsdam

Mit 2 Abbildungen

Einleitung

Das Zusammenleben von Fledermäusen und ihren Ektoparasiten ist durch eine Reihe von Besonderheiten geprägt, die sich von den üblichen Wirt-Parasit-Beziehungen vergleichbarer Arten unterscheiden. Fledermäuse benutzen im Laufe des Jahres Quartiere verschiedener Qualität, wechseln regelmäßig die Schlafplätze und halten sich in Ruhe vorrangig an der Decke hängend auf. Die spezifischen Ektoparasiten der Fledermäuse sind flügellose Arten, die besondere Strategien oder Fähigkeiten entwickelt haben, um mit diesen Bedingungen fertig zu werden. Eine optimale Möglichkeit bietet die stationäre Lebensweise, die die meisten Parasitengruppen ausgebildet haben. Sie ist allerdings mit der Notwendigkeit verbunden, die hohe Körpertemperatur der Wirte zu tolerieren, was für viele Insekten kritisch sein dürfte. Eine permanent-stationäre Lebensweise, bei der alle Entwicklungsstadien ständig auf dem Wirt präsent sind, findet sich bei den Flughautmilben. Diese umgehen das Temperaturproblem dadurch, dass sie in die Peripherie des Körpers der Fledermäuse ausweichen. Die Fledermausflöhe und Fledermauslausfliegen sind nur periodisch als adulte Tiere auf ihren Wirten präsent und die Eier bzw. Larven entwickeln sich getrennt vom Wirt. Dadurch ergibt sich die Notwendigkeit für den Nachwuchs den Wirt aktiv aufzusuchen. Noch wichtiger ist dies für temporäre Parasiten wie die Wanzen, die den Körperkontakt mit ihren Wirten nur bei der Aufnahme von Blut haben. Die Kenntnisse über die Mobilität von Ektoparasiten der Fledermäuse sind sehr heterogen. Während es zahlreiche Untersuchungen zu den Wanzen gibt, ist über die

aktive Wirtssuche durch Lausfliegen und Fledermausflöhe kaum etwas bekannt.

Material und Methode

Die Entnahme der Ektoparasiten erfolgte aus Gründen der Auflagen des Artenschutzes „als Beifang“ bei routinemäßigen Kontrollen und Beringungen von Fledermäusen in Winterquartieren (Tab. 1). Ein Teil solcher das Fell oder die Flughaut besiedelnder Arthropoden kann beim Hantieren mit den Wirten spontan überlaufen, in der Regel musste aber bei der Suche das Fell der Wirte durchgepusetet werden. Da sich die Parasiten gut festhalten können, war ein Ergreifen mit einer Pinzette nicht zu vermeiden. Die gefangenen Individuen wurden in Glasröhrchen mit Filterpapier gebracht und einige Stunden nach der Entnahme im Kühlschrank bei 5-7° C untergebracht. Die Untersuchung erfolgte am nächsten Tag, nachdem die Gläser 60 min vor dem Test auf Zimmertemperatur (20° C) erwärmt wurden. Bei der Entnahme beschädigte oder nicht mehr mobile Individuen wurden von der weiteren Untersuchung ausgeschlossen. Die Laufexperimente wurden überwiegend 1-2 Tage nach der Trennung der Parasiten vom Wirt durchgeführt. Die Lebensspanne der meisten Arten ließ sich im Kühlschrank um einige Tage verlängern, wenn die Haltung bei hoher Luftfeuchte erfolgt. Im Gegensatz zu den gezielt gesuchten Ektoparasiten erhielten wir die untersuchten Wanzen eher zufällig als „lebendige Sendung“ per Post.

Die Untersuchungsprozedur erfolgte in der Regel in zwei Schritten. Zunächst wurde das individuelle Laufverhalten der jeweiligen Pa-

rasitenarten auf unterschiedlichen Materialien in einer Petrischale mit einem Durchmesser von 18 cm beobachtet. Als Untergrund wurden der Glasboden der Petrischale, Filterpapier, glatte Pappe und Holz verwendet, anschließend wurde mit der Hand des Untersuchers die menschliche Haut angeboten. Von den Lausfliegen und Flöhen wurden auf verschiedenen Untergrundmaterialien Videoaufnahmen gefertigt, die digitalisiert für Zeitlupenstudien der Bewegungsmuster verwendet wurden.

In einem zweiten Untersuchungsschritt wurden die Tiere in einer großen Petrischale an einen senkrecht aufgestellten rauhen Ziegelstein (7 x 12 x 28 cm) gesetzt, der eine Wand in einem Quartier simulieren sollte.

Registriert wurde die Fähigkeit zum senkrechten Aufstieg und die Geschwindigkeit mit der die vertikale Bewegung erfolgte. Schließlich wurde der Ziegelstein in verschiedene Winkelstellungen gebracht, um zu testen, unter welchen Bedingungen die Parasiten noch klettern können.



