

## Untersuchungen zur Nahrungsökologie der Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*)

VON HOLGER EICHSTÄDT UND WILFRIED BASSUS, Tharandt

Mit 8 Abbildungen

### 1. Einleitung

Die Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*) ist eine unserer häufigsten Fledermausarten. Sie kann im Nordosten Deutschlands in nahezu allen Biotopen angetroffen werden. Zahlreiche Untersuchungen aus dem deutschsprachigen Raum, aber auch aus Großbritannien geben eine Vielzahl von Freiland- und Laborergebnissen wieder. Sie ist in ihrem hohen Erforschungsgrad in Europa wahrscheinlich gleichzusetzen mit der amerikanischen Art *Myotis lucifugus*.

In dieser Untersuchung wird versucht, Gesichtspunkte der Nahrungszusammensetzung im Jahresverlauf, der Lage der Jagdgebiete und des Jagdverhaltens miteinander zu kombinieren. Dies gelang durch eine Kombination von Kotanalysen, Telemetrieergebnissen und Einsätzen mit Fledermausdetektoren. Stets wurde im folgenden aber versucht, die Parameter der nahrungsökologischen Beziehungen als Gesamtheit zu betrachten. Trotz allem bleibt eine Vielzahl von Fragen offen, die einer weiteren, genaueren Untersuchung bedürfen.

Dank gilt allen, die die Arbeit ermöglichten, besonders den Damen und Herren Prof. SCHNITZLER, Dr. KALKO, Dr. KRONWITTER sowie meiner Frau, die die Arbeit finanziell und zeitlich ermöglichte.<sup>1</sup>

### 2. Die Untersuchungsgebiete

#### 2.1. Allgemeine Angaben

Alle Untersuchungsgebiete liegen im Landkreis Pasewalk in Mecklenburg/Vorpommern, im Nordosten Deutschlands. Der Kreis liegt in einem pleistozän überformten Gebiet in unmittelbarer Nähe des Ostendes der Rosenthaler Staffel und des Odertales. Die mittlere Jahrestemperatur für den Kreis Pasewalk beträgt 7,9°C, die mittlere Niederschlagssumme 525 mm. Typisch für diese Landschaft ist eine Vielzahl von Kleingewässern, die in der Feldmark als Sölle und in den Wäldern meist als Brüche ausgebildet sind. Dabei ist der Zustand der Gewässer hauptsächlich von der anthropogenen Beeinflussung abhängig. Die natürliche Waldgesellschaft wird durch Rotbuchenmischwälder mit z.T. starker Beteiligung von Eichen gekennzeichnet, auch wenn die heutigen Wirtschaftswälder stärker von Nadelhölzern beherrscht werden.

#### 2.2. Die einzelnen Untersuchungsgebiete

##### 2.2.1. Grambower Wald

Der Grambower Wald als Hauptuntersuchungsgebiet läßt sich als abwechslungs- und reliefreicher Nadelholz-Mischforst beschreiben, in dem die Kiefer dominiert. Das Altersklassenverhältnis ist zugunsten der jüngeren Altersklassen verschoben. In den letzten 15 Jahren wurde eine Vielzahl von Flächen abgetrieben und mit Kiefern in Monokultur wieder aufgeforstet, so daß großflächige, z.T. zusammenhängende gleichaltrige Dickungskomplexe entstanden sind.

---

<sup>1</sup> Gekürzte Fassung einer Diplomarbeit am Zoologischen Institut der TU Dresden, Abteilung Forstwirtschaft

Diese trennen die noch vorhandenen Altholzkomplexe und stellen nach Süden die Abgrenzung des Untersuchungsgebietes dar. Weiterhin wird der Grambow Forst durch eine Vielzahl von Feuchtgebieten und offenen Gewässern gekennzeichnet.

Weitere wichtige Komponenten des Untersuchungsgebietes sind die umliegenden Feldflächen, die zumeist mit Getreide, Kartoffeln und Raps bestellt wurden. Am Waldrand befinden sich einzelne kleinere Viehweiden. Im Norden des Gebietes liegt der Ort Gellin, der zum Großteil aus Neubauernhöfen und einem alten, nur noch teilweise genutzten Gutshaus besteht. Entlang der Dorfstraße zieht sich beiderseits eine Allee von etwa 80 Jahre alten Kastanien, die auch das Dorf mit dem Wald verbindet.

### 2.2.2. Caselower Heide

Die Caselower Heide (hier und in Linken fanden nur Kotalaufsammlungen als Referenzproben statt) ist im Südtel weitestgehend mit z.T. aus Naturverjüngung hervorgegangenen Buchenbeständen aller Altersstufen bestockt. Vereinzelt Alteichenbestände und einige Fichten- und Lärchendickungen ergänzen das Waldbild. Neben kleineren Söllen am Waldrand befindet sich zentral ein Flachwassersee mit geringer Verlandungszone und wenigen Randgebüschchen. Das Gebiet ist von Feldflächen und einer Obstplantage umgeben.

Das gesamte Gebiet der Caselower Heide ist stark kuppig und mit den umliegenden Dörfern über ältere Alleen aus Robinien, Kopfweiden und Obstbäumen verbunden.

### 2.2.3. Linken

Das Untersuchungsgebiet Linken besteht aus einer sehr abwechslungsreichen Biotopstruktur. Das sind Kiefernwälder, ein Eichenaltbestand, Erlenbrüche und niederwaldartige Bereiche. Ergänzt wird dieses durch einzelne Schafweiden, Felder und Ödländer. Einzelne Gehöfte liegen in dieser Landschaft, die durch Altbaumalleen miteinander verbunden sind.

## 3. Material und Methoden

### 3.1. Material

Mittels der einzelnen Techniken konnten zwischen 1989 und 1991 Daten gesammelt werden. Hauptaugenmerk lag dabei auf den Kotalaufsammlungen und der Telemetrie. Tab. 1 gibt einen Überblick über das Material der vorliegenden Untersuchung.

Tabelle 1. Beobachtungstechniken und Anzahl der Daten

Technik	Anzahl
Telemetrie	43 Nächte, 23 Tiere
Ausflugbeobachtungen	90 Abende
Detektorbeobachtungen	46 Nächte
Nachtsichtgerätbeobachtungen	66 Nächte
Kotalaufsammlungen	an 146 Tagen

### 3.2. Methoden

#### Kotalanalysen:

Zur Ermittlung der Nahrungszusammensetzung der Zwergfledermäuse wurden Kotalanalysen durchgeführt. Es wurden 5 Proben von jeder Aufsammlung unter den Fledermauskästen genommen.

Für die Kotuntersuchungen wurden ein Präpariergerätesatz, 20- bis 30-prozentiger Alkohol, ein Stereomikroskop mit einer 20- bis 80-fachen Vergrößerung und Petrischalen mit einer Rastereinteilung genutzt. Weiterhin diente ein Immersionsmikroskop mit einer Vergrößerung von 1800 für die Bestimmung einiger *Lepidoptera*-Überfamilien anhand der Schuppenstrukturen. Als Vergleichssammlung nutzten wir die entomologische Sammlung des Institutes für Forstbotanik und Forstzoologie in Tharandt.

Aus einem Komplex von Merkmalen wurden die Insektenordnungen, Überfamilien und z.T. auch Familien bestimmt. Der Anteil einer Beutegruppe in Bezug auf die gesamte Probe wurde in Zehntel geschätzt. Dabei wird erfahrungsgemäß der Anteil kleiner Insekten unterschätzt, Coleopteren überschätzt und der Anteil an Resten großer Lepidopteren ist kaum quantifizierbar. Der Größe nach wurden die Insekten in Größenklassen von 5 mm Körperlänge eingeteilt.

### **Ultraschallaufnahmen:**

Für die Untersuchung wurde ein handgefertigter Divide-by-Ten-Detektor genutzt. Die Laute wurden mit einem Stereo-Cassettenrecorder aufgezeichnet.

Eine Analyse der Aufnahmen wurde mit einem Oszilloskop und z.T. auch mit einem Frequenzanalysator MOSIP 3000 (Modular Signal Processor: MEDAV GmbH, Erlangen) durchgeführt. Zunächst wurden die Daten mit einer Fast Fourier Transformation geglättet. Der Dynamikbereich umfaßte 30 dB. Zur Lokalisierung der Terminalphasen wurde ein Hanning-Fenster 64 verwendet. Es wurden die Buzzes, d.h. die Jagdversuche analysiert und in der Zeiteinheit gezählt. Zusätzlich wurde die Endfrequenz der Laute überprüft (Hanning 256). Es konnte somit sichergestellt werden, daß es sich bei den Aufnahmen nicht um *Pipistrellus nathusii* handelte. Zur Beobachtung der jagenden Zwergfledermäuse wurden zwei Nachtsichtgeräte genutzt.

### **Telemetrie:**

Für die Telemetrie der Zwergfledermäuse wurden selbstgebaute Sender im Frequenzband von 150.000 bis 150.240 MHz mit einer Pulsfrequenz von etwa einem Herz bei einer Pulslänge von maximal 70 ms verwandt. Sie waren mit einer maximal 14 cm langen Wippantenne versehen, mit Epoxidharz vergossen und hatten ein Gewicht von 0,5 bis 0,65 g. Die Lebensdauer betrug maximal vier Tage.

Die Sender wurden mittels Cyanoacrylat-Sekundenkleber auf dem Vorderrücken der Tiere befestigt. Dazu wurden erst die Haare kurz geschoren und anschließend der Sender mit der Antenne nach hinten befestigt. Verletzungen durch die Sender oder Antenne konnten weder am telemetrierten Tier noch an anderen das Quartier bewohnenden Zwergfledermäusen gefunden werden.

### **Datenaufbereitung und mathematische Methoden:**

Für die Auswertung der Telemetriedaten wurde das Gebiet in Raster von 50 x 50 m eingeteilt. Neben der Nummer auf der X- und Y-Achse wurde weiterhin für jedes Raster das bestimmende Biotop, die Bestandeshöhe, der Volumenschlußgrad, die Baumart und das Alter der Bestockung notiert.

Die im Verlaufe der Nacht auf ein Diktiergerät gesprochenen Beobachtungen wurden am nächsten Tag unter Angabe der Witterungsdaten und der Uhrzeit auf eine Minute Genauigkeit in eine Textbeschreibung übertragen und digitalisiert.

Für die einzelnen Kapitel wurden folgende weitere statistische Methoden genutzt:

Für den Vergleich von Nahrungszusammensetzungen wurde der Spearman-Rang-Korrelationskoeffizient verwendet. Die Rangzahlen wurden bei mittlerer Rangbindung und aufsteigender Rangfolge gebildet. Der Rang-Korrelationskoeffizient diente auch zum Vergleich von Angebot und Nutzung verschiedener biotopbeschreibender Parameter im Kapitel Biotopnutzung.

Zur Suche nach Ähnlichkeiten in der Nahrungszusammensetzung wurde eine hierarchische Clusteranalyse mit folgenden Parametern gerechnet: Als Merkmale wurden die im Kapitel Nahrungszusammensetzung genannten Beutegruppen und ihre relative Häufigkeit in der Aufsammlung gewählt, als Distanzmaß für die Clusterung die quadrierte Euklidische Distanz. Um die Gruppenbildung durchschaubar zu halten, wurde als Clustermethode die Durchschnittsdistanzmethode bei Beachtung der Abstände zwischen den Gruppen gewählt, welche die Homogenität der Cluster der Distanziertheit der Cluster ungefähr gleichstellt und immer konvexe Cluster bildet. Die im Dendrogramm und in der Liste der Clusterbildung dargestellten Cluster wurden dann auf den Grund der Clusterbildung hin untersucht. Als Merkmale dienten das Datum und die Herkunft der Probe, wobei zwischen gleichen Kästen und Proben aus dem selben Gebiet unterschieden wurde. Bei Vorhandensein eines Grundes wurde dieser zunächst als logischer Wert mit 1 bezeichnet. Später wurden diese Werte mit dem Abstandsmaß gewichtet, so daß sie Maße für den Grund der Clusterung bei Beachtung der Nähe der Cluster wurden. Die aus diesen Werten errechneten Mittelwerte konnten nun als Maßzahl für den Anteil der Gründe an der Clusterung dienen.

