

Bioakustische Fledermauserhebungen in unterschiedlichen Lebensräumen der Schweiz : computergestützte synergetische Arterkennung im Einsatz

Autor(en): **Obrist, Martin K. / Flückiger, Peter F. / Boesch, Ruedi**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Mitteilungen / Naturforschende Gesellschaft des Kantons Solothurn**

Band (Jahr): **41 (2011)**

PDF erstellt am: **24.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-543334>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Bioakustische Fledermauserhebungen in unterschiedlichen Lebensräumen der Schweiz – Computergestützte synergetische Arterkennung im Einsatz

Mit DVD BatEcho – Schweizer Fledermäuse: Echoortungslaute und Artinformation

Martin K. Obrist, Peter F. Flückiger, Ruedi Boesch

Adresse der Autoren

Dr. Martin K. Obrist
Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL
Biodiversität und Naturschutzbiologie
Zürcherstrasse 111
8903 Birmensdorf
martin.obrist@wsl.ch

Dr. Peter F. Flückiger
Naturmuseum Olten
Kirchgasse 10
4600 Olten
info@naturmuseum-olten.ch

Dr. Ruedi Boesch
Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL
Landschaftsdynamik
Zürcherstrasse 111
8903 Birmensdorf
ruedi.boesch@wsl.ch

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	13
2.	Material und Methoden	14
2.1	Untersuchungsgebiete	14
2.2	Bioakustische Arterkennung	16
2.2.1	Grundlagen	16
2.2.2	Detektorprotokolle und Aufnahme der Peillaute	18
2.2.3	Signalanalyse	18
2.2.4	Vergleich mit Referenzsignalen mittels Synergetik	18
2.2.5	Statistik	21
2.3	Fledermausfang	22
2.4	Nahrungsangebot – Insektenfang	22
3.	Resultate	22
3.1	Überblick	22
3.2	Externe Einflüsse auf die Jagdaktivität	23
3.3	Methodenvergleiche durch Kreuzvalidierung	24
3.3.1	Komplementarität der Methoden: Fang oder Akustik?	25
3.3.2	Vergleich Netzfang und Ultraschalldetektorprotokoll	25
3.3.3	Vergleich Netzfang und Computererkennung	27
3.3.4	Fazit	27
3.4	Monitoring von Lebensräumen	27
3.4.1	Aufwand	27
3.4.2	Überblick	27
3.4.3	Lebensräume	29
3.4.4	Arten	29
3.4.5	Aktivitätszeiten	30
4.	Diskussion	32
4.1	Erkennungsmethodik	32
4.2	Technik – Akustik	33
4.3	Erhebungsmethodik	33
4.4	Artnachweise	33
5.	Ausblick	36
5.1	Methode	36
5.2	Weitere bioakustische Projekte	36
5.2.1	Fledermäuse in verlassenen Kastanienselven	36
5.2.2	Artenvielfalt in der Stadt – BiodiverCity	36
5.2.3	Revision der Roten Liste der gefährdeten Fledermäuse	36
5.2.4	Nutzung unterschiedlich vernetzter Landschaftselemente durch Fledermäuse	37
6.	Zusammenfassung	37
7.	Dank	38
8.	Literatur	38

Anhänge	41
Dokumentation der Untersuchungsgebiete und Daten	43
Kanton Solothurn:	43
Dornach, Lolibach	43
Gempen, Stollen	45
Hägendorf, Tüfelsschlucht	50
Herbetswil, Hinterer Hammer	52
Metzerlen	54
Niedergösgen, Schachen	59
Obergösen, Schachen	61
Übrige Deutschschweiz:	64
Bergdietikon, Egelsee	64
Bubendorf, Wildenstein	67
Seengen, Moos	70
Sursee, Zällmoos	73
Uitikon, Allmend	75
Uitikon, Eidg. Forschungsanstalt WSL	78
Umiken, Schacheinsle	81
Kanton Tessin:	84
Cadenazzo, Ciossa Antognini	84
Gordola, Monti di Motti	86
Quellenangabe Fledermausnetze	87
Quellenangabe Karten	87

Bioakustische Fledermauserhebungen in unterschiedlichen Lebensräumen der Schweiz – Computergestützte synergetische Arterkennung im Einsatz

Mit DVD BatEcho – Schweizer Fledermäuse: Echoortungslaute und Artinformation

Martin K. Obrist, Peter F. Flückiger, Ruedi Boesch

1. Einleitung

Über die Landschaftsnutzung der Fledermäuse ist wegen ihrer nächtlichen Lebensweise und der für uns unhörbaren Peillaute relativ wenig bekannt. Der Nachweis in den Quartieren ist dagegen vor allem für gebäudebewohnende Arten einfacher. Das Wissen über Habitatansprüche von Fledermäusen ist entsprechend dürftig und das Ableiten von Schutzmassnahmen schwierig.

Fledermäuse können in ihrem Jagdlebensraum durch Fang mit feinen Netzen oder Harfenfallen sowie durch Ultraschalldetektion nachgewiesen und durch Radiotelemetrie von besondern Individuen auch verfolgt werden. Direkte Sichtbeobachtungen mit Hilfe von Scheinwerfern oder visuelles Verfolgen von zuvor mit Leuchtkapseln markierten Tieren wird weniger häufig angewendet. Jede Methode hat ihre Vor- und Nachteile. Der Fang ermöglicht sichere Artnachweise und liefert weitere Angaben wie Geschlecht und Reproduktionsstatus der Fänglinge. Diese Methode ist aber material- und zeitaufwändig, nur unter bestimmten Voraussetzungen aussichtsreich (z.B. über Kleingewässern) und meistens werden, wenn überhaupt, nur wenige Tiere gefangen. Mittels Radiotelemetrie kann ein einmal behändigtes und markiertes Individuum über längere Zeit in der Landschaft verfolgt werden. Die Methode vermittelt ein präzises räumliches und zeitliches Bild der Landschaftsnutzung eines einzelnen Individuums. Nachteilig ist, dass die anderen in der Landschaft jagenden Fledermäuse dabei nicht erhoben werden und die Methode aufwändig ist. Die Ultraschalldetektion ermöglicht dagegen prinzipiell die Registrierung aller zur selben Zeit und am selben Ort jagenden Fledermäuse durch die akustische Aufnahme ihrer Peillaute. In der Praxis ist das allerdings nur sehr begrenzt möglich, weil die Peillaute der verschiedenen Arten unterschiedlich laut und teilweise sehr ähnlich sind,

jene einer einzelnen Art variieren können und zur Artbestimmung Expertenwissen nötig ist.

Um die Vorteile der Ultraschalldetektion nutzen zu können und eine von Expertenwissen unabhängige Methode zur Hand zu haben, entwickelten die Autoren basierend auf Arbeiten von Ulrich Dieckmann, Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen, Erlangen, ein computergestütztes synergetisches Arterkennungssystem (Obrist et al., 2004a; Obrist et al., 2004b). Dabei werden die Peillaute der Fledermäuse mit Mikrofonen, die an einen Computer angeschlossen sind, aufgezeichnet, mit einer Bilderkennungssoftware analysiert und von dieser mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit einer Fledermausart zugeordnet. Der Bilderkennung liegt ein sogenannter «Synergetischer Computer» zugrunde, womit kein besonderer Rechner (im Sinne von Hardware), sondern eine Klasse von Algorithmen (Berechnungsverfahren) bezeichnet ist. Mit Hilfe der Mathematik der Synergetik schliesst der «Synergetische Computer» aus einem komplexen Muster auf die wenigen elementaren Einflussgrössen (Ordnungsparameter) zurück, die ihm zugrunde liegen. Dazu extrahiert er in einer Lernphase aus vorgegebenen Bilddaten die charakteristischen Ordnungsparameter. In der anschließenden Testphase muss er dann entscheiden, ob ihm bis dahin unbekannte Muster die gleichen Ordnungsparameter enthalten, das heisst mit einem zuvor analysierten Muster übereinstimmen (Wagner, 1995). Als Lernbasis wurden Fledermauspeillaute von zuvor bestimmten Fledermäusen aufgenommen. Durch den Vergleich mit weiteren Peillaute bekannter artspezifischer Herkunft konnte die Zuordnungswahrscheinlichkeit und damit die Verlässlichkeit der Arterkennung ermittelt werden (Obrist et al., 2004a).

Die vorliegende Arbeit dokumentiert die Resultate des erstmaligen Einsatzes der computergestützten synergetischen Arterkennung bei Fledermauserhebungen in unterschiedlichen Lebensräumen der Schweiz. Zum

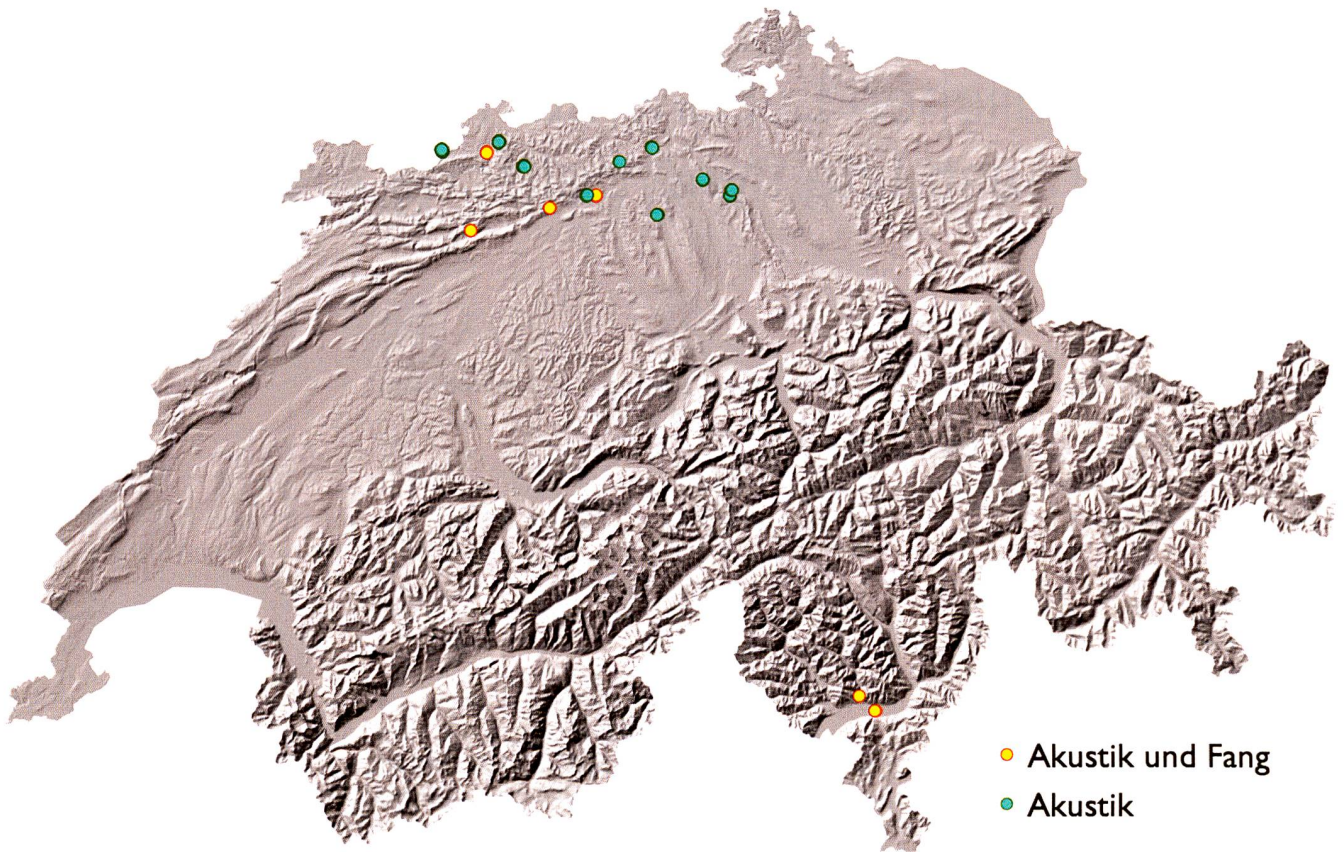


Abbildung 1 – Aufnahmestandorte

An allen Standorten wurden automatische bioakustische Erhebungen durchgeführt. An den gelb markierten Standorten (Akustik und Fang) wurden zusätzlich Netzfänge durchgeführt und die mit einfachen Fledermausdetektoren detektierten Arten protokolliert. (Relief: K606-01 © 2004 swisstopo)

Vergleich mit anderen Erhebungsmethoden wurde die Jagdaktivität der Fledermäuse auch mit einfachen Fledermausdetektoren bestimmt und es wurden Fledermäuse mit Netzen gefangen. Lichtfallen zum Fang von Insekten dienen zur Bestimmung des potenziellen Nahrungsangebotes der Fledermäuse.

Die Arbeiten wurden in zwei unterschiedlichen Teilprojekten durchgeführt. Im ersten Teilprojekt wurde die neue Erkennungsmethodik mit den etablierteren Methoden des Fangs und der Detektorinterpretation kombiniert, um eine Kreuzvalidierung der neuen Methode zu ermöglichen. Im zweiten Teilprojekt zum Monitoring der Nutzung von unterschiedlichen Lebensräumen durch Fledermäuse wurde nur noch die automatisierte akustische Aufnahme mit nachfolgender synergetischer Arterkennung eingesetzt. In beiden Teilprojekten wurde auch das Nahrungsangebot quantifiziert (vgl. Kapitel 2. Material und Methoden).

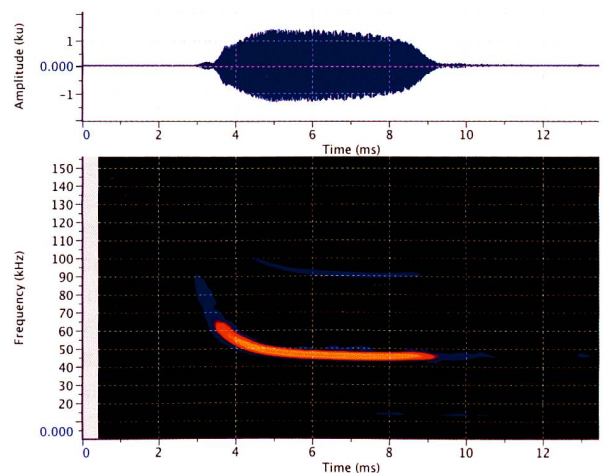


Abbildung 2 – Echoortungsruf

Amplitudendarstellung (oben) und Spektrogramm (unten) eines Echoortungsrufes von *Pipistrellus pipistrellus*

2. Material und Methoden

2.1 Untersuchungsgebiete

Die Untersuchungsgebiete fokussierten sich hauptsächlich auf den Kanton Solothurn, schlossen aber

auch Gebiete in den Kantonen Aargau, Zürich, Luzern sowie Basel-Landschaft ein. Schliesslich wurden auch zwei als artenreich bekannte Standorte im Kanton Tessin einbezogen, die zum Testen des neuen Verfahrens der Arterkennung als ideal erschienen.

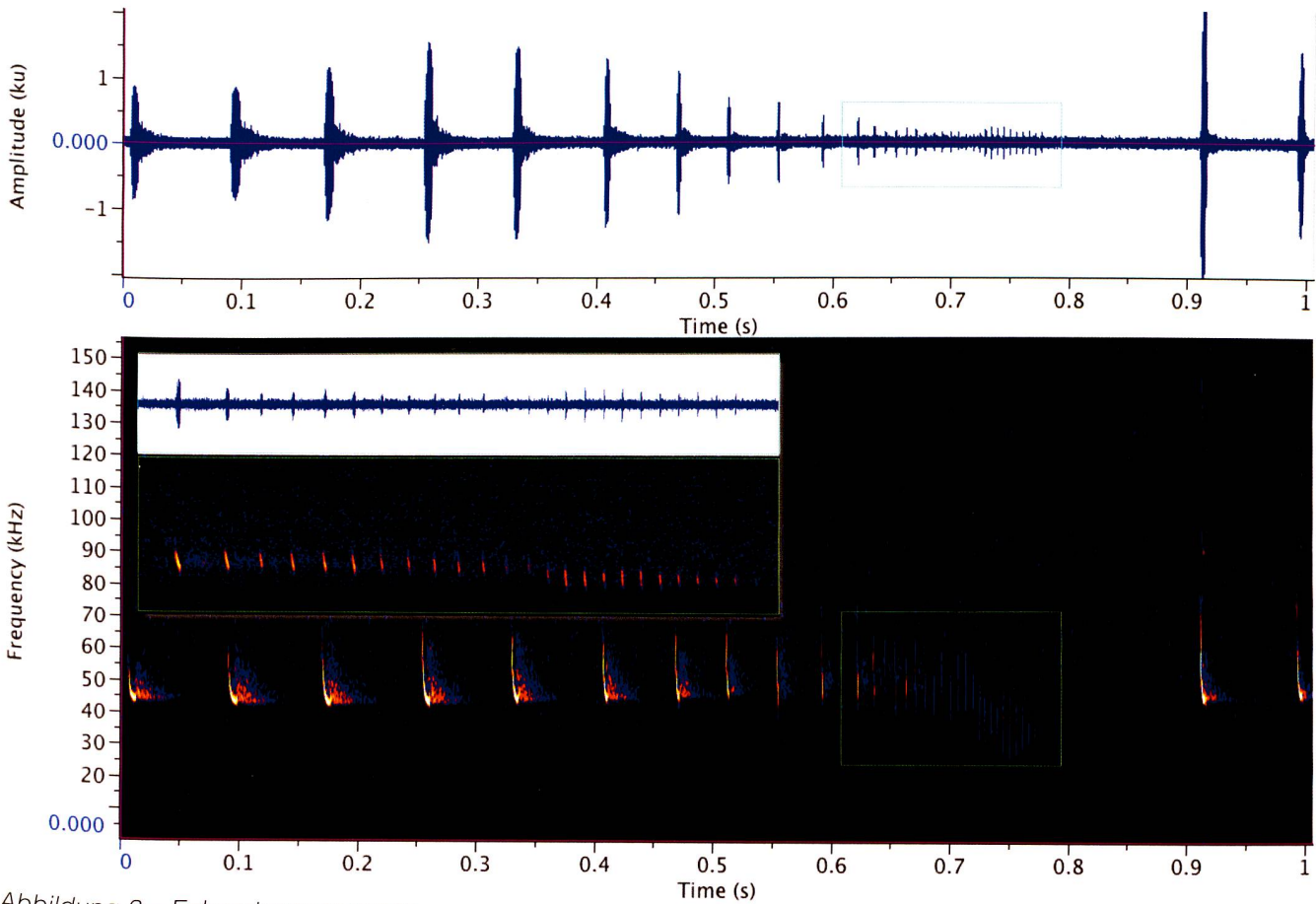


Abbildung 3 – Echoortungssequenz

Amplitudendarstellung (oben) und Spektrogramm (unten) einer Sequenz von Echoortungsrufen von *Pipistrellus pipistrellus*. Das Tier nähert sich während der Aufnahme einem Insekt und versucht es zu fangen (vgl. Vergrößerung). Die Signale werden dabei immer leiser und kürzer und folgen sich immer schneller. Nach dem Fang sind wieder zwei normale Echoortungsrufe sichtbar. Der ganze Ablauf dauerte nur eine Sekunde.

Gebiete südlich der Alpen sind artenreicher als jene in der Nordschweiz, was Erhebungen im Kanton Tessin für die neue Methodik zusätzlich interessant machte.

Folgende Gemeindegebiete wurden untersucht: Dornach, Lolibach; Gempfen, Stollen; Hägendorf, Tüfelschlucht; Herbetswil, Hinterer Hammer; Metzleren; Niedergösgen, Schachen; Obergösen, Schachen (alle Kanton Solothurn); Bergdietikon, Egelsee; Seengen, Moos; Umiken, Schacheinsle (alle Kanton Aargau); Uitikon, Allmend; Uitikon, Eidg. Forschungsanstalt WSL (beide Kanton Zürich); Sursee, Zällmoos (Kanton Luzern); Bubendorf, Wildenstein (Kanton Basel-Landschaft); Cadenazzo, Ciossa Antognini; Gordola, Monti di Motti (beide Kanton Tessin) (siehe Anhänge).

Diejenigen Erhebungen, welche Fang und Detektorprotokolle einschlossen, wurden verwendet, um die unterschiedlichen Methoden in einer Kreuzvalidierung vergleichen zu können. An den türkis markierten Standorten kamen Multimikrofonsysteme zum gleichzeitigen akustischen Monitoring in unterschiedlichen Lebensräumen zum Einsatz, ohne Netzfang oder Detektorprotokolle (Abbildung 1).

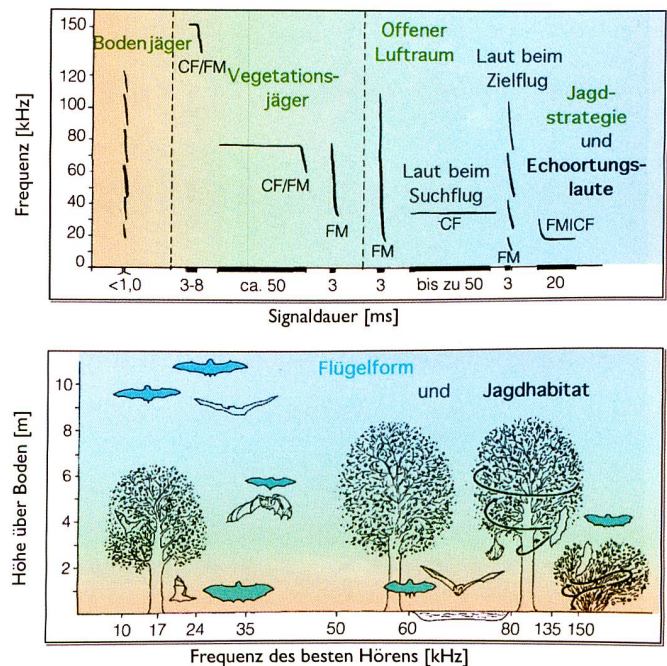


Abbildung 4 – Echoortungsadaptation (Angepasst nach Neuweiler, 1993)



Abbildung 5 – Mikrofonstandorte



Abbildung 6 – Aufnahmeapparatur

2.2 Bioakustische Arterkennung

2.2.1 Grundlagen

Alle einheimischen Fledermäuse nutzen Echoortungslaute im Ultraschallbereich zur Orientierung im Raum und zur Beutelokalisation. Diese Signale können aufgezeichnet und als Verlauf der Amplitude oder der Frequenz über die Zeit (als Spektrogramm) bildlich dargestellt werden. Dabei werden, ähnlich der Notendarstellung, hohe Frequenzen oben und tiefe Frequenzen unten mit der Zeit nach rechts ablaufend dargestellt. Die Intensitäten werden dabei als Grautönung oder Farbe codiert (Abbildungen 2 und 3). Fledermausarten verwenden unterschiedliche Signale. Im Verlauf der Evolution haben die verschiedenen Arten unterschiedliche Körpermorphologien und damit einhergehende Flugfähigkeiten entwickelt und sich entsprechend ihren Fähigkeiten an unterschiedliche Jagdhabitats adaptiert. Die parallele Entwicklung schloss dabei auch das Orientierungssystem mit ein, das sich sowohl morphologisch (Ohrenform, Gehörschnecke) als auch physiologisch (Frequenz des besten Hörens, Signalformen) an die Jagdumgebung anpasste (Abbildung 4). So nutzen Arten mit langen schlanken Flügeln vor allem den offenen Luftraum, den sie im schnellen Flug mit relativ niederfrequenten und meist langen Ortungslauten nach Insekten absuchen. Arten, die ihre Nahrung näher an der Vegetation suchen, sind mit kürzeren Flügeln meist wendiger und verwenden frequenzmodulierte Signale (FM) unterschiedlicher Form, um Beute zu orten. Arten schliesslich, die vor allem innerhalb oder sehr nahe an der Vegetation jagen, sind mit ihren breiten Flügeln hoch beweglich oder können gar im Flug an Ort und Stelle verharren (Rüttelflug). Sie setzen steil frequenzmodulierte Signale grosser Bandbreite ein, oder haben ein spezielles Ortungssystem mit konstantfre-

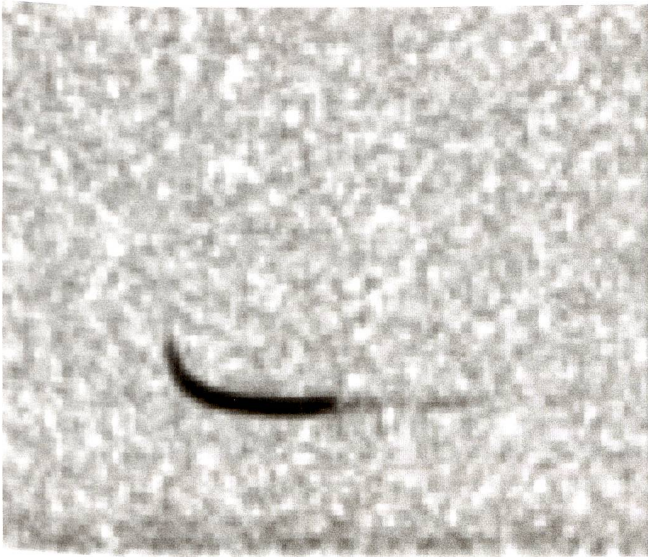


Abbildung 7 – Spektrogramm für Bilderkennung

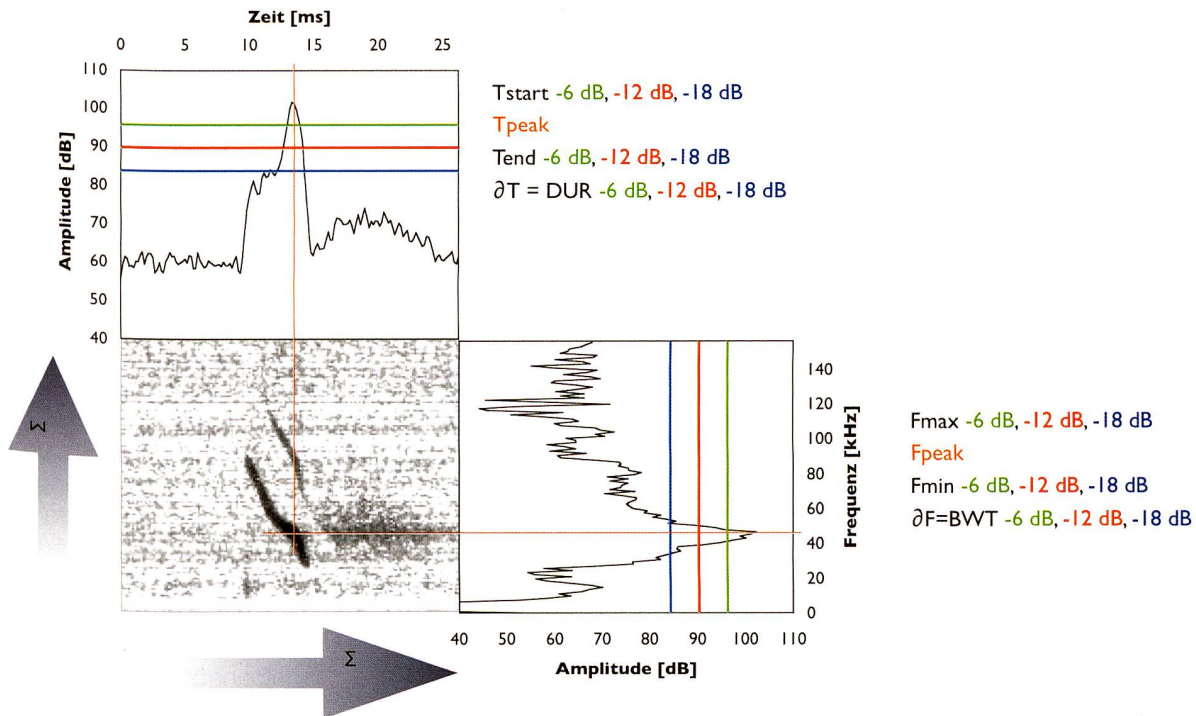


Abbildung 8 – Spektrogrammvermessung

Das Spektrogramm wurde für weitere Auswertungen entlang der Frequenzachse (vertikal) zu einer Signalamplitude (oben) und entlang der Zeitachse (horizontal) zu einem Leistungsspektrum (rechts) aufsummiert.