Abb. 1. *Nycteribia kolenatii* Theodor & Moscona, 1954 (Männchen). Aufn.: Dr. INGO SCHEFFLER

Tabelle 1. Quellen der untersuchten Parasiten

Gruppe	Art	Wirt	Fundort
Fledermausflöhe <i>Ischnopsyllidae</i>	<i>Ischnopsyllus elongatus</i>	<i>Nyctalus noctula</i>	D, Brandenburg (TK 3645) Waldfriedhof Stahnsdorf 11.III.2007 und 24.XI.2007
	<i>Ischnopsyllus hexactenus</i>	<i>Myotis daubentonii</i>	D, Brandenburg (TK 3544) Potsdam, Sanssouci 17.II.07
	<i>Ischnopsyllus simplex/ mysticus</i>	<i>Myotis nattereri</i>	D, Brandenburg (TK 3544) Potsdam, Sanssouci 17.II.07
	<i>Nycteridopsylla eusarca</i>	<i>Nyctalus noctula</i>	D, Brandenburg (TK 3645) Waldfriedhof Stahnsdorf 11. III.2007 und 24.XI.2007
	<i>Nycteridopsylla longiceps</i>	<i>Plecotes auritus</i>	D, Brandenburg (TK 3042) Umgebung Neuruppin 20.II.2007
Fledermauslausfliegen <i>Nycteribiidae</i>	<i>Nycteribia kolenatii</i>	<i>Myotis daubentonii</i>	D, Brandenburg (TK 3042) Umgebung Neuruppin 20.II.2007 D, Brandenburg (TK 3544) Potsdam, Sanssouci 17.II.07
Fledermauswanzen <i>Cimicidae</i>	<i>Cimex lectularius</i>	<i>Myotis bechsteini</i>	D, Bayern, (TK 6024) Karlstadt/Main 8.IX.2007 leg. M.HAMMER
Flughautmilben <i>Spinturnicidae</i>	<i>Spinturnix acuminatus</i>	<i>Nyctalus noctula</i>	D, Brandenburg (TK 3645) Waldfriedhof Stahnsdorf 11. III.2007 und 24.XI.2007

Ergebnisse

Laufexperimente mit Fledermauslausfliegen

Nach der Beobachtung der aktiven Lausfliegen (*Nycteribia kolenatii*, Abb. 1) auf den Wirten wurde eine gute Lauf- und Kletterfähigkeit vermutet. Die Individuen erwiesen sich als relativ robust gegen Beschädigungen beim Absammeln von ihren Wirten. Die vor den Experimenten aus dem Kühlschrank entnommenen Individuen waren schon nach wenigen Minuten aktiv und bewegten sich sehr lebhaft auf dem Fließpapier. Zwei Tiere zeigten diese Mobilität allerdings erst, nachdem sie ihren Verdauungstrakt von einer langen stabförmigen Kotstange befreit hatten, wofür etwa 5 Minuten erforderlich waren. Da *Nycteribia kolenatii* eine augenlose Art ist, wurden die Experimente nicht durch die Beleuchtung beeinflusst.

Die zu beobachtenden Bewegungen zeigten eine sehr starke Abhängigkeit vom jeweils angebotenen Untergrund. Glatte Materialien (Glas, Pappe und teilweise Holz) bereiteten den Individuen der hier untersuchten Art größere Schwierigkeiten. Die Tiere rutschten beim Laufen oftmals ab und fielen am Rand der Petrischale oft auf den Rücken. Wesentlich sicherer und schneller bewegten sich die Lausfliegen auf dem rauen Filterpapier.

Da Thorax und Abdomen nur ganz flach über dem Substrat liegen, ähneln Lausfliegen beim Laufen großen Spinnen. Dieser Eindruck wird dadurch verstärkt, dass die mittleren Beine etwa im Winkel von 90° zur Körperlängsachse positioniert werden. Die 6 Beine werden, wie Zeitlupenaufnahmen zeigen, aber insektypisch bewegt. Drei der Beine (Erstes und drittes der einen Seite und das mittlere Bein der anderen Seite) sichern auch beim

Tabelle 2. Laufleistung von *Nycteribia kolenatii* an einem senkrechten, rauhen Ziegelstein. Je Individuum wurden 4 Messungen durchgeführt.

Individuum	Geschwindigkeit in cm/min Durchschnitt (Standardabweichung)	erreichte Maximalhöhe in cm Durchschnitt (Standardabweichung)
1	9,3 (1,3)	15,0 (1,4)
2	8,8 (2,9)	11,5 (2,1)
3	8,0 (1,2)	12,6 (5,6)
4	9,8 (2,2)	6,3 (1,4)
5	7,5 (1,3)	7,0 (1,4)
6	10,0 (2,2)	7,2 (1,4)
7	8,5 (0,7)	7,2 (1,4)
8	8,8 (1,3)	8,5 (0,7)
9	10,8 (2,2)	12,5 (0,7)
10	11,3 (1,5)	9,1 (0,5)
11	10,0 (2,6)	14,5 (0,7)

schnellen Laufen den Kontakt zum Boden und halten so das Gleichgewicht. Nur beim Überwinden von kleinen senkrechten Hindernissen werden die Vorderbeine zum „Entern“ verwendet und die hinteren Beinpaare zum „Nachschieben“. Auf Filterpapier erreichten die getesteten Individuen im geradlinigen Lauf Geschwindigkeiten zwischen 8 und 20 cm pro Minute. Die Messung der Laufgeschwindigkeit war allerdings nicht einfach, da die Tiere oft spontan und chaotisch die Richtung änderten oder plötzliche Pausen einlegten. Beim Anbieten der Hand wechselten die Lausfliegen sofort auf die Haut über und liefen hier sogar schneller (über 25 cm pro Minute) als auf den anderen getesteten Materialien. Die Empfindung der Berührung war unangenehm, die Lausfliegen saugten aber in keinem Test Blut am menschlichen Arm.