#### 4. Ergebnisse<sup>1</sup>

##### 4.1. Allgemeine Beschreibung der Gemeinschaft im Grambower Wald

Die ersten Zwergfledermäuse konnten zwischen dem 5. und dem 15. März im Wald jagend beobachtet werden. Ab der dritten Märzdekade kamen die ersten Tiere in die Fledermauskästen, die Anzahl stieg im weiteren bis auf 30 - 40 ♀♀. Zwischen dem 9. und 11. Juni wurden die ersten Jungtiere geboren. Die ersten Ausflüge des Nachwuchses konnten Anfang Juli beobachtet werden. Ende Juli hatten bis auf wenige kleine Paarungsgruppen alle Zwergfledermäuse die Fledermauskästen wieder verlassen. Weitere Wochenstuben befanden sich in Baumquartieren und im nahen Dorf Gellin.

Die Anzahl der Tiere in den Wochenstubengruppen in den Fledermauskästen betrug zwischen 13 und 35 ♀♀. Es wurden 1,16 Junge pro ♀ im Geschlechterverhältnis von 1:1,12 geboren (Gleichverteilung, Chi-Quadrat = 0,222).

Insgesamt konnten bei einer CMR-Schätzung zwischen 95 und 180 ♀♀ und Jungtiere im Untersuchungsgebiet ermittelt werden. Diese Zahl muß aber als unsicher gelten, besonders da es sich um eine nur zeitweise abgegrenzte Subpopulation handelt.

##### 4.2. Nahrungszusammensetzung

Abb. 1 gibt im Kreisdiagramm einen Überblick über die Verteilung der einzelnen Beutegruppen auf die Nahrung im Jahr 1989; dabei wurde der Mittelwert aller über das gesamte Jahr

###### <sup>1</sup> Definitionen:

- Flug zwischen den Jagdgebieten (Transferflug): Schneller, meist sehr geradliniger Flug zwischen Jagdgebieten, wobei auch während dieser Flugart einzelne Insekten erbeutet werden können (mittlere Fluggeschwindigkeit =  $7,45 \pm 1,2$  m/s - JONES & RAYNER 1987).
- Gesamtaktivitätszeit: Zeitraum zwischen dem abendlichen Ausflug und dem Einflug im Verlaufe der Nacht oder am Morgen.
- Hauptjagdphase: Jagdphase, die den größten Zeitraum der Gesamtaktivitätszeit einnimmt.
- Jagd- und Trinkflug (Suchflug): Flug im Jagdgebiet in unterschiedlichen Höhen, bei dem das Gebiet längere Zeit nicht verlassen und das Jagdgebiet in langgestreckten Streifen oder kleinräumig auf beliebigen Bahnen bejagt wird (mittlere Fluggeschwindigkeit =  $5,54 \pm 1,38$  m/s)
- Terminalphasen: Phasen der Beutefangversuche - JONES & RAYNER (1987).

verteilten Kotproben genommen. Auffällig war der große Anteil an *Nematocera*, der etwa die Hälfte der Nahrung ausmachte.

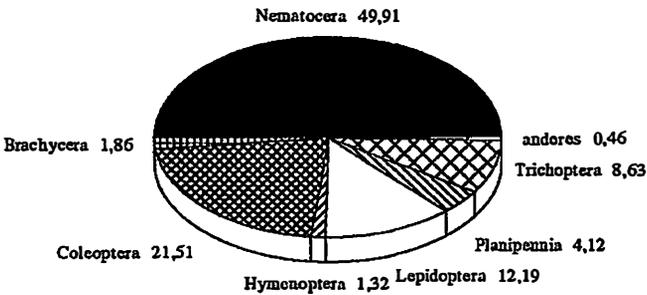


Abb. 1. Verteilung der Beutegruppen, Summe des Jahres 1989

Die *Chironomidae* stellten etwa 35 - 40 % der gesamten Nahrung dar, was in der Größenordnung auch mit den Ergebnissen von SWIFT et al. (1985) übereinstimmt.

Allerdings sind die Ergebnisse auf Grund der völlig verschiedenen Methoden quantitativ nicht zu vergleichen. Selbiges gilt auch für die Ergebnisse der Nahrungsuntersuchungen durch KURSKOV (1981), der keine klaren Angaben zu Methodik macht.

Abb. 2 zeigt die Jahresmittel in der Verteilung der einzelnen Insektengruppen in der Beute für verschiedene Gemeinschaften. Dabei wurden die Kästen 26 und 27 im Grambower Wald und 51 und 56 in der Caselower Heide zusammengefaßt, da diese Kästen je eine Gemeinschaft bilden. Der Kasten 38 kann von den Kästen 26 und 27 klar auf Grund der Ergebnisse der Telemetrie getrennt werden, es fanden nur wenig Überflüge statt. Somit liegen Ergebnisse aus vier Gebieten mit unterschiedlichster Waldstruktur vor. Vergleicht man die Ergebnisse miteinander, so fallen die geringen Unterschiede in der Nahrungszusammensetzung auf. In allen Gebieten stellen *Nematocera* etwa die Hälfte der gesamten Nahrung dar. Es bestehen zwischen den einzelnen Gebieten keine signifikanten Unterschiede im Nahrungsanteil dieser Überfamilie. Auch die weiteren Hauptbestandteile zeigen nur geringe Differenzen.

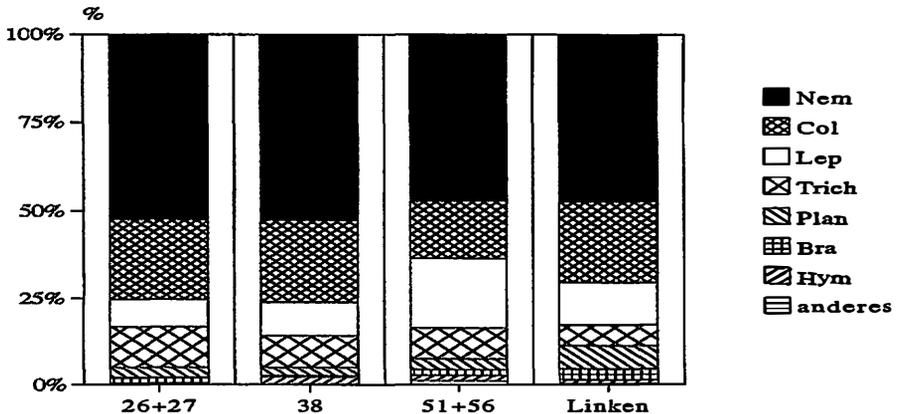


Abb. 2. Vergleich der Nahrungszusammensetzung von vier verschiedenen Zwergfledermausgemeinschaften

Abb. 3 gibt für das Jahr 1990 zunächst einen Mittelwert der Nahrungszusammensetzung an. Die Werte, die mit denen aus Abb. 2 zu vergleichen sind, zeigen einen beachtlich höheren Anteil an Schmetterlingen in der Nahrung. Der Anteil an *Nematocera* ging dementsprechend zurück. Ebenso wurden weniger *Trichoptera* gefunden. Der relativ hohe Anteil von *Coleoptera* blieb

hingegen gleich, so daß die Hauptnahrungsbestandteile sich nur durch eine Zunahme an *Lepidoptera* von den Ergebnissen von 1989 unterscheiden. Für die Zunahme ist aber keine klare Ursache feststellbar. Eventuell könnte die gute Witterung 1990 dafür Ursache sein oder der frühere Beginn der Aufsammlungen und das zeitige Ende in der Mitte des Sommers.

Vergleicht man die Nahrungslisten beider Jahre miteinander, so zeigen sie eine signifikante Übereinstimmung (Spearman-Rangkorr. : 0,929 ; Signifikanzniveau: 0,01).

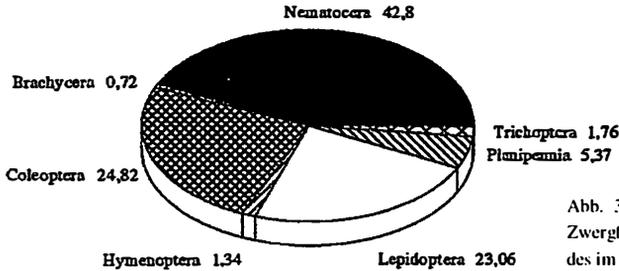


Abb. 3. Nahrungszusammensetzung der Zwergfledermause des Grambowner Waldes im Jahr 1990

#### 4.2.1. Größe der Beutetiere

Die zahlenmäßig häufigsten *Nematocera* haben eine relativ geringe Körpergröße und einen zierlichen Aufbau, es ist daher fraglich, ob sie auch den massenmäßig größten Anteil darstellen. Weiterhin werden in großen Mengen kleinere Käfer (bis 5 mm Körperlänge) und vereinzelt auch größere (bis 10 mm Körperlänge) gefressen. Die gefangenen Schmetterlinge, ebenfalls kleinerer und mittlerer Größe, gehören zumeist zu den Noctuiden und *Microlepidoptera*, nur sehr selten konnten mittelgroße *Diurna* im Kot gefunden werden. Zu den *Trichoptera* sind dagegen keine Aussagen möglich, da eine genauere Bestimmung aussichtslos erschien. Die Größe der gefressenen Exemplare kann aber ebenfalls mit maximal 10 mm angegeben werden. Die *Planipennia* gehören meist zur Familie *Sisyridae*, wobei auch hier eine maximale Größe von 10 mm angenommen werden kann. Massenmäßig dürften die Schmetterlinge den größten Anteil an der Beute stellen.

#### 4.2.2. Nahrungszusammensetzung im Jahresverlauf

Faßt man die Ergebnisse der einzelnen Gemeinschaften zusammen, so ergibt sich die in Abb. 4 dargestellte Entwicklung der Hauptnahrungsbestandteile über die Untersuchungszeit.

Deutlich zeigt sich die Zunahme des Schmetterlingsanteiles über den Sommer bei gleichzeitiger Verringerung des *Nematocera*-Anteils, so daß die beiden Gruppen zusammen bis auf wenige Spitzen einen über das ganze Jahr gleich hohen Stand von etwa 60 % an der Nahrung halten. Auch der *Coleoptera*-Anteil ändert sich nicht stark. Die Nebenbeutegruppen, *Trichoptera* und *Planipennia*, zeigen dagegen eine ab der 18. Woche ansteigende Tendenz, ihr Anteil bleibt dann im Sommer weitestgehend gleich, ist nur einzelnen kurzen Schwankungen unterworfen.

Deutlich zu erkennen ist auch die Erhöhung des Anteiles an kleinen, leichter erjagbaren Insekten (*Nematocera*) in der Wochenstubenzeit. Nach der Geburt der Jungen sinkt dieser Anteil dann zu Gunsten der *Lepidoptera* und *Coleoptera* wieder ab.

Im Hinblick auf die Witterung sind die Anteile von *Lepidoptera*, *Trichoptera* und *Hymenoptera* positiv mit der Temperatur korreliert, *Nematocera* und *Brachycera* negativ. Indifferentes Verhalten zeigen *Coleoptera* und *Planipennia*.

Zum Vergleich aller Aufsammlungen von 1990 wurden diese mittels einer Clusteranalyse auf die Ähnlichkeit des Nahrungsspektrums untersucht. Tab. 2 gibt zunächst die Ursachen der Clusterung unabhängig von der Ähnlichkeit an.