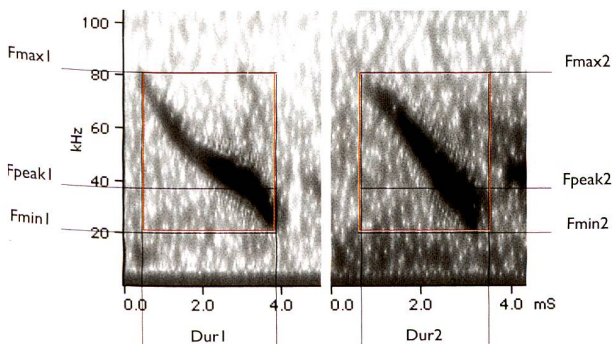


Abbildung 9 – Ähnliche Spektrogramme
Spektrogramme von *Myotis daubentonii* und *Myotis myotis*.

quenten Lauten (CF) entwickelt, womit sie sogar das Flügelschlagen von Insekten zu erkennen vermögen. Dazwischen existieren viele Mischformen von unterschiedlichen Kombinationen von FM- und CF-Signalen mit unterschiedlichem Verlauf der Frequenz über die Zeit. Zusätzlich können die Tiere ihre Signale im Flug ändern, etwa wenn sie näher zu einem Hindernis fliegen oder ein Beuteinsekt abfangen (vgl. Abbildung 3) und erzielen so ein detaillierteres «Hörbild». Frequenzlage, Dauer und Rhythmus der Signale sowie deren Signalform sind also relativ variabel, aber in einem bestimmten Bereich artspezifisch und können nach Aufzeichnung mit dafür geeigneten Geräten deshalb meist der Art zugeordnet werden (vgl. dazu Kapitel 2.2.4).

2.2.2 Detektorprotokolle und Aufnahme der Peillaute

Während der Kreuzvalidierungen wurde mit handelsüblichen Fledermausdetektoren (Pettersson D240x, Ultrasound Advice U30) in regelmässigen Intervallen die akustische Aktivität von Fledermäusen im Beobachtungsgebiet überwacht. Dabei wurde versucht, anhand der hörbar gemachten Ultraschalllaute direkt im Feld die rufende Art zu erkennen. Wir stützten uns dazu vor allem auf die Frequenz der grössten Energie der Laute, den Klang sowie den Rhythmus der Rufe. Vor allem vorhandene CF-Anteile in den Signalen können bei dieser Feldmethode Hinweise auf die Artzugehörigkeit geben.

Zur Aufnahme von Ultraschallsignalen müssen sowohl spezielle Mikrofone als auch angepasste Verstärker und Aufzeichnungsgeräte verwendet werden. Mikrofon und Verstärker sind in handelsüblichen Fledermausdetektoren vereint, welche oft auch eine akustische Umsetzung in den hörbaren Bereich ermöglichen. Für die qualitativ hochwertige Aufzeichnung von Signalen werden im Allgemeinen so genannte Kondensatormikrofone eingesetzt. Dabei wird eine elektrisch geladene Membran durch den Luftschall in Schwingung versetzt, was am Mikrofonausgang eine wechselnde Spannung auslöst, welche aufgezeichnet werden kann. Während zur Aufzeichnung dieser Wechselspannung bis vor 20 Jahren vor allem teure magnetische Hochgeschwindigkeitstonbänder verwendet wurden, können die Daten heute durch den Fortschritt der Elektronik (Parsons & Obrist, 2004) direkt digital in einen Computer gespeichert werden, oder mit der neusten Generation von Detektoren (z.B. www.batlogger.ch) sogar direkt im Feld auf Speicherkarten digitalisiert werden. Wir verwendeten Kondensatormikrofone mit einem flachen Frequenzgang (± 3 dB) im Bereich 20–120 kHz (Ultrasound Advice, London, UK), die von einem Spezialverstärker betrieben wurden. Die Mikrofone wurden ein Meter über dem Boden befestigt und 45° zur Vertikalen geneigt ausgerichtet (Abbildung 5).

Alle in dieser Arbeit vorgestellten Signale wurden mit Apple-PowerBook-Laptop-Computern, die an einer 12-V-Batterie betrieben wurden, direkt digital im Feld aufgenommen. Dabei wurde eine Analog-Digital-Wandlerkarte eingesetzt, welche die eintreffenden Signale mit 312,5 kHz Abtastrate und 12 Bit Datenbreite digitalisierte

(PCCARD-DAS16/330, Measurement Computing Corporation, Middleboro, MA, USA). In Nächten, in denen Netze gestellt und Detektorprotokolle geführt wurden, erfolgte die Aufzeichnung nur mit einem Mikrofon pro Computer. In allen anderen Fangnächten war mindestens ein Computer in Betrieb (maximal zwei), an dem jeweils fünf Mikrofone über Koaxialkabel bis 300 Meter Länge angeschlossen waren (Abbildungen 5 und 6).

2.2.3 Signalanalyse

Im Labor wurden die Aufnahmen mit der Software BATIT analysiert. Die zehn Sekunden langen Aufnahmesequenzen (Abbildung 3 stellt einen Ausschnitt dar) wurden zuerst mit einem Hochpass bei 7.5 kHz gefiltert, um Nebengeräusche unterhalb des Ultraschallbereiches zu eliminieren (Wind, Wasser, Blätterraschen, etc.). Dann wurden die Sequenzen in einzelne Echoortungsrufe zerschnitten, wobei Amplitudenpeaks im Zeitsignal (vgl. Abbildungen 2 und 3 oben) als Indiz für Signale benutzt wurden. Die Ausschnitte von 26 ms Länge wurden darauf in Spektrogramme mit 159 Spektren zu je 128 Punkten verrechnet (Abbildung 7). Die zeitliche Auflösung dieser Spektrogramme belief sich damit auf 0.16 ms, die spektrale Auflösung auf 1.2 kHz.

Die Spektrogramme dienten als Basis (Eingangssignale) für die weitere Verarbeitung und die Zuordnung zu den Arten. Diese erfolgte in einem mehrstufigen Verfahren, das einerseits eine Mustererkennung durchführte, bei der das Spektrogramm als Bild behandelt wurde (vgl. Kapitel 2.2.4), andererseits zusätzlich die Spektrogramme vermass (Abbildung 8) und die Werte mit einer Datenbank verglich.

Um Messwerte unabhängig von Hintergrundrauschen und Lautstärke zu erhalten, wurden in den Aufsummierungen in Abbildung 8 die spektralen und temporalen Werte im Leistungsspektrum resp. der Signalamplitudendarstellung von der lautesten Stelle her vermessen. So wurden obere (F_{max}) und untere (F_{min}) Frequenzen 6 dB, 12 dB und 18 dB unterhalb des Frequenzpeaks im Leistungsspektrum gemessen und daraus Signalbandbreiten 6, 12, und 18 dB unter der Peak-Intensität berechnet ($BWT = F_{max} - F_{min}$). Sinngemäss wurden entsprechende Signaldauern ($DUR = T_{end} - T_{start}$) im Amplitudensignal ermittelt.

2.2.4 Vergleich mit Referenzsignalen mittels Synergetik

Fledermausrufe sind innerhalb einer Art meist relativ variabel und können zwischen verschiedenen Arten sehr ähnlich sein. Gelegentlich sind die vermessenen Parameter wie höchste und niedrigste Frequenz, Frequenz grösster Energie oder die Dauer der Rufe zweier Arten identisch und der einzige Unterschied ist im Spektrogramm sichtbar, etwa wenn die «Krümmung» Unterschiede zeigt, die Frequenz über die Zeit also unterschiedlich verläuft (Abbildung 9).

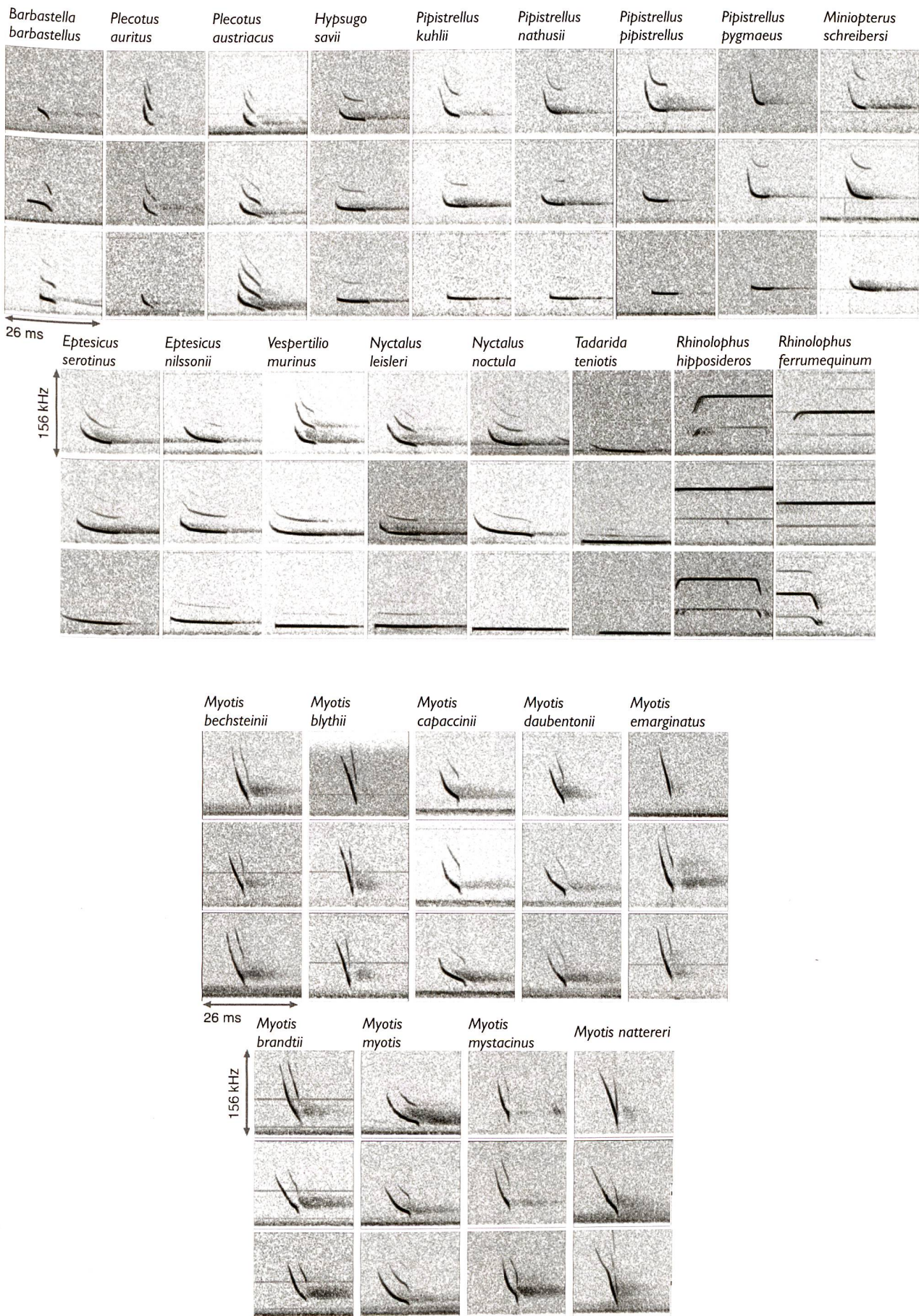


Abbildung 10 – Spektrogrammtypen von 26 Fledermausarten

Tabelle 1 – Arterkennungsraten
 Grau geschriebene Zeilen zeigen Arten mit eingeschränkter Datengrundlage.

Anzahl Signale od. Prozent	Artabkürzung	Einzelruf- klassierungen		Sequenz- klassierungen					
		Vorhandene Gesamtanzahl	Prozent korrekt der zugeordneten Signale	Anzahl Sequenzen gesamt	% Artklassierter zur korrekten Art	% der Sequenzen berücksichtigt	≥ 2 Rufe in gleicher Art		
Fledermausart							% Artklassierter zur korrekten Art	% der Sequenzen berücksichtigt	
	Mopsfledermaus (<i>Barbastella barbastellus</i>)	Bar.barb	1286	93%	68	89%	40%	93%	22%
	Nordfledermaus (<i>Eptesicus nilssonii</i>)	Ept.nils	2945	93%	126	93%	63%	96%	56%
	Breitflügelfledermaus (<i>Eptesicus serotinus</i>)	Ept.sero	941	76%	68	81%	54%	90%	46%
	Alpenfledermaus (<i>Hypsugo savii</i>)	Hyp.savi	503	99%	33	100%	55%	100%	45%
	Langflügelfledermaus (<i>Miniopterus schreibersii</i>)	Min.schr	564	94%	64	97%	59%	96%	41%
	Bechsteinfledermaus (<i>Myotis bechsteinii</i>)	Myo.bech	169	42%	14	50%	29%	33%	21%
	Kleines Mausohr (<i>Myotis blythii</i>)	Myo.blyt	237	65%	21	83%	29%	67%	14%
	Brandtfledermaus (<i>Myotis brandtii</i>)	Myo.bran	1214	73%	54	72%	46%	82%	31%
	Langfussfledermaus (<i>Myotis capaccinii</i>)	Myo.capa	1359	88%	106	94%	59%	93%	40%
	Wasserfledermaus (<i>Myotis daubentonii</i>)	Myo.daub	759	94%	53	92%	45%	93%	26%
	Wimperfledermaus (<i>Myotis emarginatus</i>)	Myo.emar	654	94%	48	96%	50%	100%	42%
	Grosses Mausohr (<i>Myotis myotis</i>)	Myo.myot	402	100%	37	100%	22%	100%	11%
	Bartfledermaus (<i>Myotis mystacinus</i>)	Myo.myst	935	84%	33	82%	67%	88%	52%
	Fransenfledermaus (<i>Myotis nattereri</i>)	Myo.natt	890	98%	70	97%	49%	100%	37%
	Kleiner Abendsegler (<i>Nyctalus leisleri</i>)	Nyc.leis	1012	67%	143	67%	34%	77%	15%
	Grosser Abendsegler (<i>Nyctalus noctula</i>)	Nyc.noct	575	91%	49	75%	65%	81%	55%
	Weissrandfledermaus (<i>Pipistrellus kuhlii</i>)	Pip.kuhl	666	95%	63	98%	63%	100%	49%
	Rauhhaufledermaus (<i>Pipistrellus nathusii</i>)	Pip.nath	463	91%	74	85%	53%	96%	32%
	Zwergfledermaus (<i>Pipistrellus pipistrellus</i>)	Pip.pipi	2259	98%	129	96%	61%	98%	49%
	Mückenfeldermaus (<i>Pipistrellus pygmaeus</i>)	Pip.pygm	325	100%	55	94%	56%	96%	44%
	Braunes Langohr (<i>Plecotus auritus</i>)	Ple.auri	85	50%	-	67%	20%	-	-
	Graues Langohr (<i>Plecotus austriacus</i>)	Ple.aust	595	99%	73	96%	66%	97%	49%
	Grosse Hufeisennase (<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>)	Rhi.ferr	1222	100%	71	100%	85%	100%	76%
	Kleine Hufeisennase (<i>Rhinolophus hipposideros</i>)	Rhi.hipp	123	100%	29	100%	62%	100%	41%
	Bulldoggfledermaus (<i>Tadarida teniotis</i>)	Tad.teni	54	-	-	0	9%	-	-
	Zweifarbentfledermaus (<i>Vespertilio murinus</i>)	Ves.muri	472	91%	46	89%	59%	96%	50%
Mittelwert/Summe			20709	87%		84%	50%	91%	39%
Mittelwert/Summe ohne Seltene			19762	91%		90%	57%	94%	43%

Solche Unterschiede können ideal mit Bilderkennungsalgorithmen erfasst und zugeordnet werden. In der vorliegenden Arbeit wurde eine synergetische Mustererkennung angewendet, ein Verfahren, das auch in der Spracherkennung, z.B. bei der Zutrittskontrolle zu Sicherheitsbereichen zur Anwendung kommt (Wagner, 1995). Die Mathematik der Synergetik hängt eng mit der Chaostheorie und dem Verhalten sich selbstorganisierender Prozesse zusammen. Als solche können beispielsweise das rhythmisch werdende Klatschen des Publikums nach einem Konzert oder die immer wieder-

kehrenden Wellen von Stoppen und Fahren in Autokolonnen betrachtet werden. Mit der Synergetik lässt sich gewissermassen das Rauschen aus den vorliegenden Signalen eliminieren und nur das typische Hauptcharakteristikum des analysierten Musters herauschälen. Im Falle der Mustererkennung bildet unser «Synergetische Computer» aus einer Teilmenge von Beispielen eine Vorlage, anhand derer er danach unbekannte neue Signalen zuordnet.

Jede automatische Mustererkennung hängt zu einem nicht unerheblichen Teil von der Güte der vorliegen-

den bekannten Referenzmuster ab. Im Verlauf mehrerer Jahre haben wir in der ganzen Schweiz und dem nahen Ausland Referenzlaute von Fledermäusen gesammelt. Dabei wurden die Tiere im Freiland gefangen, bestimmt, vermessen und danach ihre Echoortungslaute beim Freilassen aufgezeichnet. Alternativ zeichneten wir Signale vor Fledermausquartieren auf, deren Artzusammensetzung bekannt war und die durch einzelne Fänge von Tieren von uns verifiziert wurde. Zum Zeitpunkt der hier präsentierten Erhebungen lagen uns Echoortungssignale von 26 Arten vor (Obrist et al., 2004a).

Da der verwendete «Synergetische Computer» beim Lernen von Referenzmustern diese in eine Art Prototyp verschmilzt, die Arten aber wie erwähnt teilweise recht variable Signale einsetzen können, ergaben sich beim Generieren von nur einem Prototypen pro Art unscharfe Prototypen und damit relativ schlechte Erkennungs-raten. Deshalb wurden Signale einer Art, die im Spek-trogramm visuell als sehr ähnlich taxiert wurden, in eigene Typen geordnet (je nach Variabilität eine bis fünf Typen pro Art; Abbildung 10).

So erhielten wir insgesamt 85 Lauttypen, die vom sy-nergetischen Algorithmus beim Lernen der Charakteristik zu ebenso vielen Prototypen verschmolzen wur-den. Der Algorithmus benötigt relative wenige Signale zum Lernen und klassiert bei mehr als etwa 15 Lernsig-nalen sogar wieder schlechter. Entscheidend ist, dass die gelernten Signale möglichst optimal die Diversität aller Signale in einem Ruftyp abdecken. Wir trainierten entsprechend den Algorithmus mit 99 generierten Sets von zufällig gezogenen zwei bis 15 Signalen pro Ruftyp und evaluierten diejenigen der resultierenden 1386 Lernbasen, die den Rest der über 20000 Lernsignale optimal erkannten. Die fünf besten dieser Lernbasen wurden schliesslich für die Artklassierung unbekannter Aufnahmen verwendet. Damit erreichten wir eine durch-schnittliche Arterkennungsrate von 87 % für Einzelrufe und 91 % für Sequenzen mit mehreren klassierten Rufen einer Art (vgl. Tabelle 1 und siehe Obrist et al., 2004a).

2.2.5 Statistik

Die Klassierung eines einzelnen Signales ergibt einen Übereinstimmungswert, der zwischen 1 (Signal in Lern-basis vorhanden) und 0 (keine Ähnlichkeit mit gelernten Signalen) variiert. Wir definierten einen Wert von 0,05 als kleinste akzeptable Übereinstimmung. Jeder der ausge-schnittenen Echoortungsrufe wurde mit den fünf Lernba-sen klassiert. Mindestens vier dieser Klassierungen mus-sen die Anforderung der minimalen Klassierungsgüte erfüllen. Mindestens drei der Klassierungen mussten auf dieselbe Art weisen. Derart klassierte Rufe wurden einer weiteren Kontrolle unterzogen: Die vermessenen Para-meter des Spektrogrammes mussten innerhalb derjeni-gen Grenzwerte liegen, die zuvor als Bandbreite der kor-rekten Werte für diese Art bestimmt wurde (vgl. Kapitel 2.2.3). Falls nicht alle der obigen Bedingungen erfüllt waren, wurde das analysierte Signal als unerkant mar-



Abbildung 11 – Netze



Abbildung 12 – Lichtfalle für Insekten

kiert, andernfalls der vorgeschlagenen Art zugewiesen. Schliesslich wurden die Artzuweisungsergebnisse über eine ganze aufgenommene Rufsequenz von zehn Sekunden aufsummiert. Sequenzen, die weniger als fünf erkannte Signale aufwiesen, oder solche, in denen mehrere Arten zugewiesen worden waren, wurden visuell kontrolliert und wo notwendig manuell anhand vorhandener Literaturangaben (Obrist et al., 2004a; Zingg, 1990) auf die bestmögliche taxonomische Stufe (Artkomplex, Gattung, Gattungskomplex) bestimmt oder auch verworfen. In den folgenden Auswertungen wurden – wenn nicht anders vermerkt – nur Sequenzen berücksichtigt, die auf die Art bestimmt werden konnten.

Aus den 34 Erhebungsnächten ergaben sich wegen der variablen Anzahl eingesetzter Mikrofone gesamt-

haft 182 Mikrofonnächte, in denen 1121 Mikrofonstunden mit den Computern aufgezeichnet wurden. Die Erhebungen waren nicht balanciert bezüglich des zeitlichen Aufwandes pro Lebensraumtyp. Zusätzlich versagte in drei Erhebungsnächten ein Computer nach Mitternacht und in gleich vielen Nächten konnte wegen einsetzendem Regen nicht die ganze Nacht aufgenommen werden. Entsprechend wurde die Anzahl der Artnachweise für die vergleichenden Darstellungen und statistischen Analysen normiert. Je nach Analyse erfolgte die Normierung auf die Anzahl der Beobachtungen pro Stunde oder pro Nacht (zehn Stunden). Die Darstellungen und numerischen Überblicke erfolgten in Microsoft Excel, die statistischen Analysen (z.B. ANOVA) in DataDesk 6.2.1 (Data Description, Inc. Ithaca, NY USA).

2.3 Fledermausfang

In einem Teil der Erhebungen wurden sowohl akustische Aufnahmen gemacht, als auch Tiere gefangen. Damit konnte eine Kreuzvalidierung von akustischen und fängischen Methoden vorgenommen werden. Zum Fang der Fledermäuse wurden so genannte Japannetze (vgl. Anhang) verwendet, wie sie auch zum Fang von Vögeln eingesetzt werden. Die Netze wurden jeweils in Flugschneisen aufgespannt, beispielweise über Waldwegen und Kleingewässern oder entlang von Waldrändern und Hecken, um so die Fangwahrscheinlichkeiten zu optimieren. Die Gesamtmenge eingesetzter Netze betrug mindestens ein 9 m langes Netz (max. zwei) in doppelter Ausführung (übereinander aufgespannt; Abbildung 11) sowie mindestens zwei 6 m oder 9 m lange Einzelnetze (max. vier). Im Mittel wurden pro Erhebung 74 m² Netze eingesetzt (38–113 m²).

Die Netze wurden während der Erhebungen regelmäßig (mind. alle 15 Minuten) kontrolliert, die gefangenen Tiere unverzüglich befreit und bis zur Vermessung in Stoffsäckchen isoliert. Damit konnten wiederholte Fänge derselbe Individuen vermieden werden. Alle Tiere wurden nach dem Protokollieren von Geschlecht, Alter, reproduktivem Zustand, sowie weiteren üblichen Angaben zur Morphometrie in derselben Nacht nach Abschluss der Erhebung wieder freigelassen.

2.4 Nahrungsangebot – Insektenfang

Während der Aufnahmen wurde das potenziell für Fledermäuse zur Verfügung stehende Nahrungsangebot (vor allem fliegende Insekten) mittels Lichtfallen erhoben. Diese nicht richtungsspezifischen Fallen bestanden aus einer Leuchtstoffröhre (11-W-Neonröhre, superaktinisch blau Philips TL 20 W/05; 365 nm maximale Energie), die mit einer 12-V-Autobatterie betrieben wurde. Die Leuchtröhre war an der Schnittstelle von vier Blechflächen über einem Auffangtrichter montiert (Abbildung 12).

Durch das Licht angelockte Insekten wurden in einem Behälter mit 70% Alkohol unter dem Trichter konserviert. Die Falle wurde 1,5 Meter über Boden montiert und

mehr als 30 Meter vom nächsten Mikrofon aufgestellt, um Interaktionen zwischen akustischen Aufnahmen und Insektenerhebung zu vermeiden.

Die Insekten wurden im Labor in die folgenden zwölf taxonomische Gruppen sortiert und gezählt: Schaben (Blattaria), Käfer (Coleoptera), Fliegen und Mücken (Diptera), Eintagsfliegen (Ephemeroptera), Wanzen (Heteroptera), Zikaden und Pflanzenläuse (Homoptera), Hautflügler (Hymenoptera), Schmetterlinge (Lepidoptera), Netzflügler (Neuroptera), Steinfliegen (Plecoptera), Fransenflügler (Thysanoptera) und Köcherfliegen (Trichoptera). Zur Bestimmung der Biomasse wurde ausserdem jede taxonomische Gruppe getrocknet (zwölf Stunden bei 60 ° C) und danach aufs Milligramm genau gewogen.

3. Resultate

3.1 Überblick

Insgesamt konnten im Verlauf der Erhebungen mit den unterschiedlichen Methoden 19 der 28 momentan in der Schweiz vorkommenden Fledermausarten nachgewiesen werden: *Eptesicus nilssonii*, *Eptesicus serotinus*, *Hypsugo savii*, *Myotis blythii*, *Myotis daubentonii*, *Myotis emarginatus*, *Myotis myotis*, *Myotis mystacinus*, *Myotis nattereri*, *Nyctalus leisleri*, *Nyctalus noctula*, *Pipistrellus kuhlii*, *Pipistrellus nathusii*, *Pipistrellus pipistrellus*, *Pipistrellus pygmaeus*, *Plecotus auritus*, *Plecotus austriacus*, *Rhinolophus hipposideros* und *Vespertilio murinus* (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2 – Gesamtartenliste

Aufgeführt ist die Anzahl der Nachweise der einzelnen Arten mit der jeweiligen Methode.

Art	Kreuzvalidierung			Monitoring
	Computer-aufnahmen	Detektorprotokolle	Netzfang	Computer-aufnahmen
<i>Eptesicus nilssonii</i>	2			
<i>Eptesicus serotinus</i>	20		3	3
<i>Hypsugo savii</i>	48		12	6
<i>Myotis blythii</i>			1	
<i>Myotis daubentonii</i>	74	10	10	108
<i>Myotis emarginatus</i>				1
<i>Myotis myotis</i>		4	2	1
<i>Myotis mystacinus</i>	1		1	65
<i>Myotis nattereri</i>			1	6
<i>Nyctalus leisleri</i>	21		3	7
<i>Nyctalus noctula</i>	8	4	5	48
<i>Pipistrellus kuhlii</i>	41	1	1	109
<i>Pipistrellus nathusii</i>	164	5		226
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	554	39	19	1056
<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	15	2	5	5
<i>Plecotus auritus</i>			2	
<i>Plecotus austriacus</i>				4
<i>Rhinolophus hipposideros</i>				2
<i>Vespertilio murinus</i>	1			3
Gesamtergebnis	949	65	65	1650

Tabelle 3 – Netzfänge

Resultate der Fänge mit Japannetzen, aufgeteilt nach Erhebungsort und Lebensraumtyp.

Ort	Lebensraum-Typ	<i>Eptesicus serotinus</i>	<i>Hypsugo savii</i>	<i>Myotis blythii</i>	<i>Myotis daubentonii</i>	<i>Myotis myotis</i>	<i>Myotis mystacinus</i>	<i>Myotis nattereri</i>	<i>Nyctalus leisleri</i>	<i>Nyctalus noctula</i>	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	<i>Plecotus auritus</i>	Gesamtergebnis	Artenzahl
Dornach - Lolibach Wald	Wald															
Dornach - Lolibach Weiher	Stehgewässer					1		1							2	2
Gempen - Stollen, Haselstudien	Waldrand															
Gempen - Stollen, Obstanlage	Obstanlage															
Hägendorf - Tüfelsschlucht, Waldbach	Fliessgewässer															
Hägendorf - Tüfelsschlucht, Weiher	Stehgewässer				1							12		1	14	3
Herbetswil - Hinterer Hammer Obstgarten	Obstanlage						1								1	1
Herbetswil - Hinterer Hammer Teich	Siedlung, Stehgewässer											3			3	1
Metzerlen - Dorfmatte	Obstanlage													1	1	1
Metzerlen - Niederholz	Waldrand															
Niedergösgen - Schwellisteg Kiesbank	Fliessgewässer															
Niedergösgen - Schwellisteg Schwelle	Fliessgewässer				3										3	1
Obergösgen - Schachen Stegbach	Fliessgewässer				5							1			6	2
Obergösgen - Schachen Stillarm	Fliessgewässer															
Cadenazzo - Ciossa Antognini Nord	Fliessgewässer	1	1		1					5		1			9	5
Cadenazzo - Ciossa Antognini Süd	Fliessgewässer	1										2			3	2
Gordola - Monti di Motti	Stehgewässer	1	11	1	1				3		1		5		23	7
Gesamt		3	12	1	10	2	1	1	3	5	1	19	5	2	65	13

Tabelle 4 – Detektorprotokolle

Resultate der akustischen Protokolle mit dem Fledermausdetektor, aufgeteilt nach Erhebungspunkt und Lebensraumtyp.