Die Ergebnisse der Kletterexperimente an einem rauhen Ziegelstein sind in Tab. 2 dargestellt. Nach der Plazierung der Lausfliegen mit Hilfe einer Federstahlpinzette an die Basis des Steines folgte fast immer der Versuch eines geradlinigen Aufstieges. Allerdings waren diese Kletteraktivitäten sehr unsicher, deutlich

langsamer als die Bewegung in der Horizontalen und keine der Lausfliegen konnte den ganzen Stein erklimmen. Oft erfolgte der Absturz schon nach wenigen Zentimetern. Gelegentlich gab es auch Versuche auf dem Stein quer oder abwärts zu laufen. Auch bei diesen Bemühungen wirkten die Lausfliegen sehr unsicher. Winkelstellungen über 90° konnten die Lausfliegen nicht bewältigen.

Laufexperimente mit Fledermausflöhen

Für die Untersuchung des Laufverhaltens der Flöhe wurden Individuen aus den Fängen von Winterquartieren im Park Sanssouci, aus der Umgebung von Neuruppin und vom Waldfriedhof Stahnsdorf eingesetzt. Wie bei den Lausfliegen kamen nur unbeschädigte Individuen zur Untersuchung. Zwei Exemplare, die noch nach 48 bzw. 72 Stunden eine gute Kondition zeigten, wurden auch an den folgenden Tagen untersucht. Die Fledermausflöhe besitzen wie die untersuchte Lausfliegenart keine Augen, so dass die Beleuchtung keinen Einfluss auf das Verhalten haben sollte

Die Bewegung der Fledermausflöhe unterscheidet sich erheblich von der der Lausfliegen. Dazu tragen nicht nur der höhere Schwerpunkt und die schlanke Körperform der Tiere bei. Unsere Zeitlupenstudien zeigten, dass es eine Reihe von Eigenheiten bei der Mobilität gibt.

Unmittelbar vor Bewegungsbeginn wurden stets die bei Ruhe in den Fühlergruben liegenden Antennen in 90° Winkel zum Kopf abgespreizt. Während der Bewegung wurden die kurzen Antennen in einer Schwingung mit hoher Frequenz versetzt. Sobald die Laufbewegung zum Stillstand kam, wurden die Antennen sofort in die Fühlergruben zurück gezogen. Die Bewegung der Antennen erfolgte so stereotyp, dass sie zur sicheren Vorhersage des Verhaltens genutzt werden kann.

Die zweite Besonderheit besteht in einem heftigen Pendeln des Vorderkörpers lateral zur Körperachse. Beim Laufen sind der Kopf und der Prothorax an die Bewegung der Vorderex-

Tabelle 3. Laufleistung von Flöhen an einem senkrechten, rauhen Ziegelstein. Die Geschwindigkeit wurde aus der Wegstrecke und der Gesamtzeit des kontinuierlichen Aufstiegs ermittelt. M = Männchen, W = Weibchen.

Individuum	durchschnittliche Geschwindigkeit in cm/Minute	erreichte Maximalhöhe in cm
1 <i>Nycteridopsylla longiceps</i> W	31,5	112
2 <i>Ischnopsylla hexactenus</i> M	17,8	336
3 <i>Ischnopsyllus simplex/mysticus</i> W	22,4	1126
4 <i>Ischnopsyllus simplex/mysticus</i> W	25,4	560
4 <i>Nycteridopsylla eusarca</i> W (s. Abb. 2)	36,0	2168
5 <i>Ischnopsyllus elongatus</i> W	20,2	747
6 <i>Ischnopsyllus elongatus</i> W	29,5 (+ nach 72h: 28,0)	196 (+ nach 72 h: 404)
7 <i>Ischnopsyllus elongatus</i> M	19,7	122
8 <i>Ischnopsyllus elongatus</i> W	30,4 (+ nach 48 h: 25,2)	298 (+ nach 48 h: 196)
9 <i>Nycteridopsylla eusarca</i> W	24,3	532
10 <i>Nycteridopsylla eusarca</i> M	24,5	251

tremitäten gekoppelt. Diese sind in Ruhe etwa 90° von der Körperlängsachse abgespreizt. Die Vorwärtsbewegung der rechten Extremität schiebt mit gleicher Geschwindigkeit, wie der Schenkel bewegt wird, den Kopf und den Prothorax nach links. Der Vorwärtsbewegung des linken vorderen Beines folgen Kopf und Prothorax mit einer genau so weiten Auslenkung nach rechts von der Mittellinie. Jeder Schritt führt somit zu einer Auslenkung des Vorderkörpers, deren Winkel zwischen 5 und 10° lag. Beim schnellen Laufen pendelt der Kopf dadurch heftig hin und her, auch wenn sich der Körper geradlinig vorwärts bewegt. Die hier beschriebenen Bewegungsmuster waren bei allen 5 untersuchten Fledermausfloarten ausgeprägt. Einzelne Tiere zeigten in Ruhe ein auffälliges unkoordiniertes Zucken der Tarsenglieder.