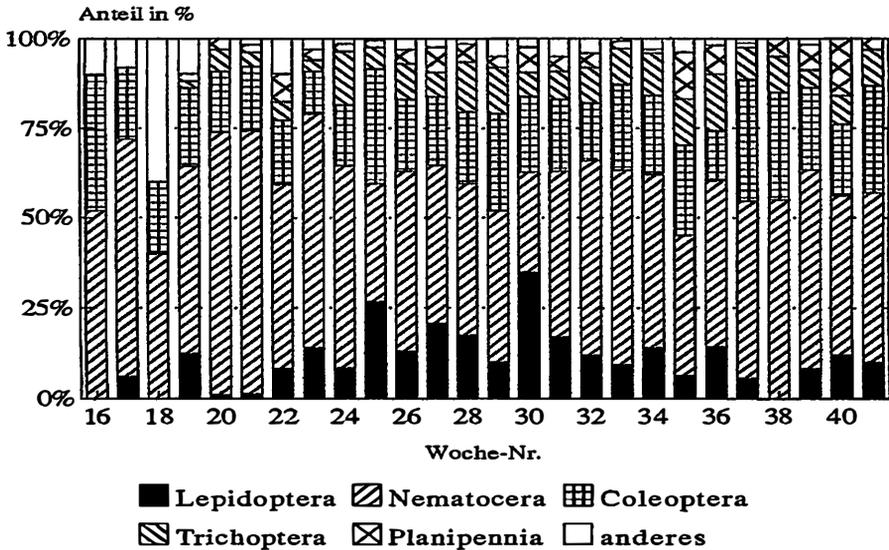


Abb. 4. Zusammensetzung der Zwergfledermausnahrung im Verlauf der Vegetationsperiode 1989, Zusammenfassung aller Gemeinschaften

Tabelle 2. Ursachen für die Ähnlichkeit der Nahrungszusammensetzung von Proben aus den Jahren 1989 und 1990, in der ersten Spalte ist das gleiche Merkmal angegeben.

Datum	32
Datum und Gebiet	5
Datum und Kasten	15
Gebiet	17
Kasten	24
andere Einflüsse	66

Es zeigte sich, daß (neben einer großen Anzahl von unbekanntem Einflüssen und Zufälligkeiten) ähnliche Nahrungszusammensetzungen am häufigsten bei gleichen Daten auftrat. Weiterhin sind Beobachtungen aus dem gleichen Kasten ähnlicher als aus verschiedenen Kästen aus dem selben Gebiet. Relativ gering ist der Anteil an Beobachtungen, die sich aufgrund der Ähnlichkeit zwischen gleichen Daten und Gebieten bzw. auch Daten und Kästen clusterten, wobei hier die geringe Datenmenge und die Streuung als eine Ursache gelten mögen.

Wichtet man die Gründe für die Clusterung mit dem Abstandsmaß, so ergeben sich für die einzelnen Gründe unterschiedliche Mittelwerte. Sie sind in Tab. 3 angegeben.

Auch hier zeigt sich die dominierende Rolle des Datums. Im Gegensatz dazu weiter entfernt sind die Beobachtungen aus dem gleichen Gebiet, d.h., sie unterscheiden sich stärker in der Nahrungszusammensetzung.

Tabelle 3. Statistische Maßzahlen der nach Abstandsmaß gewichteten Gründe für die Clusterung

Ursache	gew. Mittel	Standardabw. d. Mittels
gleiches Datum	6,56	1,15
gleicher Kasten	3,66	0,86
gleiches Gebiet	1,36	0,56

### 4.3. Insektenmenge

#### 4.3.1. Ergebnisse

Es wurden insgesamt 285 Lautaufnahmen mittels Oszilloskop und 52 mittels MOSIP genauer ausgewertet. In Tab. 4 sind die Ergebnisse der Analyse getrennt nach Jagdorten zusammengefaßt dargestellt. Ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Hauptjagdgebieten konnte nicht gefunden werden (t-Test).

Tabelle 4. Mittlere Terminalphasenhäufigkeit pro Minute und Standardabweichung an verschiedenen Jagdorten und in der Summe aller Jagdorte

	Kleiner See	SW-Lappen	Summe
Mittelwert	9,6	9,4	9,5
Standardabweichung	3,08	3,03	3,44

Die beobachteten Werte werden gestützt durch zahlreiche Nachtsichtgerät- und Sichtbeobachtungen, in denen ebenfalls eine Fangversuchsrate von etwa 9 Versuchen/min gefunden wurde.

Die Länge der Terminalphasen betrug im Durchschnitt 122 ms ( $s=33,2$ ;  $n=122$ ) und liegt damit ähnlich dem von KALKO (1991) für die Art angegebenen Wert. Die Endfrequenz schwankte zwischen 50 und 43 kHz, bei einem Mittel von 46 kHz, was eindeutig für *Pipistrellus pipistrellus* spricht.

#### 4.3.2. Abschätzung des Fangerfolges

Mit dem Nachtsichtgerät konnte ein mittlerer Fangerfolg von 43 % ( $n=16$ ,  $s=12$ ) festgestellt werden, wobei hier zu berücksichtigen ist, daß kleine Insekten einerseits nicht immer im Nachtsichtgerät gesehen wurden, andererseits auf Grund der geringeren Fluggeschwindigkeit (0,5 - 1 m/s) leichter erbeutet werden können als schnellfliegende Großinsekten (3-4 m/s, KALKO 1991). Damit ist wahrscheinlich für kleine Insekten der beobachtete Mittelwert zu gering, so daß die Annahmen von 50 % Jagderfolg als realistisch erscheinen und auch durch die Beobachtungen von KALKO (mdl.) gestützt werden.

#### 4.3.3. Daraus folgende Insektenmenge

Unter Annahme von 9 Terminalphasen pro Minute bei 50 % Fangerfolg ergeben sich 450 Insekten in 100 min Jagdzeit. Aus der mittleren Nahrungszusammensetzung der Zwergfledermäuse im Grambow Wald folgend sind das die aus Tab. 5 ersichtlichen Insektenmassen:

Tabelle 5. Geschätzte Anzahl und Gewichte der wichtigsten Beutegruppen der Zwergfledermäuse im Grambower Wald. Die Gewichte pro Tier sind GRIFFIN (1958) (G) entnommen bzw. wurden aus Ergebnissen der Insektenfalle kalkuliert. Sie entsprechen der Lebendmasse der Insekten.

Taxa	Anzahl	Gewicht /Insekt	Gewichtssumme
<i>Nematocera</i>	225	2,2 mg (G)	495 mg
<i>Coleoptera</i>	97	10 mg	970 mg
<i>Lepidoptera</i>	55	20 mg	1100 mg
<i>Trichoptera</i>	39	10 mg	390 mg
<i>Planipennia</i>	18	10 mg	180 mg
anderes	16	10 mg	160 mg
Summe	450		3,3 g

Alle Angaben sind in Lebendgewicht des Insektes angegeben, sind also die Menge, die die Zwergfledermäuse direkt aufnehmen müssen. Aus den Ergebnissen der Tab. 5 zeigt sich, daß die Zwergfledermäuse etwa nur 50 Minuten effektiv jagen müssen, um 2 g Nahrung zu erbeuten, was der von KURSKOV (1981) angegebenen Beutemenge von 29,5 % des Körpergewicht entspricht.

#### 4.4. Biotopnutzung

##### 4.4.1. Nutzung für Jagd- und Transferflug

Aus Abb. 5 ist die Biotopnutzung der Gesamtheit der Tiere des Grambower Waldes getrennt nach Jahren zu ersehen. Deutlich zeigen sich in beiden Jahren ähnliche Häufigkeiten bei der Nutzung der wichtigsten Biotope, ausgenommen bei der durch die Telemetrie von Tieren aus Kasten 38 im Jahre 1990 hervorgerufenen Nutzung des nahen Stieleichenaltholzes. 1991 wurde in diesem Bereich keine Wochenstube gebildet, die Tiere aus dem W-Teil des Untersuchungsgebietes flogen dieses nicht an. Auch die Unterschiede bei den Kiefernwäldern dürften auf Unterschiede in den Ausgangsquartieren der telemetrierten Tiere zurückzuführen sein. Insgesamt ergibt sich aber ein ausgeglichenes Bild in beiden Jahren, bei dem neben den gleichmäßig genutzten Gewässern die Kiefernwälder dominierten, wobei deren Anteil bei bereits genannter fehlender Nutzung des Stieleichenaltholzes ansteigt.

Vergleicht man diese Ergebnisse mit dem vorhandenen Biotopangebot, so zeigt sich die eindeutige Bevorzugung von Altbeständen, wobei die Unterschiede zwischen Angebot und Nutzung der Biotope statistisch abgesichert werden können (Spearman-Rang-Korrelation: Angebot zu Nutzung 1990: 0,33; 1991: 0,59; keine Signifikanz feststellbar).

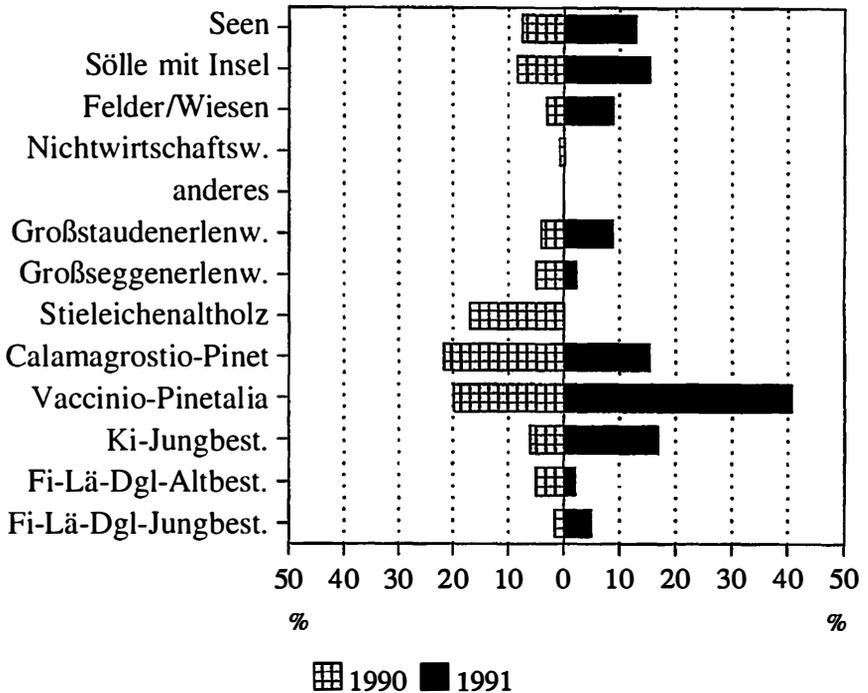


Abb. 5. Prozentuale Biotopnutzung in der Gesamtheit aller Tiere 1990 und 1991

Betrachtet man die Nutzung der einzelnen Biotope für die verschiedenen Aktivitäten, so zeigt sich, daß die Altholzbestände für alle Aktivitäten gleichermaßen genutzt werden, hingegen die Gewässer hauptsächlich für die Jagd.

Die Nutzung der zwei unterschiedenen Gewässertypen entspricht dem gleichmäßigen Auftreten beider Gewässertypen, d.h. es konnte keine absolute Bevorzugung einer von beiden Typen für die Jagd festgestellt werden. Allerdings liegen nur wenige Beobachtungen am einzigen nennenswerten größeren See vor, und wenn, dann zumeist an der W-Kante in der Winddeckung eines Douglasien-Altholzes oder über Stegen, vielmehr wurde an kleinen Seen (bis etwa 1 ha Größe) gejagt.

Abb. 6 zeigt, daß die Höhenklasse bis 25 m am stärksten genutzt wurde, bereits aber schon bis 20 m hohe Bestände eine größere Rolle für die Jagd spielten. Auch in der folgenden Höhenklasse bis 30 m war eine starke Nutzung gegeben, während besonders in den niedrigeren Beständen der Jagdfluganteil nahe Null lag (Spearman-Rang-Korrelationskoeffizient: Angebot zu Jagdnutzung: 0,67; Angebot zu Transfer: 0,69, keine Signifikanz).

