

Conservation ecology in the horseshoe bats
Rhinolophus ferrumequinum* and *Rhinolophus hipposideros

Inauguraldissertation
der Philosophisch–naturwissenschaftlichen Fakultät
der Universität Bern

vorgelegt von
Fabio Bontadina
von Ponto Valentino / TI

Begutachtet von:
Prof. Dr. Raphaël Arlettaz, Abteilung Conservation Biology,
Zoologisches Institut der Universität Bern

Conservation ecology in the horseshoe bats
Rhinolophus ferrumequinum* and *Rhinolophus hipposideros

Inauguraldissertation
der Philosophisch–naturwissenschaftlichen Fakultät
der Universität Bern

vorgelegt von
Fabio Bontadina
von Ponto Valentino / TI

Begutachtet von:
Prof. Dr. Raphaël Arlettaz, Abteilung Conservation Biology,
Zoologisches Institut der Universität Bern

Von der Philosophisch–naturwissenschaftlichen Fakultät angenommen.

Der Dekan

Bern, den 12. 12. 2002

Prof. Dr. G. Jäger

Conservation ecology in the horseshoe bats

Rhinolophus ferrumequinum and *Rhinolophus hipposideros*

- Part I Analysing spatial data of different accuracy: the case of greater horseshoe bats foraging
- Part II Foraging range use by a colony of greater horseshoe bats *Rhinolophus ferrumequinum* in the Swiss Alps: implications for landscape planning
- Part III Jagt die Grosse Hufeisennase *Rhinolophus ferrumequinum* im Wald? - Grundlagen zum Schutz von Jagdgebieten der letzten grösseren Kolonie in der Schweiz
- Part IV Schutz von Jagdgebieten von *Rhinolophus ferrumequinum*. Umsetzung der Ergebnisse einer Telemetrie-Studie in einem Alpental der Schweiz.
- Part V Radio-tracking bats: a short review with examples of a study in Italy
- Part VI Radio-tracking reveals that lesser horseshoe bats forage in woodland
- Part VII The lesser horseshoe bat *Rhinolophus hipposideros* in Switzerland: present status and research recommendations

Inhaltsverzeichnis

<u>ZUSAMMENFASSUNG</u>	8
<u>ÜBERSICHT</u>	10
Ökologische Daten als Grundlage von Schutzkonzepten	10
Artenschutz oder Biotopschutz ?	10
Mehrstufige Selektion von Ressourcen	11
Zwei stark gefährdete Fledermausarten als Untersuchungstiere	12
Zielsetzung der vorliegenden Arbeit	14
Teil I: Kombination von Ortungen unterschiedlicher Genauigkeit	15
Teil II: Raumnutzung einer Kolonie der Grossen Hufeisennase	16
Teil III: Jagt die Grosse Hufeisennase im Wald?	17
Teil IV: Schutz von Jagdgebieten der Grossen Hufeisennase	17
Teil V: Telemetrie von Fledermäusen	18
Teil VI: Mehrstufige Habitatselektion der Kleinen Hufeisennase	18
Teil VII: Forschungskonzept Kleine Hufeisennase in der Schweiz	19
Schlussfolgerungen	20
<u>ANALYSING SPATIAL DATA OF DIFFERENT ACCURACY: THE CASE OF GREATER HORSESHOE BATS FORAGING</u>	23
Abstract	23
Introduction	23
Materials and Methods	23
Home-range estimators	23
Study area and data collection	23
Results	23
Simulations	23
Field data	23
Discussion	23
Acknowledgements	23
<u>FORAGING RANGE USE BY A COLONY OF GREATER HORSESHOE BATS <i>RHINOLOPHUS FERRUMEQUINUM</i> IN THE SWISS ALPS: IMPLICATIONS FOR LANDSCAPE PLANNING</u>	23
Abstract	23
Introduction	23
Colony and study area	23

Methods	23
Radio-transmitters and tracking methods	23
Habitat data, spatial calculations and statistical analysis	23
Results	23
Foraging areas	23
Foraging intensity	23
Core areas	23
Indication for critical season	23
Discussion	23
Foraging area of the colony	23
Identification of core foraging areas	23
Factors explaining foraging intensity	23
Indication for critical season	23
Implications for conservation	23
Acknowledgement	23
<u>JAGT DIE GROSSE HUFSENNASE <i>RHINOLOPHUS FERRUMEQUINUM</i> IM WALD ? - GRUNDLAGEN ZUM SCHUTZ DER LETZTEN GRÖßEREN KOLONIE IN DER SCHWEIZ.</u>	23
Abstract	23
Einführung	23
Methoden	23
Ergebnisse	23
Diskussion	23
Dank	23
<u>SCHUTZ VON JAGDGEBIETEN VON <i>RHINOLOPHUS FERRUMEQUINUM</i>. UMSETZUNG DER ERGEBNISSE EINER TELEMETRIE-STUDIE IN EINEM ALPENTAL DER SCHWEIZ.</u>	23
Zusammenfassung	23
Einleitung	23
Methoden	23
Grundlagen für die Empfehlungen zum Schutz von Jagdgebieten	23
Massnahmen zur Erhaltung und Aufwertung von Jagdgebieten	23
Perimeter I: Kernjagdgebiete (key feeding areas):	23
Erhaltung der Kernjagdgebiete:	23
Perimeter II: Aktivitätsgebiet um das Wochenstubenquartier	23
Erhaltung und Aufwertung von Jagdgebieten im Wald	23
Erhaltung und Aufwertung von Jagdgebieten im Offenland	23
Erhaltung und Schaffung von durchgehenden Flugrouten	23
Verträglichkeitsprüfung:	23
Perimeter III: Verbreitungsgebiet	23