Ähnlich wie die Lausfliegen, konnten die Flöhe bei unseren Tests auf glatten Glasflächen nicht gut laufen. Auf Filterpapier und glattem Pappkarton erwiesen sie sich aber als mobile und ausdauernde Läufer. Bei der Voruntersuchung waren einige Individuen hier über mehrere Stunden in Bewegung. Allerdings wechselten die Flöhe am Boden spontan und häufig die Richtung. Bei unseren Tests nahmen die Fledermausflöhe die menschliche Haut im Gegensatz zu den Lausfliegen nicht an. Wurde ihnen die Hand in den Laufweg ge-

legt, wichen sie diesem Hindernis einfach aus. Auf die Haut gesetzte Tiere bewegen sich langsam und wirkten eher unbeholfen. Keines der Tiere zeigte eine Neigung hier Blut zu saugen.

Bei der Untersuchung der Laufleistung der Flöhe am Ziegelstein erreichten diese eine deutlich höhere Geschwindigkeit als die Lausfliegen (Tab. 3). Die an die Basis des Ziegelstein gesetzten Individuen kletterten zunächst nur senkrecht empor, wobei auch überhängende Wegstrecken problemlos überwunden wurden. Kein Floh hatte Mühe, den Ziegelstein zu erklimmen, senkrecht wieder herunter zu laufen oder sich seitlich horizontal um den Stein zu bewegen.

Bei der Untersuchung, welche Winkelneigungen ein Floh meistern kann, wurde der Ziegelstein mit dem darauf laufenden Floh gedreht. Zu unserer Überraschung ergaben sich keine Probleme für den laufenden Floh, wenn der Stein aus der senkrechten Position in einen immer stärker überhängenden Winkel gedreht wurde. Bei 180° hing der Floh mit den Beinen nach oben und dem Körper nach unten praktisch „an der Decke“, ohne dass es zu einem Absturz kam. Alle so getesteten Individuen setzten ihre Bewegung unbeeindruckt fort. Die Experimente zeigen, dass Vertreter der untersuchten Fledermausfloarten ohne Pro-

bleme an Decken laufen können, sofern diese einen rauhen Untergrund aufweisen. Um zu untersuchen, wie hoch die Flöhe insgesamt an Wänden aufsteigen können, wurde die Versuchsanordnung mit dem Ziegelstein modifiziert. Die Individuen wurden wie bei den vorher durchgeführten Tests am Grunde der Petrischale an den Ziegelstein gesetzt. Kurz bevor der Floh den oberen Rand des Steins erreicht hatte, wurde der Stein um 180° gedreht, so dass sich der Floh wieder am unteren Rand des Steines befand. Auf dieses Manöver reagieren die Flöhe fast ohne Verzögerung mit einer Körperdrehung und setzten den vertikalen Aufstieg fort. Die Drehungen des Steines wurden so oft wiederholt, bis der Floh den kontinuierlichen Aufstieg beendete. Aus der Anzahl der zurückgelegten Ziegelsteinlängen (28 cm) wurden die individuellen Laufwege errechnet (Tab. 3).

Wie die Ergebnisse zeigen, sind Fledermausflöhe in der Lage, senkrechte Wände mit rauhem Untergrund zu überwinden. Ohne Wirtskontakt und ohne die Möglichkeit, einen Wirt olfaktorisch zu orten, führt der Kontakt mit einem vertikal aufsteigendem Gegenstand zu einem stereotypen Aufstieg. Die längste so zurückgelegte Wegstrecke betrug immerhin mehr als 21 m. Die Phase der senkrechten Aufwärtsbewegung wurde dann nach einer kurzen Pause durch ein stärker seitwärts orientiertes Laufen abgelöst. Diese Änderung der

Strategie könnte die Wahrscheinlichkeit erhöhen, einen geeigneten Wirt aufzuspüren, da ein größerer Raum abgesucht wird. Die Laufleistungen belegen, dass die untersuchten Arten auch in größeren Quartieren, wie Bunker, Höhlen oder Dachböden, nach einem Absturz vom Wirt in der Lage sind, diesen selbständig wieder zu erreichen. Unter den hier vorliegenden Bedingungen überlebten die meisten Flöhe eine 24-stündige Trennung vom Wirt. Danach war die Mortalität sehr hoch, so dass nur zwei Individuen eine hinreichende Mobilität für weitere Untersuchungen zeigten.

Laufexperimente mit Wanzen

Die Messung der Laufleistung von Wanzen (*Cimex lectularius*) war möglich, weil uns aus Bayern lebendige Tiere zugesandt wurden. Die Tiere waren am 8.IX.2007 in Karlstadt/Main gefangen worden und wurden am 20.IX.2007 getestet. In Voruntersuchungen zeigte sich eine gute Fähigkeit der Individuen, auf verschiedenen Materialien zu laufen (Papier, Holz, Glas). An den Ziegelsteinen ergab sich allerdings das Problem, dass die Bettwanzen nicht geradlinig aufwärts kletterten. Die Tiere bevorzugten eher horizontale Wegstrecken. Überhänge oder die Ecken des Ziegelsteines wurden beim Klettern ohne Probleme überwunden. Wegen der anhaltenden Bewegung der Tiere wurde die Messung der Wegstrecke auf einen Zeitraum von 10 Minuten