Ein weiteres Kriterium für die Jagd der Zwergfledermäuse, die besonders im oberen Bereich der Krone jagen, sind die dort vorhandenen Freiräume. Diese lassen sich forstlich quantifizieren durch den Kronenschlußgrad oder den um etwa 1/10 höher liegenden Volumenschlußgrad. Es zeigte sich für beide Flugarten eine deutliche Bevorzugung der lichtereren Bestände, die einen Kronenschlußgrad von etwa 0.7 aufweisen. Dieses galt verstärkt für den Transferflug, zu erklären mit der höheren Flugeschwindigkeit.

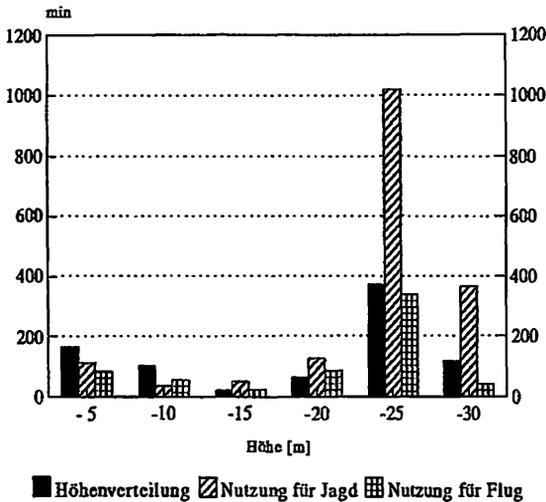


Abb. 6. Höhenverteilung und Nutzung der Höhenklassen durch die Zwergfledermäuse im Grambow Wald für Transfer- und Jagdflug.

#### 4.4.2. Die Biotopnutzung beeinflussende Faktoren

Es zeigte sich, daß die Bewölkung beim Besuch der Gewässer den stärksten Einfluß hat. Der Grund dafür ist im Verhalten der Insekten zu suchen. Weiterer Einflußfaktor ist die Temperatur. Die Nutzung der Erlenbrüche ist positiv mit dieser korreliert. Man kann also von einer verstärkten Nutzung der Gewässer bei niedrigeren Temperaturen ausgehen, was sich auch mit den visuellen Beobachtungen des Autors bei *Pipistrellus pipistrellus* und anderen Arten, z.B. bei *Nyctalus noctula*, deckt.

Die Nutzung der Jungbestände ist am stärksten von der Windrichtung und der Windstärke abhängig. Es zeigt sich die Meidung dieser Bereiche und das Ausweichen auf windberuhigtere Zonen, wie z.B. geschlossene Altbestände und deren Ränder.

#### 4.4.3. Quartiere

Es konnte festgestellt werden, daß das Gros aller Tagesquartiere im Dorf oder in Kunstquartieren (Fledermauskästen) lag und nur wenige Baumquartiere genutzt wurden. Entgegen den Gewohnheiten größerer Arten, die zumeist Spechthöhlen u.ä. nutzen (STRATMANN 1978), bevorzugt *Pipistrellus pipistrellus* Spaltenquartiere. Dem wird auch mit dem schmalen Innenraum der Fledermauskästen (25 mm) Rechnung getragen, der ebenfalls einen Bauch- und Rückenkontakt ermöglicht. Auch die Dorfquartiere weisen einen ähnlichen Charakter auf; es sind schmale Spalten. Die Baumquartiere waren meist in abgestorbenen, geschädigten oder sehr alten Bäumen, so in Überhältern und im Eichenaltholz. Für den Artenschutz ist somit wiederum die Bedeutung von Überhältern und einem Totholzanteil unübersehbar.

#### 4.4.4. Lage der Quartiere

Es ist von der räumlichen Lage her zu unterscheiden nach Quartieren im Dorf und Quartieren im Wald. Von den Dorfquartieren aus beziehen die Tiere die Kästen und Baumhöhlen im Frühjahr. Diese befinden sich selten direkt im Jagdgebiet, sind aber zumeist zwischen verschiedenen Jagdgebieten, im Westteil des Untersuchungsgebietes zwischen den Waldjagdgebieten und dem See mit angrenzenden Söllen. Der Weg in die Jagdgebiete verringert sich durch Bezug dieser Quartiere um bis zu 2 km, was für die Zwergfledermäuse im Untersuchungsgebiet im Gegensatz zu den weiter fliegenden Raauhautfledermäusen (EICHSTÄDT 1995) eine relativ weite Distanz darstellte. Gleichzeitig wurden aber bei Störungen, wie z.B. Beringung im Verlauf der Untersuchung, die Dorfquartiere wieder aufgesucht und trotz des weiteren Anfluges dieselben Jagdgebiete genutzt. Man kann also die Dorfquartiere am Rand des Grambow Waldes als die Stammquartiere ansehen, aus denen Teile der Gemeinschaft in der

Wochenstubezeit auf Grund der günstigeren Lage zu den Jagdgebieten in die Waldquartiere ziehen. Dabei befinden sich diese bis zu 3 km vom Dorf entfernt.

#### 4.5. Home-range

Tab. 6 zeigt die mittlere Größe des home-range und die Ausdehnung der Jagdgebiete.

Tabelle 6. Mittelwerte der Größen des home-range nach Harmonic-Mean und der maximalen Ausdehnung des Gebietes der einzelnen Tiere

	Fläche in ha, darunter Anzahl			Max. Ausdehnung in m
	50 %	75 %	90 %	
1990				
pro Tier	3,84	12,64	37,63	1275*670
pro Jdg. <sup>1</sup>	1,23	3,67	17,82	(max. 1900)
1991				
pro Tier	5,21	20,35	52,95	1395*695
pro Jdg. <sup>1</sup>	2,04	7,04	20,72	(max. 1950)

Die Angaben des home-range geben bei den Zwergfledermäusen die mittlere Größe der Jagdgebietsfläche wieder, da hier nur die Jagdbeobachtungen mit eingingen. Die maximale Ausdehnung gibt dagegen ein Maß für die Größe des Streifgebietes an.

Mehrere, sehr kleine Jagdgebiete, wie sie im Sommer gefunden wurden, deuten auf die auch beobachtete Jagdweise in kleinen Bahnen bzw. Runden und mit gelegentlichem Wechsel des Jagdgebietes hin. Dieses Jagdverhalten war besonders in den Altbeständen zu beobachten. Große Jagdgebiete und geringe Anzahl von diesen deuten dagegen auf den Anflug nur eines Jagdgebietes hin, was im Frühjahr im Vergleich zum Sommer großflächig abgesucht wird. Dies ist mit der Menge der Beutetiere in der Luft erklärbar. Im Frühjahr ist die Anzahl der Insekten in der Luft geringer, die Tiere jagen wahrscheinlich nach einer anderen Strategie. Zwischen den einzelnen Bereichen der Harmonic-Mean-Berechnung zeigen sich beträchtliche Unterschiede. Im 50 %-Bereich hat die Bewölkung den stärksten Einfluß. Dies ist mit der im Kapitel Biotopnutzung nachgewiesenen verstärkten Nutzung der Gewässer zu erklären, an denen z.T. auch mehrere Tiere auf engstem Raum jagten. Es wurde zumeist um einzelne abgestorbene Bäume oder in kurzen Bahnen entlang des Wassergrabens gejagt. Weitere positiv korrelierte Einflußfaktoren sind die Windstärke, Regen und negativ korreliert das Temperaturgefälle. So wird bei stärkerem Wind im Windschatten gejagt, das für die Jagd nutzbare Territorium geht somit zurück.

Der errechnete Mittelwert der Abstände zwischen den Jagdgebieten eines Tieres in einer Nacht von 515 m ist einerseits durch die Lage der als Jagdgebiete möglichen Biotope im Untersuchungsgebiet und andererseits durch die Schonungskomplexe, die das Revier begrenzen, beeinflusst. Es liegen aus anderen Gebieten Beobachtungen über weitere Flüge entlang von Baumreihen u.ä. vor.

#### 4.6. Exklusivität

Die Exklusivität bezeichnet den Raum, der nur von einer telemetrierten Zwergfledermaus genutzt wurde. Er ergibt sich hier aus der Anzahl der nur von dieser genutzten Raster und ist ein Maß für die Individualität der einzelnen Tiere. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurde die Exklusivität zunächst auf die Fläche (Flächenexklusivität) bezogen, jedes nur von

<sup>1</sup> hier Jagdgebiet

dem entsprechenden Tier genutzte Raster wurde einmal gezählt und in Beziehung gesetzt zu allen von diesem Tier genutzten Rastern. Als weiteres interessierte, ob diese Bereiche nur vereinzelt genutzt wurden oder aber eine echte Exklusivität in Bezug auf die Nutzung zum Nahrungserwerb bestand. Deshalb wurde die Exklusivität zusätzlich auf die Zeit bezogen (Zeitexklusivität). Dazu wurde die Anzahl der Beobachtungsminuten in den nur von diesem einen Tier genutzten Rastern zur Gesamtbeobachtungszeit des Tieres in Beziehung gesetzt. Die Ergebnisse sind in Tab. 7 zu ersehen. Es zeigt sich, daß beide ausgeschiedenen Arten der Exklusivität den gleichen Mittelwert haben (t-Test,  $\alpha = 0.05$ ). Das heißt, daß die mittlere Flächenexklusivität von 30 % einer alleinigen Nutzung dieses Bereiches auch von der Zeit her entspricht. Auch die Verteilung der Aktivitäten ist gleich zwischen beiden Bereichen.

Tabelle 7. Exklusivitätswerte der einzelnen Individuen 1990 und 1991 in Prozent

	Flächenexklusivität	Zeitexklusivität
Mittelwert	30.75	31.33
Standardabweichung	21.20	23.81

Die Biotopnutzung des Exklusivbereiches ist gekennzeichnet durch einen geringen Anteil an Gewässern. Höher war dagegen der Anteil an bewirtschafteten Altbeständen, in denen großflächiger verteilt und häufiger die Einzellokalität wechselnd gejagt wurde. Die Tiere nutzten dort verstärkt Einzeljagdgebiete, flogen aber oft im Verlauf der Nacht zu den Gewässern, an denen sich die Jagdgebiete dann überdecken.

#### 4.7. Aktivität

Der Ausflug der Tiere begann im Mittel 5 min nach Sonnenuntergang ( $s=10$  min, Minimum=24 min vor SU, Maximum=30 min nach SU). Eine Abhängigkeit von der Jahreszeit konnte nicht gefunden werden. Der Ausflug erfolgte nie bei Temperaturen unter  $5^{\circ}\text{C}$  oder bei Regen.

Die folgenden Aktivitäten unterteilen wir in Vorjagd-, 1.Hauptjagd- und weitere Jagdphasen, Rasten im Jagdgebiet und Rasten im Tagesquartier. Der gesamte Zeitraum, den ein Tier während der Nacht aktiv war, das Tagesquartier also verlassen hat, wird als Gesamtaktivitätszeit bezeichnet. Insgesamt betrug der Anteil der Jagdphasen an der Gesamtaktivitätszeit 64 %, der der Transferflugphasen 22 % und der der Rastphasen im Jagdgebiet 14 %. Besonders bemerkenswert war die geringere Gesamtaktivitätszeit in der engeren Wochenstubezeit, den letzten Tagen der Trächtigkeit und in den ersten Tagen der Sägezeit. Mit dem Ausflug der Jungtiere wurde die Aktivitätszeit wieder verlängert. Bei Auflösung der Wochenstube hatten die Tiere dann wieder sehr lange Aktivitätsphasen, die aber gleichzeitig von einem höheren Anteil sozialer Verhaltenskomponenten begleitet waren.