Berücksichtigung bei der Projektbeurteilung:	23
Diskussion	23
Festlegung von Prioritäten	23
Kernjagdgebiete	23
Landschaft und Quartiere	23
Biotop- und Artenschutz	23
Wirkungskontrolle	23
Danksagung	23

RADIO-TRACKING BATS: A SHORT REVIEW WITH EXAMPLES OF A

STUDY IN ITALY **23**

Abstract **23**

Introduction **23**

The greater horseshoe bat 23

Study area and methods **23**

Prerequisites for the use of radio-tracking **23**

1. Transmitter weight 23

2. Transmitter attachment 23

3. Radio-tracking equipment 23

4. Objectives and study design 23

Radio-tracking in behavioural ecology studies of bats **23**

1. activity 23

2. Selection of roosts 23

3. Flight paths and foraging areas 23

4. Habitat use 23

5. Behavioural studies 23

Acknowledgements 23

Appendix I **23**

Wildlife telemetry and software 23

Radio-tracking equipment 23

Mailing lists 23

RADIO-TRACKING REVEALS THAT LESSER HORSESHOE BATS FORAGE

IN WOODLAND **23**

Abstract **23**

Introduction **23**

Methods **23**

Study site, capture methods and selection of study animals 23

Radio-transmitters and tracking methods 23

Analysis of ranging behaviour and habitat use 23

General Observations 23

Results **23**

The Use of Small Transmitters for Tracking Lesser horseshoe Bats 23

Ranging behaviour and habitat selection 23

General Observations 23

Discussion	23
Relevance of the new lightweight transmitters	23
Habitat selection in accordance with morphological predictions	23
Recommendations for conservation	23
Acknowledgement	23
<u>THE LESSER HORSESHOE BAT <i>RHINOLOPHUS HIPPOSIDEROS</i> IN</u>	
<u>SWITZERLAND: PRESENT STATUS AND RESEARCH RECOMMENDATIONS</u>	23
<hr/>	
Abstract	23
Introduction	23
Methods	23
Status in Europe	23
Status in Switzerland	23
Potential causes of the decline	23
Research recommendations	23
Database of literature	23
Estimation of the status of the species and its demographic trends	23
Europe	23
Switzerland	23
Potential causes of the decline and evaluation of their relevance	23
Abiotic factors	23
Biotic factors	23
Research recommendations	23
A proposal for a conservation research program in Switzerland	23
Resource exploitation	23
Pesticide contamination	23
Population dynamics	23
Roost conditions	23
Overall climatic effects	23
Population genetics	23
Colonisation potential / release experiments	23
Accompagnying measures	23
Public campaign	23
Monitoring program	23
Action plan	23
Acknowledgements	23
Literature list	23
<u>DANK</u>	23
<hr/>	
<u>PUBLIKATIONSLISTE</u>	23
<hr/>	
<u>CURRICULUM VITAE</u>	23

PhD Fabio Bontadina

Zusammenfassung

Eine entscheidende Voraussetzung für den Schutz von bedrohten Arten sind Kenntnisse über deren grundsätzliche ökologische Ansprüche, auf deren Grundlage der Bedarf nach artspezifischen Schutzmassnahmen abgeklärt werden kann. Die Grosse Hufeisennase (*Rhinolophus ferrum-equinum*) und die Kleine Hufeisennase (*Rhinolophus hipposideros*) sind heute in der Schweiz nach einem dramatischen Bestandeseinbruch in der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts "vom Aussterben bedroht". Mit der Zielsetzung, raumspezifische Angaben zur Nutzung der Ressourcen zu erheben, wurden Hufeisennasenkolonien in der Schweiz, in Italien und in Wales (UK) mit radiotelemetrischen Methoden untersucht, eine angepasste Methode zur Auswertung der Raumdaten entwickelt, konkrete, raumspezifische Vorschläge zur Umsetzung der Resultate in Schutz- und Fördermassnahmen formuliert und in einem Konzept die Prioritäten der weiteren Forschungsarbeiten aufgezeigt.

Bei der radio-telemetrischen Untersuchung einer sehr mobilen Art schwankt die Genauigkeit der erreichbaren Ortungen abhängig vom Gelände und dem Verhalten des Tieres. Es wird eine Methode vorgeschlagen, wie Ortungen geringer Genauigkeit nicht - wie allgemein empfohlen - aus den Analysen ausgeschlossen werden müssen und deren Informationen damit verloren gehen, sondern wie diese zusammen mit ihrem Fehler in die Berechnung der Aufenthaltsdichten einbezogen werden können, ohne dass dabei die hohe räumliche Auflösung von genauen Ortungen verloren geht.

Beide Hufeisennasenarten zeigen eine Selektion für Waldgebiete, wobei die Kleine Hufeisennase streng an Waldgebiete gebunden ist, während dies für die Grosse Hufeisennase nur im Frühling zutrifft. Die Hypothese, wonach der grossräumige Populationsrückgang in der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts auf einen Verlust der Jagdlebensräume zurückgeht, kann für die Kleine Hufeisennase verworfen werden, da Waldgebiete in derselben Zeit an Fläche zunahmen.