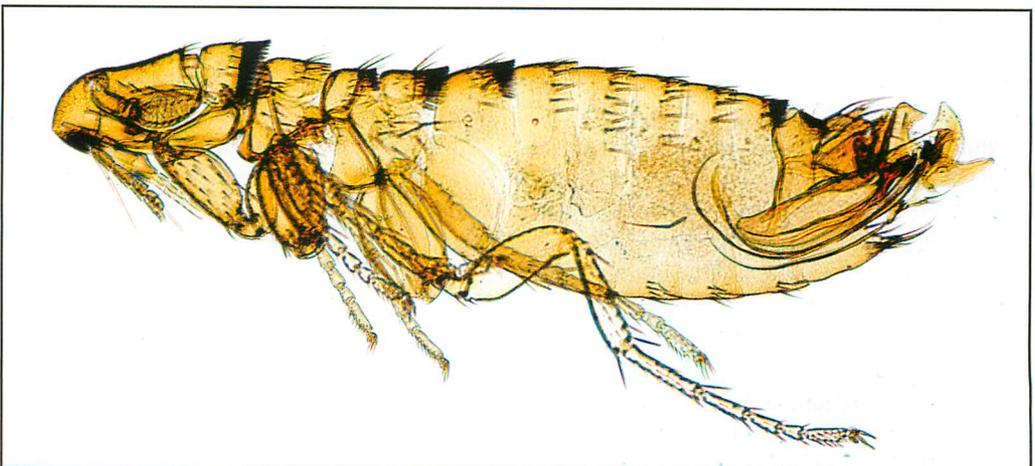


Abb. 2. *Nycteridopsylla eusarca* Dampf, 1908 (Männchen). Aufn.: DR. INGO SCHEFFLER

Bewegung ohne größere Pausen begrenzt. Nachteilig für die gesamte Untersuchung war die negative Phototaxis und das thigmotaktische Verhalten der Wanzen. Die Tiere schienen beim Experiment eher unter der Motivati-on zu laufen, dem Licht auszuweichen und einen Unterschlupf mit Körperkontakt von Bauch und Brustseite zu finden.

Bei der Untersuchung, welche Neigung die Wanzen im Substratwinkel vertragen, zeigten sich deutliche Unterschiede zu den Flöhen. Zwar wurden die meisten Winkel toleriert, was bis hin zu leichten Überhängen zutraf. Drehte man den Stein aber in eine Lage, wo die Wanzen „an der Decke hängen“, stoppten sie die Bewegung, liefen nur noch zögernd oder stürzten sogar ab. Offenbar meiden Wanzen das Laufen an der Decke und haben hier größere Probleme als die Fledermausflöhe. Wurde der Stein mit der laufenden Wanze um 180° gedreht, setzte die Wanze hier einfach den vorher eingeschlagenen Weg fort und drehte sich nicht wie die Flöhe.

Tabelle 4. Laufleistung von *Cimex lectularius* an einem Ziegelstein

Individuum	Geschwindigkeit in cm/min	Wegstrecke in 10 min
Männchen 1	57,3	336 cm
Männchen 2	74,9	308 cm
Weibchen 1	60,1	280 cm
Weibchen 2	59,0	216 cm

Die wenigen untersuchten Individuen von *Cimex lectularius* lassen zwar keine statistisch gesicherten Aussagen zu, aber deutlich wird ein sehr gutes Laufvermögen dieser Wanzenart im Bereich von Geschwindigkeit und zurück gelegter Wegstrecke in 10 Minuten (Tab. 4). In einem Fledermausquartier können Wanzen ohne Probleme größere Entfernungen zu ihren Wirten zurücklegen und dabei verschiedene Hindernisse überwinden. Da Wanzen die hohe Körpertemperatur der Wirte nicht tolerieren können, treten sie nur als temporäre Ektoparasiten auf und verbergen sich tagsüber mehr oder weniger weit entfernt von ihren Wirten in dunklen Spalträumen.

Laufexperimente mit Flughautmilben (*Spinturnix acuminatus*)

Die Flughautmilben der Fledermäuse bewegen sich auf der Flughaut ihrer Wirte relativ sicher, sind aber auf Grund ihrer Größe deutlich langsamer als die oben beschriebenen Insekten.

Bei den Untersuchungen am Großen Abendsegler wurde gelegentlich eine Formation der Tiere in einer Reihe beobachtet. Diese „aerodynamische Anordnung“ könnte tatsächlich mit der Fugfähigkeit der Wirte zusammenhängen. Möglicherweise beruht sie aber auch nur auf dem Verlauf von Blutgefäßen in der Flughaut und der Nahrungsaufnahme der Parasiten.

Beim Hantieren mit den Wirten können Flughautmilben leicht auf die menschliche Haut übergehen. Die Bewegung der Tiere war zu spüren, ein Blutsaugen wurde aber nicht registriert. Die Trennung der Individuen von den Wirten führte in kurzer Zeit zum Tod der Parasiten. Von zahlreichen abgenommenen Exemplaren überlebten nur wenige 24 Stunden. Keines dieser Tiere erkletterte im Experiment die senkrechte Fläche des Ziegelsteins.

Diskussion

Die untersuchten Ektoparasiten der Fledermäuse zeigten nach Trennung von ihren Wirten sehr unterschiedliche Mobilitätsleistungen. Flughautmilben scheinen sich nur auf ihrem Vorzugssubstrat, der unbehaarten Haut, gut bewegen zu können und überleben die Trennung vom Wirt nur kurze Zeit. Die anderen untersuchten Arten zeigten eine sehr differenzierte Mobilität.