Schwierig erscheint die Deutung der in beiden Jahren beobachteten langen Gesamtaktivitätszeiten, verbunden mit dem Rasten im Jagdgebiet Ende Mai. In beiden Jahren herrschte schlechtes Wetter. 1991 jagte das Tier am Vortag bei zwar klarem, aber kaltem Wetter sehr kurz, wahrscheinlich erfolglos. Ob es sich hier um einen saisonalen Effekt in den letzten Tagen vor der engeren Wochenstubezeit, der dem Aufbau von Reserven dienen soll, oder um einen Einfluß der Witterung handelt, kann nicht gesagt werden.

Bei Betrachtung der einzelnen Jagdphasen zeigte sich:

- Viele Tiere zeigen zunächst nach dem Ausflug eine Vorjagdphase, bei der in der Nähe des Quartieres zwischen 1 und 17 min (Mittelwert: 6,38 min.  $n=13$ ) in einer Entfernung von 50 - 300 m vom Tagesstand gejagt wurde. Diese Phase konnte bei 40 % der Beobachtungen gefunden werden.

Die Transferflugzeit zwischen der Vorjagdphase und der ersten Hauptjagdphase lag im Mittel bei 6,3 min (Spannweite: 1 - 30 min).

Die erste Hauptjagdphase war gekennzeichnet durch längere Jagd an einem Ort oder auch an mehreren dicht beieinander liegenden Plätzen, wobei zumeist individuell, aber auch in Gruppen gejagt wurde. Sie hatte eine mittlere Länge von 38,7 min (Spannweite 11 - 125 min) und war vereinzelt von einzelnen Transferflugphasen mit sofortiger Rückkehr zum Jagdort, kurzen Wechseln in maximal 100 m entfernte, zumeist in derselben Vegetationsform liegende Jagdgebiete oder bis zu 3 min langem Rasten begleitet. Die eingelagerten Transferflugphasen betragen maximal 3. typisch 2 min.

- Die zweite Hauptjagdphase, die nur bei 55 % aller Beobachtungen nachgewiesen werden konnte, war gekennzeichnet durch einen Wechsel des Jagdgebietes oder auch längeres Rasten. Dieses fand während der Wochenstubenzeit in den Wochenstubenkästen statt, ansonsten wurden Spaltenquartiere im Jagdgebiet aufgesucht. Am häufigsten fand der Jagdgebietenwechsel zu Gewässern und Brüchen statt. Hier konnten etwa ab 40 min nach Ausflug mit dem Nachtsichtgerät größere Zahlen an Zwergfledermäusen über dem Bruch, um einzelne tote Bäume und entlang des Wassergrabens beobachtet werden. Die mittlere Länge der zweiten Jagdphase betrug 39,4 min, bei einer Spannweite von 11 - 110 min. Sie unterschied sich sig-nifikant nicht von der Länge der ersten Hauptjagdphase.
- Eine weitere Hauptjagdphase konnte nur bei 24 % der Beobachtungen festgestellt werden. Die mittlere Länge betrug 30 min (Spannweite 5 - 63 min). Damit ist diese Phase signifikant kürzer als die ersten beiden Hauptjagdphasen. Die Tiere flogen entweder vom Gewässer nochmals in ein Waldjagdgebiet oder verweilten auf den Rückweg zum Quartier nochmals länger in einem Gebiet. Bei zwei Beobachtungen (6 %) konnte auch noch eine 4. Jagdphase, die aber maximal 16 min betrug, festgestellt werden. Für sie gilt in Bezug auf das Verhalten das für die dritte Hauptjagdphase gesagte.
- In allen Jagdphasen konnte vereinzelt Rasten im Jagdgebiet oder auch zwischenzeitlich in den Kästen festgestellt werden. Die Länge betrug minimal 1, maximal 42 min (Mittelwert: 7,6 min), die mittlere Anzahl der Rastzeiten eines Tieres pro Beobachtungsnacht 1,6.
- Eine Witterungsabhängigkeit des Zeitregimes der Tiere läßt sich nur bezüglich der Niederschläge erkennen. Die Tiere verkürzten bei einsetzendem Regen die Jagd oder suchten bei Schauern Zwischenquartiere in der Nähe des jeweiligen Jagdgebietes auf.

Nur wenige Tiere jagten außerhalb der Wochenstubenzeit länger als 200 min. Es konnten nicht mehrere streng eingehaltene Ausflughphasen, wie z.B. bei *Nyctalus noctula*, gefunden werden. Vielmehr ist für die Zwergfledermäuse im Grambow Wald in der Wochenstubenzeit die Aktivität am Morgen vor Sonnenaufgang nicht nachweisbar. Vereinzelt Beobachtungen liegen vom Ende der Wochenstubenzeit vor.

#### 4.8. Energetische Betrachtungen

Es soll hier versucht werden, die vorher beschriebenen Ergebnisse energetisch zu werten. Dabei ist von einer Vielzahl von Voraussetzungen und Annahmen auszugehen, so daß es sich allenfalls um eine Tendenzdarstellung handeln kann.

Geht man von der von KUNZ (1988) angegebenen Gliederung des Energieverbrauchs und den von ihm aus Laborwerten angegebenen Verhältnissen der einzelnen Bestandteile am Gesamtverbrauch aus, so kann man folgende Gleichung für den täglichen Energieverbrauch (DEB) der Zwergfledermäuse aufstellen:

$$DEB = R + FF + FS + RF + FY + EG + ME$$

Dabei sind:

- DEB	- täglicher Energie- Verbrauch	zu errechnen
- R	- Energieverbrauch für Rast	etwa 5 % des DEB
- FF	- im Transferflug	nach JONES et al. (1987) 0.065 W
- FS	- im Jagdflug	0.027 W
- RF	- bei Rast im Jagdgebiet	wird wegen des geringen Anteils auf R zugeschlagen
- FY	- Flug mit Jungtier	wird „0“ angenommen, da nur einmal nachgewiesen
- EG	- Embryonenwachstum	wird je nach Embryonenstadium von 10 - 35 % des DEB gesteigert
- ME	- für Säugen	wird nach KUNZ mit 30 % des DEB angenommen

Der gesamte Energieoutput des Tieres ist über Energiezufuhr durch Nahrung in Form von Insekten zu decken. Diese Zufuhr wird nicht nur durch die Menge, sondern auch durch die Zusammensetzung der Nahrung, den verdaulichen Anteil und den Wassergehalt bestimmt.

Aus dieser Gleichung lassen sich durch nachfolgende Schritte Schätzungen für den Output berechnen, die den Energiehaushalt der Zwergfledermäuse betreffen:

1. Ermitteln der Zeiten, die das Tier pro Nacht mit den beiden Flugarten Transfer- bzw. Jagdflug verbringt.
2. Getrennt für beide Flugarten die Energieausgaben berechnen und diese addieren.
3. Schätzung des Anteiles an Energie, die für pränatales Embryonenwachstum bzw. Säugen der Jungen verbraucht wird, in Abhängigkeit vom Reproduktionszustand.
4. Errechnen des fehlenden Anteiles am DEB für Rasten und des gesamten DEB.

Damit ist der Energieoutput kalkuliert und kann dem Input, der auf folgendem Weg geschätzt wird, entgegengestellt werden:

1. Ermittlung der Nahrungszusammensetzung.
2. Abschätzung der Fanghäufigkeit und Berechnung der gefressenen Insektenmenge je Beutegruppe unter Annahme eines geschätzten Fangerfolges.
3. Unter Annahme der von KUNZ (1988) gegebenen Energiegehalte von Insekten und der aufgenommenen Menge der Nahrungsbestandteile Schätzung deren Energieaufnahme, abzüglich des unverwertbaren, und damit wieder als Kot ausgeschiedenen, Anteiles.

Mögliche Fehlerquellen sind in Tab. 8 aufgeführt und mit einer Schätzung des prozentualen Fehlers versehen.

Tabelle 8. Mögliche Fehlerquellen und geschätzter Fehler

Fehlerquelle	geschätzter Fehler
1. Schätzung des Outputs	
- bei der Ermittlung der Zeitanteile der Flugarten	2 %
- durch Variabilität der Fluggeschwindigkeit	5 %
- bei Schätzung des Anteils für EG bzw. ME	20 %
- durch Gleichstellung von RF und R	1 %
2. Schätzung des Inputs:	
- bei Ungenauigkeit der Nahrungsuntersuchung	5 %
- bei Berechnung der Häufigkeit der Buzzes	5 %
- bei Schätzung des Fangerfolges	20 %
- bei Berechnung der gefressenen Insektenmasse	10 %
- durch Annahme von Energie- und Wassergehalt der Insekten	5 %

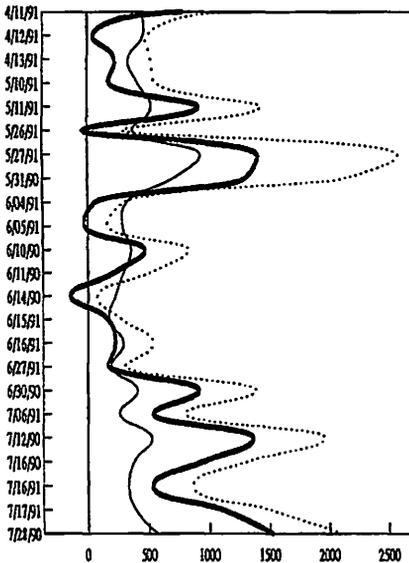
Damit lassen sich laut Fehlerfortpflanzungsgesetz für die Ermittlung des Outputs ein Fehler von 20,7 % und für die Berechnung des Inputs von 24 % errechnen. Angaben über das Vorzeichen des Gesamtfehlers sind auf Grund der vorliegenden Untersuchung nicht möglich.

Von dem errechneten Energiegehalt der Nahrung ist nun der Anteil zu subtrahieren, der als Kot wieder ausgeschieden wird. KUNZ (1988) gibt dafür bei *Myotis lucifugus* 19,25 kJ/g an. Es ist somit der Energieinput berechnet, der in Abb. 7 gemeinsam mit dem DEB und der Energiebilanz im Verlauf der Wochenstubenzeit dargestellt ist. Diese wurde errechnet nach:

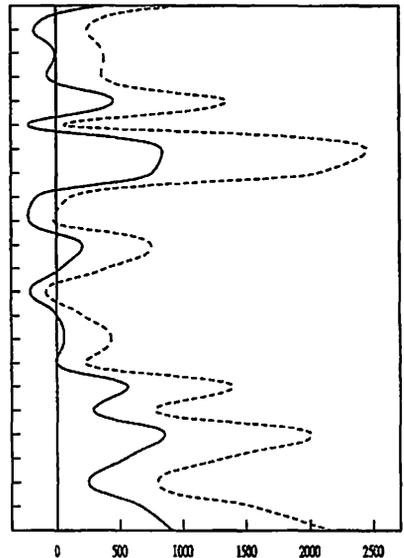
$$\text{Bilanz} = \text{Input} - \text{DEB (Output)}.$$

Berechnet man wiederum den nach Tab. 8 folgenden Fehler für den Input, so kommt man auf einen Bereich, der im folgenden die Ermittlung einer Minimal- und einer Maximalbilanz ermöglicht. Der Bereich zwischen diesen beiden Werten ist als wahrscheinlicher Bilanzwert anzunehmen. Beide Werte sind im Verlauf der Wochenstubenzeit in Abb. 8 dargestellt.

DATUM



- DEB ... ENERGIE-INPUT - ENERGIEBILANZ



- MINIMALBILANZ ... MAXIMALBILANZ

Abb. 7. Tägliche Energieausgabe (DEB), Energieinput und Bilanz im Verlauf der Wochenstubenzeit

Abb. 8. Minimal- und Maximalenergiebilanz im Verlauf der Wochenstubenzeit

Mit den angegebenen Daten ist bei aller Unsicherheit doch eine Tendenz gut ersichtlich. Vor und nach der Wochenstubenzeit leben die Tiere mit einer positiven Energiebilanz, die sich nur in der Wochenstubenzeit der „0“-Linie nähert, diese aber nur geringfügig unterschreitet. Das ist auf die kurzen Jagdzeiten bei gleichzeitig erhöhter Energieausgabe durch die Jungenaufzucht zurückzuführen. Die Minimalbilanz sinkt in diesem Zeitraum z.T. stärker unter „0“.