Ort	Lebensraum-Typ	<i>Myotis daubentonii</i>	<i>Myotis myotis</i>	<i>Nyctalus noctula</i>	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	<i>Pipistrellus nathusii</i>	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	<i>Myotis spec.</i>	<i>Pipistrellus spec.</i>	Art unbekannt	Gesamtergebnis	Sichere Art determinationen
Dornach - Lolibach Wald	Wald	1					1					2	2
Dornach - Lolibach Weiher	Stehgewässer	1					5		3			9	2
Gempen - Stollen, Haselstudien	Waldrand						3					3	1
Gempen - Stollen, Obstanlage	Obstanlage						7				1	8	1
Hägendorf - Tüfelsschlucht, Waldbach	Fliessgewässer												
Hägendorf - Tüfelsschlucht, Weiher	Stehgewässer	1					6		1			8	2
Herbetswil - Hinterer Hammer Obstgarten	Obstanlage						1					1	1
Herbetswil - Hinterer Hammer Teich	Siedlung, Stehgewässer			1			4		2			7	3
Metzerlen - Dorfmatte	Obstanlage												
Metzerlen - Niederholz	Waldrand						2					2	1
Niedergösgen - Schwellisteg Kiesbank	Fliessgewässer						1		2	2	1	6	2
Niedergösgen - Schwellisteg Schwelle	Fliessgewässer		5				4					9	2
Obergösgen - Schachen Stegbach	Fliessgewässer		2						1			3	1
Obergösgen - Schachen Stillarm	Fliessgewässer												
Cadenazzo - Ciossa Antognini Nord	Fliessgewässer	1	1				4		1		1	8	3
Cadenazzo - Ciossa Antognini Süd	Fliessgewässer			1			3		1		2	7	3
Gordola - Monti di Motti	Stehgewässer		3	1	1		3	2	7	2	8	27	5
Gesamt		10	4	4	1	5	39	2	18	4	13	100	7

3.2 Externe Einflüsse auf die Jagdaktivität

Alle Erhebungen fanden bei Wetterlagen statt, bei denen hohe Jagdaktivitäten zu erwarten waren. Von

den erhobenen Wetterdaten (Temperatur, Wind, Feuchte, Regen) zeigte entsprechend auch einzig die mittlere Temperatur einen geringen negativen Einfluss ($p=0,025$) auf die Jagdaktivität. Ausserdem liess sich

Tabelle 5 – Computeridentifikationen Kreuzvalidierung
 Resultate der Computeridentifikationen während der Kreuzvalidierungsächte, aufgeteilt nach Erhebungspunkt
 und Lebensraumtyp.

Ort	Lebensraum- Typ	<i>Eptesicus nilssonii</i>	<i>Eptesicus serotinus</i>	<i>Hypsugo savii</i>	<i>Myotis daubentonii</i>	<i>Myotis mystacinus</i>	<i>Nyctalus leisleri</i>	<i>Nyctalus noctula</i>	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	<i>Pipistrellus nathusii</i>	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	<i>Vespertilio murinus</i>	Gesamtergebnis
Dornach - Lolibach Waldtälichen	Wald													
Dornach - Lolibach Weiher	Stehgewässer				3		1	1		52	13			70
Gempen - Stollen, Haselstuden	Waldrand									2				2
Gempen - Stollen, Obstanlage	Obstanlage													
Hägendorf - Tüfelsschlucht, Waldbach	Fliessgewässer										1			1
Hägendorf - Tüfelsschlucht, Weiher	Stehgewässer							1		6	104			111
Herbetswil - Hinterer Hammer Obstgarten	Obstanlage										1			1
Herbetswil - Hinterer Hammer Teich	Siedlung, Stehgewässer										63			63
Metzerlen - Dorfmatte	Obstanlage										2			2
Metzerlen - Niderholz	Waldrand										1			1
Niedergösgen - Schwellisteg Kiesbank	Fliessgewässer				23	1		1		6	3			34
Niedergösgen - Schwellisteg Schwelle	Fliessgewässer				41				21	133	59	1	1	256
Obergösgen - Schachen Stegbach	Fliessgewässer				3					1	42			46
Obergösgen - Schachen Stillarm	Fliessgewässer													
Cadenazzo - Ciossa Antognini Nord	Fliessgewässer		4	2	3			1		4	56	1		71
Cadenazzo - Ciossa Antognini Süd	Fliessgewässer	1	1		1		1	3	1		103			111
Gordola - Monti di Motti	Stehgewässer	1	15	46			19	1	20	13	65			180
Gesamt		2	20	48	74	1	21	8	42	163	554	15	1	949

ein leicht negativer Einfluss der verstrichenen Zeit nach Sonnenuntergang auf die Aktivität feststellen ($p=0,021$). Die Art ($p<<0,001$) und der Lebensraumtyp ($p<<0,001$) trugen weitaus am meisten zur Erklärung der Jagdaktivität bei.

Das detailliert erhobene Nahrungsangebot (Insektenzahl und Trockengewicht der Insektengruppen: Blattaria, Coleoptera, Diptera, Ephemeroptera, Heteroptera, Homoptera, Hymenoptera, Lepidoptera, Neuropteroidea, Plecoptera, Thysanoptera, Trichoptera, Rest) zeigte keinen deutlichen Einfluss auf die Aktivität. Ein geringer interagierender Einfluss von Lebensraumtypen und einzelnen Insektenklassen auf die Aktivität konnte festgestellt werden. Dieser wurde hauptsächlich durch die hohen Individuenzahlen in den Gruppen sehr kleiner Insekten bestimmt. Die verfügbare Biomasse (Trockengewicht) zeigte keinen Einfluss auf die Jagdaktivität.

3.3 Methodenvergleiche durch Kreuzvalidierung

Im Rahmen der Kreuzvalidierungen zeigte keiner der Standorttypen signifikant mehr gefangene Tiere oder Arten. Auch zwischen Nord- und Südschweiz fand sich diesbezüglich kein Unterschied. Eine Zusammenstellung der Netzfänge findet sich in Tabelle 3. Insgesamt wurden 65 Fledermäuse aus 13 Arten in den Netzen registriert. Dabei sind die Fänge sehr unterschiedlich verteilt, vor allem oberhalb Gordola im Tessin gingen sehr viele Tiere unterschiedlicher Art ins Netz. Im Gegensatz dazu liessen sich bei den Aufnahmen mittels Fledermausdetektor nur wenige Arten nach-

Tabelle 6 – Methodenbewertung
 Qualitative vergleichende Bewertung der verschiedenen, im Rahmen der Kreuzvalidierung eingesetzten Methoden.

Art	Computer	Detektor	Fang	exklusiv
<i>Eptesicus nilssonii</i>	x			Akustik
<i>Eptesicus serotinus</i>	x		x	-
<i>Hypsugo savii</i>	x		x	-
<i>Myotis blythii</i>			x	Fang
<i>Myotis daubentonii</i>	x	x	x	-
<i>Myotis myotis</i>		x	x	-
<i>Myotis mystacinus</i>	x		x	-
<i>Myotis nattereri</i>			x	Fang
<i>Nyctalus leisleri</i>	x		x	-
<i>Nyctalus noctula</i>	x	x	x	-
<i>Pipistrellus kuhlii</i>	x	x	x	-
<i>Pipistrellus nathusii</i>	x	x		Akustik
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	x	x	x	-
<i>Pipistrellus pygmaeus</i>		x	x	-
<i>Plecotus auritus</i>			x	Fang
<i>Vespertilio murinus</i>	x			Akustik
Anzahl Arten:	16	12	7	13

weisen (Tabelle 4). Obschon in den kurzen Beobachtungsfenstern weniger Kontakte zu erwarten waren, konnten in 65 der gesamthaft doch 100 Beobachtungen bloss sieben Arten eindeutig erkannt werden. Vor allem die Arten in der Gattung *Myotis*, die sehr ähnlich rufen, waren kaum auseinander zu halten. Selbst einige Signale, die von *Pipistrellus sp.* stammen mus-

sten, konnten nicht eindeutig einer Art zugewiesen werden.

Die Computeraufzeichnungen, welche wie die Netzfänge während der Beobachtungszeit kontinuierlich stattfanden, wiesen deutlich am meisten Kontakte zu Fledermäusen nach. Durch die automatische Analyse von 34150 Echoortungsrufen in 817 Lautsequenzen konnten insgesamt 949 Artzuweisungen erfolgen (Tabelle 5). In 191 Sequenzen liessen sich zwei Arten nachweisen, in 45 Sequenzen drei Arten und in vier Sequenzen sogar vier Arten. Zusätzlich erfolgten 62 Zuweisungen nur sicher auf das Gattungsniveau. 170 Artzuweisungen wurden als unsicher taxiert und aus der weiteren Analyse ausgeschlossen. Mit dieser Methode konnten insgesamt zwölf Arten nachgewiesen werden.

3.3.1 Komplementarität der Methoden: Fang oder Akustik?

Die Analysen mit dem Ultraschalldetektor weisen gegenüber den beiden anderen verwendeten Methoden eine geringere Präzision auf. Vor allem über die Gattung *Myotis* können kaum zuverlässige Aussagen gemacht werden, aber auch andere Arten sind schlecht ansprechbar. Zehn Arten liessen sich mit Fang und akustischen Methoden nachweisen, drei

Arten nur mit Fang und drei weitere Arten nur mit Akustik. Während Fang und Detektor 14 Arten abdeckten, konnten mit Fang und Computererkennung 16 Arten erfasst werden (Tabelle 6).

Im Folgenden wird detailliert auf die Arten, Standorte und Methoden eingegangen. Zur Verdeutlichung der Bedeutung von Wasser für das Vorkommen jagender Fledermäuse wurden die Erhebungsstandorte in den nachfolgenden Abbildungen nach groben Lebensraumtypen gruppiert.

3.3.2 Vergleich Netzfang und Ultraschalldetektorprotokoll

Trotz der Einfachheit der Methode konnten durch den Einsatz des Ultraschalldetektors im Vergleich zum Netzfang im Durchschnitt 52% mehr Arten registriert werden (Abbildung 13). Umgekehrt erhöhte sich im Vergleich zu den Detektornachweisen die Artenzahl durch die Verwendung der Netze um 27%. 21% der Arten wurden mit beiden Methoden erfasst.

Tabelle 7 schlüsselt die Daten nach Arten auf. Es zeigt sich, dass vor allem die gut hör- und identifizierbaren Arten der Gattungen *Pipistrellus* und *Nyctalus* im Verhältnis zu den Netzfängen häufig mit dem Detektor registriert wurden. Insgesamt konnten sechs Arten nur im Netz gefangen werden und eine Art wurde nur mit dem Detektor nachgewiesen.

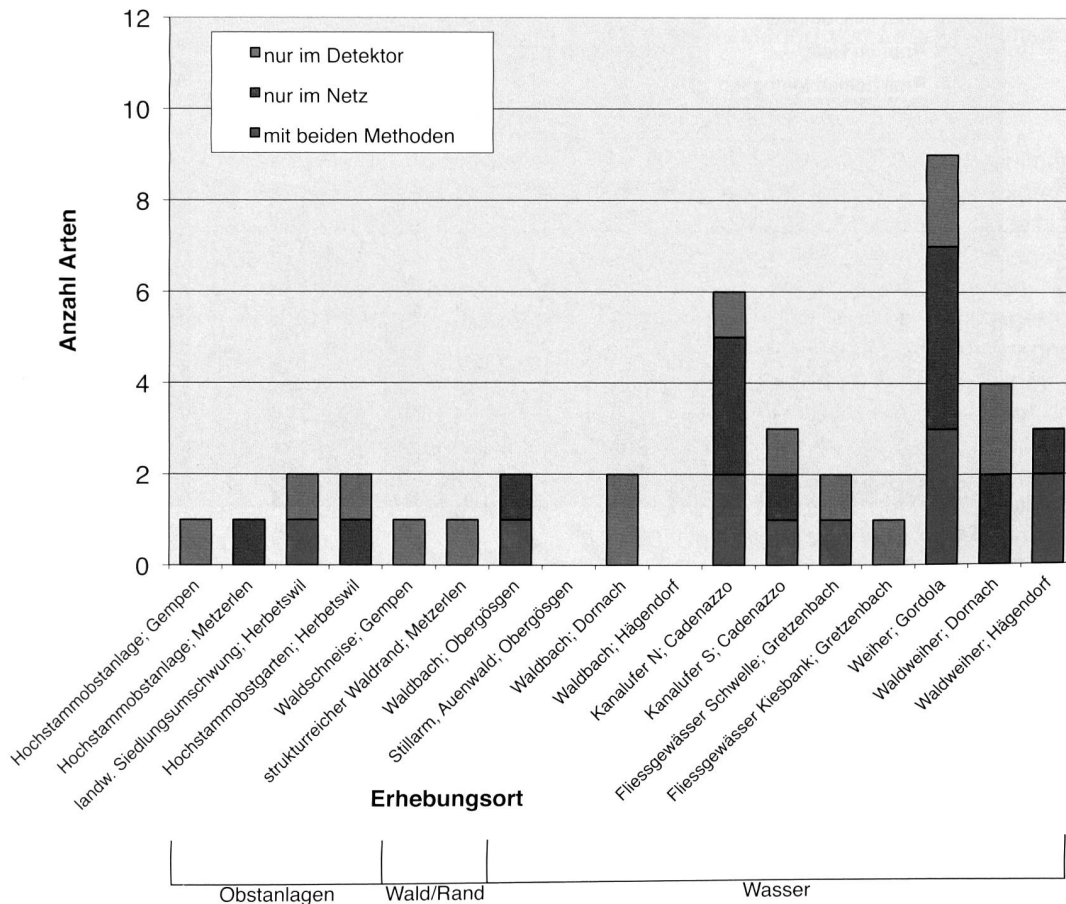


Abbildung 13 – Vergleich Netzfang und Detektor

Die Abbildung zeigt die Zusammensetzung der Artenzahlen nach Beobachtungsort und Methode detailliert.

Tabelle 7 – Vergleich Netzfang und Detektor

Resultate des Methodenvergleichs von Netzfang und Detektorprotokoll. Die mit den einzelnen oder beiden Methoden festgestellten Arten sind für die verschiedenen Erhebungsorte dargestellt. Die Erhebungsorte sind grob nach Lebensraumtypologie zusammengefasst.

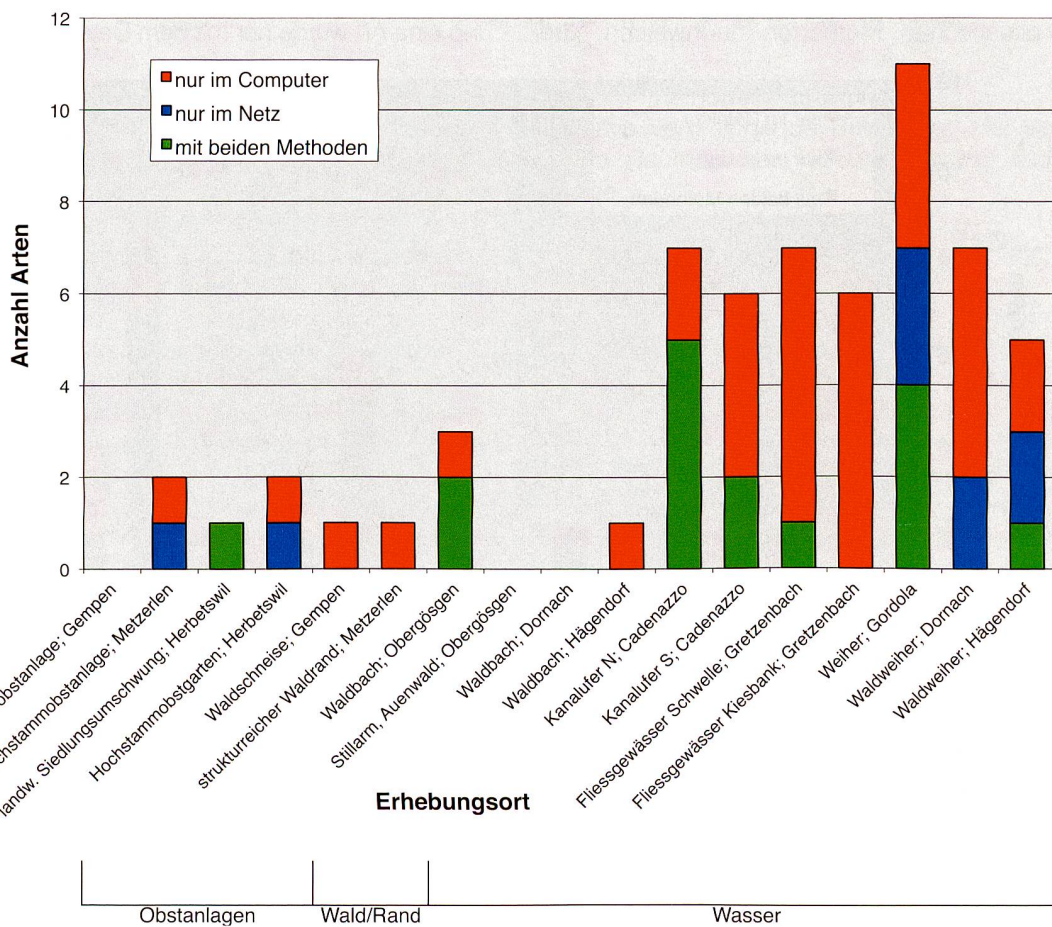
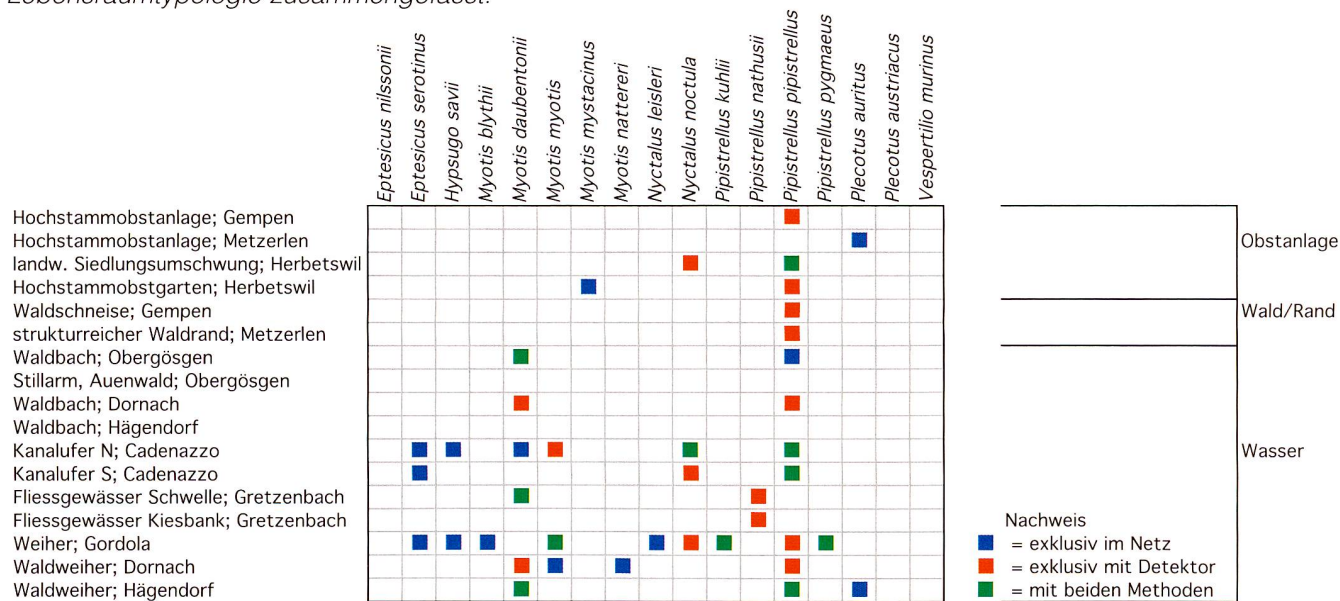
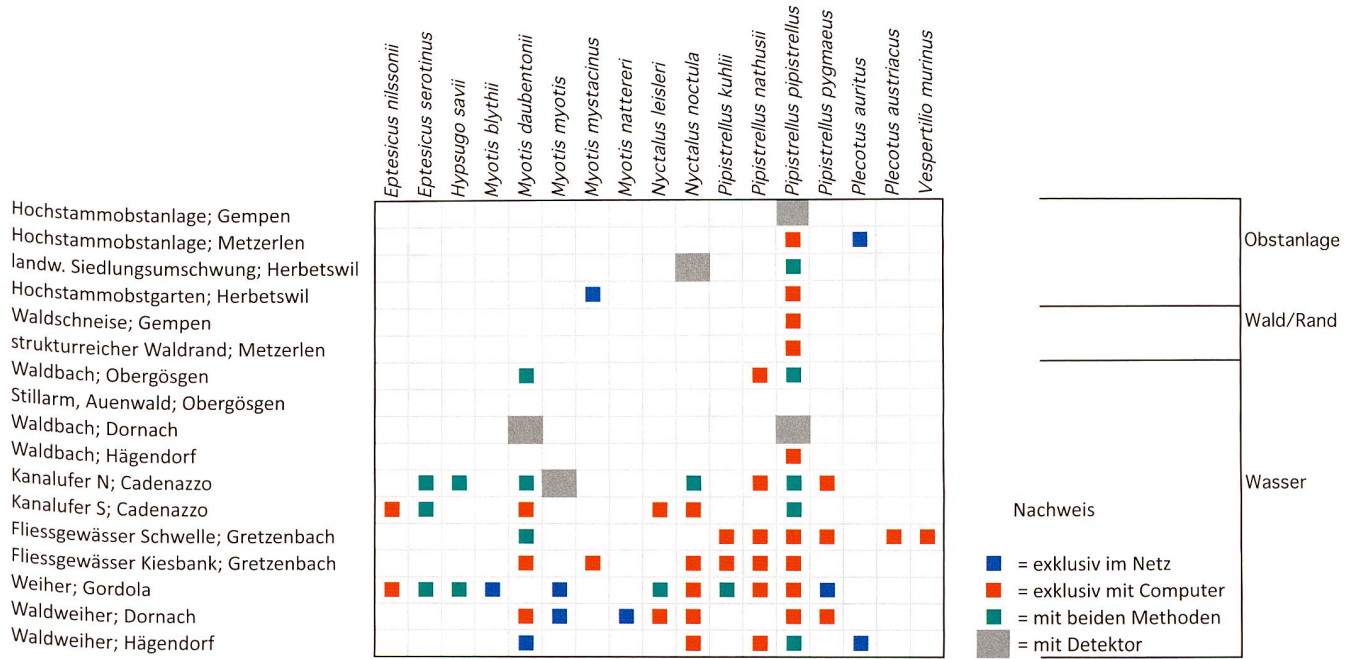


Abbildung 14 – Vergleich Netzfang und Computeraufzeichnung

Resultate des Methodenvergleichs von Netzfang und Computeraufzeichnungen. Die mit den einzelnen oder beiden Methoden festgestellten Artenzahlen sind für die verschiedenen Erhebungsorte dargestellt. Die Erhebungsorte sind grob nach Lebensraumtypologie zusammengefasst.

Tabelle 8 – Vergleich Netzfang und Computeridentifikation

Artspezifischer Vergleich der Resultate von Netzfängen und Computeraufzeichnungen. Grau markierte Felder zeigen Arten-/Standortkombinationen, die exklusiv aus dem Einsatz des Detektors resultieren.



3.3.3 Vergleich Netzfang und Computererkennung

Durch den Einsatz der Computeraufzeichnungen von Ultraschallsignalen und deren automatische Artzuordnung konnten im Vergleich zum Netzfang im Durchschnitt 62% mehr Arten registriert werden. Um 14% erhöhte sich die Artenzahl im Vergleich zu den Computeraufzeichnungen durch die Verwendung der Netze. 24% der Arten wurden hier mit beiden Methoden erfasst. In Abbildung 14 ist die Zusammensetzung der Artenzahlen wiederum nach Beobachtungsort und Methode detailliert.

Tabelle 8 schlüsselt die Daten wieder nach Arten auf und zeigt zusätzlich die durch die Kombination mit dem Detektorprotokoll zu verzeichnende Verbesserung (grau). Die Computeraufzeichnungen zeigen deutlich mehr exklusive Registrierungen als die Netzfänge. *Myotis myotis* ist die einzige Art, die nie mit dem Computer registriert wurde. Im Gegensatz dazu sind *Eptesicus nilssonii*, *Pipistrellus nathusii*, *Vespertilio murinus* und *Plecotus austriacus* nie mit Netzen gefangen worden.

3.3.4 Fazit

Die drei eingesetzten Methoden unterscheiden sich stark in Aufwand und Aussagekraft. Mit grossem Aufwand für das Fangen von Tieren erhält man eine hohe Sicherheit der Artbestimmung, aber einen beschränkten Überblick über die Artenzusammensetzung. Die ebenfalls aufwändigen Computeraufzeichnungen weisen viele Arten nach und erlauben ausserdem eine kontinuierliche Abschätzung der Aktivität durch die ganze Nacht. Die Detektorprotokolle erfordern einen eher geringen Aufwand und erlauben je nach Protokollrhythmus ebenfalls eine Aussage über den Aktivitätsverlauf,

doch die Qualität der Artbestimmung ist mit dieser Methode am schlechtesten.

3.4 Monitoring von Lebensräumen

3.4.1 Aufwand

Bei den 25 Erhebungen zum Monitoring von Jagdlebensräumen von Fledermäusen erfolgten die Aufnahmen nicht immer wie gewünscht die ganze Nacht hindurch. In zwei Nächten mussten die Aufnahmen wegen einsetzenden Regens abgebrochen werden, in weiteren drei Nächten fiel je ein Rechner für längere Zeit unbemerkt aus. In vier zusätzlichen Nächten ereigneten sich solche Unterbrüche, die aber nach weniger als 40 Minuten behoben werden konnten. Um den ungleichen Erhebungsaufwand zu korrigieren, wurden alle Aktivitäten auf Stunden aufsummiert und bei Analysen über die Lebensräume hinweg entsprechend der Laufzeit gewichtet. Von 21.50 Uhr bis Mitternacht liefen bei allen Aufnahmen beide Rechner fehlerfrei. Entsprechend wird in einigen Vergleichen nur dieser Zeitraum berücksichtigt.

3.4.2 Überblick

Durch die automatische Analyse von 47210 Echoorufungen in 1388 Lautsequenzen konnten insgesamt 1650 Artzuweisungen erfolgen. In 225 Sequenzen liessen sich zwei Arten nachweisen, in 37 Sequenzen drei Arten und in sieben Sequenzen sogar vier Arten. Zusätzlich erfolgten 160 Zuweisungen nur sicher auf Gattungsniveau. Weitere 327 Artzuweisungen wurden als unsicher taxiert und aus Teilen der weiteren Analyse ausgeschlossen. Insgesamt wurden im Verlauf des

Tabelle 9 – Zusammenfassung Monitoring

Zusammenfassung der im Rahmen des Monitorings in verschiedenen Lebensraumtypen registrierten Arten, inkl. deren Häufigkeiten. In Klammern werden die Anteile der unsicheren Zuordnungen angegeben.

	<i>Eptesicus nilssonii</i>	<i>Eptesicus serotinus</i>	<i>Eptesicus spec.</i>	<i>Hypsugo savii</i>	<i>Myotis blythii</i>	<i>Myotis capaccinii</i>	<i>Myotis daubentonii</i>	<i>Myotis emarginatus</i>	<i>Myotis myotis</i>	<i>Myotis mystacinus</i>	<i>Myotis nattereri</i>	<i>Myotis spec.</i>
Fließgewässer		(1)		6		(1)	69 (26)	(2)	(1)	17 (7)		45 (7)
Stehgewässer	(3)	2	(1)				69 (29)		5 (4)	7 (2)	4 (2)	42 (16)
Siedlung	(1)	(1)			(3)			(3)		11 (5)		2 (1)
Auenwald		(1)					28 (8)	(1)		24 (8)	6 (2)	15 (4)
Waldrand	(1)						7 (3)	(1)		12 (3)		3 (2)
Obstanlage		(1)			(1)			4 (3)		12 (2)		5 (2)
Kulturland	(1)	4 (3)					(1)	(1)	(1)	10 (1)		3 (2)
Wald					(1)		1			(2)		1
Gesamtergebnis	6	10	1	6	5	1	175	12	7	95	10	116
Prozentual sicher	0%	46%	0%	100%	0%	0%	72%	27%	45%	76%	71%	77%

	<i>Nyctalus leisleri</i>	<i>Nyctalus noctula</i>	<i>Nyctalus spec.</i>	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	<i>Pipistrellus nathusii</i>	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	<i>Pipistrellus spec.</i>	<i>Plecotus austriacus</i>	<i>Rhinolophus hipposideros</i>	<i>Vespertilio murinus</i>	Gesamt
Fließgewässer		19 (3)		46 (3)	91 (16)	254 (16)	(2)	10 (4)			(1)	510 (79)
Stehgewässer	1	16 (2)		7 (1)	62 (10)	269 (27)	4 (3)	6 (4)	1		(1)	451 (84)
Siedlung	(1)	4 (2)		58 (9)	66 (22)	260 (10)		9 (7)	1		2	411 (57)
Auenwald	2	5 (1)		2	35 (5)	137 (18)		1	(1)		(1)	243 (46)
Waldrand	3 (2)	6	(1)	6	17 (4)	106 (5)	5 (1)	7 (6)	1		(1)	166 (21)
Obstanlage	2 (1)	3 (2)		2 (1)	11 (4)	46 (4)		1		2	(1)	87 (20)
Kulturland	3 (1)	5			2 (1)	42 (3)		3 (2)	(1)		(2)	73 (16)
Wald				2	4	26 (1)		2 (1)				36 (4)
Gesamtergebnis	12	58	1	123	288	1140	11	39	6	2	10	1977
Prozentual sicher	69%	85%	0%	90%	82%	93%	60%	62%	67%	100%	36%	86%

Monitorings 16 Arten nachgewiesen (Tabelle 9). Arten der Gattung *Myotis* konnten öfter nur unsicher zugeordnet werden, was sich auch in der grossen Zahl der nur auf die Gattung bestimmbar Beobachtungen widerspiegelt.