Das Muster der Raumnutzung beider Arten ist stark vom Reproduktionsquartier geprägt. Hufeisennasen nutzen ihre unmittelbare Umgebung der Kolonie im Umkreis von 2.5 bis 3.5 km für die Nahrungssuche, je weiter Jagdgebiete von der Kolonie entfernt sind, desto geringer ist die Nutzungsdichte. Dieses Raumverhalten wird im Zusammenhang mit einer Begrenzung durch die Flügelmorphologie gesehen, die für lange Flüge nicht geeignet ist, den Hufeisennasen umgekehrt jedoch ermöglicht, mit wendigem Flug in dichter Vegetation Insekten zu jagen. Aufgrund dieser Resultate wird postuliert, dass räumlich explizite Artenschutzmassnahmen in der Umgebung des Reproduktionsquartiers am wirkungsvollsten sind. Es werden drei Perimeter für die Umsetzung der Resultate im Umfeld von Reproduktionskolonien mit zunehmender Grösse und mit abnehmender Schutzpriorität vorgeschlagen: Kernjagdgebiete mit den höchsten Nutzungsdichten, das gesamte Aktivitätsgebiet der Kolonie und das Verbreitungsgebiet der Art in einer Region. Die aufgrund der Forschungsergebnisse abgeleiteten konkreten Massnahmen sind als Hypothesen zu verstehen, deren Wirksamkeit zu kontrollieren ist.

Aufgrund einer Erfassung der Restvorkommen der Kleinen Hufeisennase in der Schweiz und einer Evaluation der Ursachen, die zum Aussterben geführt haben, werden Prioritäten für weitergehende Forschungsarbeiten festgelegt.

Übersicht

Ökologische Daten als Grundlage von Schutzkonzepten

Eine entscheidende Voraussetzung für den Schutz und das Management von bedrohten Arten sind Kenntnisse über deren grundsätzliche ökologische Ansprüche, ihre "natural history", sowie Informationen über die dynamischen Prozesse, welche die Grösse von Populationen und ihre Verbreitung bestimmen (Hunter 1996, Primack 1998). In der Conservation Biology dienen deshalb ökologische Daten zur Verbreitung, zur Populationsentwicklung, zur Morphologie, Physiologie, Genetik und zum Verhalten, zur Ressourcennutzung sowie über interspezifische Interaktionen dazu, den Gefährdungsgrad von Populationen zu erfassen und die Mechanismen und Ursachen der Gefährdung zu verstehen (Soulé 1986). Dies ist eine Voraussetzung, um auf der Basis von wissenschaftlichen Resultaten effektive Schutzmassnahmen ableiten zu können (Suter 1998).

Artenschutz oder Biotopschutz ?

Es wird kontrovers diskutiert, ob Schutzkonzepte auf einzelne Arten ausgerichtet sein sollen oder ob sie sich auf gesamte Ökosysteme – oder gar ganze Landschaften – beziehen sollen (Simberloff 1998). Das Konzept eines Schutzes von Ökosystemen wurde vor allem in den USA entwickelt und geht von der Idee aus, dass mit dem Schutz des Lebensraumes (Biotopschutz) gleichzeitig alle Lebewesen in ihm geschützt werden (Grumbine 1994, Morrissey 1994 in Simberloff 1998), was Schutzmassnahmen, die auf einzelne Arten ausgerichtet sind (Artenschutz), erübrigen würde.

Die unterschiedlichen Standpunkte haben auch in der Europäischen Naturschutzpraxis zu unterschiedlichen Prioritäten geführt (z. B. Schulte 2000, BUWAL 2000), wo die Schutzanstrengungen gerne auf den Biotopschutz beschränkt werden. Bei dieser Kontroverse wird jedoch häufig ausser Acht gelassen, dass je nach Art unterschiedliche räumliche Skalen (Wiens 1993) betroffen sind. So können für Insekten einzelne kleine Flecken eines Habitattypes als Lebensraum von Populationen genügen (Murphy, Freas & Weiss 1990), während für grössere Wirbeltiere

häufig Lebensräume nötig sind, die sich aus verschiedenen Habitattypen zusammensetzen oder die gar aus verschiedenen Landschaftseinheiten bestehen (Breitenmoser 1998). Für deren Schutz wäre demzufolge die Unterschutzstellung riesiger Gebiete nötig, was in Nordamerika, Kanada oder Australien denkbar scheint, im durch den Menschen dichtbesiedelten Europa jedoch kaum möglich ist. Gerade im Westen Europas sind kaum mehr grössere, vom Menschen nicht stark beeinflusste Flächen zu finden, womit der integrale Schutz von ganzen Ökosystemen kaum je in Frage kommt.

Neben latenten oder periodischen Einflüssen durch den Menschen hat speziell die Fragmentierung von Lebensräumen grosse Auswirkungen auf Tiergemeinschaften (Primack 1998, Debinski & Holt 2000). Sie führt zur Aufteilung von Landschaften in kleine Habitatinseln (MacArthur & Wilson 1967, Wilcox 1980), die durch andere Habitattypen oder Barrieren in unterschiedlichem Ausmass voneinander getrennt sind (Mader 1984). Der Einfluss von Barrieren ist um so grösser, je beschränkter die Mobilität einer Art ist (Soulé & Wilcox 1980). Diese durch den Menschen verursachten massiven Veränderungen in der Qualität der Habitate und der Struktur der Landschaft werden als wichtige Ursache für die Bedrohung vieler Arten angesehen (Primack 1998). Um für eine Art eine erfolgreiche Schutzstrategie festlegen zu können, muss deren Ressourcennutzung in Verbindung mit ihren räumlichen Ansprüchen bekannt sein und es müssen die Konflikte mit der menschlichen Landnutzung identifiziert sein. Nur so kann eine Lösung gefunden werden, bei der entweder mit der integralen Erhaltung einer Fläche oder mit art-spezifischen Schutzmassnahmen im räumlichen Verbund die Erhaltung und Förderung einer Art erreicht werden können.