Die aus Abb. 7 ersichtliche positive Bilanz im Frühjahr scheint überschätzt, da nicht anzunehmen ist, daß die Tiere gleich dem August 450 Insekten/100 min fangen können, sondern vielmehr die Insektdichte und damit auch die Fangrate unter diesem Wert liegen dürfte.

Nach Ende der engeren Wochenstubenzeit Ende Juni steigt die Energiebilanz wieder stetig bis zur Auflösung der Wochenstuben an.

## 5. Diskussion

### 5.1. Nahrungszusammensetzung und Jagdstrategie

Die Kotsammlungen von 1989 stellen erstmals für *Pipistrellus pipistrellus* eine Jahresrhythmik der Nahrungszusammensetzung dar. Dabei gleichen sich die Mittelwerte dieser weitestgehend mit denen anderer Autoren (SWIFT et al. 1985), die ebenfalls die dominierende Rolle der Chironomiden darstellten. Es folgt aus der Berechnung der Rang-Korrelation, daß die beiden Nahrungsuntersuchungen signifikant nicht gleich sind. Das kann wie bereits erwähnt an der Methodik und am anderen Nahrungsspektrum in Schottland liegen.

SWIFT et al. (1985) nimmt für die Art eine opportunistische Jagdweise an, d.h., es wird gefressen, was im Angebot ist und kaum ausgewählt. Das würde aber heißen, daß zwischen den einzelnen Jagdgebieten im Kreis Pasewalk auch signifikante Unterschiede nachweisbar sein müßten, denn es ist anzunehmen, daß sich das Insektenangebot der relativ verschiedenen Kotsammelgebiete unterscheidet. Es wurden aus diesem Grund die Mittelwerte aller Beutegruppen pro Kasten mittels Rang-Korrelation verglichen. Es konnte ein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Daraus würde folgen, daß die Zwergfledermäuse im Kreis Pasewalk wohl mehr selektiv als opportunistisch jagen, was der Aussage von SWIFT et al. (1985) entgegensteht.

Auf eine Änderung der Jagdstrategie im Jahresverlauf deutet z.B. der hohe Anteil an *Brachycera* im April 1989 hin, ebenso der steigende Anteil an *Lepidoptera* in der Sommermitte. Es könnte sein, daß bei gutem Nahrungsangebot die Tiere mehr selektiv, in Notzeiten dagegen mehr opportunistisch jagen. Um das zu überprüfen, wurden für die einzelnen Daten die Kästen miteinander mittels Rang-Korrelation verglichen. Anschließend wurden die Signifikanzniveaus ausgezählt. Es zeigt sich, daß nahezu alle Proben eines Datums von verschiedenen Orten sich in der Nahrungszusammensetzung ähnelten, wobei im Sommer nie ein Signifikanzniveau von 0,01 unterschritten wurde. Das würde bedeuten, daß in dieser Zeit die opportunistische Jagdweise geringer wäre als im Frühjahr.

Unterscheidet man die einzelnen Beutegruppen, so mag die Feststellung von SWIFT et al. (1985) wohl für die *Nematocera* und *Trichoptera* zutreffend sein, gleichzeitig würde damit aber die hier früher vermutete Bevorzugung von *Lepidoptera* nicht bestätigt. Auch hier könnte es sich um methodische Probleme, z.B. die Selektivität der Insektenfalle, handeln.

ANTHONY & KUNZ (1977) beschreiben ähnliches Verhalten für die ökologisch etwa gleichgestellte Art *Myotis lucifugus* in New Hampshire. Adulte ♀♀ jagten selektiv in Zeiten ohne Energiestreß. Trächtige ♀♀, die auch weniger fraßen, jagten mehr opportunistisch. Zieht man dies mit in Betracht, so wird der deutliche Anstieg des Anteils des Signifikanzniveaus „0,001“ erklärbar, der direkt nach Geburt der Jungen eintritt. Die Tiere sind einerseits beweglicher und andererseits liegt ein ausreichendes Nahrungsangebot vor.

Bliebe weiterhin die Frage, wonach selektiert wird. Die Insekten werden wohl zunächst nach Größe und Flügelschlagfrequenz sowie weiteren Flugparametern, wie Flugeschwindigkeit

und Verhalten bei der Annäherung, ausgewählt. Die Erfolgsrate für schneller fliegende Insekten oder solche mit Ausweichmanövern wäre hingegen geringer bei gleichzeitig steigendem Aufwand. Größe und Fluggeschwindigkeit nennen auch TURNER & ROSE (1989) für die Selektion der Schwalbenarten und räumen dieser größere Bedeutung ein als die Auswahl nach den Insektentaxa. Betrachtet man die Nahrungsanalysen der Zwergfledermäuse, so müssen unter Zuhilfenahme der obigen Selektionsmechanismen auch Erfahrungswerte und Bevorzugung von Taxa in größerem Umfang mit in die Auswahl der Nahrung und der Nahrungsgebiete eingehen.

Ein weiterer zu diskutierender Punkt ist die von Dr. A. SCHMIDT (mdl.) aufgestellte „Mückentheorie“, die dieser allerdings auf *Pipistrellus nathusii* bezieht. Er untersuchte die Besiedlung märkischer Kiefernforsten nach Einsatz von Fledermauskästen und führte die nur schleppende Besiedlung der trockenen, altholzarmen Wälder auf den Mangel an Nahrung zurück. Es seien besonders die Waldmücken, die in ihrer Entwicklung an das nicht vorhandene Wasser gebunden sind. Überträgt man diese Theorie auf *Pipistrellus pipistrellus*, so stellt sich zunächst die Frage, wie weit die Fledermäuse zu den Nahrungsgebieten fliegen. Bei *Pipistrellus nathusii* als ziehender Art kann von weiteren Flügen (bis zu 12 km, EICHSTÄDT 1995) zu den Nahrungsgebieten ausgegangen werden, so daß die Theorie doch zweifelhaft erscheint. Die Zwergfledermäuse im Grambow Wald hingegen zeigten eine deutliche Abgrenzung des Revieres durch Freiflächen. Es ist anzunehmen, daß sie nicht so weit fliegen. Das würde heißen, daß sie sich in der trockenen Kiefernheide ernähren müßten. Die Ernährungsprobleme sind weniger in der engeren Wochenstubenzeit vorhanden, wenn das Insektenangebot ausreichend ist, sondern vielmehr zu Beginn und zu Ende der Vegetationsperiode. Dann ist das Angebot an Schmetterlingen u.ä. schlecht, und es fehlen die Waldmücken als Grundnahrung. Die Tiere sind nicht mehr in der Lage, und dies trotz opportunistischer Jagdweise, die Notzeiten zu überbrücken. Da dies auch die Phase der Besiedlung der Kästen durch die ♀♀ im Frühjahr betrifft, kommt es im Jahresverlauf nicht zur Ausbildung von Wochenstuben, sodaß auch die Quartiersuchphase der ausgeflogenen Jungtiere und damit eine weitere Verbreitung der Kenntnis des Höhlenangebotes dieses Gebietes entfällt.

## 5.2. N a h r u n g s m e n g e

Im Rahmen dieser Untersuchung wurde versucht, die Nahrungsmenge zu schätzen. Die meisten Autoren schätzen die Anzahl der Buzzes pro Minute (SACHTLEBEN 1988; RACEY & SWIFT 1985; RYDELL 1989). Alle Ergebnisse schwanken zwischen 2 und 10 Buzzes/min, was mit den Ergebnissen dieser Untersuchung übereinstimmt. Kritisch erscheint allerdings die Verwendung der im August ermittelten Anzahl von 9 Buzzes/min über das ganze Jahr hinweg. So stellen RACEY & SWIFT (1985) für *Pipistrellus pipistrellus* ebenso wie RYDELL (1989) für *Eptesicus nilsoni* eine Abhängigkeit der Buzzes-Zahl von Temperatur bzw. dem mit der Temperatur korrelierten Insektenflug dar. Das würde heißen, daß besonders an kalten Tagen die hier geschätzte Nahrungsmenge zu hoch wäre. Zwar wurde ein Fehlerintervall geschätzt, aber ob dies besonders im Frühjahr ausreichend ist, ist fraglich.

Noch problematischer ist die Einschätzung des Fangerfolges. KALKO (1991) gibt dazu nur Hinweise, nennt aber Möglichkeiten für negative Jagdversuche. Für *Myotis daubentoni* geben KALKO & BRAUN (1991) eine Schätzung von 50 % Erfolgen, bei gleichzeitig sehr hoher Anzahl von Buzzes/min. Es ist eine Vielzahl von Ursachen für Schwankungen der Erfolgsrate denkbar, so unterschiedliche Nahrungsangebote, verschiedene Umweltbedingungen, wie Wind u.ä., und individuelle Fertigkeiten der einzelnen Fledermaus.

Die aus diesen Vorgaben und der Zusammensetzung berechnete Nahrungsmenge deckt sich in der Größenordnung mit den Angaben von ANTHONY & KUNZ (1977) für *Myotis lucifugus*. Sie beschreiben einen Unterschied in der Nahrungsmenge vor und nach der Geburt der Jungtiere

von 0,7 g, wobei jeweils 60 - 80 % der gesamten Nahrungsmenge in den ersten 2 Stunden aufgenommen wurden. Auch bei *Myotis velifer* beschreibt KUNZ (1974), daß in den letzten Tagen der Trächtigkeit die Nahrungsmenge reduziert wird. GEBHARD (1985) nennt 1/3 des Körpergewichtes als benötigte Nahrungsmenge pro Nacht für Fledermäuse, was bei *Pipistrellus pipistrellus* etwa 2 g entsprechen würde. Für diese Menge brauchten die Tiere, wie im Kapitel Nahrungszusammensetzung nachgewiesen, im Sommer etwa 50 - 60 min. Diese im Gegensatz zu der Angabe von KALKO & BRAUN (1991) bei der Wasserfledermaus von 1,75 - 3,5 Stunden stehende, relativ kurze Zeit kommt durch die Anteile größerer Insekten zustande. So bedeutet ein Schmetterling von etwa 20 mg 8 - 10 mal weniger Jagdversuche als auf eine 2,2 mg schwere Mücke (GRIFFIN et al. 1960). Dementsprechend kann die Jagdzeit auch im Sommer bei gleichzeitiger selektiver Jagdweise ausreichen, hingegen in den Notzeiten eine opportunistische Jagdweise nötig werden. Dies würde aber auch heißen, daß im Sommer mehr Insekten mittels akustischem Image zunächst detektiert sowie deren „Freibeignung“ bestimmt werden (SCHNITZLER et al. 1983) und danach der Fangversuch bei „Nicht-Selektion“ abgebrochen würde. Daraus folgt wiederum ein Absinken der imaginären Erfolgsrate unter 50 %. Dann allerdings wäre in der engeren Wochenstubezeit die sehr kurze Jagd wohl kaum möglich, so daß eher anzunehmen ist, daß die Erfolgsrate beim Fang kleiner Insekten, wie *Nematocera*, die auch mehr dem opportunistischen Nahrungsteil zuzuordnen sind, höher als 50 % liegt. Effektiv liegen die Schätzungen der Masse der gefressenen Insekten aber über 1/3 der Körpermasse der Fledermäuse, zumeist etwa bei der Hälfte des Körpergewichtes. Das ist auch in der Zeit direkt vor der Geburt der Jungen so, und trotz allem liegt die Energiebilanz in dieser Zeit in der Nähe der „0“-Bilanz. Daraus würde folgen, daß die Tiere wohl mehr als 1/3 der Körpermasse fressen, der Stoffabbau aber relativ schnell vonstatten geht. BUCHLER (1975) gibt zur Darmpassagezeit bei *Myotis lucifugus* bei einer Abhängigkeit von der Aktivität eine Zeit von etwa 30 min an. Betrachtet man dann die mittlere Gesamtaktivitätszeit der Zwergfledermäuse von 161 min, so wird deutlich, daß bei weitem nicht aller Kot erst an den Rastplätzen abgeschieden wird, sondern vielmehr das Gewicht der aufgenommenen Nahrung bereits wieder bis zu 2/3 ausgeschieden wurde. Betrachtet man unter diesem Gesichtspunkt die Angaben von KUNZ (1974), der schreibt, daß die gefressene Nahrungsmenge bei *Myotis velifer* im Frühjahr und Herbst geringer war als im Sommer, so könnte dies auch an der längeren Jagdzeit der Tiere und dem höheren Verlust an aufgenommener Masse während dieser gelegen haben.