Es bestehen aber auch bei anderen Artengruppen resp. Artpaaren Zuordnungsschwierigkeiten. Die Arten *Nyctalus leisleri*, *Vespertilio murinus*, *Eptesicus serotinus* und teilweise auch *E. nilssonii* rufen sehr ähnlich (Hauptenergie bei 25–30 kHz, Rufdauer 10 ms) und werden gelegentlich durch den Erkennungsalgorithmus in einer Rufsequenz abwechslungsweise unterschiedlich zugeordnet. Selbst in der Gattung *Pipistrellus*, deren Arten akustisch eigentlich recht gut auseinanderzuhalten sind, können Probleme auftreten. *Pipistrellus pygmaeus* kann im Grenzbereich um 51–49 kHz rufend mit *P. pipistrellus* verwechselt werden. Deren Rufe wiederum können im unteren Frequenzbereich (41–43 kHz) sehr ähnlich zu hohen Signalen von *P. nathusii* aussehen. Rufe von *P. nathusii* schliesslich können mit solchen der noch tiefer (39 kHz) rufenden *P. kuhlii* überlappen. Alle diese unklaren Fälle wurden nur bis zur Gattung *Pipistrellus* eingeteilt.

Die weitaus am häufigsten anzutreffende Art ist *Pipistrellus pipistrellus*: 64% der 1650 sicheren Artnachweise betrafen die Zwergfledermaus, 86% die Gattung

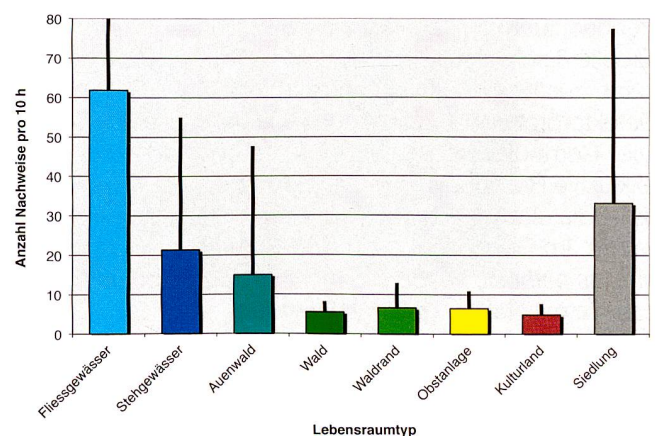


Abbildung 15 – Aktivitätsverteilung in Lebensraumtypen Die Darstellung fasst die normierten mittleren Nachweishäufigkeiten pro Lebensraumtyp zusammen.

Pipistrellus. Der wohl aufregendste Nachweis in den Aufnahmen stellte die Erkennung eines Individuums der sehr seltenen und stark bedrohten Kleinen Hufeisennase (*Rhinolophus hipposideros*) dar (vgl. Kapitel 4.4), die in einem Obstgarten in Metzgerlen nahe der Grenze zu Frankreich aufgenommen wurde (Flückiger, 2007).

3.4.3 Lebensräume

Die Erhebungspunkte lagen in Lebensraumtypen, die wie folgt klassiert wurden: Fließgewässer, Stehgewässer, Auenwald, Kulturland, Obstanlage, Siedlung, Waldrand, Wald. Die einzelnen Typen wurden zwischen 11- und 30-mal beprobt. Da die Lebensraumtypen unterschiedlich häufig und unterschiedlich lang (Computerprobleme, Wetter, siehe Methoden), also nicht balanciert beprobt worden waren, musste die Aktivität der einzelnen Arten zur Vergleichbarkeit pro Erhebungspunkt auf die durchschnittliche Dauer einer Standardnacht von zehn Stunden normiert werden (20 bis 6 Uhr). So lassen sich die Aktivitäten zwischen den Lebensräumen vergleichen (Abbildung 15).

Die höchsten Aktivitäten wurden an den Stationen an Fließgewässern und im Siedlungsraum festgestellt, tiefste Aktivitäten fanden sich im Wald und über dem Kulturland. Die weiteren Lebensräume mit Bezug zu Wasser nahmen eine mittlere Stellung ein.

3.4.4 Arten

Schlüsselt man die Aktivitäten nach Lebensraum und nach Arten auf, wird wiederum deutlich, dass *Pipistrellus pipistrellus* die Aktivitäten deutlich dominiert (Abbildung 16). Gleichzeitig ist diese Art auch in allen beprobten Lebensräumen aktiv, wenn auch schwergewichtig an Standorten am Wasser sowie im Siedlungsraum. Von den drei anderen *Pipistrellus*-Arten zeigte

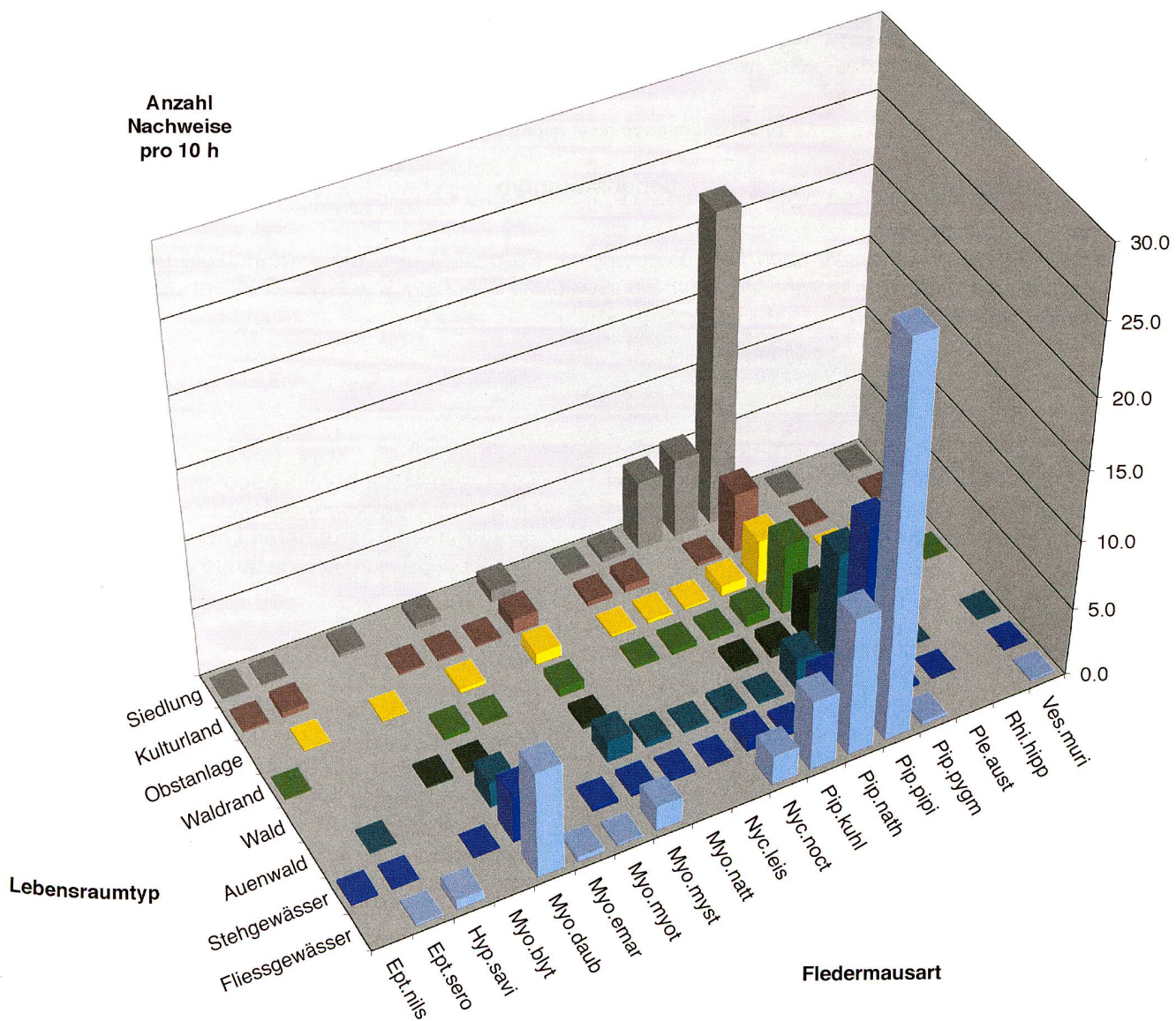


Abbildung 16 – Artsspezifische Aktivitätsverteilung in Lebensraumtypen
Die Anzahl der Nachweise pro Art und Lebensraumtyp wurde normiert auf eine durchschnittliche Beobachtungsnacht von zehn Stunden Dauer. Die Artnamen sind abgekürzt entsprechend Spalte 2 in Tabelle 1.

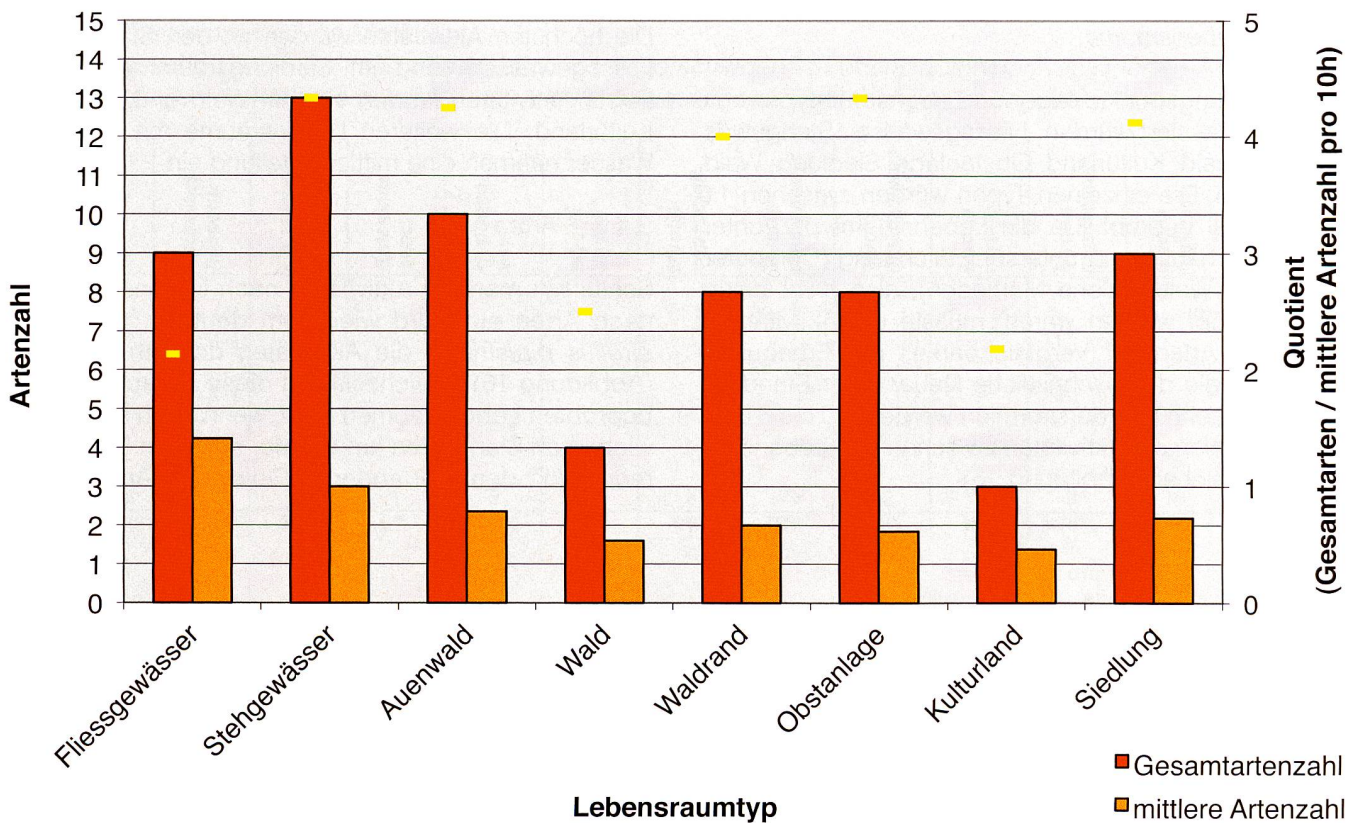


Abbildung 17 – Artdiversität

Registrierte Artenzahlen aufgeteilt nach Lebensraumtypen. Dargestellt sind die ungewichtete Gesamtartenzahl (linke Y-Achse), die mittlere Artenzahl pro zehn Stunden (linke Y-Achse) sowie der Quotient der beiden Werte (gelbe Marken, rechte Y-Achse).

P. nathusii ein recht ähnliches Aktivitätsmuster, während *P. kuhlii* fast nur an Fließgewässern und im Siedlungsraum beobachtet wurde. *P. pygmaeus* fand sich nur in Lebensräumen mit Bezug zu Gewässern oder Wald.

Nyctalus noctula wurde hauptsächlich über Fließgewässern aufgezeichnet. Diese Lebensraumfokussierung teilt sich die Art mit *Myotis daubentonii*, wenn diese auch nicht im hohen Luftraum, sondern nahe der Wasseroberfläche zu jagen pflegt. *Myotis daubentonii* wurde daneben auch an Stehgewässern und im Auenwald gefunden, nie aber im Siedlungsraum. Die letzte Art, die in aussagekräftiger Anzahl beobachtet wurde, *Myotis mystacinus*, zeigte keine klare Präferenz für einen bestimmten Lebensraum, ebenso wenig wie die seltenere *Myotis emarginatus*. Die Ähnlichkeit der Verteilung von *Myotis sp.* mit derjenigen von *Myotis daubentonii* deutet darauf hin, dass in der Klasse auch viele Tiere der letzteren Art verborgen sind.

Neben der Gesamtaktivität (Abbildung 15) ist auch die Artdiversität in den Feuchtgebieten maximal, gefolgt vom Siedlungsraum, den Waldrändern und Obstanlagen (Abbildung 17). Auffällig ist hier, dass der Quotient (Gesamtartenzahl/mittlere Artenzahl pro zehn Stunden) in den Fließgewässern, Wäldern und

im Kulturland ca. zwei beträgt, dass also grob geschätzt im Mittel bereits nach zwei Beobachtungsnächten alle Arten nachgewiesen sind. Im Gegensatz dazu werden in allen anderen Lebensräumen ca. vier Nächte benötigt, um die gesamte Artenvielfalt nachzuweisen.

3.4.5 Aktivitätszeiten

Fledermäuse richten ihre Aktivitätszeiten nach Sonnenuntergang und -aufgang. Da sich diese über die Sommermonate je um ca. 1,5 Stunden verschieben, wurden alle absoluten Beobachtungszeiten relativ zur Sonnenuntergangszeit normiert. So wird ersichtlich, dass sich die Aktivitätszeiten im Frühjahr vor allem auf den Abend konzentrieren, mit einer geringeren Spitze am frühen Morgen (Abbildung 18). Diese Spitze ist auch im Hochsommer noch ersichtlich, während gegen Herbst die Aktivität generell in den späteren Abendstunden kulminiert, ohne erneuten Anstieg der Aktivität am oft recht kühlen Morgen. Von einzelnen Arten, die in genügender Anzahl registriert wurden, konnten auch Aktivitätsprofile über die Nacht erstellt werden (Abbildung 19). Während sich für die *Myotis*-Arten sowie *Pipistrellus kuhlii* erst zwei bis vier Stunden nach Sonnenuntergang eine maxima-

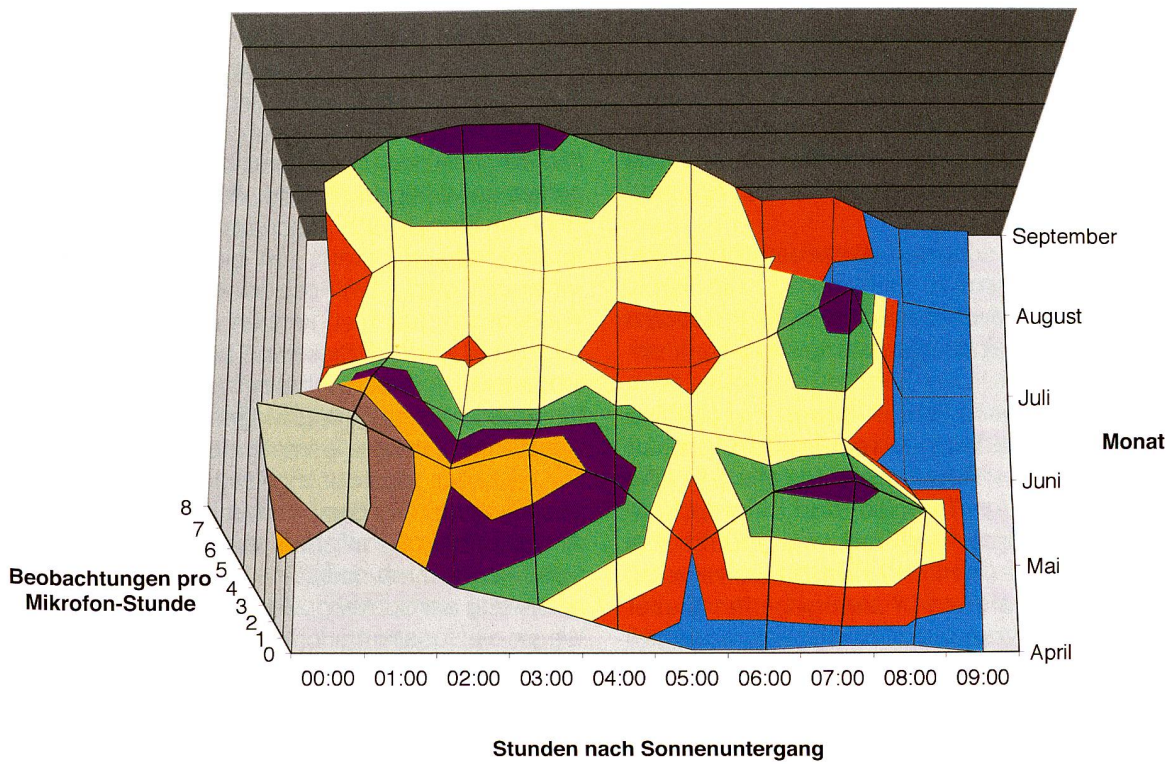


Abbildung 18 – Jahreszeitliche Stundenaktivität
 Jahreszeitliche Änderung der Zeitpunkte der Jagdaktivität. Die Zeit ist korrigiert bez. jahreszeitlich ändernder Sonnenuntergangszeit.

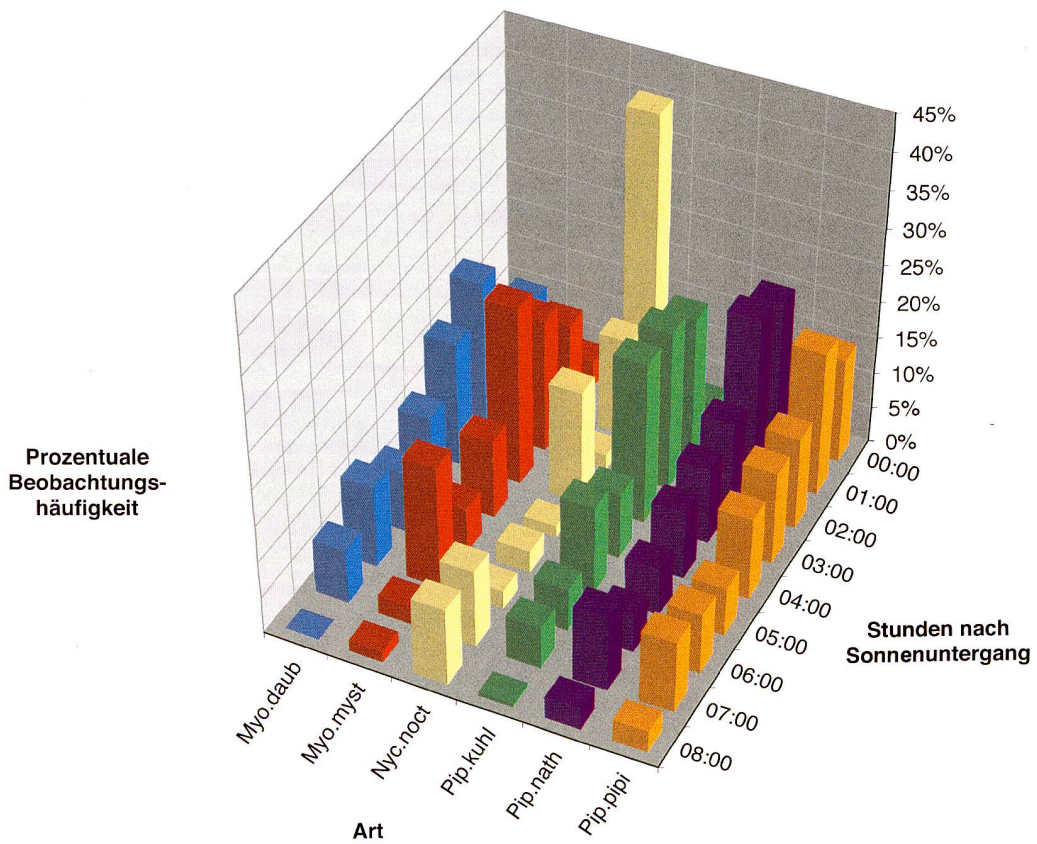


Abbildung 19 – Tageszeitliche Stundenaktivität
 Prozentuale tageszeitliche Aktivität ausgewählter, häufig registrierter Arten. Die Artnamen sind abgekürzt entsprechend Spalte 2 in Tabelle 1.

le Aktivität nachweisen lässt, sind *Pipistrellus pipistrellus*, *P. nathusii* und vor allem *Nyctalus noctula* schon kurz nach dem Eindunkeln aktiv. Auch über den Nachtverlauf zeigen die Arten unterschiedliches Verhalten, wobei *Nyctalus noctula* am deutlichsten eine mehrgipflige Aktivität aufweist (vor allem abends und morgens).

Im Verlauf des Jahres scheinen *Nyctalus noctula* und *Pipistrellus kuhlii* vor allem im Frühsommer und Herbst aktiv zu sein, während *Myotis mystacinus* und *Pipistrellus pipistrellus* eine ausgeglichenerere Aktivitätsverteilung zeigen (Abbildung 20).

Von *Pipistrellus nathusii* wäre im Sommer eigentlich kaum Aktivität zu erwarten gewesen, da sich die Art in der Schweiz in der Regel nicht fortpflanzt (eine Wochenstube im Kanton Thurgau) und hier nur Wintergast oder Durchzügler ist (Stutz et al. 2007). Die Daten von *Myotis daubentonii* sind etwas verzerrt, da im Juli viele Aufnahmen in Jagdgebieten dieser Art (Gewässer) stattfanden, im August dagegen wenige.

4. Diskussion

4.1 Erkennungsmethodik

Die eingesetzten Detektoren zeichnen Ultraschalllaute schwergewichtig in frontaler Richtung auf. Seitlich werden die Signale um geschätzte 3–6 dB (rund halb so empfindlich), rückwärts um bis ca. 12 dB schwächer registriert. Wird beim Positionieren der Mikrofone auf die Ausrichtung geachtet, können damit selektive Bereiche kontrolliert werden. Dies kann bei bestimmten Fragestellungen von Vorteil sein, bei reinen Diversitätserhebungen hingegen eher nachteilig wirken.

Akustische Erkennungsmethoden basieren hauptsächlich auf der Vermessung von Spektrogrammen und anschließender Qualifizierung mittels statistischen Ansätzen oder künstlichen neuronalen Netzwerken (Artificial Neural Networks, ANN). Unser Ansatz der Bilderkennung der Spektrogramme geht diesbezüglich andere Wege, die vor allem auch hinsichtlich der Verarbeitungsgeschwindigkeit hervorstechen. Wie bei anderen Ansät-

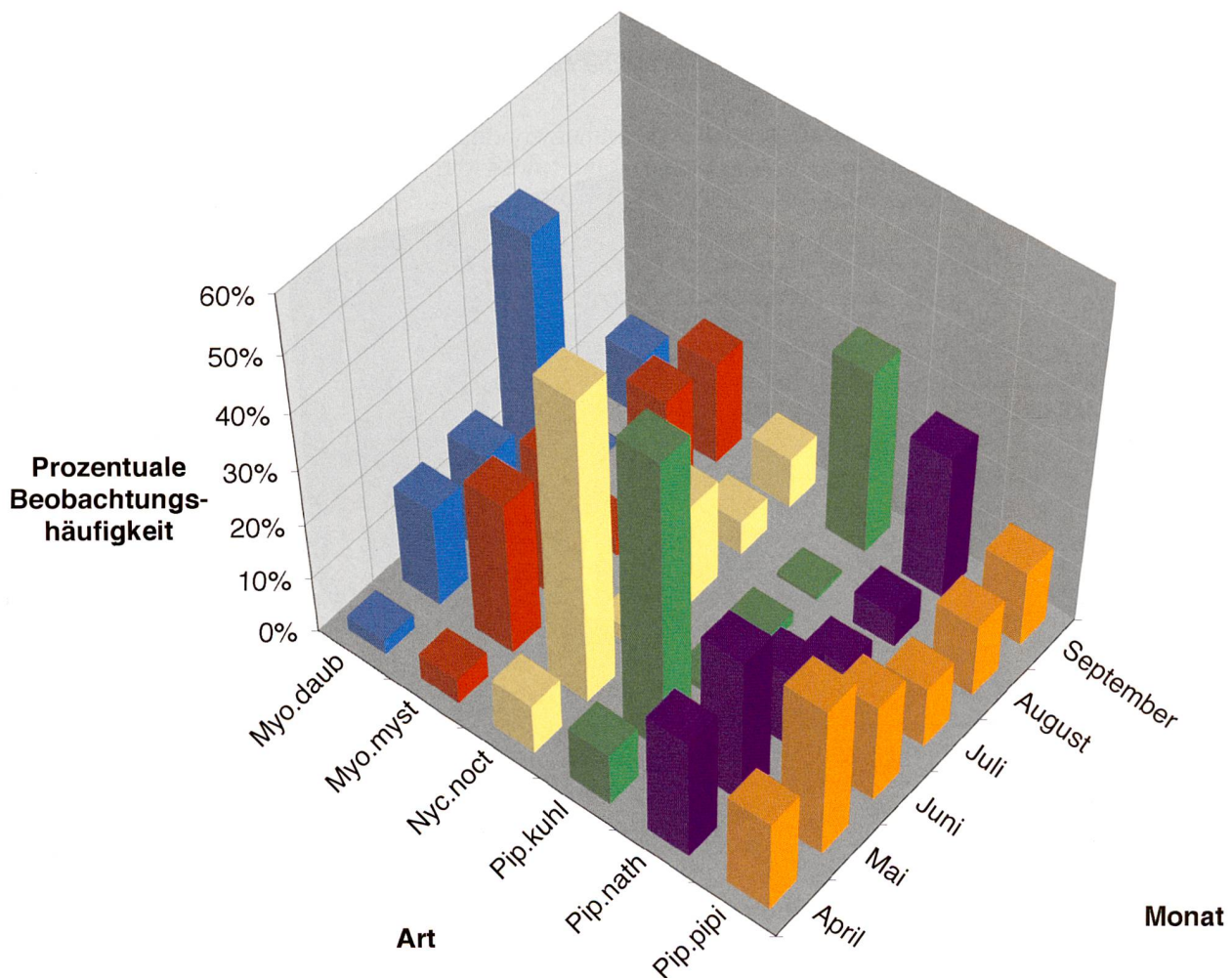


Abbildung 20 – Monatsaktivität

Prozentuale monatliche Aktivität ausgewählter, häufig registrierter Arten. Die Artnamen sind abgekürzt entsprechend Spalte 2 in Tabelle 1.

zen sind auch mit unserer Methode sehr ähnliche Signale schwierig zu unterscheiden, weil zwischenartliche Variabilität gelegentlich den Bereich überlappen lässt, den schon einzelne Tiere derselben Art nutzen können. Eine Lösung dieses «gordischen Knotens» ist nur im koordinierten Einsatz unterschiedlicher Methoden (Bioakustik & Fang) zu erwarten.