Mehrstufige Selektion von Ressourcen

Die Fähigkeit zur aktiven Fortbewegung erlaubt Tieren das Aufsuchen von günstigen Orten zur Erschliessung der benötigten Ressourcen. Diese Habitatselektion kann als hierarchischer räumlicher Prozess aufgefasst werden: in einer ersten Stufe erfolgt die Wahl des Verbreitungsgebietes, innerhalb diesem dann die Selektion eines Gebietes als Homerange, innerhalb dieses Wohngebietes werden wiederum Flächen und Habitat-

strukturen (Habitatelemente) gewählt (Owens 1972, Johnson 1980). Als vierte Stufe kann die Selektion von Nahrung innerhalb von aufgesuchten Habitatelementen verstanden werden (Johnson 1980).

Die vorliegende Arbeit orientiert sich an diesem grundlegenden Konzept aus der Landscape Ecology (Wiens 1973), indem die Habitatnutzung von unterschiedlichen räumlichen Skalen untersucht wird. Bei der Habitatselektion wird die Qualität und Struktur der genutzten Habitate im Vergleich zu deren Angebot gestellt. In jeder Raumskala können unterschiedliche Habitate oder Strukturen selektioniert werden (z. B. Rolstad, Loken & Rolstad 2000). Die zurückgelegten Distanzen geben Hinweise auf den Aufwand zur Erreichung der Ressourcen.

Zwei stark gefährdete Fledermausarten als Untersuchungstiere

Die vorliegenden Untersuchungen wurden an der Grossen Hufeisennase (*Rhinolophus ferrumequinum*, Schreber 1774) und der Kleinen Hufeisennase (*Rhinolophus hipposideros*, Bechstein 1800) durchgeführt. Beide Arten sind in der Schweiz "vom Aussterben bedroht" (Duelli 1994). Es sind nördlich der Alpen die einzigen beiden Vertreterinnen der Familie der Rhinolophiden, die weltweit ca. 70 Arten umfasst (Nowak 1994). Beide Arten galten in der Schweiz bis in die Mitte des zwanzigsten Jahrhunderts als weit verbreitet (Baumann 1949, Stutz & Haffner 1984). Während die Grosse Hufeisennase vermutlich nie in grosser Dichte vorgekommen ist, wird die Kleine Hufeisennase als Fledermausart beschrieben, die unter den dreissig einheimischen Fledermausarten als eine der häufigsten, wenn nicht sogar als häufigste angetroffen wurde. Diese Situation sieht heute grundsätzlich anders aus, nachdem die Populationen beider Arten in den 1950er, hauptsächlich aber in den 1960er und 1970er-Jahren einen dramatischen Bestandeseinbruch erlitten haben: beiden Arten stehen heute kurz vor dem Aussterben. Massive Bestandesrückgänge und Arealverluste werden aus einer Mehrheit der Länder Nord-, West- und Zentraleuropas vermeldet (Übersicht zur Kleinen Hufeisennase in Bontadina et al. 2000), weshalb sie in einer Vielzahl europäischer Länder als "vom Aussterben bedroht" in den Roten Listen aufgeführt sind und in den Anhang der EC Habitat Directive aufge-

nommen worden sind (Ransome & Hutson 2000). Damit wird unterstrichen, dass prioritär Massnahmen zum Schutz von Quartieren und Lebensräumen nötig sind.

Von der Grossen Hufeisennase sind in der Schweiz nur noch etwa 300 Tiere in drei isolierten Kolonien übrig geblieben (Beck & Schelbert 1999), während der Bestand der Kleinen Hufeisennase auf etwa 2000 Tiere in 40 Reproduktionsquartieren geschätzt wird (Bontadina et al. 2000, A. Theiler, mündl. Mitteilung). Die beiden Arten kommen im Gegensatz zu früher in der Schweiz kaum mehr sympatrisch vor, weshalb auf einen direkten Vergleich der beiden Arten im selben Lebensraum verzichtet werden musste.

Die grösste der drei Kolonien der Grossen Hufeisennase liegt im Vorderrheintal und ist mit etwa 150 Weibchen, die zur Jungenaufzucht im Sommer im Estrich einer Kirche zusammenkommen, die grösste bekannte Reproduktionskolonie in ganz Mitteleuropa (Ohlendorf 1999). Solche Restkolonien, die aufgrund ihrer Grösse dennoch gute Überlebenschancen haben, verdienen eine spezielle Aufmerksamkeit bei Schutzanstrengungen, da sie neben der Erhaltung der existierenden Population auch als Ausgangspunkt für eine mögliche Expansion der Population und eine Wiederbesiedlung verlorengegangener Gebiete im ursprünglichen Verbreitungsgebiet dienen können (Bellamy 1996). Zudem bedeutet ihre Einzigartigkeit auch die letzte Gelegenheit, die lokalen artspezifischen Anforderungen studieren zu können.

Die Dringlichkeit der Erhaltung der Population im Vorderrheintal nahm zusätzlich an Bedeutung zu, als in der unmittelbaren Umgebung dieser Wochenstubenkolonie eine landwirtschaftliche Flurbereinigung (Melioration) geplant wurde. Es ist bekannt, dass eine solche Reorganisation des landwirtschaftlich genutzten Landes einen negativen Einfluss auf die Qualität von naturnahen Flächen und die Strukturvielfalt hat (Tanner & Zoller 1996, Vickery et al. 2001). Diese Kolonie war deshalb aus dringendem Anlass Gegenstand eines Schutz- und Förderungsprojektes, das eine Untersuchung der Raumnutzung und der Habitatwahl beinhaltete (Beck et al. 1994). Diese Untersuchung ist Grundlage meiner Arbeiten der Teile I bis IV.