Zum Laufverhalten von Fledermausausfliegen sind uns keine detaillierten Beschreibungen bekannt. Diese auffälligen Tiere bewegen sich im Vergleich zu den anderen Ektoparasiten außergewöhnlich schnell und sicher im dichten Fell ihrer Wirte. Die hier untersuchte Art (*Nycteribia kolenatii*) ist ein stationärer Parasit und soll den Wirt nur kurz zum

Zwecke der Eiablage verlassen. Die relativ großen Eier der Lausfliegen sind sehr weit entwickelt und werden unmittelbar neben dem Schlafplatz des Wirtes festgeklebt (RECKARDT & KERTH 2006). Das Weibchen kehrt danach sofort auf den Wirt zurück. Die aus den Eiern nach einer Reifungszeit bei entsprechenden Signalen (Bewegung, CO₂ u.a.) eines vorhandenen Wirtes ausschüpfenden Lausfliegen haben nur einen kurzen Weg zum Wirt. Der Ziegelstein simulierte in unserem Experiment eine Wand in einem Fledermausquartier. Die beobachteten Kletterleistungen waren überraschend schlecht und deuteten darauf, dass Lausfliegen, die in Lokalitäten mit einer solchen Wandstruktur von ihren Wirten fallen oder beim Putzen entfernt werden, offenbar nicht in der Lage sind, den Wirt selbständig wieder zu erreichen. Die geringe Kletterfähigkeit scheint aber für die Eiablage neben dem Wirt ausreichend.

Die zeitweilige Trennung der ektoparasitischen Flöhe von ihren Wirten ist für viele Arten, die in den Nestern verbleiben, nicht ungewöhnlich. Viele Floharten verlassen den Wirt sogar aktiv, weil ihr Temperaturoptimum unter der Körpertemperatur des Wirtes liegt. Das Verbleiben im Nest sichert den Larven optimale Entwicklungsbedingungen. Das Verhalten von Flöhen in Abhängigkeit von der Dauer der Abwesenheit der Wirte war der Gegenstand einiger Untersuchungen, bei denen der Einfluss verschiedener Faktoren auf die Orientierung der Individuen im Mittelpunkt stand. Solche Untersuchungen erfolgten bisher an Vogelflöhen (HUMPHRIES 1968 und 1969), an Flöhen großer Säuger (ROTHSCHILD & FORD 1973; OSBRINK & RUST 1985; COX et al. 1999) und an Flöhen von Wüstennagern (BURDELOV et al. 2007). Als wesentliche Faktoren für die registrierte Mobilität wurden Licht, Lufttemperatur und Substratwinkel ermittelt. Die Mobilität der Flöhe dieser Wirte schien allerdings gering, denn in den hier verwendeten Röhrenexperimenten wurde lediglich der Aufenthalt der Flöhe einige Stunden nach dem Einsetzen ermittelt. Je hungriger die verwendeten Flöhe waren, desto häufiger waren sie am beleuchteten Ende der Röhren zu

finden (BURDELOV et al. 2007). Dies deckt sich mit der Tatsache, dass hungrige Individuen zum Nestingang laufen, wo sie eine größere Chance haben, den Wirt zu lokalisieren und zu attackieren. Eine entsprechende Geotaxis (Aufwärtslaufen) wurde ebenfalls beobachtet. Darüber hinaus wurde demonstriert, dass die Reaktionen auf bestimmte äußere Stimuli auch in Abhängigkeit vom Geschlecht, Alter und physiologischen Zustand variieren. So kann sich z. B. die negative Phototaxis beim hungrigen Kaninchenfloh nach der Blutmahlzeit in eine positive Phototaxis umwandeln, und Weibchen sind viel aktiver bei der Suche nach einem Wirt auf Grund des höheren Blutbedarfs für die Eiproduktion (ROTHSCHILD & FORD 1973). Die oben beschriebenen Röhrenexperimente sind für die Untersuchung von Fledermausflöhen ungeeignet, da diese kein Sehvermögen besitzen und nach Trennung vom Wirt nahezu ununterbrochen in Bewegung sind. Fledermausflöhe tolerieren die hohe Körpertemperatur ihrer Wirte und sind im Gegensatz zu den meisten anderen Floharten stationäre Ektoparasiten. Die Trennung vom Wirt ist für einen Fledermausfloh ein dramatisches Ereignis, weil die Wahrscheinlichkeit eines erneuten Kontaktes nach einem Absturz nur gering ist. Die Strategie, auf den zufällig vorbeikommenden Wirt zu warten, würde hier keinen Erfolg versprechen. Statt dessen ist ein außergewöhnlich gutes und kontinuierliches Laufvermögen ausgebildet. Dem beobachteten stereotypen Aufstieg folgte stets eine seitwärts gerichtete Suchbewegung. Zusammen mit der Fähigkeit auch an der Decke laufen zu können, scheinen die Fledermausflöhe eine optimale Suchstrategie zu besitzen, die in der Nähe der Wirte sicherlich noch olfaktorisch unterstützt wird. Die vorliegende Untersuchung belegt, dass Fledermausflöhe keine Probleme haben, auch große Höhen zu erklimmen, und in der Lage sind, ihren Wirt selbständig erreichen können. Die Ergebnisse der hier durchgeführten Laufuntersuchungen passen gut mit den Befunden von KULZER (2002) zusammen, der bei einer Wochenstube von *Myotis myotis* in einem Kirchendach mit Klebebandfallen über die Saison zahlreiche Wanzen und Flöhe an den Wänden fangen

konnte. Die auffälligen Pendelbewegungen des Kopfes scheinen eine Eigenart der Fledermausflöhe zu sein. Wenn man über eine Funktion dieser aufwendigen Bewegung spekuliert, könnte der Sinn darin bestehen, dass dadurch ein größerer Raum olfaktorisch „abgetastet“ werden kann.