4.2 Technik – Akustik

Fledermäuse können die Charakteristika ihrer Rufe innerhalb einer gewissen Bandbreite variieren und damit die physikalischen Eigenschaften einschliessen, die sie für eine fehlerfreie Orientierung und eine erfolgreiche Jagd benötigen. Diese Variabilität ist sowohl zwischen als auch innerhalb von Einzeltieren nachgewiesen (Obriest, 1995). Da sich die Tiere während der Lautäusserung im Flug bewegen, beeinflusst zusätzlich der Doppler-Effekt die wahrgenommenen Signale, dies umso stärker, je schneller das Tier fliegt und je höherfrequent der ausgesandte Ruf ist. Im Falle einer langsam fliegenden Fledermaus (5 m/s), die mit 40 kHz ruft, macht der Effekt zwar erst 1 kHz aus, was aber zwischen einer tief rufenden, wegfliegenden *Pipistrellus nathusii* und einer hoch rufenden, anfliegenden *Pipistrellus kuhlii* bereits zu einer Verwechslung führen kann.

Inter- und intraindividuelle Variabilität und Dopplereffekt sind wichtige Einflussfaktoren auf die gesamte Bandbreite beobachtbarer Echoortungsrufe einer Art. Hinzu kommt der Einfluss der Unterschiedlichkeit der gestellten Orientierungsanforderung (Insektenortung, Raumorientierung, Objektvermeidung) auf die notwendigen Signalstrukturen und deren kurzfristigen Anpassungen. Insgesamt ist damit sicher die im Feld zu beobachtende Varianz aller Parameter grösser, als sie in unserer Datengrundlage vorliegt. Dies ist ein Grund für die teilweise nur mittelmässige Erkennung und Zuordnungssicherheit. Verbesserungsideen, wie z.B. eine hierarchische Gliederung des Klassierungsablaufs nach Signaltypen sowie neuartige alternative Erkennungsalgorithmen werden an der Eidg. Forschungsanstalt WSL Birmensdorf weiterhin evaluiert und verfolgt.

In Bezug gestellt zu anderen verfügbaren Methoden (vgl. Kreuzvalidierung) relativiert sich diese Thematik aber bedeutend, da sich mit keiner der anderen untersuchten Methoden eine vergleichbare Datengrundlage erstellen lässt.

Schliesslich ist teilweise die interspezifische Überlapung der Rufformen und Rufeigenschaften dermassen gross, dass eine weitere Verbesserung der Erkennungs-raten schwer vorstellbar ist.

4.3 Erhebungsmethodik

Der Nachweis von Fledermausquartieren und das Protokollieren deren Bestandeszahlen erlaubt langfristige Aussagen zu populationsökologischen Fragestellungen. Methoden wie die Telemetrie geben uns methodischen Zugang zu Zeit und Raumnutzung von Einzeltie-

ren oder Arten und damit Eingangsgrössen für Modellrechnungen. Der kombinierte Einsatz von Netzfang und Bioakustik schliesslich verspricht einen methodisch unabhängigen, sich ergänzenden Ansatz zu artübergreifendem Nachweis und Monitoring der Mehrzahl der einheimischen Fledermäuse in ihrem Jagdgebiet.

4.4 Artnachweise

In der Studie konnten insgesamt 19 der momentan 28 in der Schweiz vorkommenden Fledermausarten festgestellt werden (Tabellen 2 und 10). Im Folgenden werden die Nachweise unter Verwendung der Verbreitungs- und Lebensraumangaben in Hausser (1995) und Stutz et al. (2007) sowie des Kartenservers des «Centre Suisse de Cartographie de la Faune» (<http://lepus.unine.ch/cartof/>) kommentiert. Die Gefährdungsangaben beziehen sich auf die Rote Liste (Duelli, 1994).

Der überraschendste Nachweis war der einer Kleinen Hufeisennase (*Rhinolophus hipposideros*) in Metzleren (Flückiger, 2007). Er führte zur Entdeckung der im gleichen Dorf befindlichen Wochenstubenkolonie (F. Bontadina, pers. Mitteilung). Es ist die seit Jahrzehnten erste Schweizer Wochenstubenkolonie nördlich der Voralpen dieser ehemals weit verbreiteten Art. «Es handelt sich also um eine der seit längerem erwarteten Neubesiedlungen, ein wichtiges Zeichen für die sehnlichst erhoffte Bestandserholung dieser stark bedrohten Fledermausart!» (Bader, 2009).

Die nahe verwandte Grosse Hufeisennase (*Rhinolophus ferrumequinum*) konnte nirgends nachgewiesen werden, was angesichts ihres spärlichen Vorkommens – sie ist eine der seltensten Fledermausarten der Schweiz (Stutz et al., 2007) – nicht erstaunt.

Die Wasserfledermaus (*Myotis daubentonii*) ist in der Schweiz weit verbreitet. Ihre Insektenjagd ist, wie ihr Name besagt, stark ans Wasser gebunden. Zwischen den Kolonien und Jagdhabitaten benutzt sie so genannte Flugstrassen entlang von Hecken und Waldrändern (Stutz et al., 2007). Zusammen mit *Myotis mystacinus* ist sie in unserer Studie die am regelmässigsten gefundene *Myotis*-Art. Die Nachweise bezüglich Lebensraumtypen decken sich mit den Literaturangaben.

Von der Brandtfledermaus (*Myotis brandtii*) liegen aus der Schweiz nur wenige Feststellungen vor. Sie konnte von uns nirgendwo nachgewiesen werden.

Die Bartfledermaus (*Myotis mystacinus*) gilt in der Ebene als weit verbreitete, aber nirgends zahlreiche Art. Sie scheint offene Landschaften mit Obstbäumen, Hecken und Waldrändern gegenüber geschlossenem Wald zu bevorzugen (Zingg & Burkhard, 1995), was sich mit unseren Befunden deckt.

Die Nymphenfledermaus (*Myotis alcathoe*) wurde erst kürzlich anhand genetischer Analysen und morphologischer Merkmale als eigene Art beschrieben (von Helversen et al., 2001). Über ihre Verbreitung in der Schweiz ist noch wenig bekannt. Ihre Peillaute fehlten in unserer Arterkennungssoftware.

Tabelle 10 – Gesamtüberblick der Artnachweise

Die Kreise visualisieren den Anteil der Erhebungsnächte (vgl. erste Zeile), in denen die Arten nachgewiesen wurden.

Anzahl (Nächte/mit Nachweis)																
	Dornach, Lolibach	Gempfen, Stollen	Hägendorf, Tüfelschlucht	Herbetswil, Hinterer Hammer	Metzerlen	Niedergögen, Schachen	Obergögen, Schachen	Bergdietikon, Egelsee	Bubendorf, Wildenstein	Seengen, Moos	Sursee, Zällmoos	Uitikon, Allmend	Uitikon, Eidg. Forschungsanstalt WSL	Urnigen, Schacheinsle	Cadenazzo, Ciossa Antognini	Gordola, Monti di Motti
Art	1	4	1	1	4	1	4	2	2	3	1	3	3	2	1	1
<i>Rhinolophus hipposideros</i>					◐											
<i>Myotis daubentonii</i>	●		●		◐	●	●	◐	●	●	●			●	●	
<i>Myotis mystacinus</i>		◐		●	◐	●	◐	◐	●	◐	●		◐	◐		
<i>Myotis nattereri</i>	●								◐	◐						
<i>Myotis emarginatus</i>					◐											
<i>Myotis myotis</i>	●														●	●
<i>Myotis blythii</i>																●
<i>Nyctalus noctula</i>	●	◐	●	●	◐	●	◐	●		◐	●	◐	◐	◐	●	●
<i>Nyctalus leisleri</i>	●	◐					◐		◐						●	●
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	●				◐	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
<i>Pipistrellus nathusii</i>		◐	●		◐	●	●	●	●	●	●	●	◐	●	●	●
<i>Pipistrellus kuhlii</i>		◐				●	◐	◐	●	◐	●	●	◐	◐	●	●
<i>Hypsugo savii</i>							◐								●	●
<i>Vespertilio murinus</i>		◐			◐	●									●	●
<i>Eptesicus serotinus</i>								◐	●						●	●
<i>Eptesicus nilssonii</i>															●	●
<i>Plecotus auritus</i>			●		◐											
<i>Plecotus austriacus</i>		◐			◐		◐				●					

Die Fransenfledermaus (*Myotis nattereri*) ist eine eher in Waldgebieten lebende Art, die in engen Vegetationsräumen zu manövrieren vermag, jedoch auch in offenerem Gelände, z.B. über Wasserflächen, jagt (Ruedi et al., 1995). Sie wurde in Dornach, Bubendorf und Seengen an Stehgewässern und in einem Auenwald gefunden. Bei der Wimperfledermaus (*Myotis emarginatus*) handelt es sich um eine seltene Art (Gebhard, 1995), deren Vorkommen vor allem im Tessin und in der nordwestlichen Ecke der Schweiz liegen. Der Nachweis in Metzerlen ist einer von mehreren Artnachweisen aus jüngerer Zeit im nördlichen Teil des Kantons Solothurn. Die Bechsteinfledermaus (*Myotis bechsteinii*), eine in der Schweiz bis 1980 als selten angesehene Art, ist im Sommer an den Wald gebunden. Sie sucht vorwiegend feuchte Laub- und Mischwäldern auf, wird aber ebenso in Parkanlagen und Obstgärten angetroffen (Zuchuat & Keller, 1995). Obwohl solche Lebensräume beprobt wurden, konnte die Art aber nirgends festgestellt werden. Das Grosse Mausohr (*Myotis myotis*) jagt in Wäldern mit wenig Unterwuchs oder auf Kurzgraswiesen. Im

Gegensatz zu früheren Zeiten, als sie sehr häufig war, ist sie heute selten (Stutz et al., 2007). Die Art wurde nur an einem Standort nördlich und zwei Standorten südlich der Alpen registriert. Da die Art oft dicht über dem Boden jagt und die Beute vermutlich meist passiv ortet (Krabbelgeräusche der Beute) (Stutz et al., 2007), könnte sie methodisch bedingt (Mikrofone auf 1 m Höhe und nach oben gerichtet) seltener registriert worden sein als sie tatsächlich vorkommt. Das Kleine Mausohr (*Myotis blythii*) hat in der Schweiz ein viel eingeschränkteres Verbreitungsgebiet als *M. myotis*. Seine Fortpflanzung ist in den Kantonen Graubünden, Wallis, St.Gallen, Uri und Tessin belegt (Stutz et al., 2007). *M. blythii* jagt vor allem über Weiden und Kurzgraswiesen. Auch diese Art jagt oft bodennah mit passiver Ortung und ruft zudem sehr leise. Unser einziger Nachweis beruht auf einem Netzfang über einem Weiher in Gordola. Der Grosse Abendsegler (*Nyctalus noctula*) ist saisonal unterschiedlich häufig. Die Wochenstubenkolonien befinden sich in Nordosteuropa. Die Weibchen kehren ab Ende August nach Mitteleuropa zurück, wo die

Männchen teilweise den Sommer über verblieben sind. (Stutz et al., 2007). Die Art jagt über grösseren Gewässern, aber auch an Waldrändern, über Wäldern, Mülldeponien oder über Lichtenanlagen von Strassen, Sport- und Parkplätzen (Gebhard & Zingg, 1995). Mit Ausnahme von Bubendorf ist die Art an allen Standorten registriert worden.

Der Riesenabendsegler (*Nyctalus lasiopterus*), eine vorwiegend in mediterranen bis ariden Wald- und Waldsteppengebieten angetroffene Art (Zingg & Aellen, 1995), ist in der Schweiz bisher nur ganz vereinzelt nachgewiesen worden. Ihre Peillaute fehlen in unserer Arterkennungssoftware und gefangen wurde sie wie erwartet nicht.

Der Kleine Abendsegler (*Nyctalus leisleri*) kommt in der Schweiz im gesamten Mittelland sowie in den Tieflagen der Alpentäler und im Tessin vor, wo die Art meist über offenem Gelände, Gewässern, Strassenlampen und zwischen lockeren Baumbeständen von parkähnlichen Anlagen beobachtet wird (Stutz & Zingg, 1995). Wir haben die von den gleichen Autoren als «wenig geläufige Art» bezeichnete Fledermaus immerhin an sechs von 16 Standorten gefunden.

Die Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*) ist die einzige durchwegs häufige Fledermausart (Stutz et al., 2007) und neben *P. kuhlii* die einzige nicht gefährdete Fledermausart in der Schweiz. Sie wurde an allen Standorten nachgewiesen. Sie jagt entlang von Strukturen wie Bäumen und Hecken, häufig an Seeufern und um Strassenlaternen, sofern diese UV-Licht ausstrahlen (Stutz et al., 2007). Die Dominanz der Art in den entsprechenden Lebensräumen kam auch bei unseren Feldaufnahmen zum Ausdruck.

Die Mückenfledermaus (*Pipistrellus pygmaeus*), deren Artstatus erst in den 1990er Jahren erkannt wurde (Barratt et al., 1997), birgt noch manche Unbekannte bezüglich Biologie und Verbreitung. Sie jagt entlang von langsam fliessenden oder stehenden Gewässern. Strukturen wie Bäume und Hecken sind wichtig (Stutz et al., 2007). Sie wurde an sechs von 16 Standorten gefunden und zwar an Gewässern und Waldrändern. Die Beobachtungen in Dornach, Metzerlen und Nidergösgen sind Erstnachweise für den Kanton Solothurn.

Die Rauhautfledermaus (*Pipistrellus nathusii*) ist in der Schweiz fast nur Wintergast, die entlang von Strukturen wie Baumsäumen an Seeufern und oft bei Strassenlampen, die UV-Licht ausstrahlen, jagt (Stutz et al., 2007). Sie wurde an fast allen Standorten und in verschiedenen Lebensräumen nachgewiesen. Ihr Fehlen in Dornach und Herbetswil erklärt sich durch die dortigen Feldaufnahmen im Juni bzw. Juli, der Zeit der saisonalen Abwesenheit der Art.

Die Weissrandfledermaus (*Pipistrellus kuhlii*) ist neben *P. pipistrellus* die einzige nicht gefährdete Fledermausart der Schweiz. Auf der Alpennordseite ist sie im Gegensatz zu dieser aber selten. Die Jagdhabitats entsprechen jenen von *P. pipistrellus* (Stutz et al. 2007). Es erstaunt, dass die Art bei unseren Erhebungen nur an vier von 14 Standorten auf der Alpennordseite fehlte. Das könnte darauf hindeuten, dass *P. kuhlii* auf der

Alpennordseite doch weiter verbreitet ist als angenommen oder dass sie sich ausbreitet.

Die Alpenfledermaus (*Hypsugo savii*) kommt in der Schweiz vor allem im Wallis und Tessin vor. Auf der Alpennordseite wird sie vor allem in Föhntälern nachgewiesen (Arlettaz & Zingg, 2007). Das Auftreten der Art in der Nordwestschweiz, d.h. in Obergösgen, ist deshalb sehr bemerkenswert. Im Tessin wurde sie an beiden Standorten gefunden.

Die Zweifarbenfledermaus (*Vespertilio murinus*), von der in der Schweiz nur knapp ein Dutzend Wochenstubenkolonien bekannt sind (www.fledermausschutz.ch), ist in der Schweiz bisher nur auf der Alpennordseite und im Wallis nachgewiesen. Im Bündnerland und Tessin fehlt die Art. Sie wurde immerhin an drei der 14 Standorte auf der Alpennordseite registriert.

Die Breitflügel-Fledermaus (*Eptesicus serotinus*) zeigt in der Schweiz ein heterogenes Verbreitungsmuster. Ihre Vorkommen konzentrieren sich auf Teile der West- und Ostschweiz, das Wallis und das Tessin. Die Nachweise in Bergdietikon und Bubendorf sind daher unerwartet. *E. serotinus* jagt gerne entlang von Hecken, Gehölzen und anderen Vegetationsstrukturen und auch an Strassenlampen (Stutz & Burkhard, 1995). In Bergdietikon wurde sie an einem Stehgewässer, in Bubendorf an einem Stehgewässer und über dem Kulturland registriert. Die Nordfledermaus (*Eptesicus nilssonii*) ist eine seltene Gebirgsart. Ihre Wochenstuben liegen in der Schweiz fast ausschliesslich in den höheren Regionen des Alpenraumes, insbesondere im Engadin (Kt. GR), und im Jura (Stutz et al. 2007). Die Art wurde an keinem unserer Standorte nachgewiesen.

Die Mopsfledermaus (*Barbastellus barbastellus*) ist eine in der Schweiz vom Aussterben bedrohte Art, deren Verbreitung wenig bekannt ist. Im Tessin fehlt die Art. Obwohl ihre Peillaute in unserer Arterkennungssoftware vorhanden war und ihr Vorkommen in unmittelbarer Nähe des Aufnahmestandortes in Hägendorf belegt ist (Flückiger, 1991), konnte die Art nirgends festgestellt werden. Dies könnte auch daran liegen, dass die Art eher leise Ortungssignale verwendet.

Das Braune Langohr (*Plecotus auritus*) ist in der Schweiz sowohl im Flachland als auch in Bergregionen nachgewiesen. Ihre Jagdgebiete sind Parks, Obstgärten, lockere Laubwälder, selten auch Nadelwälder (Stutz et al., 2007). Dass sie in unserer Studie nur in Hägendorf über einem Stehgewässer und in Metzerlen in einem Obstgarten nachgewiesen wurde – beide Male nur durch Netzfänge (!) – widerspiegelt weniger die Häufigkeit der Art, sondern methodische und taxonomische Schwierigkeiten. So sind die Peillaute der *Plecotus*-Arten extrem leise, was ihre bioakustische Detektion schwierig macht. Ausserdem hat eine genetische Studie im Kanton Tessin gezeigt, dass 85% der untersuchten *Plecotus*-Quartiere von der im Jahr 2001 neu beschriebenen *P. macrobullaris*, die restlichen 15% von *P. auritus* bewohnt sind (Mattei, 2009). Peillaute von *P. macrobullaris* fehlten jedoch in unserer Arterkennungssoftware.

Das Alpenlangohr (*Plecotus macrobullaris*) ist eine in

der Schweiz neu beschriebene Art (vgl. oben), fehlte in unserer Arterkennungssoftware und wurde nirgendwo gefangen.

Das Graue Langohr (*Plecotus austriacus*) ist in der Schweiz weniger weit verbreitet als *P. auritus*. Dass sie im Gegensatz zu dieser Art an mehr Orten, nämlich vier, nachgewiesen worden ist, und zwar bioakustisch, erstaunt. Auch hier ist anzunehmen, dass unsere Nachweise wegen der methodischen und taxonomischen Schwierigkeiten in der Gattung *Plecotus* wenig aussagekräftig sind. Dass auch bei dieser Art alles im Fluss ist, zeigen wiederum die Resultate von Mattei (2009). Demnach gehören die bisher *P. austriacus* zugeschriebenen Kolonien im Tessin in Wirklichkeit allesamt zu *P. macrobullaris*, und *P. austriacus* konnte im Tessin nicht nachgewiesen werden.

Die Langflügel-Fledermaus (*Miniopterus schreibersii*) ist eine Art, deren Fortpflanzung in der Schweiz nie belegt war und heutzutage nur noch gelegentlich zwei Höhlen im Neuenburger und Waadtländer Jura aufsucht (Moeschler, 1995). Ihre Peillaute waren in unserer Arterkennungssoftware zwar vorhanden, mit einem Auftreten dieser in der Schweiz «vom Aussterben bedrohten» Art war allerdings nicht zu rechnen.

Die Bulldoggfledermaus (*Tadarida teniotis*) kommt in der Schweiz im Wallis und Tessin vor. Ihre Peillaute waren in unserer Arterkennungssoftware ebenfalls vorhanden, aber auch von dieser Art konnten keine Nachweise registriert werden.

5. Ausblick

5.1. Methode

Die hier vorgestellten Daten wurden noch mit Apple-Computern aufgenommen, die unter dem Betriebssystem Mac OS 9 liefen. Eine Portierung auf das aktuelle Betriebssystem OS X erwies sich als zu aufwändig.

Einen völlig neuen Ansatz verfolgend und in Abkehr von Computeraufnahmen entwickelten ELEKON AG (www.elekon.ch) in Zusammenarbeit mit der Eidg. Forschungsanstalt WSL Birmensdorf (www.wsl.ch) und der Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW (www.fhnw.ch) mit finanzieller Unterstützung durch die Umweltforschung des Bundesamtes für Umwelt BAFU (www.bafu.ch) ein eigenständiges Aufzeichnungsgerät, den BATLOGGER (www.batlogger.ch). Mit diesem handlichen Gerät können Fledermaussignale mit deutlich höherer Überwachungsgenauigkeit aufgenommen werden, es ist programmierbar für Tageszeiten und mehrere Tage, und es liefert ausserdem die Umgebungstemperatur und die geografischen Koordinaten jeder Lautaufnahme durch Integration von Thermometer und GPS.

In Weiterentwicklung der hier vorgestellten Erkennungsverfahren wird von der WSL passend zum BATLOGGER auch die Software BatScope angeboten, die im Moment die Signalverwaltung und -durchsicht ermöglicht, in

naher Zukunft aber auch die Arterkennung automatisieren wird (www.batscope.ch).

Mit der Verbreitung technischer Methoden zur Aufzeichnung von Fledermaussignalen geht auch die Gefahr einher, dass die Aufnahmen unzureichend analysiert und interpretiert werden. Um eine Standardisierung von Interpretationen und akustischen Artnachweisen zu erreichen, hat sich aus erfahrenen Bioakustikern eine Arbeitsgruppe Fledermaus-Bioakustik konstituiert, die sich der Thematik momentan annimmt, inklusive der Verbreitung von Kenntnissen in Kursen.

5.2. Weitere bioakustische Projekte

Parallel zur Weiterentwicklung der Erkennungsmethodik an der WSL wurde die synergetische Arterkennungsmethode (Obrist et al., 2008) bereits in weiteren Projekten erfolgreich eingesetzt:

5.2.1 Fledermäuse in verlassenen Kastanienselven

Die Diplomarbeit von Emilie Rathey (Rathey, 2006) hatte unter Einsatz unserer bioakustischen Methode und mit gleichzeitiger Verwendung von Lichtfallen gezeigt, dass die Aktivität der Fledermäuse in gepflegten Kastanienselven signifikant höher ist, als in verlassenen, zugewachsenen Selven. Die beprobten Flächen unterschieden sich weder im Insektenangebot noch in der räumlichen Struktur der alten Kastanien. Der Unterschied in der Aktivität ist damit einzig auf die Ausräumung junger Schosse der Kastanien, also die Pflege der Selven zurückzuführen, respektive die daraus resultierende erleichterte Zugänglichkeit des Luftraumes für die Fledermäuse (Obrist et al., 2011).

5.2.2 Artenvielfalt in der Stadt – BiodiverCity

Im Rahmen des Projekts «BiodiverCity» (NFP54) des Schweizerischen Nationalfonds (www.biodivercity.ch) erhob Thomas Sattler in seiner Dissertation in den drei Städten Lugano, Luzern und Zürich die Biodiversität der Wirbellosen, Vögel und Fledermäuse (Sattler et al., 2010a; Sattler et al., 2010b; Sattler et al., 2010c). Gleichzeitig wurde auch die Einstellung der Bevölkerung zu der sie umgebenden Natur im Rahmen einer sozialwissenschaftlichen Dissertation durch Robert Home eruiert. Unsere bioakustische Nachweismethode ist dabei für die Erhebung der Fledermäuse zum Einsatz gekommen. In der Studie wurden 16 der 28 heute in der Schweiz lebenden Fledermausarten nachgewiesen, fünf bis sechs Arten kommen in den drei Städten regelmässig vor (Sattler et al., 2010c; Sattler et al., in prep).

5.2.3 Revision der Roten Liste der gefährdeten Fledermäuse

In einem Pilotprojekt zur Abklärung von IUCN-kompatiblen Methoden (IUCN: International Union for Conser-

vation of Nature) zur Erstellung einer revidierten Version der Roten Liste der gefährdeten Fledermäuse wurde unsere bioakustische Nachweismethode im Jahr 2006 vergleichend mit anderen Methoden an verschiedenen Orten in der Schweiz evaluiert. Unsere Methodik erwies sich als hervorragend tauglich, reproduzierbare Art-nachweise zu liefern und wurde in der Folge zur Datenaufnahme eingesetzt. Anhand der Resultate liess sich auch ein Erhebungsverfahren entwickeln, das eine hohe Wahrscheinlichkeit für Artnachweise beinhaltet (Obrist et al., in prep; Obrist et al., 2010). Das Verfahren wird im Moment umgesetzt und ein Vorgängermodell des erwähnten BATLOGGERS kommt als Alternative zu den Computern für akustische Felderhebungen zum Einsatz. Die Auswertung erfolgt wieder mit dem «Synergetischen Computer».

5.2.4 Nutzung unterschiedlich vernetzter Landschaftselemente durch Fledermäuse

Die WSL und der Fledermausschutz des Kantons Solothurn untersuchten in den Jahren 2005 und 2006 im Rahmen der Pilotstudie «Connectivity of linear and patchy landscape elements exploitable by bats» den Talkessel im Gebiet zwischen Herbetswil und Balsthal (Kanton Solothurn) auf die räumliche Aktivität der Fledermäuse. Dabei interessierte in dem reich strukturierten Gebiet vor allem die Jagdnutzung unterschiedlich isolierter Hecken- und Waldstrukturen durch die hier bekannten Fledermausarten sowie deren Abhängigkeit von einer räumlichen Anbindung an Tagesquartiere, also hauptsächlich Siedlungs- und Waldgebiete. Aus der Studie resultierte die Diplomarbeit von Annie Ehrenbold, die im Sommer 2009 bereits mit den neuen BATLOGGERN im ganzen Mittelland der Frage nachging, ob sich Fledermäuse vermehrt an gut vernetzten Vegetationsstrukturen von länglicher Form aufhalten. Ihre Arbeit zeigt, dass mit den neuen Geräten mit überschaubarem Aufwand grosse Datenerhebungen automatisiert möglich sind, die mit der synergetischen Arterkennung analysiert werden können. Die Resultate zeigen, dass vor allem langsamer fliegende Arten, deren Ortungslaute nicht weit reichen, auf die Strukturen angewiesen sind, die Form der Objekte in der Landschaft aber keine Rolle spielt. Generell nahm die Aktivität von Fledermäusen mit zunehmender Isolation von Einzelobjekten ab (Ehrenbold, 2010; Ehrenbold et al., 2010; Ehrenbold et al., in prep).

6. Zusammenfassung

Damit Fledermäuse in der freien Landschaft umfassend und auf standardisierte Weise nachgewiesen werden können, entwickelten die Autoren ein computergestütztes synergetisches Arterkennungssystem. Dabei werden die Peillaute der Fledermäuse mit Mikrofonen, die an einen Computer angeschlossen sind, aufgezeichnet, mit einer Bilderkennungsoftware analysiert und von dieser mit einer gewissen

Wahrscheinlichkeit einer Fledermausart zugeordnet. Der Bilderkennung liegt ein sogenannter «Synergetischer Computer» zugrunde, womit keine Hardware, sondern eine Klasse von Berechnungsverfahren bezeichnet ist, die mit Hilfe der Mathematik der Synergetik aus einem komplexen Muster auf die wenigen elementaren Einflussgrössen (Ordnungsparameter) schliesst.

Die Arbeit dokumentiert die Resultate des erstmaligen Einsatzes dieses Arterkennungssystems in 16 unterschiedlichen Lebensräumen der Schweiz. Im ersten Teilprojekt wurde die neue Erkennungsmethodik mit den etablierten Methoden des Fangs und der Detektorinterpretation kombiniert, um eine Kreuzvalidierung der neuen Methode zu erhalten. Im zweiten Teilprojekt zum Monitoring der Nutzung von unterschiedlichen Lebensräumen durch Fledermäuse wurde nur noch die neue Erkennungsmethodik eingesetzt. In beiden Teilprojekten wurde auch das potenzielle Nahrungsangebot an Insekten durch Lichtfallenfänge quantifiziert. Insgesamt konnten im Verlauf der Erhebungen mit den unterschiedlichen Methoden 19 der 28 momentan in der Schweiz vorkommenden Fledermausarten nachgewiesen werden.