In Teil V sind Resultate dargestellt, die in einer Referenz-Untersuchung an einer Kolonie der Grossen Hufeisennase in Italien erhoben wurden. In manchen Gebieten des Mittelmeerraumes ist die Grosse Hufeisennase noch häufig. Der Beitrag entstand bei einer Einladung an einen italienischen Kongress und hatte zum Ziel, anhand des Fallbeispiels dieser ökologischen Untersuchung die Möglichkeiten und Grenzen von radio-telemetrischen Forschungsarbeiten bei Fledermäusen aufzuzeigen.

Bei der Kleinen Hufeisennase wurde in der Schweiz nach ihrem drastischen Bestandesrückgang ebenfalls ein Bedarf nach schutzrelevanten Grundlagen manifest (Bontadina et al. 2000). Allerdings war noch vor wenigen Jahren eine radio-telemetrische Untersuchung der Jagdgebiete aus technischen Gründen nicht möglich, wie eigene Tests im Jahre 1991 gezeigt haben (Bontadina et al., unpubl. Daten). Erst die Entwicklung von Miniatursendern (Naef-Daenzer 1993) erlaubte diesen systematischen Zugang. Angesichts der geringen Populationsgrößen der Kleinen Hufeisennase in der Schweiz wurden die ersten umfassenden Feldarbeiten zur Habitatnutzung dieser Art in einem Gebiet in Wales, GB, durchgeführt, wo noch grössere Bestände der Kleinen Hufeisennasen vorkommen (Schofield 1996). Die Ergebnisse zur Ressourcennutzung dieser Art sind im Teil VI enthalten.

Der Wissenschaftliche Rat der Schweizerischen Koordinationsstelle für Fledermausschutz entschloss sich, eine schutzorientierte Forschungsarbeit für die Kleine Hufeisennase durchzuführen. Damit bestand der Bedarf nach einem umfassenden, auf wissenschaftlichen Grundlagen abgestützten Forschungskonzept. Für die ganze Schweiz wurden die Grundlagen zum aktuellen Status der Art zusammengetragen und mit ExpertInnen-Interviews und einer Evaluation von möglichen Ursachen wurden die wahrscheinlichsten Gefährdungsfaktoren identifiziert. Diese Grundlagen sind zusammen mit einem Forschungskonzept, das die Ausrichtung der Forschung in verschiedenen Schritten aufzeigt, im letzten Beitrag (Teil VII) zusammengestellt.

Zielsetzung der vorliegenden Arbeit

Um die ökologischen Ansprüche der beiden Arten zu verstehen und art-spezifische Schutzmassnahmen empfehlen zu können, fehlten insbe-

sondere raumspezifische Angaben zur Nutzung ihrer Ressourcen. Es wurde deshalb für die Grosse Hufeisennase der nutzbare Raum für die gesamte Kolonie bestimmt und die Merkmale analysiert, welche die Ressourcennutzung einer Kolonie räumlich festlegen. Die öko-morphologische Voraussage, dass Grosse Hufeisennasen im Wald jagen, wurde überprüft. Bei der Kleinen Hufeisennase wurde mit einem unterschiedlichen Auswertungsansatz ebenfalls die Raumnutzung von Individuen aus einer Reproduktionskolonie untersucht, zusätzlich wurde die Habitatselektion innerhalb der Aktivitätsgebiete analysiert. Eine Voraussetzung für diese Untersuchungen war dabei, dass eine angepasste Methode für die Erfassung und Auswertung der Raumdaten dieser sehr mobilen Tiere entwickelt werden konnte.

Die gewonnenen ökologischen Daten werden als Basis verstanden, um Empfehlungen für den Schutz der gefährdeten Fledermauspopulationen formulieren zu können. Dabei sollten insbesondere räumlich explizite Schutzmassnahmen abgeleitet werden, die den regionalen Akteuren in der Umsetzung eine Antwort darauf geben, in welchem Perimeter die Schutzansprüche der Art prioritär berücksichtigt werden müssen und ob Schutzmassnahmen flächig im Rahmen des Biotopschutzes realisiert werden können, oder welche spezifischen Massnahmen des Artenschutzes nötig sind. Für die Kleine Hufeisennase wird ein detailliertes Forschungskonzept präsentiert, das aufgrund einer Evaluation der Gefährdungsfaktoren die Prioritäten im Forschungsbedarf aufzeigt.

Teil I: Kombination von Ortungen unterschiedlicher Genauigkeit

Dieser Artikel behandelt die methodischen Probleme beim Studium einer schnell fliegenden, mobilen Tierart mittels Radiotelemetrie. Da besonders in schlecht zugänglichem Gelände – im dargestellten Beispiel in einem Alpental – ein sendermarkiertes Tier nicht eingekreist werden kann ("homing-in on the animal" White & Garrott (1990)), bieten nur Kreuzpeilungen die Möglichkeit für genaue Beobachtungen. Als Folge davon schwankt die Genauigkeit der Beobachtungen je nach Topographie oder Aktivität des Tieres, wobei nur ein Teil der Beobachtungen die gewünschte räumliche Auflösung (Genauigkeit) zeigt. Umgekehrt enthalten auch Ortungen mit geringerer Auflösung wichtige Information