Die hohe Mobilität der ektoparasitischen Wanzen wurde in zahlreichen Untersuchungen beschrieben und umfasst neben dem Aufsuchen der Wirte im Quartier auch weitere Wanderungen (Review USINGER 1966). Bei den Wanzen verhindert das Temperaturoptimum eine stationäre Besiedlung des Wirtes, der nur zum Saugen des Blutes aufgesucht wird. In unserer Versuchsanordnung liefen die getesteten Individuen deutlich schneller als die anderen untersuchten Ektoparasiten und legten in kurzer Zeit große Wegstrecken zurück. Die Wanzen liefen den Ziegelstein in verschiedenen Winkelstellungen problemlos herauf, allerdings waren sie nicht in der Lage extreme Überhänge zu meistern. Die gelegentlich in der parasitologischen Literatur zitierte Anekdote: Bettwanzen würden an der Decke laufend die Lage der Betten schlafender Menschen ermitteln und sich von oben fallen lassen, kann durch die vorliegenden Befunde nicht bekräftigt werden.

Die differenzierte Fähigkeit zur Mobilität spiegelt die unterschiedlichen Entwicklungsstrategien wieder. Die hier untersuchte Flughautmilbenart *Spinturnix acuminatus* als permanent stationärer Parasit war nicht in der Lage, ihren Wirt über eine größere Distanz aktiv aufzusuchen. Die Lausfliegenart *Nycteribia kolenatii* verlässt ihren Wirt nur kurzzeitig zur Eiablage. Ihre Mobilität außerhalb des Felles war erstaunlicher Weise auf Materialien mit bestimmten Oberflächeneigenschaften begrenzt. Raue Ziegelwände konnten nicht erklimmen werden. Möglicherweise ist dies ein Grund, weshalb Lausfliegen nur eine begrenzte Anzahl heimischer Fledermausarten besiedeln können (MÜLLER 1999). Die untersuchten Fledermausflöhe erwiesen sich als exzellente Kletterkünstler. Dies könnte ein Grund dafür sein, weshalb alle heimischen Fledermausar-

ten ihr differenziertes Fledermausflohspektrum aufweisen (SCHEFFLER & RESSLER 2005).

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit untersucht in einer Pilotstudie die Mobilität von Ektoparasiten nach einer Trennung von ihren Wirten. *Spinturnix acuminatus* (Koch, 1836) (*Acari, Spinturnicidae*), eine permanent stationäre Milbenart, überlebt die Trennung in der Regel keine 24 Stunden. Die Art kann sich auf der Flughaut von Fledermäusen und auf der menschlichen Haut gut bewegen. Auf anderen Materialien erfolgt die Bewegung eher chaotisch und es ist unwahrscheinlich, dass die Art einen Wirt aktiv über eine größere Strecke erreichen kann. *Nycteribia kolenatii* Theodor & Moscona, 1954 (*Diptera: Nycteribiidae*), eine Fledermauslausfliege, kann sich in dichtem Fell exzellent bewegen. Die Trennung vom Wirt über mehrere Tage übersteht sie unbeschadet. Das Klettervermögen dieser Art an rauen Ziegelsteinen erbrachte lediglich einen durchschnittlichen Aufstieg von 9,6 cm. Damit erscheint es ebenfalls unwahrscheinlich, dass sie eine Wirtssuche über größere Entfernungen durchführen kann. Die Fledermauslausfliegen verlassen ihren Wirt nur kurzzeitig zur Eiablage in unmittelbarer Nähe potentieller Wirte. Die geringe Kletterfähigkeit könnte eine der Ursachen für das begrenzte Wirtsspektrum der Fledermauslausfliegen darstellen.

Als Vertreter der Fledermausflöhe (*Siphonaptera: Ischnopsyllidae*) wurden Vertreter der Arten *Ischnopsyllus elongatus* (Curtis, 1832), *I. hexactenus* (Kolenati, 1856), *I. simplex* (Rothschild, 1906) / *mysticus* Jordan, 1942, *Nycteridopsylla eusarca* Dampf, 1908 und *N. longiceps* Rothschild, 1908 untersucht. Alle Fledermausflöhe zeigten 24 Stunden nach der Trennung vom Wirt ein gutes Klettervermögen. Treffen Fledermausflöhe auf ein senkrecht Hindernis beginnen sie einen stereotypen senkrechten Aufstieg, dem nach einiger Zeit horizontale Suchbewegungen folgen. Die zurückgelegten Wegstrecken beim senkrechten Aufstieg an rauhem Ziegelstein lagen im Durchschnitt bei 6,45 m (1,12-21,68 m). Die Fledermausflöhe sind exzellente Kletterer, die auch Überhänge meistern und problemlos an der Decke entlang laufen können. In einem normalen Fledermausquartier können sie wahrscheinlich jede ruhende Fledermaus erreichen.