Die bei der Kreuzvalidierung verglichenen Methoden unterschieden sich stark in Aufwand und Aussagekraft. Die neue Erkennungsmethodik wies viele Arten nach (34 150 Echoortungsrufe in 817 Lautsequenzen ergaben 949 Artzuweisungen und zwölf Arten) und erlaubte ausserdem eine kontinuierliche Abschätzung der Aktivität durch die ganze Nacht. Die Detektorprotokolle, die je nach Protokollrhythmus grundsätzlich ebenfalls eine Aussage über den Aktivitätsverlauf ermöglichen, erforderten einen geringeren Aufwand. Die Qualität der Artbestimmung war mit dieser Methode jedoch am schlechtesten (in 65 der 100 Registrierungen konnten bloss sieben Arten eindeutig erkannt werden). Bei den Netzfängen wurde mit grossem Aufwand eine hohe Sicherheit bei der Artbestimmung erzielt, aber nur ein beschränkter Überblick über die Artenzusammensetzung gewonnen (65 Fänge, die je nach Standort zahlenmässig sehr unterschiedlich ausfielen, ergaben 13 Arten).

Beim Monitoring konnten durch die automatische Analyse von 47 210 Echoortungsrufen in 1 388 Lautsequenzen insgesamt 1 650 Artzuweisungen erfolgen. Diese ergaben total 16 Arten. Die artspezifischen Zuordnungsschwierigkeiten werden in der Arbeit besprochen. Die weitaus am häufigsten anzutreffende Art war *Pipistrellus pipistrellus*, 64 % der sicheren Artnachweise betrafen sie, 86 % die Gattung *Pipistrellus*. Die höchste Rufaktivität wurde an Fliessgewässern und im Siedlungsraum, die geringste in Wäldern und über dem Kulturland registriert. Die anderen Lebensräume (Stehgewässer, Auenwälder, Waldränder, Obstanlagen) nahmen eine mittlere Stellung ein. Das potentielle Nahrungsangebot zeigte keinen deutlichen Einfluss auf die Aktivität. Weitere Auswertungen beziehen sich auf die artspezifische Aktivitätsverteilung und Artdiversität in

den Lebensräumen sowie auf die temporalen Aktivitätsunterschiede.

Die beiliegende DVD (für Mac und Windows geeignet) erschliesst online Information zu Biologie, Verbreitung und Schutzstatus von Fledermäusen und demonstriert die Peillaute von 27 einheimischen Fledermausarten anhand von Spektrogrammen (mit Angabe der charakteristischen Rufparameter) und je einer Rufsequenz pro Art, die als abspielbarer Film dargestellt wird (durchlaufende Spektrogramme mit Tönen).

7. Dank

Das Projekt wäre in der Form nicht durchführbar gewesen ohne die Mithilfe und Bereitschaft von Fledermaus-Experten, Kolonietreibern oder -besitzern, Bauern und vielen mehr. Unser herzlicher Dank geht an Walter Achermann (-von Flüe), Johann und Fränzi Allemann, Andreas Arnold, Andres Beck, Fabio Bontadina, Monika Braun, Daniel und Diana Deppeler, A. Derungs und M. Heinisch, Ruth Ehrenbold-Etzweiler, René Güttinger, Ursel Häussler, Emil Hürbin, Adriano Martinoli, Marco Moretti, Markus Plattner, Damiano Preatoni, Frank Rentsch, Marzia Mattei-Rösli, René Schädegg (-Urben), Hans-Peter B. Stutz, Alex Theiler, Hans-Gerd Tschuch, Nicola Zambelli, Karl Zbinden, Peter Zingg sowie Andrea Kühne für die Bearbeitung der Insektenfänge.

Das Projekt Nr. 3.00.1214 der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL wurde finanziell unterstützt durch das BAFU (ehemals BUWAL), die Stiftung zum Schutz unserer Fledermäuse SSF und den Kanton Solothurn. Einen Teil seiner Arbeit leistete Peter F. Flückiger als «Fledermausschutzbeauftragter Solothurn».

8. Literatur

Arlettaz, R., Zingg, P.E., 1995. *Hypsugo savii* (Bonaparte, 1837) – Alpenfledermaus. In: Hausser, J. (Ed.), 1995. Säugetiere der Schweiz: Verbreitung, Biologie, Ökologie. Birkhäuser, Basel, S. 162–166.

Bader, E., 2009. Kleine Hufeisennase: Sensation im hinteren Leimental SO. FMAZ 89, S. 4.

Barratt, E.M., Deaville, R., Burland, T.M., Bruford, M.W., Jones, G., Racey, P.A., Wayne, R.K., 1997. DNA answers the call of pipistrelle bat species. *Nature* 387, pp. 138–139.

Duelli, P., 1994. Rote Listen der gefährdeten Tierarten in der Schweiz. Schweiz Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft. Eidgenössische Drucksachen- und Materialzentrale (EDMZ), Bern.

Ehrenbold, A., 2010. Effects of landscape connectivity and habitat structure on bat guilds in farmland-dominated matrices. Masters Thesis. Conservation Biology, Institut für Ecology and Evolution, University of Bern. Bern, pp. 41.

Ehrenbold, A., Bontadina, F., Arlettaz, R., Obrist, M.K., 2010. Effects of connectivity and shape of landscape

elements on bats. In: 15th International Bat Research Conference, 22.–27.8.2010. Book of Abstracts. Czech University of Life Sciences, Prague, p. 126.

Ehrenbold, A., Bontadina, F., Arlettaz, R., Obrist, M.K., in prep. Effects of landscape connectivity and habitat structure on bat guilds in farmland-dominated matrices.

Flückiger, P.F., 1991. Die Fledermäuse des Kantons Solothurn. Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft des Kantons Solothurn 35, S. 103–112.

Flückiger, P.F., 2007. Überraschung beim Nachtessen – Kleine Hufeisennase in Metzleren. Jahresbulletin 2007, Pro Natura Solothurn – Solothurnischer Naturschutzverband, S. 25–26.

Gebhard, J., 1995. *Myotis emarginatus* (Geoffroy, 1806) – Wimperfledermaus. In: Hausser, J. (Ed.), 1995. Säugetiere der Schweiz: Verbreitung, Biologie, Ökologie. Birkhäuser, Basel, S. 109–112.

Gebhard, J., Zingg, P.E., 1995. *Nyctalus noctula* (Schreber, 1774) – Grosser Abendsegler. In: Hausser, J. (Ed.), 1995. Säugetiere der Schweiz: Verbreitung, Biologie, Ökologie. Birkhäuser, Basel, S. 133–138.

Hausser, J. (Ed.), 1995. Säugetiere der Schweiz: Verbreitung, Biologie, Ökologie. Birkhäuser, Basel.

Mattei, M., 2009. Verbreitung Langohren im Tessin aufgeklärt. FMAZ 89, S. 6.

Moeschler, P., 1995. *Miniopterus schreibersi* (Natterer in Kuhl, 1819) – Langflügel-Fledermaus. In: Hausser, J. (Ed.), 1995. Säugetiere der Schweiz: Verbreitung, Biologie, Ökologie. Birkhäuser, Basel, S. 194–197.

Neuweiler, G., 1993. Biologie der Fledermäuse. Thieme, Stuttgart, New York.

Obrist, M.K., 1995. Flexible bat echolocation: the influence of individual, habitat and conspecifics on sonar signal design. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 36, pp. 207–219.

Obrist, M.K., Boesch, R., Flückiger, P.F., 2004a. Variability in echolocation call design of 26 Swiss bat species: consequences, limits and options for automated field identification with a synergetic pattern recognition approach. *Mammalia* 68, pp. 307–322.

Obrist, M.K., Boesch, R., Flückiger, P.F., Dieckmann, U., 2004b. Who's calling? Acoustic bat species identification revised with synergetics. In: Thomas, J., Moss, C., Vater, M. (Eds.), *Echolocation in Bats and Dolphins*, Proceedings of the Biosonar Conference 1998. University of Chicago Press, Chicago, pp. 484–491.

Obrist, M.K., Boesch, R., Flückiger, P.F., 2008. Probabilistic evaluation of synergetic ultrasound pattern recognition for large scale bat surveys. In: Frommolt, K.-H., Bardeli, R., Clausen, M. (Eds.), *International Expert meeting on IT-based detection of bioacoustical pattern*. 7.–12.12.2007. Federal Agency for Nature Conservation, International Academy for Nature Conservation (INA) Isle of Vilm, Germany, pp. 29–42.

Obrist, M.K., Bontadina, F., Bohnenstengel, T., Desmet, J.-F., Capt, S., in prep. Estimation of bat species detectability and site occupancy: finding an optimal sampling design for red list bat surveys.

Obrist, M.K., Bontadina, F., Bohnenstengel, T., Moeschler, P., Krättli, H., 2010. From revision of red list to bat

- biodiversity monitoring: procedures, first results, and projections. In: 15th International Bat Research Conference, 22.–27.8.2010. Book of Abstracts. Czech University of Life Sciences, Prague, p. 239.
- Obrist, M.K., Rathey, E., Bontadina, F., Martinoli, A., Conedera, M., Christe, P., Moretti, M., 2011. Response of bat species to sylvo-pastoral abandonment. *Forest Ecology and Management* 261, pp. 789–798.
- Parsons, S., Obrist, M.K., 2004. Recent methodological advances in the recording and analysis of chiropteran biosonar signals in the field. In: Thomas, J., Moss, C., Vater, M. (Eds.), *Echolocation in Bats and Dolphins*, Proceedings of the Biosonar Conference 1998. University of Chicago Press, Chicago, pp. 468–477.
- Rathey, E., 2006. Species diversity and activity of bats in managed versus abandoned chestnut orchards. Masters Thesis. Ecology and Evolution Department, University of Lausanne. Lausanne, pp. 31.
- Ruedi, M., Beck, A., Arlettaz, R., 1995. *Myotis nattereri* (Kuhl, 1818) – Fransenfledermaus. In: Hausser, J. (Ed.), 1995. *Säugetiere der Schweiz: Verbreitung, Biologie, Ökologie*. Birkhäuser, Basel, S. 113–118.
- Sattler, T., Borcard, D., Arlettaz, R., Bontadina, F., Legendre, P., Obrist, M.K., Moretti, M., 2010a. Spider, bee, and bird communities in cities are shaped by environmental control and high stochasticity. *Ecology* 91, pp. 3343–3353.
- Sattler, T., Duelli, P., Obrist, M.K., Arlettaz, R., Moretti, M., 2010b. Response of arthropod species richness and functional groups to urban habitat structure and management. *Landscape Ecology* 25, pp. 941–954.
- Sattler, T., Obrist, M.K., Arlettaz, R., Moretti, M., Bontadina, F., 2010c. Bat's exploitation of cities: the importance of spatial and environmental variables. In: 15th International Bat Research Conference, 22.–27.8.2010. Book of Abstracts. Czech University of Life Sciences, Prague, p. 276.
- Stutz, H.-P., Burkhard, W.-D., 1995. *Eptesicus serotinus* (Schreber, 1774) – Breitflügelfledermaus. In: Hausser, J. (Ed.), 1995. *Säugetiere der Schweiz: Verbreitung, Biologie, Ökologie*. Birkhäuser, Basel, S. 167–170.
- Stutz, H.-P.B., Krättli, H., in Zusammenarbeit mit den Kantonalen Fledermausschutz-Beauftragten der Kantone AG, A., AR, GL, GR, LU, NW, OW, SG, SH, SO, SZ, TG, TI, UR, ZG, ZH, 2007. *Aktiver Fledermausschutz in der Gemeinde – Grundausbildung für Lokale Fledermausschützensende*. Stiftung Fledermausschutz c/o Zoo Zürich.
- Stutz, H.-P., Zingg, P.E., 1995. *Nyctalus leisleri* (Kuhl, 1818) – Kleiner Abendsegler. In: Hausser, J. (Ed.), 1995. *Säugetiere der Schweiz: Verbreitung, Biologie, Ökologie*. Birkhäuser, Basel, S. 139–142.
- von Helvesen, O., Heller, K.G., Mayer, F., Nemeth, A., Volleth, M., Gombkoto, P., 2001. Cryptic mammalian species: a new species of whiskered bat (*Myotis alcaetho* n sp) in Europe. *Naturwissenschaften* 88, S. 217–223.
- Wagner, T., 1995. Automatische Personenidentifikation durch Analyse von Lippenbewegungen und Sprache. *Spektrum der Wissenschaft* 6, S. 16–21.
- Zingg, P.E., 1990. Akustische Artidentifikation von Fledermäusen (Mammalia: Chiroptera) in der Schweiz. *Rev. Suisse. Zool.* 97, S. 263–294.
- Zingg, P.E., Aellen, V., 1995. *Nyctalus lasiopterus* (Schreber, 1780) – Riesenabendsegler. In: Hausser, J. (Ed.), 1995. *Säugetiere der Schweiz: Verbreitung, Biologie, Ökologie*. Birkhäuser, Basel, S. 143–145.
- Zingg, P.E., Burkhard, W.-D., 1995. *Myotis mystacinus* (Kuhl, 1819) – Bartfledermaus. In: Hausser, J. (Ed.), 1995. *Säugetiere der Schweiz: Verbreitung, Biologie, Ökologie*. Birkhäuser, Basel, S. 104–108.
- Zuchuat, O., Keller, A., 1995. *Myotis bechsteini* (Natterer in Kuhl, 1818) – Bechsteinfledermaus. In: Hausser, J. (Ed.), 1995. *Säugetiere der Schweiz: Verbreitung, Biologie, Ökologie*. Birkhäuser, Basel, S. 119–122.

Anhänge



Dornach, Lolibach: 1



2

Untersuchungsgebiet

Dornach, Lolibach

Fotos

1 Stehgewässer, Foto vom 19.6.2002, 2 Wald, Foto vom 29.5.2002

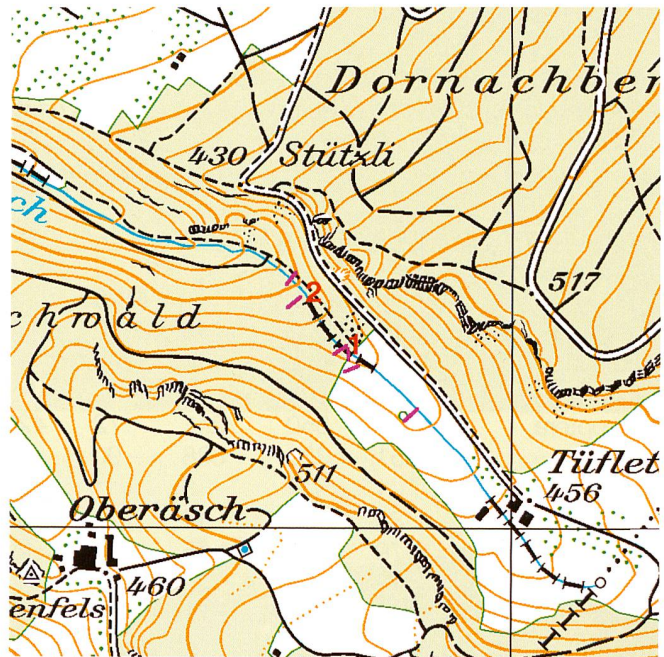
Karte

Zentrumskoordinaten 613737 / 257289

1, 2 Ultraschalldetektion, teilweise auch Lichtfang
- Netze

Erhebung

19.6.2002 (22.00 bis 2.00 Uhr), alle Methoden

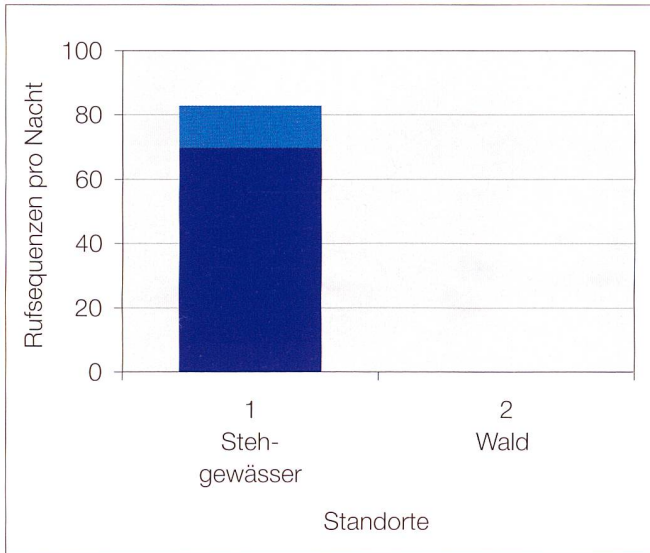


Artspezifische Rufaktivität (Anzahl Rufsequenzen) in Dornach

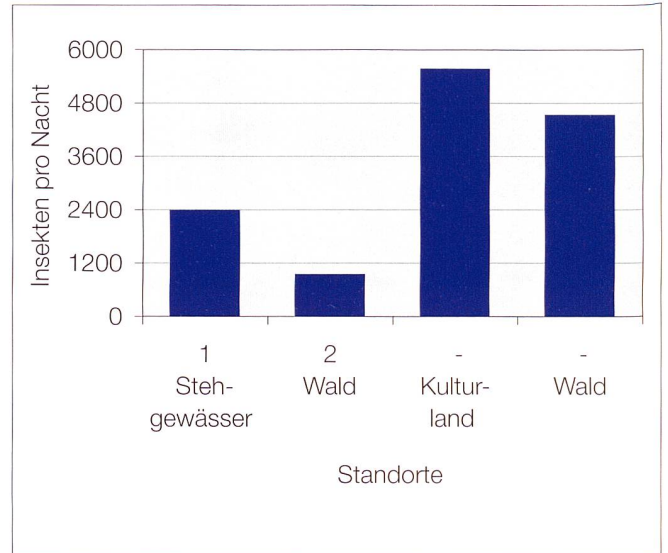
Nr.	Typ	Aktivität		Myo. dau.	Myo. myo.	Myo. nat.	Nyc. lei.	Nyc. noc.	Pip. pip.	Pip. pyg.
		tot. gesamte	det. bestimmte Arten							
1	Stehgewässer									
	19.6.2002	83	70	3			1	1	52	13
2	Wald									
	19.6.2002	0	0							
	Alle Standorte									
	Total	83	70	3			1	1	52	13

Fledermausfänge (Anzahl Männchen/Weibchen) in Dornach

Nr.	Typ	Myo. dau.	Myo. myo.	Myo. nat.	Nyc. lei.	Nyc. noc.	Pip. pip.	Pip. pyg.
1	Stehgewässer							
	19.6.2002		1/0	1/0				



Rufaktivität der Fledermäuse in Dornach. Anzahl bestimmter und unbestimmter Rufsequenzen (dunkel- bzw. hellblau) pro Nacht und Standort



Potenzielles Nahrungsangebot (Anzahl Insekten) in Dornach

Resultate der Lichtfallenfänge in Dornach. Anzahl Individuen (n) und Trockengewicht (mg) pro Insektengruppe

Nr.	1		2		-		-	
	Stehgewässer		Wald		Kulturland		Wald	
Datum	19.6.2002		19.6.2002		19.6.2002		19.6.2002	
Taxon	n	mg	n	mg	n	mg	n	mg
Blattaria	0	-	0	-	0	-	0	-
Coleoptera	800	350	241	72	4259	522	1699	422
Diptera	1351	335	528	90	954	169	2287	448
Ephemeroptera	1	2	3	1	0	-	0	-
Heteroptera	33	31	14	12	39	27	97	77
Homoptera	79	19	65	6	206	41	147	34
Hymenoptera	13	4	32	12	36	12	34	10
Lepidoptera	109	146	77	123	52	60	131	181
Neuropteroidea	5	3	0	-	0	-	2	2
Plecoptera	0	-	0	-	0	-	1	2
Thysanoptera	0	-	0	-	0	-	0	-
Trichoptera	10	9	3	1	35	36	98	46
Rest	0	-	0	-	0	-	45	5
Gesamtergebnis	2401	899	963	318	5581	866	4541	1225





Untersuchungsgebiet
Gempen, Stollen

Fotos

1 Waldrand, 2, 3 Wald, 4 Waldrand, 5 Kulturland,
6, 7 Siedlung, 8-10 Obstanlage, alle Fotos vom 3.6.2003

Karte

Zentrumskoordinaten 616765 / 259998

1-10 Ultraschalldetektion, teilweise auch Lichtfang
- Netze

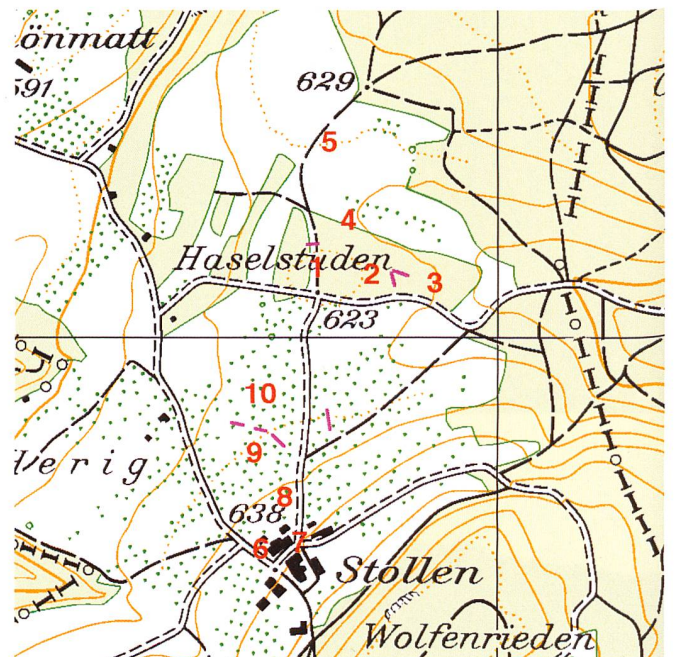
Erhebungen

21.6.2002 (22.47 bis 1.11 Uhr), alle Methoden

3.6.2003 (21.40 bis 23.59 Uhr), kein Netzfang

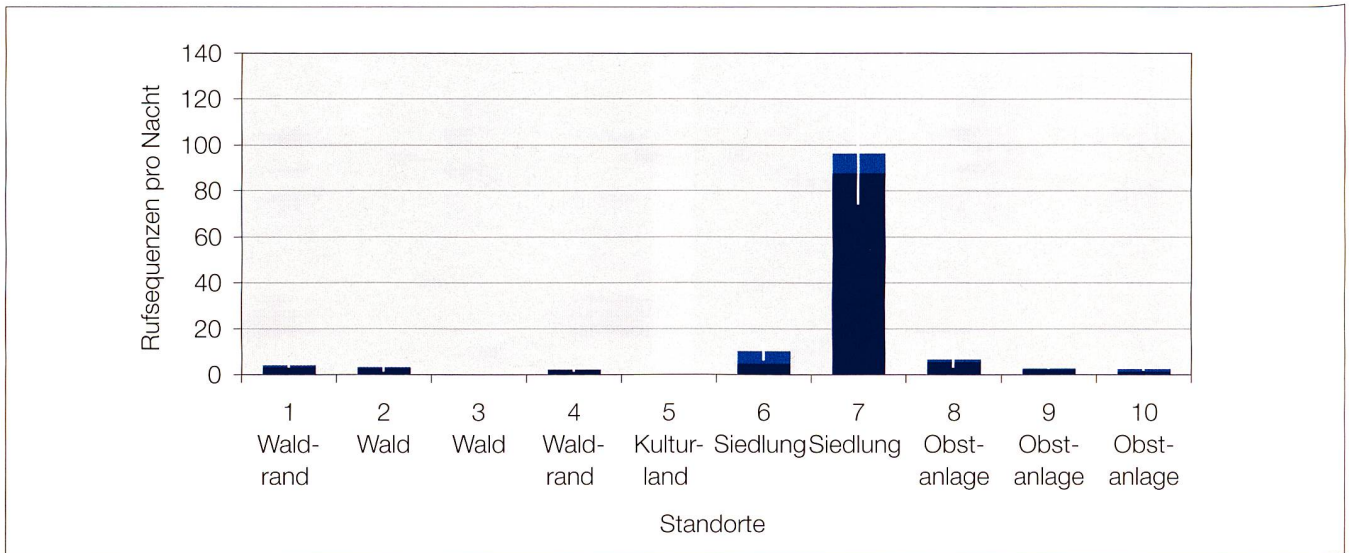
6.8.2003 (21.23 bis 5.38 Uhr), kein Netzfang

17.9.2003 (20.01 bis 6.42 Uhr), kein Netzfang

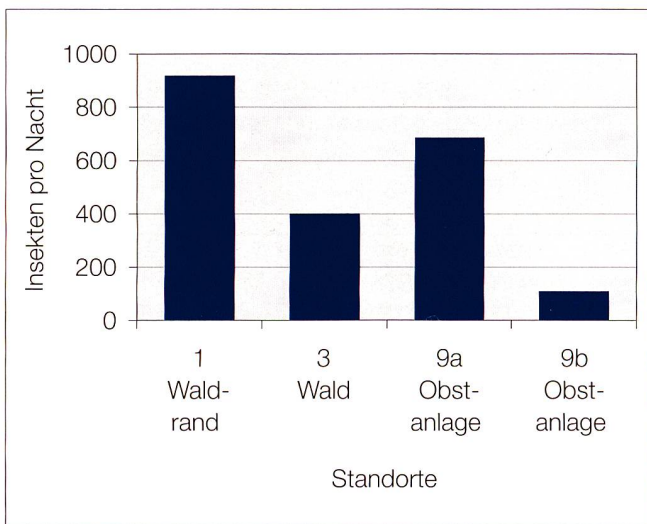


Artspezifische Rufaktivität (Anzahl Rufsequenzen) in Gempen

Nr.	Typ	Aktivität		Myo. mys. Bart- fled.	Nyc. lei. Kleiner Abend.	Nyc. noc. Grosser Abend.	Pip. kuh. Weiss- rand.	Pip. nat. Rauh- haut.	Pip. pip. Zwerg- fled.	Ple. aus. Graues Langohr	Ves. mur. Zwei- farben.
		tot. gesamte	det. bestimmte Arten								
1	Waldrand										
	21.6.2002	4	2						2		
	3.6.2003	1	0								
	6.8.2003	6	5						5		
	17.9.2003	5	5						5		
2	Wald										
	3.6.2003	2	2					2			
	6.8.2003	7	6						6		
	17.9.2003	0	0								
3	Wald										
	3.6.2003	0	0								
	6.8.2003	0	0								
	17.9.2003	0	0								
4	Waldrand										
	3.6.2003	0	0								
	6.8.2003	3	3	1					2		
	17.9.2003	3	3		1	1	1				
5	Kulturland										
	3.6.2003	0	0								
	6.8.2003	0	0								
	17.9.2003	0	0								
6	Siedlung										
	3.6.2003	2	2						2		
	6.8.2003	15	7	4					3		
	17.9.2003	13	5	2					3		
7	Siedlung										
	3.6.2003	52	52					15	37		
	6.8.2003	118	115			1		12	102		
	17.9.2003	118	96				19	9	68		
8	Obstanlage										
	3.6.2003	1	1		1						
	6.8.2003	13	11	1				2	8		
	17.9.2003	5	4	1					3		
9	Obstanlage										
	21.6.2002	1	0								
	3.6.2003	2	2						2		
	6.8.2003	3	2	1					1		
	17.9.2003	3	2					2			
10	Obstanlage										
	3.6.2003	3	2					1			1
	6.8.2003	3	2			1			1		-
	17.9.2003	1	0								
	Alle Standorte										
	Total	384	329	10	2	3	20	43	249	1	1



Rufaktivität der Fledermäuse in Gempen. Mittelwerte der Anzahl bestimmter und unbestimmter Rufsequenzen (dunkel- bzw. hellblau) pro Nacht und Standort mit Standardfehler (\pm SE) der Gesamtaktivität



Potentiellies Nahrungsangebot (Anzahl Insekten) in Gempen

Resultate der Lichtfallenfänge in Gempen. Anzahl Individuen (n) und Trockengewicht (mg) pro Insektengruppe

Nr.	1		3		9a		9b		1		9a	
	n	mg	n	mg	n	mg	n	mg	n	mg	n	mg
Fangort	Waldrand		Wald		Obstanlage		Obstanlage		Waldrand		Obstanlage	
Datum	21.6.2002		21.6.2002		21.6.2002		21.6.2002		3.6.2003		3.6.2003	
Taxon	n	mg	n	mg	n	mg	n	mg	n	mg	n	mg
Blattaria	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Coleoptera	48	34	16	12	67	20	13	4	12	6	141	88
Diptera	234	22	244	16	82	5	84	5	98	12	224	31
Ephemeroptera	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Heteroptera	19	12	7	2	0	-	3	<1	5	2	7	3
Homoptera	62	5	26	4	20	<1	1	<1	26	3	45	3
Hymenoptera	19	8	12	5	3	<1	0	-	5	3	9	10
Lepidoptera	89	224	59	110	0	-	8	6	6	11	22	32
Neuropteroidea	0	-	2	<1	0	-	0	-	0	-	0	-
Plecoptera	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Thysanoptera	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Trichoptera	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	4	3
Rest	0	-	34	4	0	-	0	-	0	-	0	-
Gesamtergebnis	471	305	400	154	172	26	109	17	152	36	452	168