Insgesamt liegen diesem Gebiet eine Vielzahl von unbekanntem oder schwer bestimmbar Annahmen zu Grunde, so daß alle Versuche nur Tendenzen aufzeigen und keine absoluten Zahlen liefern können.

### 5.3. Habitatnutzung

Eine Vielzahl von Autoren, besonders in Standardwerken, betont die große ökologische Anpassungsfähigkeit von *Pipistrellus pipistrellus* (SCHÖBER & GRIMMBERGER 1987). Oft wird von den Autoren die Anbindung an die ländliche Ortschaft betont, die neben den zahlreichen Quartiermöglichkeiten auch Jagdgebiete mit ausreichender Insektennahrung bietet (NATUSCHKE 1960). Man kann sich dieser Meinung, was die Quartierwahl betrifft, sofort anschließen, doch zeigten die Tiere im Grambow Wald ein etwas anderes Jagdverhalten. Sie bevorzugten den nahen Forst für die Jagd. Aber es liegt aus dem Gebiet des Kreises Pasewalk auch eine Vielzahl von Detektorbeobachtungen jagender *Pipistrellus spec.* aus anderen Habitaten vor (EICHSTÄDT 1989). Es werden nahezu alle Landschaftsstrukturen genutzt, die einen Kontakt zu einer Busch- oder Baumvegetation aufweisen. Das deckt sich auch mit den Ergebnissen von RACEY et al. (1985), die eine Zwergfledermausgemeinschaft bei der Jagd an der Ufervegetation, über dem Wasser und um Bäume herum beobachteten. Sie führten die Wahl der Jagdorte wie auch

NATUSCHKE (1960) auf das besonders starke Angebot an Insekten zurück. Dabei verteilen sich die Individuen in Drumore, einem anderen von RACEY et al. (1985) untersuchten Gebiet, auf alle Bereiche des Waldlandes und Uferhabitates. Es zeigt sich, daß auch hier das Wasser einen entscheidenden Faktor darstellt. Das dürfte an dem besonders hohen Angebot von *Chironomidae*, der anzahlmäßig am häufigsten genutzte Nahrung, liegen.

Gleichzeitig stellt sich aber die Frage, warum die Tiere des Grambower Waldes im Sommer zumeist erst in die Wälder oder Erlenbrüche zur Jagd fliegen und erst die zweite Jagdphase sie an die Gewässer führt. Geht man von der weiter oben genannten Theorie aus, daß *Lepidoptera* bevorzugt werden, so könnte es sein, daß die Tiere zunächst in den Wäldern versuchen, diese verstärkt zu erbeuten. Wenn das nach einer bestimmten Zeit nicht gelungen ist oder ausreicht, fliegen sie an die Gewässer, wo günstige Möglichkeiten für die Jagd auf die reichlich vorhandenen *Nematocera* bestehen, und fressen sich daran satt. Dies entfällt in der engeren Wochenstubenzeit.

Nur einmal konnte sicher beobachtet werden, daß ein Tier über den Gewässern trank. Auch bei sehr warmem Wetter gelang es nicht, die oft genannte Vermutung, daß die Tiere nach dem Ausflug sofort an ein Gewässer zum Trinken fliegen und danach erst mit der Jagd beginnen, zu bestätigen.

Die Quartierauswahl der Zwergfledermäuse des Grambower Waldes entspricht der in der Literatur angegebenen. Sowohl NATUSCHKE (1960) als auch SCHÖBER & GRIMMBERGER (1987) beschreiben für *Pipistrellus pipistrellus* Spaltenquartiere als typisch, die einen Bauch- und Rückenkontakt ermöglichen. Besonders NATUSCHKE (1960) nennt dabei eine Vielzahl von Quartiermöglichkeiten in Dörfern, die auch z.T. weit über das von BLAB (1984) angegebene Schema der Besiedlung eines Gebäudes hinausreichen. Auch GRIMMBERGER & BORK (1978) konnten in Gebäuden keinen anderen Quartiertyp als Spaltenquartiere entdecken. Somit scheint die Quartierbereitstellung in den Bauern-Dörfern im Nord-Osten Deutschlands kein Problem zu sein. Ebenso bieten aber auch die in den Städten existierenden Neubauten mit ihren zahlreichen Spalten gute Quartiermöglichkeiten.

#### 5.4. Home-range und Revier

Mit der Abschätzung des home-range sollte versucht werden, die Gebietsausdehnung und Fläche des Einzeltieres abzuschätzen. Faßt man die Ergebnisse zusammen, so fällt zunächst die Abgrenzung des Untersuchungsgebietes durch die Schonungen und Felder auf. Es zeigt sich, daß selbst so mobile Säugerarten, wie die Zwergfledermäuse, in ihren Bewegungen durch übergroße forstliche Kahlschläge und ungliederte Landschaft gehemmt werden und durch Verbundnetze und kleinflächige bis kahlschlaglose Waldwirtschaft gefördert werden, wobei es aber beträchtliche Unterschiede zu anderen Fledermausarten gibt. So kann man davon ausgehen, daß alle ziehenden Arten diese Freiflächen problemlos überfliegen (EICHSTÄDT 1995, KRONWITTER 1988). Damit ist auch bereits in Zusammenhang mit den Ergebnissen des Kapitels Habitatnutzung eine Beschränkung der Besiedlung großer Waldgebiete durch die Zwergfledermaus gegeben. Werden diese durch große Kahlschläge o.ä. aufgetrennt und ist in deren Randbereichen keine Möglichkeit zur Jagd an Gewässern, so sind die Tiere in diesen Gebieten auch bei nahezu immer vorhandenem Spaltenangebot nicht in der Lage, eigene Wochenstuben zu bilden. Das trifft auch zu, wenn sie nicht über lineare Landschaftselemente aus dem Umland zu erreichen sind.

Nicht gefunden werden konnte eine Aufteilung des Gesamtgebietes unter die ♀♀, wie sie z.B. LIEGL & HELVERSEN (1987) bei *Myotis myotis* oder auch GORKE & BRANDL (1986) für *Larus ridibundus* postulieren. Trotz mehrerer kleinerer Wochenstubengemeinschaften jagten diese zumeist in denselben Jagdgebieten, und es konnte nur ein Drittel an Exklusivflächen gefunden werden. Dies deutet nicht auf eine direkte intraspezifische Nahrungskonkurrenz hin.

### 5.5. Energetik

Immer noch sind energetische Betrachtungen im Freiland stark fehlerbehaftet. Auch in dieser Untersuchung gibt es eine Vielzahl von Ungenauigkeiten. So kann die vorliegende Untersuchung nur Tendenzen aufzeigen, die sich allerdings im Gegensatz zu Laboruntersuchungen (z.B. SPEAKMAN et al. 1989) aus felddbiologischen Ausgangsparametern ergeben. Als Urdaten sind in dieser Untersuchung die Zeiten der Aktivitäten im Tagesablauf verwendet worden. Dazu kommt eine Vielzahl von Annahmen über den Energieverbrauch für Reproduktion u.ä., die sich auf Untersuchungen anderer Autoren mit dort möglichen Fehlern stützen (z.B. SPEAKMAN & RACEY 1987). Eine weitere Ungenauigkeit ist die Vernachlässigung der Belastung der Tiere durch das Gewicht der Sender. RAYNER et al. (1987) ermittelten bei Zuladung von 6,7 % des Körpergewichtes an *Eptesicus serotinus* eine zusätzlich zu erbringende Gesamtleistung der Muskulatur von 50 %. Da sich die telemetrierten Tiere aber im Verhalten und im Zeitregime nicht von unbelasteten unterschieden, erscheint ein Verallgemeinern der Tendenzen möglich.

Vergleicht man die Gesamtaktivitätszeiten mit den Angaben von RACEY et al. (1987), fallen die um ein Vielfaches längeren Aktivitätszeiten nördlich des siebenundfünfzigsten Breitengrades auf. Wahrscheinlich haben die Zwergfledermäuse im Untersuchungsgebiet bei höheren Tagesmitteltemperaturen und einem höheren Nahrungsangebot die Möglichkeit, den energetischen Bedarf in kürzerer Zeit zu decken. Das würde heißen, daß das Zeitregime in der Wochenstubenzeit auf einen minimalen Zeitverbrauch für die Jagd optimiert ist. Unter nochmaliger Betrachtung der langen Jagdzeiten in Schottland erscheint es möglich, daß dortige Zwergfledermäuse in ihrer Energiebilanz tiefer liegen, was sich auf die Reproduktion auswirkt. Die Ausgaben für die langanhaltenden Flugaktionen ständen einer geringeren Insektdichte und damit einem geringeren Input gegenüber. Erklärbar wäre damit auch das von SWIFT et al. (1985) postulierte, überwiegend opportunistische Jagdverhalten der Art, besonders die strenge Korrelation von *Nematocera*, also der hier als Grundnahrung bezeichneten Insekten. In dieses Bild passen auch die kürzeren Ausflugszeiten, die WALTON aus Wales und STEBBINGS (1968) aus England nennen.

### Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit werden Ergebnisse einer freilandökologischen Studie zur Nahrungsökologie der Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*) aus dem Nordosten Deutschlands, Landkreis Pasewalk, vorgestellt.

Die untersuchten Wochenstuben mit maximal 35 ♀♀ waren zumeist in Fledermauskästen beheimatet und zeitlich auf den Bereich zwischen April und August beschränkt. Danach gab es einzelne Paarungsgruppen, die aber nur geringe Größen erreichten. Die Tiere besiedelten die Fledermauskästen im Wald vom Dorfher und zogen sich bei Störungen auch dorthin wieder zurück. Die Jungenzahl betrug 1,12 pro ♀ bei Gleichverteilung der Geschlechter.

In drei Waldgebieten wurde unter Wochenstuben Kot auf gesammelt und die Zusammensetzung der Nahrung analysiert. *Nematocera* stellten über die Hälfte der Beute. Sie sind die Grundnahrung der Zwergfledermäuse. Im Sommer werden dem Angebotentsprechend *Lepidoptera* (bis 28 %) und *Coleoptera* (bis 24 %) gefressen, der *Nematocera*-Anteil geht zurück. Weitere Bestandteile der Nahrung sind *Planipennia*, *Trichoptera*, *Hymenoptera* und *Brachycera*. Die Größe der Insekten überschreitet selten 10 mm. Klare Unterschiede in der Zusammensetzung der Nahrung der einzelnen Gemeinschaften auf Grund des Nahrungsangebotes in den verschieden strukturierten Waldgebieten konnten nicht gefunden werden. Dieses wird als Hinweis auf eine mehr selektive als opportunistische Jagdweise gedeutet, wobei jahreszeitliche Unterschiede bestehen.