Ergänzend wurden einige Wanzen (*Cimex lectularius* Linnaeus, 1758) untersucht. Die Wanzen bewegten sich mit 63 cm pro Minute ebenfalls sicher auf dem senkrechten Ziegelstein und legten im Durchschnitt in 10 Minuten 2,85 m zurück.

Summary

Active host-searching in bat ectoparasites

As a pilot study, this paper describes the mobility of ectoparasites after removing from their hosts. *Spinturnix acuminatus* (Koch, 1836) (*Acari, Spinturnicidae*) a permanent stationary bat mite normally survives the removing only a few hours. This species moves easily on the patagium or on human skin. In contrast, on other surfaces the

movements of this species seems to be less oriented and it is unlikely that the mite can reach a host in some distance. *Nycteribia kolenatii* Theodor & Moscona, 1954 (*Diptera: Nycteribiidae*) a bat fly, shows excellent movements in the fur of its host. The specimens survive the removing from the host several days. The ability to clamber up a wall was tested with a rough clay brick. The bat fly achieves only 9,6 cm on average. This result does not support good abilities for host searching in this species. The females of these insects leave their host only to deposit their larvae in close proximity to potentially hosts. The disability to actively search for their hosts could explain the small number of host species.

Bat fleas (*Siphonaptera: Ischnopsyllidae*): *Ischnopsyllus elongatus* (Curtis, 1832), *I. hexactenus* (Kolenati, 1856), *I. simplex* (Rothschild, 1906) *I. mysticus* Jordan, 1942, *Nycteridopsylla eusarca* Dampf, 1908 und *N. longiceps* Rothschild, 1908 survive the removing from their hosts several days. The specimens of all species showed a good ability to clamber up a wall. In case of a vertical barrier the flea showed a stereotype upside climbing, followed by a horizontal appetitive behavior. The fleas were climbing a distance in the upside of 6,45 m on average (1,12-21,68 m). As excellent climbers bat fleas are able to overcome edges and slopes and to crawl on the ceiling. Therefore, it seems to be no problem for a flea to parasitize any bat in a resting room.

Additionally, some bugs (*Cimex lectularius* Linnaeus, 1758) were examined. They run with a speed of 63 cm per minute and were able to climb easily on the brick. On average their stretch of way achieved 2,85 m in ten minutes.

Schrifttum

- BURDELOV, S. A., LEIDERMAN, M., KHOKHLOVA, I. S., KRASNOV, B. R., & DEGEN, A. A. (2007): Locomotor response to light and surface angle in the three species of desert fleas. *Parasitol. Res.* **100**, 973-982.
- COX, R., STEWART, P. D., & MACDONALD, D. W. (1999): The ectoparasites of the european badger, *Meles meles*, and the behavior of the host-specific flea, *Paraceras melis*. *J. Insect. Behav.* **12** (2), 245-265.
- HUMPHRIES, D. A. (1968): The host-finding behaviour of the hen flea, *Ceratophyllus gallinae* (Schrank) (*Siphonaptera*). *Parasitology* **58**, 403-414.
- HUMPHRIES, D. A. (1969): Behavioral aspects of the ecology of the sand-martin flea *Ceratophyllus styx* Smit (*Siphonaptera*). *Parasitology* **59**, 311-334.
- KULZER, E. (2002): 15 Jahre Beobachtungen in der Mausohr-Wochenstube von St. Michael in Entringen, Krs. Tübingen *Nyctalus* (N.F.), **8**(2), 141-158.
- MÜLLER, J. (1999): *Nycteribiidae*. In: SCHUMANN, H., BÄHRMANN, R., & STARK, A. (Hrsg.): Checkliste der Dipteren Deutschlands.- *Studia Dipterologica*, Supplement 2, S. 167.
- OSTBRINK W. L., & RUST, M. K. (1985): Cat flea (*Siphonaptera: Pulicidae*): Factors influencing host-finding behavior in the laboratory. *Ann. Entomol. Soc. Am.* **78**, 29-34.
- RECKARDT, K., & KERTH, G. (2006): The reproductive success of the parasitic bat fly *Basilina nana* (*Diptera: Nycteribiidae*) is affected by the low roost fidelity of its host, the Bechstein's bat (*Myotis bechsteinii*).
- ROTHSCHILD, M., & FORD, R. (1973): Factors influencing the breeding of the rabbit flea (*Silopsyllus cuniculi*): a spring-time accelerator and a kairomone in nestling rabbit urine (with notes on *Cediopsylla simplex*, another „hormone Bound“ species). *J.Zool.* **170**, 87-137.
- SCHEFFLER, I., & RESSLER, R. (2005): Untersuchungen zur Ektoparasitenfauna (*Siphonaptera: Ischnopsyllidae; Diptera: Nycteribiidae*) an Fledermäusen in Brandenburg. *Märkische Ent. Nachr.* **7**(2), 123-132.
- USINGER, R. L. (1966): Monograph of *Cimicidae* (*Hemiptera-Heteroptera*). Thomas Say Foundation, Vol. **7**. Entomological Society of America, New York.