Fortsetzung der obigen Tabelle

Resultate der Lichtfallenfänge in Gempen. Anzahl Individuen (n) und Trockengewicht (mg) pro Insektengruppe

Nr.	1		9a		1		9a	
	n	mg	n	mg	n	mg	n	mg
Fangort	Waldrand		Obstanlage		Waldrand		Obstanlage	
Datum	6.8.2003		6.8.2003		17.9.2003		17.9.2003	
Taxon	n	mg	n	mg	n	mg	n	mg
Blattaria	0	-	0	-	0	-	0	-
Coleoptera	197	69	610	276	0	-	2	2
Diptera	856	66	333	72	173	12	24	3
Ephemeroptera	16	3	0	-	0	-	0	-
Heteroptera	36	45	28	26	0	-	2	3
Homoptera	141	64	0	-	7	<1	0	-
Hymenoptera	48	27	32	10	3	2	0	-
Lepidoptera	145	132	131	121	4	5	8	14
Neuropteroidea	8	3	0	-	0	-	0	-
Plecoptera	0	-	0	-	0	-	0	-
Thysanoptera	0	-	0	-	0	-	0	-
Trichoptera	1383	2359	924	1485	6	10	9	12
Rest	20	2	7	8	0	-	0	-
Gesamtergebnis	2851	2770	2066	1999	193	28	45	34



Hägendorf, Tüfelsschlucht: 1



2

Untersuchungsgebiet
Hägendorf, Tüfelsschlucht

Fotos

1 Waldweiher, 2 Waldbach, Fotos vom 7. Mai 2009

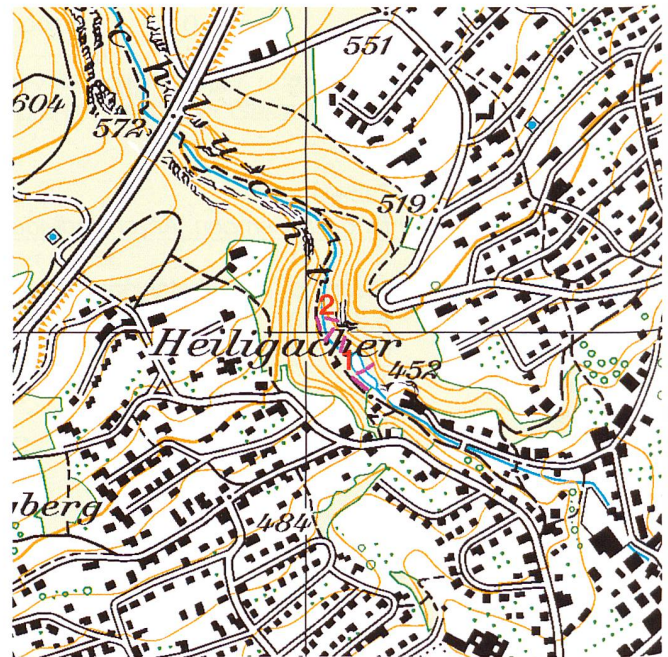
Karte

Zentrumskoordinaten 630051 / 243000

1, 2 Ultraschalldetektion, teilweise auch Lichtfang
– Netze

Erhebung

1.7.2002 (21.22 bis 1.29 Uhr), alle Methoden

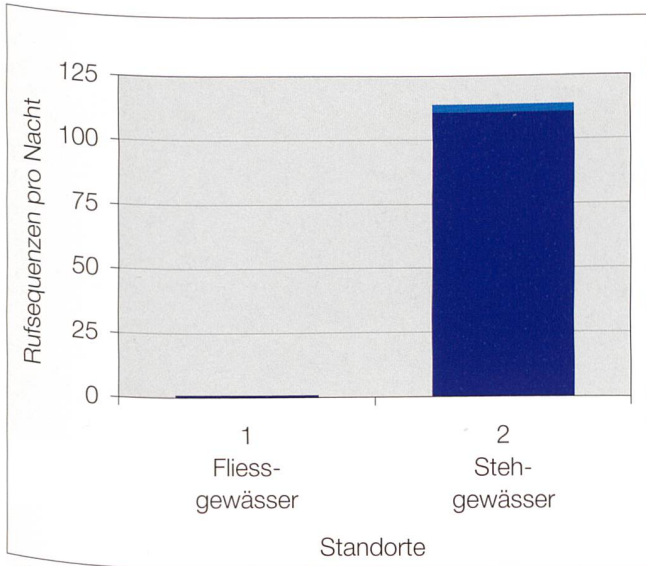


Artspezifische Rufaktivität (Anzahl Rufsequenzen) in Hägendorf

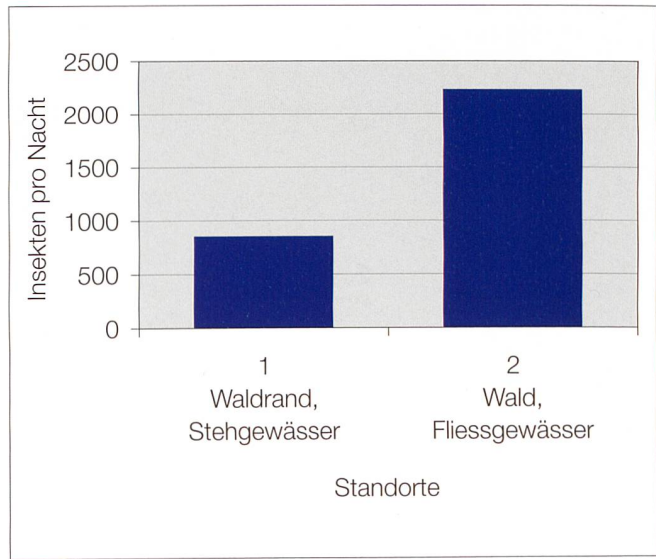
Nr.	Typ	Aktivität		Myo. dau. Wasser- fled.	Nyc. noc. Grosser Abend.	Pip. nat. Rauh- haut.	Pip. pip. Zwerg- fled.	Ple. sp. unbest. Langohr
		tot. gesamte	det. bestimmte Arten					
1	Stehgewässer							
	1.7.2002	114	111		1	6	104	
2	Fliessgewässer							
	1.7.2002	1	1		0	0	1	
	Beide Standorte							
	Total	115	112		1	6	105	

Fledermausfänge (Anzahl Männchen/Weibchen) in Hägendorf

Nr.	Typ	Myo. dau. Wasser- fled.	Nyc. noc. Grosser Abend.	Pip. nat. Rauh- haut.	Pip. pip. Zwerg- fled.	Ple. aur. Braunes Langohr
1	Stehgewässer					
	1.7.2002		1/0		6/6	1/0



Rufaktivität der Fledermäuse in Hägendorf. Anzahl bestimmter und unbestimmter Rufsequenzen (dunkel- bzw. hellblau) pro Nacht und Standort



Potenzielles Nahrungsangebot (Anzahl Insekten) in Hägendorf

Resultate der Lichtfallenfänge in Hägendorf. Anzahl Individuen (n) und Trockengewicht (mg) pro Insektengruppe

Nr.	1		2	
	Waldrand, Stehgewässer		Wald Fließgewässer	
Typ	1.7.2002		1.7.2002	
Datum	N	mg	N	mg
Blattaria	0	-	0	-
Coleoptera	27	7	166	20
Diptera	761	128	2036	228
Ephemeroptera	0	-	2	2
Heteroptera	1	<1	1	<1
Homoptera	6	1	0	-
Hymenoptera	4	2	14	5
Lepidoptera	42	87	8	19
Neuropteroidea	0	-	0	-
Plecoptera	0	-	0	-
Thysanoptera	0	-	0	-
Trichoptera	13	15	0	-
Rest	0	-	6	<1
Gesamtergebnis	854	240	2233	275



Untersuchungsgebiet
Herbetswil, Hinterer Hammer

Foto

1 Siedlung, 2 Obstanlage, Fotos vom 5. Juni 2009

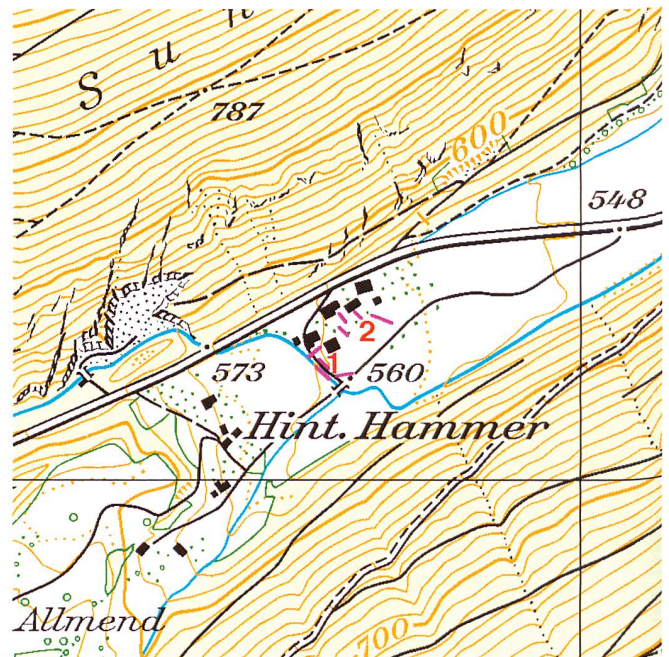
Karte

Zentrumskoordinaten 609637 / 237217

1, 2 Ultraschalldetektion, Lichtfang
- Netze

Erhebung

11.7.2002 (21.50 bis 1.16 Uhr), alle Methoden

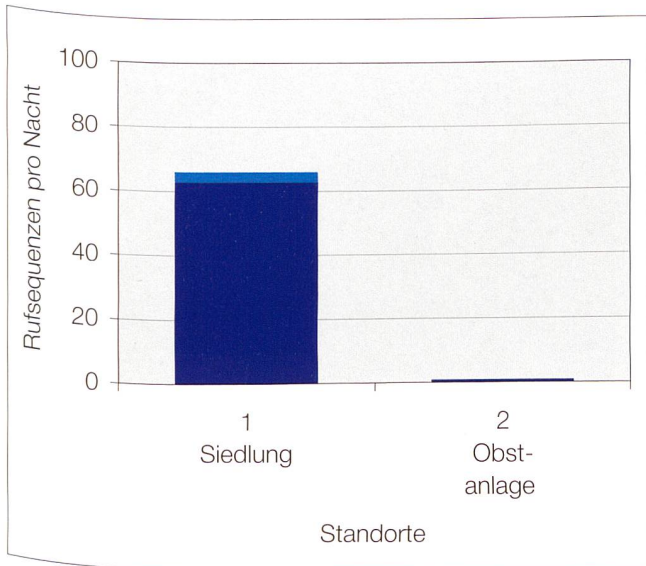


Artspezifische Rufaktivität (Anzahl Rufsequenzen) in Herbetswil. Der in Tabelle 2 – Gesamtartenliste aufgeführte Nachweis von *Nyctalus noctula* (Grosser Abendsegler) ist eine Detektorbeobachtung und deshalb hier nicht aufgeführt.

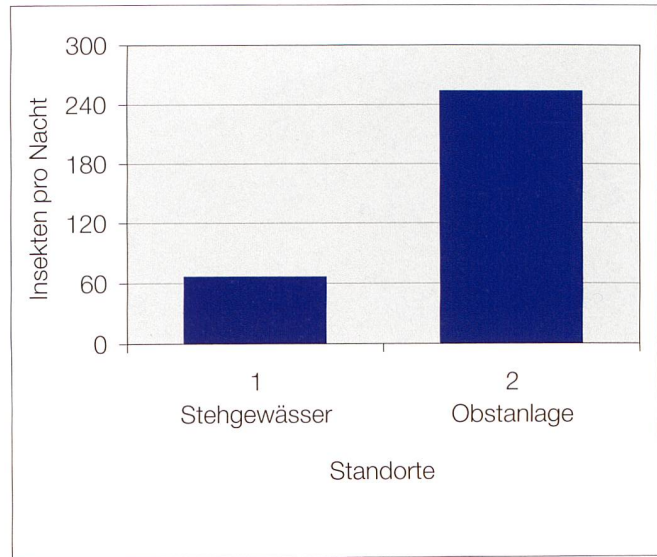
Nr.	Lebensraumtyp	Aktivität		Myo. mys. Bart- fled.	Pip. pip. Zwerg- fled.
		tot. gesamte	det. bestimmte Arten		
1	Siedlung 11.7.2002	66	63		63
2	Obstanlage 11.7.2002	1	1		1
	Beide Standorte Total	67	64		64

Fledermausfänge (Anzahl Männchen/Weibchen) in Herbetswil

Nr.	Lebensraumtyp	11.7.2002	Myo. mys. Bart- fled.	Pip. pip. Zwerg- fled.
1	Schwimmteich	11.7.2002		2/1
2	Hochstammobstgarten	11.7.2002	0/1	



Rufaktivität der Fledermäuse in Herbetswil. Anzahl bestimmter und unbestimmter Rufsequenzen (dunkel- bzw. hellblau) pro Nacht und Standort

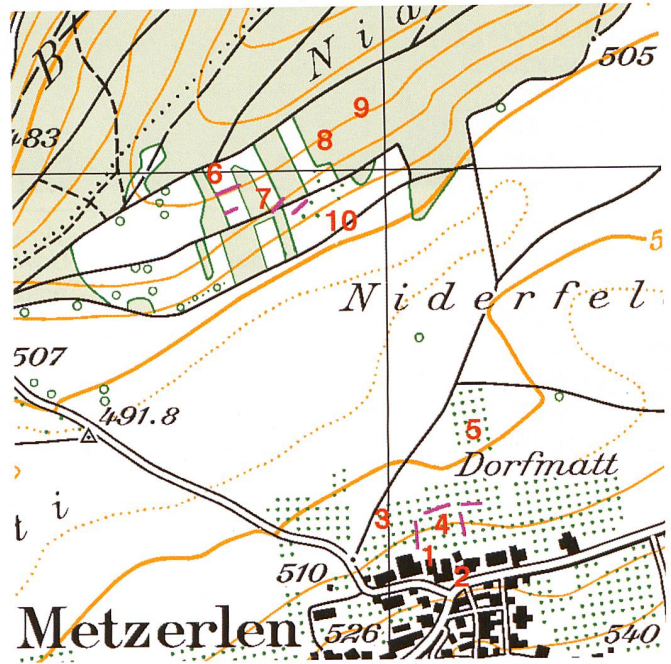


Potenzielles Nahrungsangebot (Anzahl Insekten) in Herbetswil

Resultate der Lichtfallenfänge in Herbetswil. Anzahl Individuen (n) und Trockengewicht (mg) pro Insektengruppe

Nr.	1		2	
	Stehgewässer		Obstanlage	
Typ	11.7.2002		11.7.2002	
Datum	n	mg	n	mg
Taxon				
Blattaria	0	-	0	-
Coleoptera	0	-	8	<1
Diptera	67	5	241	30
Ephemeroptera	0	-	0	-
Heteroptera	0	-	0	-
Homoptera	0	-	0	-
Hymenoptera	0	-	5	1
Lepidoptera	0	-	0	-
Neuropteroidea	0	-	0	-
Plecoptera	0	-	0	-
Thysanoptera	0	-	0	-
Trichoptera	0	-	0	-
Rest	0	-	0	-
Gesamtergebnis	67	5	254	32





Untersuchungsgebiet
Metzerlen

Fotos

1, 2 Siedlung, 3-5 Obstanlage, 6, 7 Waldrand, 8, 9 Wald,
10 Kulturland, alle Fotos vom 4.6.2003

Karte

Zentrumskoordinaten 601937 / 257743

1-10 Ultraschalldetektion, teilweise auch Lichtfang
- Netze

Erhebungen

26.6.2002 (22.06 bis 02.24 Uhr), alle Methoden

4.6.2003 (21.48 bis 4.53 Uhr), kein Netzfang

7.8.2003 (21.22 bis 5.15 Uhr), kein Netzfang

18.9.2003 (19.56 bis 7.03 Uhr), kein Netzfang

Artspezifische Rufaktivität (Anzahl Rufsequenzen) in Metzzerlen

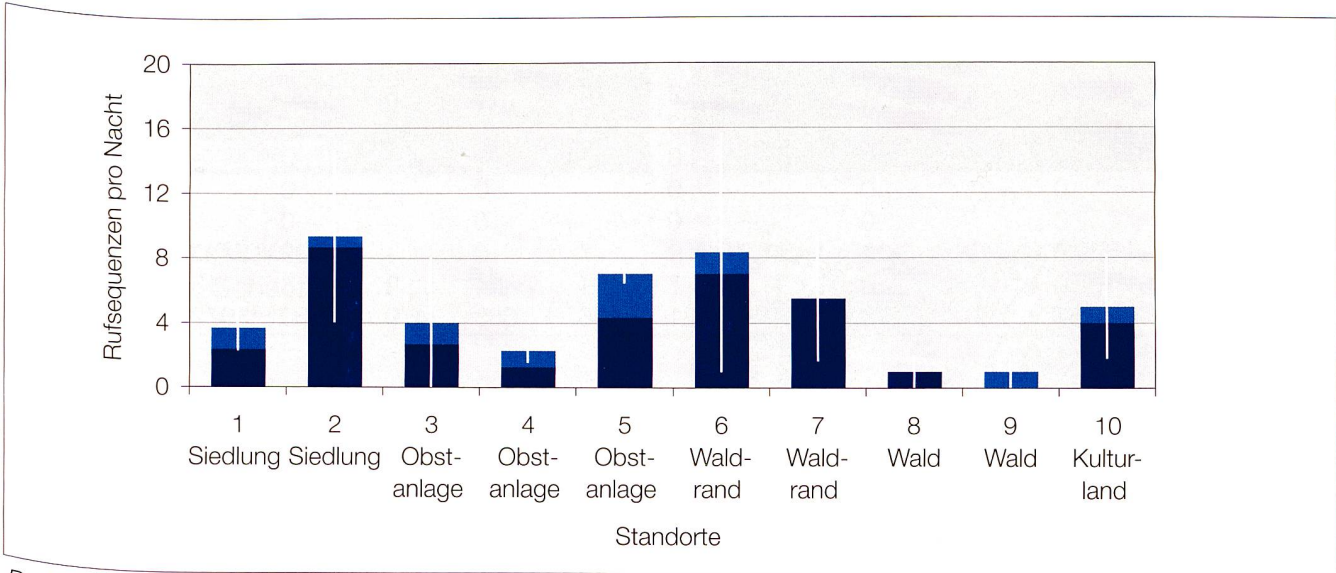
Nr.	Typ	Aktivität		Myo. dau. Wasser- fled.	Myo. ema. Wimper- fled.	Myo. mys. Bart- fled.	Nyc. noc. Grosser Abend.	Pip. nat. Rauh- haut.	Pip. pip. Zwerg- fled.	Pip. pyg. Mücken- fled.	Ple. sp. unbest. Langohr	Ves. mur. Zwei- farben.	Rhi. hip. Kleine Hufeisen.
		tot. gesamte	det. bestimmte Arten										
1	Siedlung												
	4.6.2003	6	4						3		1		
	7.8.2003	4	2						2				
	18.9.2003	1	1						1				
2	Siedlung												
	4.6.2003	5	5						4			1	
	7.8.2003	20	19						19				
	18.9.2003	3	2				1					1	
3	Obstanlage												
	4.6.2003	0	0										
	7.8.2003	12	8		1	5			2				
	18.9.2003	0	0										
4	Obstanlage												
	26.6.2002	3	2						2				
	4.6.2003	1	1						1				
	7.8.2003	4	1			1							
	18.9.2003	1	1						1				
5	Obstanlage												
	4.6.2003	7	6						6				
	7.8.2003	6	3			1							2
	18.9.2003	8	4						4				
6	Waldrand												
	4.6.2003	2	2				1		1				
	7.8.2003	0	0										
	18.9.2003	23	19	1		4		2	11	1			
7	Waldrand												
	26.6.2002	1	1						1				
	4.6.2003	1	1					1					
	7.8.2003	3	3						3				
	18.9.2003	17	17					1	16				
8	Wald												
	4.6.2003	0	0										
	7.8.2003	0	0										
	18.9.2003	3	3						3				
9	Wald												
	4.6.2003	0	0										
	7.8.2003	0	0										
	18.9.2003	3	0										
10	Kulturland												
	4.6.2003	0	0										
	7.8.2003	4	3				2		1				
	18.9.2003	11	9			6			3				
	Alle Standorte												
	Total	149	117	1	1	17	4	4	84	1	1	2	2

Fledermausfänge (Anzahl Männchen/Weibchen) in Metzernen

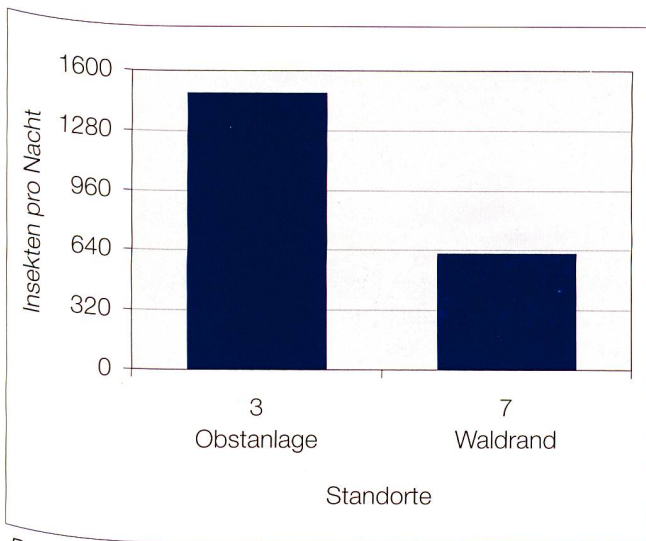
Nr.	Typ	Myo. dau.	Myo. ema.	Myo. mys.	Nyc. noc.	Pip. nat.	Pip. pip.	Pip. pyg.	Ple. aur.	Ves. mur.	Rhi. hip.
		Wasserfled.	Wimperfled.	Bartfled.	Grosser Abend.	Rauh-haut.	Zwergfled.	Mückenfled.	Braunes Langohr	Zweifarben.	Kleine Hufeisen.

4 Obstanlage
26.6.2002

0/1



Rufaktivität der Fledermause in Metzernen. Mittelwerte der Anzahl bestimmter und unbestimmter Rufsequenzen (dunkel- bzw. hellblau) pro Nacht und Standort mit Standardfehler (\pm SE) der Gesamtaktivität



Potenzielles Nahrungsangebot (Anzahl Insekten) in Metzernen

Resultate der Lichtfallenfänge in Metzernen. Anzahl Individuen (n) und Trockengewicht (mg) pro Insektengruppe

Nr.	3		7		3		7		3		7	
	Obstanlage		Waldrand		Obstanlage		Waldrand		Obstanlage		Waldrand	
Datum	26.6.2002		26.6.2002		4.6.2003		4.6.2003		7.8.2003		7.8.2003	
Taxon	n	mg	n	mg	n	mg	n	mg	n	mg	n	mg
Blattaria	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Coleoptera	1	<1	3	1	91	45	54	153	1587	371	253	122
Diptera	37	12	63	11	836	86	339	57	1107	255	392	54
Ephemeroptera	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Heteroptera	1	1	2	<1	19	14	84	44	95	116	32	33
Homoptera	2	<1	11	1	70	5	58	5	206	59	172	74
Hymenoptera	5	4	2	<1	19	4	19	5	121	28	45	20
Lepidoptera	11	13	35	59	30	35	95	213	107	68	193	213
Neuropteroidea	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	9	6
Plecoptera	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Thysanoptera	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Trichoptera	0	-	2	<1	9	7	0	-	1399	2163	411	674
Rest	0	-	0	-	7	1	14	2	8	13	6	<1
Gesamtergebnis	57	30	118	74	1081	196	663	479	4630	3072	1513	1196

Resultate der Lichtfallenfänge in Metzernen. Anzahl Individuen (n) und Trockengewicht (mg) pro Insektengruppe

Nr.	3		7	
	Obstanlage		Waldrand	
Datum	18.9.2003		18.9.2003	
Taxon	n	mg	n	mg
Blattaria	0	-	0	-
Coleoptera	26	6	8	9
Diptera	120	6	164	9
Ephemeroptera	0	-	0	-
Heteroptera	2	6	0	-
Homoptera	10	2	11	9
Hymenoptera	4	<1	10	8
Lepidoptera	3	2	8	5
Neuropteroidea	0	-	0	-
Plecoptera	0	-	0	-
Thysanoptera	0	-	0	-
Trichoptera	3	4	0	-
Rest	0	-	0	-
Gesamtergebnis	168	28	201	40



Niedergösgen, Schachen: 1



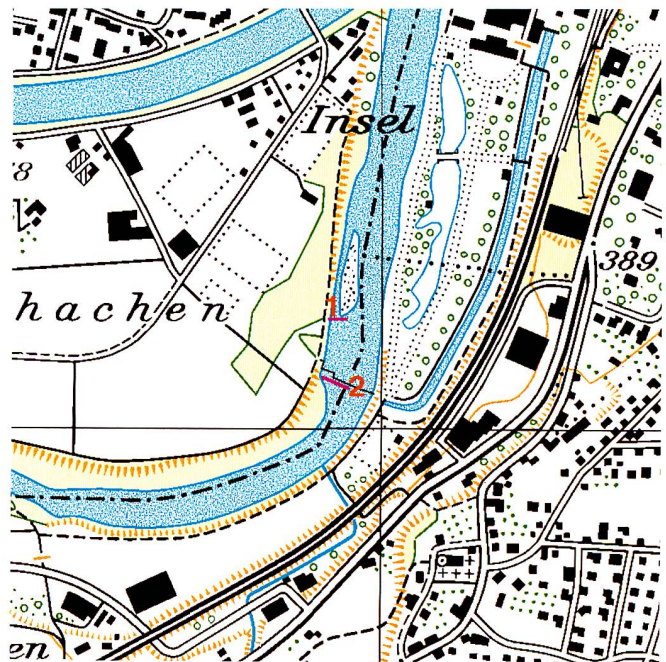
2

Untersuchungsgebiet
Niedergösgen, Schachen

Foto
1, 2 Fließgewässer, Fotos vom 3. Mai 2009

Karte
Zentrumskoordinaten 641939 / 246133
1, 2 Ultraschalldetektion, Lichtfang
- Netze

Erhebung
6.9.2002 (20.30 bis 0.31 Uhr), alle Methoden

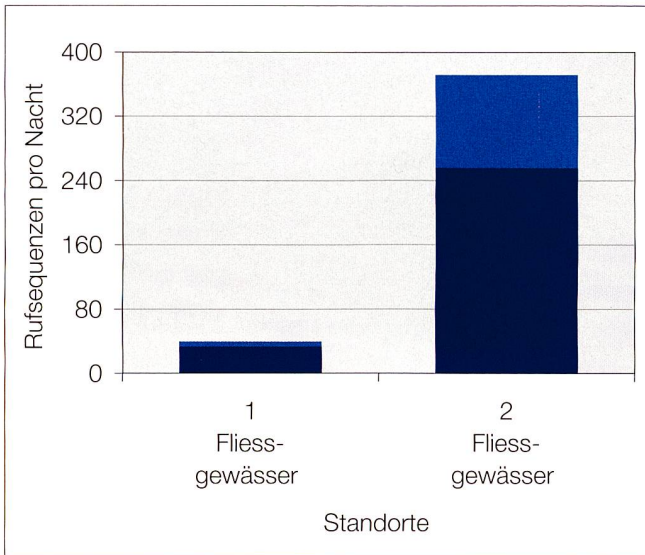


Artspezifische Rufaktivität (Anzahl Rufsequenzen) in Niedergösgen

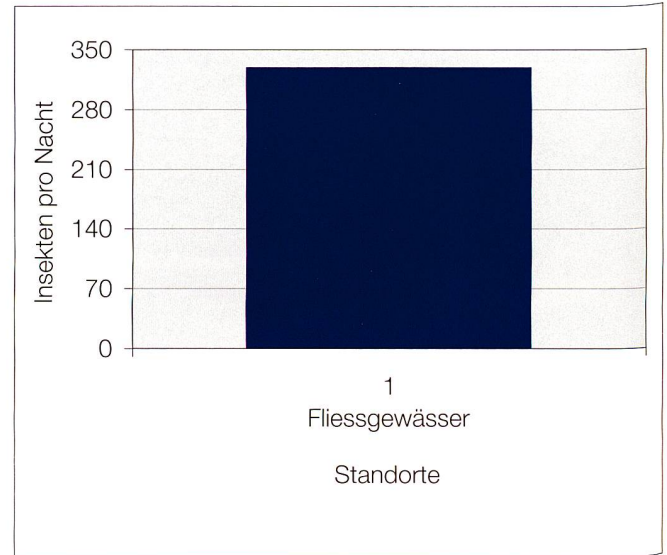
Nr.	Typ	Artspezifische Rufaktivität									
		tot. gesamte	Aktivität det. bestimmte Arten	Myo. dau. Wasser-fled.	Myo. mys. Bart-fled.	Nyc. noc. Grosser Abend.	Pip. kuh. Weiss-rand.	Pip. nat. Rau-haut.	Pip. pip. Zwerg-fled.	Pip. pyg. Mücken-fled.	Ves. mur. Zwei-farben.
1	Fließgewässer 6.9.2002	40	34	23	1	1	0	6	3	0	0
2	Fließgewässer 6.9.2002	372	256	41	0	0	20	134	59	1	1
	Beide Standorte Total	412	290	64	1	1	20	140	62	1	1