über die Aufenthalte, besonders wenn sie schwer zugängliche Gebiete des Home-range betreffen. Anstelle der bisherigen Empfehlung, dass Ortungen geringer Genauigkeit aus den Analysen eliminiert werden sollen (Worton 1987), schlagen wir vor, dass diese Ortungen ebenfalls aufgenommen, zusätzlich jedoch eine Schätzung des Ortungsfehlers in die Datenaufnahme einfließen soll. Damit kann eine Verzerrung (bias) in den Raumnutzungsdaten vermieden werden. Mit simulierten Datenreihen und realen Daten aus der Feldstudie der Grossen Hufeisennase in den Schweizer Alpen konnten wir aufzeigen, dass das Fehlen von Ortungen hoher Genauigkeit durch eine grössere Anzahl an Ortungen geringer Genauigkeit kompensieren werden kann. Im Fallbeispiel waren grosse Teile des Untersuchungsgebietes nachts für die Beobachter nicht zugänglich. Entsprechend variierte die Genauigkeit der Ortungen stark abhängig vom Ort und der Aktivität der Fledermäuse. Durch die rechnerische Verbindung von Ortungen mit unterschiedlicher Genauigkeit in einer kernel estimation (Worton 1987) konnten wir auch ungenaue Ortungen aus unzugänglichen Gebieten in die Analysen einbeziehen, ohne damit die hohe räumliche Auflösung in den übrigen Gebieten zu verlieren. Dies ist eine Voraussetzung, um unverzerrte Aufnahmen der Habitatnutzung erfassen zu können.

Teil II: Raumnutzung einer Kolonie der Grossen Hufeisennase

Um Nutzungskonflikte eingrenzen zu können, wurde die Raumnutzung der letzten grösseren Reproduktionskolonie der Grossen Hufeisennasen in der Schweiz aufgrund von zufällig ausgewählten Tieren aus der Kolonie erfasst. Die Jagdgebiete der Tiere aus der Kolonie überlagerten sich zu einem grossen Teil, so dass bereits 15 untersuchte Individuen die gesamte Fläche der Jagdgebiete der Kolonie nutzten. Der Raum wurde dabei selektiv entsprechend der Topografie genutzt. Die durchschnittliche Aufenthaltsdichte der Tiere aus der Kolonie ist dann hoch, wenn die Distanz zum Quartier klein und die Meereshöhe gering ist und korreliert positiv mit dem Waldanteil. Die durchschnittlichen Distanzen zu den Jagdgebieten sind im Frühling grösser, was darauf hinweist, dass in dieser Jahreszeit die Nahrungsressource limitierend sein könnte. Wir empfehlen, dass den Ansprüchen der Kolonie innerhalb einer Fläche mit

einem Radius von 4 km um das Reproduktionsquartier höchste Priorität eingeräumt wird. Dies betrifft die in der Studie ausgezeichneten Kernjagdgebiete, sowie Gebiete, die sich aus denselben Habitattypen zusammensetzten. Aufgrund der beobachteten Raumverteilung postulieren wir, dass Schutzmassnahmen einen grösseren Einfluss haben, wenn sie in der Nähe des Quartiers realisiert werden und Lebensräume enthalten, die im Frühling - der vermutlichen kritischen Jahreszeit - genutzt werden.

Teil III: Jagt die Grosse Hufeisennase im Wald?

Die auf der Struktur der Ultraschallrufe sowie der Flügelmorphologie basierende Hypothese, dass Grosse Hufeisennasen speziell angepasst sind, um in dichter Vegetation zu jagen, wird überprüft. Die Analyse der Habitatselektion zeigt, dass die Grosse Hufeisennase im Frühling mehrheitlich im Wald jagt, während im Sommer und Herbst keine Selektion von Wald im Vergleich zum Offenland nachweisbar ist. Das Ergebnis, dass die öko-morphologischen Voraussagen nur im Frühling zutreffen, wird als Hinweis dafür interpretiert, dass in dieser Jahreszeit ein starker Selektionsdruck wirkt. Es wird vorgeschlagen, darauf basierend die Prioritäten bei der Umsetzung von Schutzmassnahmen festzulegen.

Teil IV: Schutz von Jagdgebieten der Grossen Hufeisennase

Aufgrund der Ergebnisse einer Untersuchung von sendermarkierten Grossen Hufeisennasen werden konkrete Massnahmen zum Schutz von Jagdgebieten und Prioritäten bei der Umsetzung vorgeschlagen.

Für die Grossen Hufeisennasen müssen für den Schutz von Jagdgebieten Artenschutzmassnahmen durchgeführt werden: 1. Geeignete Lebensräume müssen über 30 % der Fläche im Umkreis von 3.5 km um das Wochenstubenquartier ausmachen. 2. Diese Gebiete müssen kleinräumig eine hohe Diversität an Lebensraumtypen und dadurch einen grossen Anteil an Grenzflächen aufweisen.

Wir definieren drei Umsetzungs-Perimeter. 1) Als Kernjagdgebiete werden die Gebiete mit der grössten Aufenthaltsdichte von jagenden Grossen Hufeisennasen bezeichnet. In der Fallstudie machen sie 1.6 km² aus. Sie sollen umfassend geschützt werden. 2) Das Aktivitätsgebiet um das Wochenstubenquartier beinhaltet die bekannten oder potentiellen Jagdgebiete. Diese sollen erhalten und aufgewertet werden. 3) Im regio-

nenalen Verbreitungsgebiet sollen bei grösseren Landschaftsveränderungen die Ansprüche der Grossen Hufeisennasen berücksichtigt werden.

Die Erhaltung einer Population ist durch die Quartiertradition eng mit dem benützten Wochenstubenquartier verknüpft. Damit eine Wochenstubenkolonie erhalten bleibt, müssen beides, die mikroklimatischen Anforderungen an das Wochenstubenquartier wie auch die Ansprüche an die direkt umgebende Landschaft erfüllt sein. Die vorgeschlagenen Massnahmen sind Hypothesen, deren Wirkung zu kontrollieren ist.