Mittels Ultraschallaufnahmen wurde die Anzahl der Terminalphasen bestimmt (9/min). Aus dieser und aus einer Schätzung der Erfolgsrate bei Jagdversuchen von etwa 50 % folgt eine Aufnahme von 450 Insekten in 100 min. Die resultierende tägliche Nahrungsmenge beträgt etwa 1/3 bis 1/2 der Körpermasse.

Durch Telemetrie wurden im Grambow Wald die Flugrouten und das Aktivitätsmuster von 22 Tieren erfaßt. Daraus ergeben sich für die Nutzung der Biotope eine Bevorzugung von Altbeständen (50 - 60 %) und Gewässern (15-30 %). In

den Beständen wird hauptsächlich in Freiräumen von Althölzern in der oberen Baumschicht gejagt. Beim Transferflug orientieren sich die Tiere meist an linearen Landschaftselementen. Gemieden werden größere Freiflächen, wie z.B. Schonungen.

Das home-range der Tiere wurde mittels harmonic-mean-Transformation berechnet. Es ist durch die relativ begrenzten Jagdgebiete klein (ca. 5 ha, 50 %). Die Gesamtausdehnung des genutzten Gebietes beträgt aber maximal 2000 m, wobei im Untersuchungsgebiet eine Begrenzung durch einen Schonungskomplex gegeben ist. Zwischen nacheinander angeflogenen Jagdgebieten lagen im Durchschnitt 515 m. Die Exklusivität als Maß der intraspezifischen Teilung der Nahrungsressourcen wurde mit etwa 30 % angegeben, die Exklusivflächen liegen hauptsächlich in den Altbeständen, es ist keine Ressourcenknappheit erkennbar.

Die Tiere flogen im Durchschnitt 5 min nach Sonnenuntergang aus. Es folgte meist eine Vorjagdphase (im Mittel 6.3 min). Weiterhin konnten mehrere Hauptjagdphasen gefunden werden, die erste und zweite waren durchschnittlich 39 min lang, die dritte nur 16 min. Die individuellen Unterschiede in der Zeitschematik der einzelnen Tiere überwogen. In der Wochenstubezeit verkürzte sich die Gesamtaktivitätszeit um mehr als die Hälfte.

Mit den vorhandenen Daten wurde der Energiehaushalt der Zwergfledermäuse, folgend aus Input über Nahrung und Output, durch Aktivitäten geschätzt. Nach den nur Tendenzen zeigenden Berechnungen trat im Frühjahr und in der engeren Wochenstubezeit eine Annäherung an eine Negativbilanz auf, diese wird im Frühjahr durch geringere Insektdichte und im Sommer durch kurze Jagdzeiten infolge der Jungenaufzucht hervorgerufen.

Die Ergebnisse werden aus nahrungsökologischer Sicht diskutiert, wobei besonders mit Beobachtungen aus Schottland (RACEY et al. 1985) von Tieren an der nördlichen Verbreitungsgrenze der Zwergfledermaus verglichen wird.

## S u m m a r y

In the paper results of a field study on the feeding ecology of pipistrelle bat (*Pipistrellus pipistrellus*) from North-East-Germany (district Pasewalk) are presented.

The analyzed community with a maximum size of 35 adult females colonized mostly bat boxes from april to august. Later community structure changed to small mating colonies. The bats occupied the bat-boxes from the roost in the village and retired in the case of disturbance to the village. The number of juveniles amounted to 1.12 per female, the relations of sex was equal.

To determine the prey spectrum of bats in three forests faeces were collected below bat-boxes. *Nematocera* provided more than 50 percent of the diet and thus constitute the main component of the feeding substrate of pipistrelle bats. In summer bats fed more on *Lepidoptera* (in maximum 28 %) and *Coleoptera* (in maximum 24 %), the part of *Nematocera* decreased. Other ingredients of the diet were *Planipennia*, *Hymenoptera*, *Trichoptera* and *Brachycera*. Scarcely, prey size exceeded 10 mm bodylength. Significant differences in the prey spectrum of pipistrelles from different forest areas were not registered. This fact indicates rather a more selective than an opportunistic feeding behaviour, seasonal differences existed.

A number of 9 terminal buzzes per minute were analyzed by ultrasound recordings. Based on these data and on an estimation of the foraging success rate of 50 percent an uptake rate of 450 insects per 100 minutes is following. The resulted biomass of diet is 30 to 50 percent of body weight of the bats.

Room-time-structure of 22 pipistrelle bats were analyzed by radio tracking. From this observations a habitat-use of old forests (50 - 60%) and lakes (15 - 30%) followed. In the forests bats foraged mostly in free areas of the stratum. In transfer-flight they orientated mostly on linear landscape structures. Bats avoided free structures, for instance tree nurseries.

The home-range of animals was calculate with harmonic-mean-transformation. It was relative small (ca 50 ha, 50%) because the foraging areas are strictly limited. The whole range of the used area was 2000 m, in which the limitations was given by big tree nursery complexes. Between two following foraging areas the mean distance amount was 515 m. The exclusivity as a measurement of intraspecific partition of foraging resources was estimated with 30 percent, exclusively used areas mostly positioned in old forests. A limitation of resources was not to found.

The pipistrelle bats started on average 5 minutes after sundown. It followed a first foraging phase (mean 6.3 min). The following two foraging phases lasted on average 39 min, the fourth 16 min. The individual differences between the animals predominated. In the phase of nursery the whole activity time decreased to the half.

Whith all this data the energy budget of pipistrelle bats were estimated followig from input by diet and output by activities. In earlierspring and in nursery time the daily energy budget tended to a negativ level. In spring this resulted from a small insects density and in the summer from shorter foraging times of the females.

All results of this study were discussed from the view of feeding ecology, compared especially with results from the northern distribution border of this bat (RACEY et al. 1985).

## S c h r i f t t u m

- ANTHONY, E. L. P., & KUNZ, T. H. (1977): Feeding strategies of the Little Brown Bat, *Myotis lucifugus*, in southern New Hampshire. *Ecology* **58**, 775-786.
- BLAB, J. (1984): Grundlagen des Biotopschutzes für Tiere. Schr.-R. Landschaftspf. Natursch. **24**. Bonn-Bad Godesberg.
- BUCHLER, E. R. (1975): Food transit time in *Myotis lucifugus* (*Chiroptera: Vespertilionidae*). *Journ. Mamm.* **56**, 252-255.
- EICHSTÄDT, H. (1989): Erste Erfahrungen mit einem selbstgebauten Fledermaus-Detektor. *Populationsökologie von Fledermausarten. Wiss. Beitr. Univ. Halle* **1989/20 (P36)**, 329-338.
- (1995): Ressourcennutzung und Nischengestaltung einer Fledermausgemeinschaft im Nordosten Brandenburgs. Diss. TU Dresden.
- GEBHARD, J. (1985): Unsere Fledermäuse. Veröffentlichung aus dem Naturhistorischen Museum Basel. Nr. **10**, 2. Aufl., Basel.
- GORKE, M., & BRANDL, R. (1986): How to live in colonies: spatial foraging strategies of the black headed gull. *Oecologia* **70**, 288-290.
- GRIFFIN, D. R. (1958): *Listening in the dark*. Yale Univ. Press, New Haven.
- , WEBSTER, F. A., & MICHAEL, C. R. (1960): The echolocation of flying insects by bats. *Anim. Behav.* **8**, 141-154.
- GRIMMBERGER, E., & BORK, H. (1978, 1979): Untersuchungen zur Biologie, Ökologie und Populationsdynamik der Zwergfledermaus, *Pipistrellus p. pipistrellus* (Schreber 1774), in einer großen Population im Norden der DDR. *Nyctalus (N.F.)* **1**, 55-73, 122-136.
- JONES, J., & RAYNER, J. M. V. (1987): Optimal flight speed in pipistrelle bats (*Pipistrellus pipistrellus*). In: HANÁK, V. et al.: *European bat research*. Charles Univ. Press Praha, 247-253.
- KALKO, E. (1991): Das Echoortungs- und Jagdverhalten der drei europäischen Zwergfledermausarten, *Pipistrellus pipistrellus* (Schreber, 1774), *Pipistrellus nathusii* (Keyserling et Blasius, 1839) und *Pipistrellus kuhli* (Kuhl, 1819), im Freiland. Diss. Univ. Tübingen.
- , & BRAUN, M. (1991): Foraging areas as an important factor in bat conservation: estimated capture attempts and success rate of *Myotis daubentoni* (Kuhl, 1819). *Myotis* **29**, 55-60.
- KRONWITZER, F. (1988): Population structure, habitat use and activity patterns of the noctule bat, *Nyctalus noctula* Schreb., 1774 (*Chiroptera: Vespertilionidae*) revealed by radio tracking. *Ibid.* **26**, 23-85.
- KUNZ, T. H. (1974): Feeding ecology of a temperate insectivorous bat (*Myotis velifer*). *Ecology* **55**, 693-711.
- (1988): *Ecological and Behavioral Methods for the Study of Bats*. Smithsonian Inst. Press, Washington, London.
- KURSKOV, A. N. (1981): *Bats of Belorussia*. Minsk (russ.).
- LEGL, A., & HELVERSEN, O. v. (1987): Jagdgebiet eines Mausohrs (*Myotis myotis*) weitab von der Wochenstube. *Myotis* **25**, 71-76.
- NATUSCHKE, G. (1960): *Heimische Fledermäuse*. Neue Brehm-Bücherei Bd. **269**. Wittenberg Lutherstadt.
- RACEY, P. A., & SWIFT, S. M. (1985): Feeding ecology of *Pipistrellus pipistrellus* (*Chiroptera, Vesp.*) during pregnancy and lactation. I. Foraging behaviour. *J. Anim. Ecol.* **54**, 205-215.
- , SPEAKMAN, J. R., & SWIFT, S. M. (1987): Reproductive adaptations of heterothermic bats at the northern borders of their distribution. *Suid-Afrikaanse Tydskrif vir Wetenskap*. Vol. **83**, 635-638.
- RAYNER, M. V., JONES, G., & HUGHES, P. M. (1987): Load carrying by flying bats. In: Hanák, V., et al.: *European Bat Research*. Charles Univ. Press, Praha. **1989**, 235-245.
- RYDELL, J. (1989): Feeding activity of the northern bat *Eptesicus nilssami* during pregnancy and lactation. *Oecologia* **80**, 562-565.

- SACHTLEBEN, J. (1988): Zur Phänologie, Ökologie und Sozialstruktur der Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*) und des Braunen Langohrs (*Plecotus auritus*). Diplomarbeit, Univ. Bayreuth (122 pp.).
- SCHOBER, W., & GRIMMBERGER, E. (1987): Die Fledermäuse Europas: kennen-bestimmen-schützen. Stuttgart (222 pp.).
- SPEAKMAN, J. R., ANDERSON, M. E., & RACEY, P. A. (1989): The energy cost of echolocation in pipistrelle bats (*Pipistrellus pipistrellus*). *J. Comp. Physiol. A.* **165**, 679-685.
- , & RACEY, P. A. (1987) The energetics of pregnancy and lactation in the brown long-eared bat, *Plecotus auritus*. In: FENTON, M. B., et al.: Recent advances in bat research. Cambridge. 367-393.
- STEBBINGS, R. E. (1968): Measurements, composition and behaviour of a large colony of the bat *Pipistrellus pipistrellus*. *J. Zool., Lond.*, **153**, 291-310.
- STRATMANN, B. (1978): Faunistisch-ökologische Beobachtungen an einer Population von *Nyctalus noctula* im Revier Ecktanen des StFB Waren (Müritz). *Nyctalus (N.F.)* **1**, 2-22.
- SWIFT, S. M., RACEY, P. A., & AVERY, M. I. (1985): Feeding ecology of *Pipistrellus pipistrellus* (*Chiroptera, Vesp.*) during pregnancy and lactation. II. Diet. *J. Animal. Ecol.* **54**, 217-225.
- TURNER, A., & ROSE, C. (1989): A handbook of the swallows and martins of the world. Helm, London.