Teil V: Telemetrie von Fledermäusen

In einer kleinen Übersicht werden die Möglichkeiten und Grenzen der Radiotelemetrie bei Fledermäusen anhand einer Feldstudie über die Grosse Hufeisennase in Italien aufgezeigt. Zuerst muss die genaue Fragestellung der Untersuchung festgelegt, dann ein passendes Forschungsdesign entwickelt werden. Das Gewicht der einsetzbaren Sender und das Empfangsmaterial setzen die technischen Grenzen. Mit Literaturhinweisen und Beispielen aus der Fallstudie werden Anwendungen bezüglich der Aktivität, der Selektion von Quartieren, der Nutzung von Jagdgebieten und der Habitatselektion sowie von Verhaltensbeobachtungen vorgestellt. Eine Ausführliche Liste an weiterführenden Referenzen und von Internet-links soll den Einstieg in die Methode der Radiotelemetrie erleichtern.

Teil VI: Mehrstufige Habitatselektion der Kleinen Hufeisennase

Dieser Artikel beschreibt die erste Untersuchung zur Habitatnutzung der Kleinen Hufeisennase mittels der Radiotelemetrie. Erst die Entwicklung des weltweit kleinsten aktiven Telemetrie-Senders an der Schweizerischen Vogelwarte ermöglichte die Anwendung dieser Methode bei dieser kleinen Fledermausart, die ein Gewicht von nur 4 bis 8 g aufweist. Im Rahmen einer Untersuchung in Wales, UK konnten Kleinstsender mit einem Gewicht von nur 0.35 g eingesetzt werden. Die 8 Untersuchungstiere jagten alle in kleiner Distanz zum Wochenstubenquartier, die Hälfte der Zeit blieben sie gar innerhalb von 600 m zum Quartier. Dies führt in der Nähe des Quartiers zu einer aussergewöhnlich hohen Dichte jagender Tiere und damit wahrscheinlich zu einer hohen intra-spezifischen Konkurrenz. Obwohl das Untersuchungsgebiet viele

extensive Weiden enthielt, die als Jagdgebiete der Art vermutet wurden, jagten die Kleinen Hufeisennasen fast ausschliesslich in Waldgebieten, meist in Laubwäldern. In beiden Stufen der Habitatselektion wurde dieses Habitat mit höchster Präferenz genutzt sowie Jagdgebiete mit einer hohen Habitatdiversität aufgesucht. Wir empfehlen dementsprechend, dass sich Schutzmassnahmen innerhalb von 2.5 km zum Quartier und auf die Erhaltung und Förderung von Lebensräumen mit Laubwäldern und hoher Habitatdiversität konzentrieren sollen. Zudem sollte mit Untersuchungen in anderen Regionen überprüft werden, ob die vorgefundene Habitatselektion für die Art generell zutrifft.

Teil VII: Forschungskonzept Kleine Hufeisennase in der Schweiz

Mit dem Ziel, ein Forschungskonzept für den Schutz der Kleinen Hufeisennase in der Schweiz aufstellen zu können, wurde als Grundlage die Angaben über den aktuellen Stand und die jüngste Entwicklung der Restpopulationen in der Schweiz gesammelt und eine Bewertung der vermuteten Ursachen des Aussterbens aufgrund von qualitativen Experteninterviews vorgenommen. Daraus wurde ein Forschungskonzept entwickelt, das den Forschungsbedarf und seine Prioritäten aufzeigt.

Die Ergebnisse zeigen, dass im Jahr 2000 in der Schweiz nur noch 39 Reproduktionskolonien mit ca. 1700 im Quartier gezählten Individuen beobachtet werden konnten. Diese Kolonien waren in acht Kantonen, hauptsächlich im Voralpen- und Alpenraum zu finden. 95% der Tiere wurden in vier Gruppen von Kolonien gefunden, die isolierte Populationen darstellen könnten. Bei 55% der Kolonien war in den letzten 10 Jahren eine Zunahme zu verzeichnen, 27% blieben stabil, während bei 18% eine abnehmende Tendenz aufgezeigt werden konnte.

Gemäss einer Evaluation der Ursachen des Aussterbens und einer ExpertInnenbefragung haben sich der Einsatz von Pestiziden, Veränderungen in der Strukturierung der Landwirtschaft sowie die sich daraus ergebende Nahrungsverknappung als die wahrscheinlichsten Faktoren für das Aussterben einer Grosszahl von Kolonien ergeben. Es werden deshalb die Untersuchung der Ressourcennutzung und der Schadstoffbelastung mit höchster Forschungspriorität vorgeschlagen. Zur Kontrolle der weiteren Populationsentwicklung wird die Einführung

eines detaillierten, langfristigen Monitorings empfohlen. Nach einer Evaluation der ersten Resultate könnten in einer zweiten Forschungsphase Arbeiten zur Populationsdynamik, zum Mikroklima in den Quartieren sowie zu populationsgenetischen Fragen und zum Wiederbesiedlungspotential durchgeführt werden. Die Resultate der Forschungsarbeiten sollen so aufgearbeitet werden, dass praktische Schutzmassnahmen in den Regionen umgesetzt werden können.

Schlussfolgerungen

Im Rahmen der vorliegenden Arbeiten werden detaillierte Angaben zur Raum- und Habitatnutzung der beiden gefährdeten Hufeisennasenarten präsentiert. Durch den Einbezug des Peilfehlers konnten die Auswertungen optimal auf die radiotelemetrisch erhobenen Daten dieser schnell fliegenden, nachtaktiven Fledermausarten abgestützt werden. Die Vorteile sind auch bei der Analyse der Nutzungsdaten mit der Compositional Analysis, einer neueren Auswertungsmethode zur Rangierung der Habitatselektion (Aebischer et al. 1993), anwendbar. Umgekehrt müssen die Grenzen der Methode dort gesehen werden, wo räumliche Flächenmasse verglichen werden sollen. Da unterschiedliche Fehler von Ortungen einbezogen werden, sind Flächenberechnungen nicht mehr direkt vergleichbar. Vergleichbare Flächenangaben können jedoch weiterhin mit Standardparametern gerechnet werden (Harris et al. 1990). Beide Hufeisennasenarten weisen eine Selektion für Waldgebiete auf. Dabei erweist sich die Kleine Hufeisennase - zumindest in Wales - als streng an diesen Lebensraum gebunden, während die Grosse Hufeisennase in der Schweiz nur im Frühling ausschliesslich Waldgebiete aufsucht (Beck et al. 1994, Bontadina et al. 1995). Dies entspricht auch im südlichen Lebensraum Norditaliens den Gewohnheiten der Art, wie unsere Vergleichsuntersuchung gezeigt hat (Bontadina et al. 1999, unpubl. Daten) und wird auch von den Studien aus Grossbritannien bestätigt (Duvergé & Jones 1995, Duvergé 1996). Damit wird die Hypothese, dass der grossräumige Populationsrückgang mit einer Reduktion des Flächenanteils von günstigen Jagdlebensräumen einhergegangen ist, unwahrscheinlich, da die Waldbestände in der Zeit des Bestandes-

rückganges der Hufeisennasen keine Reduktion erfahren haben, oder sich in manchen Teilen sogar ausgedehnt haben (Smout 1997). In denjenigen Gebieten, in denen die Kleine Hufeisennase in der Schweiz ausgestorben ist (z.B. Stutz & Haffner 1984) hat die Waldfläche in dieser Zeit ebenfalls tendenziell zugenommen (Schuler & Bürgi 1998).

Die Kombination der Ansprüche an ein geeignetes Reproduktionsquartier, das die mikroklimatischen Anforderungen erfüllt, und gleichzeitig an eine unmittelbare Umgebung, in der geeignete Habitate in genügendem Ausmass vorkommen, könnte eine Hauptursache sein, weshalb beide Arten – die mit einer deutlichen K-Selektion (Gaisler 1989) an einen stabilen Lebensraum angepasst sind – empfindlich auf Veränderungen in der Umwelt reagieren. Dies könnte ein Hinweis darauf sein, dass auch multifaktorielle Ursachen für das beobachtete Aussterben von Populationen verantwortlich sein könnten.

Bei beiden Fledermausarten fällt die sehr kleinräumige Raumnutzung auf. Im Vergleich mit anderen Fledermausarten liegen die Jagdgebiete der Hufeisennasen in fünf bis zehnfach kleinerer Distanz zum Quartier (Kronwitter 1988, Güttinger 1997, Arlettaz 1999). Dabei verhalten sie sich in ihrer Raumnutzung wie central-place foragers (MacArthur & Pianka 1966). Dies obwohl sie keine Beutestücke zum central place, der Kolonie zurück transportieren. Selbst die säugenden Weibchen, die manchmal während der Nacht mehrerer Male zum Wochenstubenquartier zurückkehren, um das Jungtier zu säugen, können das Raummuster nicht in diesem Umfang erklären. Jones et al. (1995) haben vorgeschlagen, dass artspezifische Grenzen aufgrund der Flügel-Morphologie die Flugdistanzen bestimmen. Dabei besteht für die Art ein trade-off zwischen den breiten Flügeln mit hoher wing-loading, die wenig geeignet sind um grössere Distanzen zu fliegen, umgekehrt den Hufeisennasen aber erlauben, sehr wendig und langsam in Luftraum mit vielen Hindernissen zu fliegen, also im Wald zu jagen.

Die beobachtete räumlich begrenzte Nutzung der näheren Umgebung eines Quartiers als Jagdraum hat direkte Auswirkungen auf die raumrelevanten Schutzmassnahmen. Gute Jagdgebiete müssen auf Grund der Resultate in der Nähe zum Quartier liegen. Aufgrund der beobachteten Raumnutzung können Distanzen vom Quartier abgeleitet werden,

innerhalb derer bei Nutzungskonflikten den Gebieten mit selektierten Habitaten höchste Priorität zugesprochen werden muss. Zusammen mit den Angaben zu den Habitaten in wichtigen Jagdgebieten können räumlich explizite Schutzkonzepte ausgearbeitet werden (Beck et al. 1994, Bontadina et al. 1996).

Untersuchungen in der Conservation Biology, die an Reliktpopulationen durchgeführt werden, beinhalten die Schwäche von Fallbeispielen: die Ergebnisse beruhen auf Korrelationen, es bestehen keine Replikate der Untersuchung und experimentelle Manipulationen sind im Falle einer vom Aussterben bedrohten Art meist nicht vertretbar. Die abgeleiteten Massnahmen und Schutzborschläge sollen deshalb als Hypothesen aufgefasst werden, die mindestens mit einem langfristigen Monitoring und zusätzlich mit Wirkungskontrollen der einzelnen Schutzmassnahmen überprüft werden sollten.

Mit dem Forschungskonzept für die Kleine Hufeisennase wird exemplarisch aufgezeigt, wie durch die Eingrenzung der möglichen Bedrohungsursachen Forschungsprioritäten abgeleitet werden können. In einem stufenweisen Vorgehen sollen dann durch die Erforschung von Schlüsselfaktoren aus der Ressourcennutzung sowie aus der Populationsdynamik umsetzbare Forschungsergebnisse gesammelt werden, die zur Erhaltung und Förderung einer Art führen.