Fledermausfänge (Anzahl Männchen/Weibchen) in Niedergösgen

Nr.	Typ	Fledermausfänge									
		Myo. dau. Wasser-fled.	Myo. mys. Bart-fled.	Nyc. noc. Grosser Abend.	Pip. kuh. Weiss-rand.	Pip. nat. Rau-haut.	Pip. pip. Zwerg-fled.	Pip. pyg. Mücken-fled.	Ves. mur. Zwei-farben.		
1	Fließgewässer 6.9.2002	2/0									
2	Fließgewässer 6.9.2002	1/0									



Rufaktivität der Fledermäuse in Niedergösgen. Anzahl bestimmter und unbestimmter Rufsequenzen (dunkel- bzw. hellblau) pro Nacht und Standort



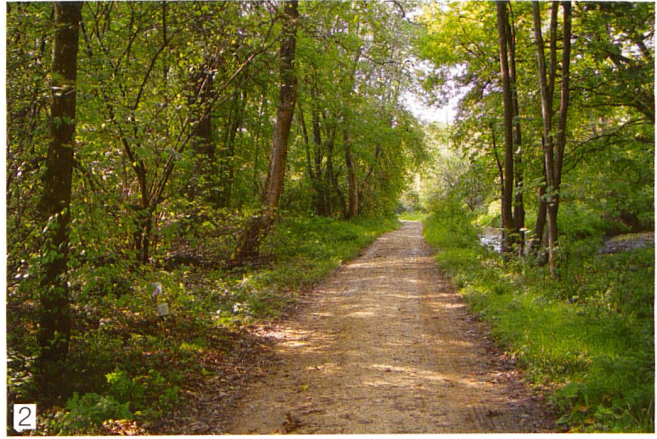
Potenzielles Nahrungsangebot (Anzahl Insekten) in Niedergösgen

Resultate der Lichtfallenfänge in Niedergösgen. Anzahl Individuen (n) und Trockengewicht (mg) pro Insekten-gruppe

Nr.	1	
Typ	Fließgewässer	
Datum	6.9.2002	
Taxon	n	mg
Blattaria	0	-
Coleoptera	24	6
Diptera	247	239
Ephemeroptera	0	-
Heteroptera	2	<1
Homoptera	0	-
Hymenoptera	9	<1
Lepidoptera	0	-
Neuropteroidea	0	-
Plecoptera	0	-
Thysanoptera	0	-
Trichoptera	48	14
Rest	0	-
Gesamtergebnis	330	260



Obergösger Schachen: 1



2



3



4



5

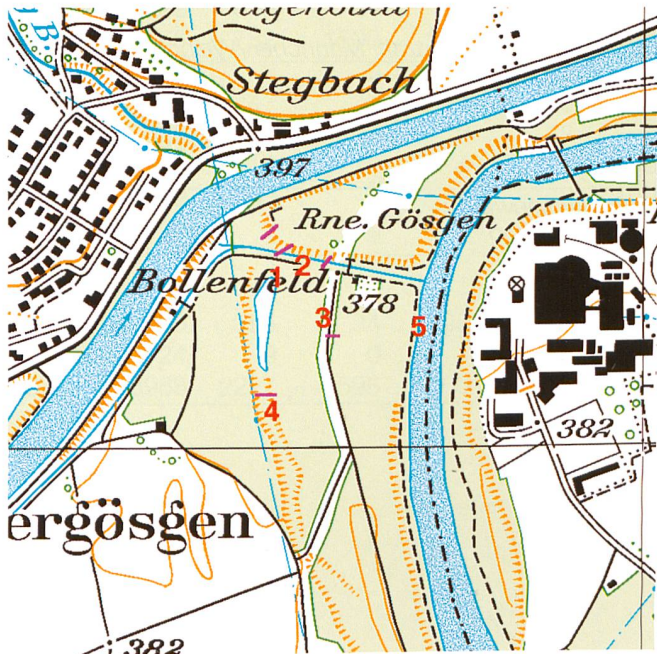
Untersuchungsgebiet Obergösger, Schachen

Fotos

1 Auenwald, 2 Fließgewässer, 3 Waldrand, 4 Auenwald, Fotos vom 24.9.2003. 5 Fließgewässer, Foto vom 25.9.2002

Erhebungen

18.6.2002 (21.56 bis 1.48 Uhr), alle Methoden
7.5.2003 (21.03 bis 5.43 Uhr), kein Netzfang
7.7.2003 (22.00 bis 5.01 Uhr), kein Netzfang
24.9.2003 (19.57 bis 6.35 Uhr), kein Netzfang



Karte

Zentrumskoordinaten 639539 / 246164

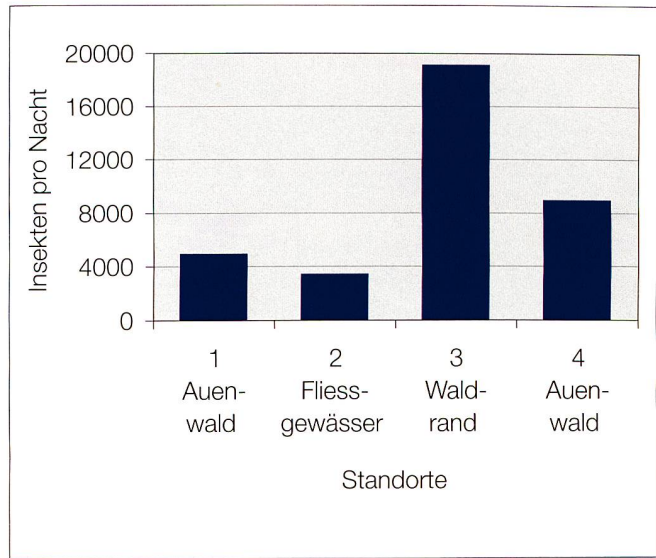
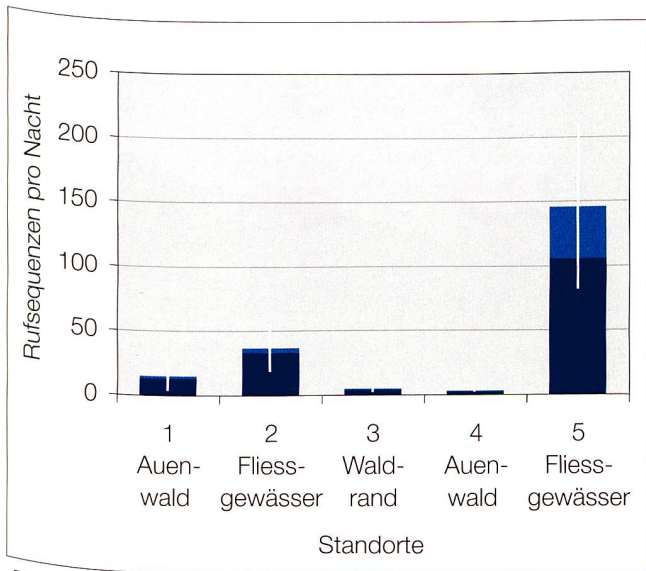
1-5 Ultraschalldetektion, teilweise auch Lichtfang
- Netze

Artspezifische Rufaktivität (Anzahl Rufsequenzen) in Obergösigen

Nr.	Typ	Aktivität		Hyp.	Myo.	Myo.	Nyc.	Nyc.	Pip.	Pip.	Pip.	Ple.
		tot.	det.	sav.	dau.	mys.	lei.	noc.	kuh.	nat.	pip.	sp.
		bestimmte gesamte	Arten	Alpen- fled.	Wasser- fled.	Bart- fled.	Kleiner Abend.	Grosser Abend.	Weiss- randfled.	Rauh- hautfled.	Zwerg- fled.	Langohr unbest.
1	Auenwald											
	18.6.2002	0	0									
	7.5.2003	49	46		1	2	1			11	31	
	7.7.2003	6	4									4
	24.9.2003	5	4			1						3
2	Fliessgewässer											
	18.6.2002	49	46		3					1	42	
	7.5.2003	83	75		6			1	2	1	65	
	7.7.2003	11	9		3							6
	24.9.2003	4	3		1	1						1
3	Waldrand											
	7.5.2003	2	2							1	1	
	7.7.2003	3	2									2
	24.9.2003	10	8					2		4	1	1
4	Auenwald											
	7.5.2003	5	3		1		1					1
	7.7.2003	3	3		1							2
	24.9.2003	2	1							1		
5	Fliessgewässer											
	7.5.2003	95	77		2	8		13	1	10	43	
	7.7.2003	70	47		14			1	1	8	23	
	24.9.2003	273	194	6	13	1			37	47	90	
	Alle Standorte											
	Total	670	524	6	45	13	2	17	41	84	315	1

Fledermausfänge (Anzahl Männchen/Weibchen) in Obergösigen

Nr.	Typ	Hyp.	Myo.	Myo.	Nyc.	Nyc.	Pip.	Pip.	Pip.	Ple.
		sav.	dau.	mys.	lei.	noc.	kuh.	nat.	pip.	sp.
		Alpen- fled.	Wasser- fled.	Bart- fled.	Kleiner Abend.	Grosser Abend.	Weiss- randfled.	Rauh- hautfled.	Zwerg- fled.	Langohr unbest.
2	Fliessgewässer									
	18.6.2002		2/3						0/1	



Rufaktivität der Fledermäuse in Oberbösgen. Mittelwerte der Anzahl bestimmter und unbestimmter Rufsequenzen (dunkel- bzw. hellblau) pro Nacht und Standort mit Standardfehler ($\pm SE$) der Gesamtaktivität

Potenzielles Nahrungsangebot (Anzahl Insekten) in Oberbösgen

Resultate der Lichtfallenfänge in Oberbösgen. Anzahl Individuen (n) und Trockengewicht (mg) pro Insektengruppe

Nr.	1		2		3		4		2		2	
	Auenwald	Fließgewässer	Fließgewässer	Fließgewässer	Waldrand	Waldrand	Auenwald	Fließgewässer	Fließgewässer	Fließgewässer	Fließgewässer	Fließgewässer
Typ	18.6.2002		18.6.2002		18.6.2002		18.6.2002		7.5.2003		7.7.2003	
Datum	18.6.2002		18.6.2002		18.6.2002		18.6.2002		7.5.2003		7.7.2003	
Taxon	n	mg	n	mg	n	mg	n	mg	n	mg	n	mg
Blattaria	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Coleoptera	763	137	1615	195	2222	222	2792	679	35	27	62	33
Diptera	2979	540	4260	730	9067	738	4375	782	1500	328	950	107
Ephemeroptera	0	-	0	-	0	-	24	8	0	-	21	7
Heteroptera	31	33	41	38	65	54	59	47	1	<1	0	-
Homoptera	142	18	214	23	271	21	325	61	5	2	12	6
Hymenoptera	77	11	78	9	205	4	183	16	16	4	21	9
Lepidoptera	94	109	104	132	103	104	189	268	7	5	78	100
Neuropteroidea	4	1	7	4	28	17	4	2	0	-	2	<1
Plecoptera	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Thysanoptera	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Trichoptera	889	301	856	254	7190	2542	990	355	34	95	455	303
Rest	2	<1	11	1	9	<1	24	9	0	-	0	-
Gesamtergebnis	4982	1150	7185	1386	19161	3702	8963	2227	1598	460	1600	566



Bergdietikon, Egelsee: 1



2



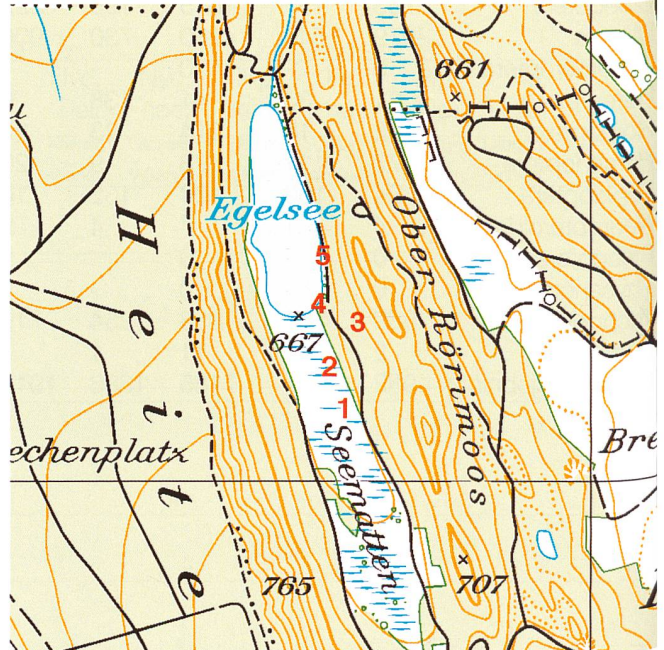
3



4



5



Untersuchungsgebiet
Bergdietikon, Egelsee

Foto

1 Auenwald, 2 Stehgewässer, 3 Wald, 4 Stehgewässer,
alle Fotos vom 9.7.2003. 5 Stehgewässer, Foto vom
16.4.2003

Karte

Zentrumskoordinaten 669605 / 250234

1-5 Ultraschalldetektion, Lichtfang

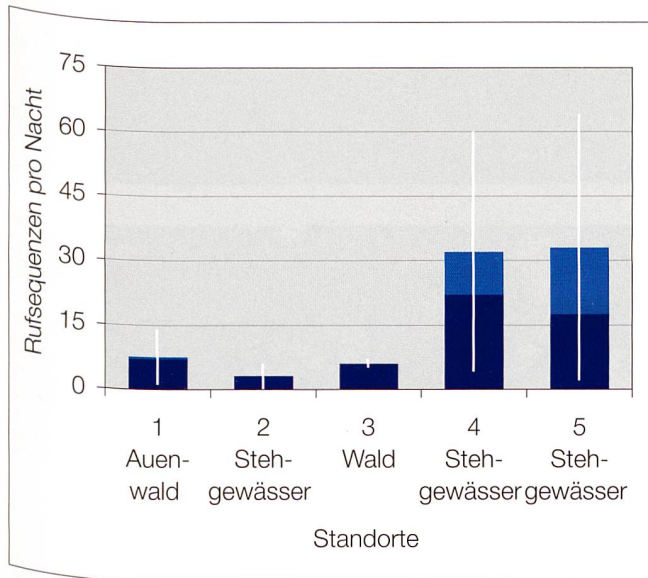
Erhebungen

16.4.2003 (21.02 bis 4.54 Uhr), kein Netzfang

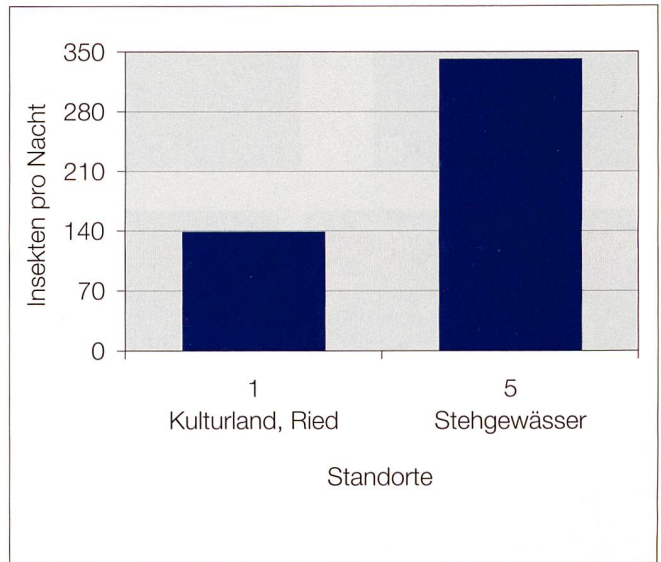
9.7.2003 (21.23 bis 5.13 Uhr), kein Netzfang

Artspezifische Rufaktivität (Anzahl Rufsequenzen) in Bergdietikon

Nr.	Typ	Aktivität		Ept.	Myo.	Myo.	Nyc.	Pip.	Pip.	Pip.
		tot.	det.	ser. Breit- flüg.	dau. Wasser- flöd.	mys. Bart- flöd.	noc. Grosser Abend.	kuh. Weiss- rand.	nat. Rauh- haut.	pipi Zwerg- flöd.
1	Auenwald									
	16.4.2003	1	1				1			
	9.7.2003	14	13				2	1		10
2	Stehgewässer									
	16.4.2003									
	9.7.2003	6	6				2			4
3	Wald									
	16.4.2003	5	5						5	
	9.7.2003	7	7		1			1		5
4	Stehgewässer									
	16.4.2003	4	4				1			3
	9.7.2003	60	40	1	19		3		1	16
5	Stehgewässer									
	16.4.2003	2	2						1	1
	9.7.2003	64	33		12	1	1		1	18
Alle Standort										
Total		163	111	1	32	1	10	1	4	62



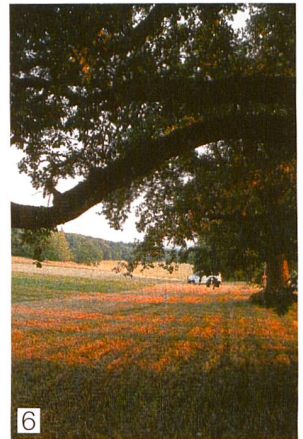
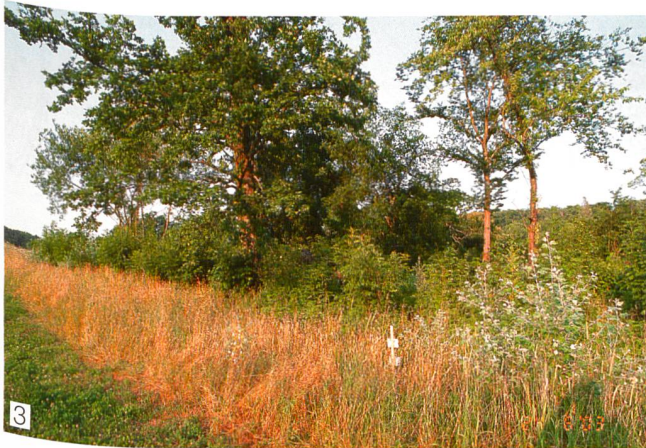
Rufaktivität der Fledermäuse in Bergdietikon. Mittelwerte der Anzahl bestimmter und unbestimmter Rufsequenzen (dunkel- bzw. hellblau) pro Nacht und Standort mit Standardfehler ($\pm SE$) der Gesamtaktivität



Potenzielles Nahrungsangebot (Anzahl Insekten) in Bergdietikon

Resultate der Lichtfallenfänge in Bergdietikon. Anzahl Individuen (n) und Trockengewicht (mg) pro Insektengruppe

Nr.	1		5		1		5	
Datum	16.4.2003		16.4.2003		9.7.2003		9.7.2003	
Typ	Kulturland Ried		Stehgewässer		Kulturland, Ried		Stehgewässer	
Taxon	n	mg	n	mg	n	mg	n	mg
Blattaria	0	-	0	-	0	-	0	-
Coleoptera	0	-	0	-	59	31	89	26
Diptera	46	11	51	7	66	15	250	32
Ephemeroptera	0	-	0	-	11	3	93	53
Heteroptera	0	-	0	-	16	38	6	10
Homoptera	0	-	0	-	4	<1	26	4
Hymenoptera	0	-	0	-	8	6	11	6
Lepidoptera	0	-	0	-	19	28	32	41
Neuropteroidea	0	-	0	-	1	<1	0	-
Plecoptera	0	-	0	-	0	-	0	-
Thysanoptera	0	-	0	-	0	-	0	-
Trichoptera	0	-	0	-	42	24	119	51
Rest	0	-	0	-	6	4	6	4
Gesamtergebnis	46	11	51	7	232	150	632	227



Untersuchungsgebiet
Bubendorf, Wildenstein

Fotos

1 Stehgewässer, 2 Kulturland, 3 Stehgewässer, 4 Wald-
rand, 6 Kulturland, 5 Waldrand, 7-9 Kulturland, 10 Wald-
rand, alle Fotos vom 24.6.2003

Karte

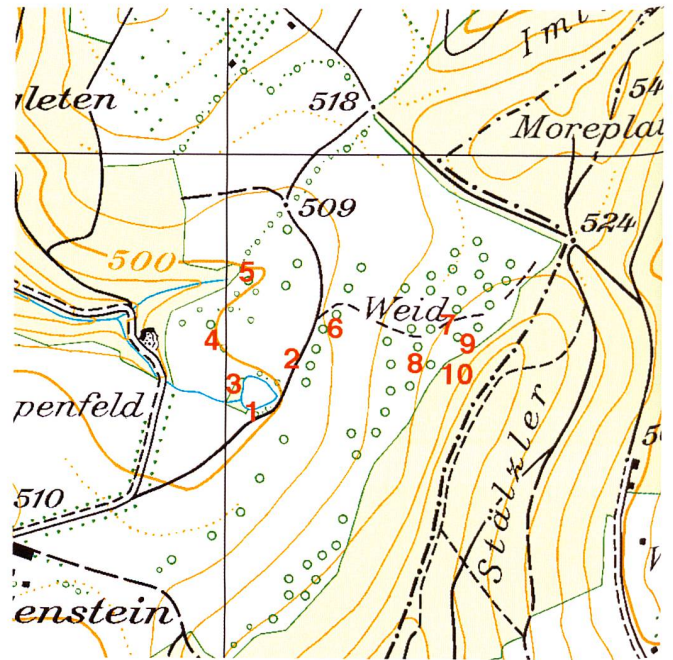
Zentrumskoordinaten 623178 / 253722

1-5 Ultraschalldetektion, Lichtfang

Erhebungen

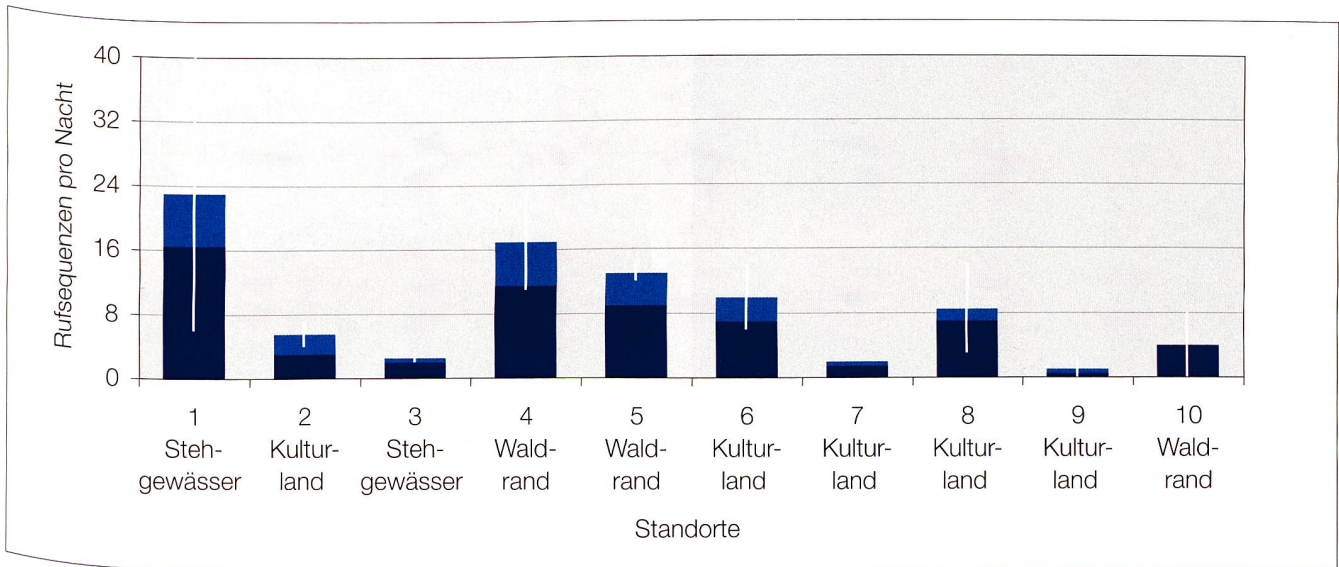
24.6.2003 (22.01 bis 5.01 Uhr), kein Netzfang

20.8.2003 (20.49 bis 2.05 Uhr), kein Netzfang

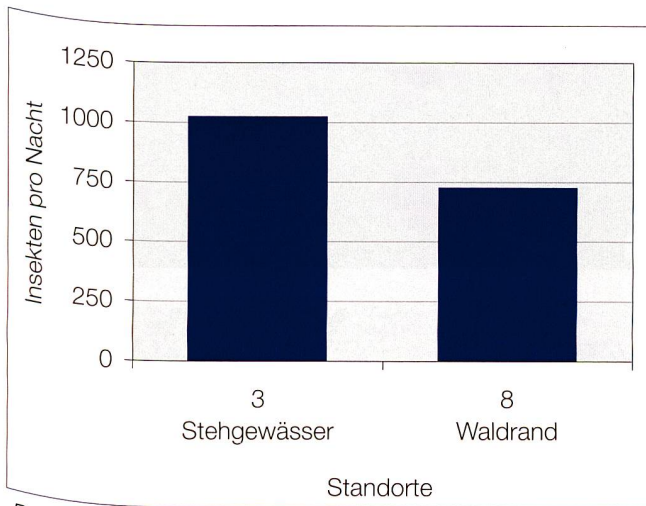


Artspezifische Rufaktivität (Anzahl Rufsequenzen) in Bubendorf

Nr.	Typ	Aktivität		Ept. ser. Breit- flügel.	Myo. dau. Wasser fled.	Myo. mys. Bart- fled.	Myo. nat. Fran- sen.	Nyc. lei. Kleiner Abend.	Pip. kuh. Weiss- rand.	Pip. nat. Rauh- haut.	Pip. pip. Zwerg- fled.	Pip. pyg. Mücken- fled.	
		tot.	det.										
1	Stehgewässer	24.6.2003	40	31	1	1			1	11	17		
		20.8.2003	6	2							2		
2	Kulturland	24.6.2003	4	3							3		
		20.8.2003	7	3				1			2		
3	Stehgewässer	24.6.2003	2	2				1			1		
		20.8.2003	3	2						2			
4	Waldrand	24.6.2003	11	10			1				7	2	
		20.8.2003	23	13		1				1	10	1	
5	Waldrand	24.6.2003	14	10		1					9		
		20.8.2003	12	8		1	1			1	5		
6	Kulturland	24.6.2003	6	2			2						
		20.8.2003	14	12				1			11		
7	Kulturland	24.6.2003	2	2							2		
		20.8.2003	2	1	1								
8	Kulturland	24.6.2003	3	2							2		
		20.8.2003	14	12						1	11		
9	Kulturland	24.6.2003											
		20.8.2003	2	1			1						
10	Waldrand	24.6.2003											
		20.8.2003	8	8			1		1		6		
Alle Standorte													
Total			173	124	2	3	7	1	2	2	16	88	3



Rufaktivität der Fledermäuse in Bubendorf. Mittelwerte der Anzahl bestimmter und unbestimmter Rufsequenzen (dunkel- bzw. hellblau) pro Nacht und Standort mit Standardfehler ($\pm SE$) der Gesamtaktivität



Potenzielles Nahrungsangebot (Anzahl Insekten) in Bubendorf

Resultate der Lichtfallenfänge in Bubendorf. Anzahl Individuen (n) und Trockengewicht (mg) pro Insektengruppe

Nr.	3		8		3		8	
	Stehgewässer		Waldrand		Stehgewässer		Waldrand	
Datum	24.6.2003		24.6.2003		20.8.2003		20.8.2003	
Taxon	n	mg	n	mg	n	mg	n	mg
Blattaria	0	-	0	-	0	-	0	-
Coleoptera	685	197	142	124	46	9	27	12
Diptera	382	118	269	38	74	13	65	6
Ephemeroptera	1	<1	0	-	0	-	0	-
Heteroptera	58	58	75	81	18	24	3	1
Homoptera	278	159	432	1009	9	5	17	19
Hymenoptera	53	11	62	18	162	140	11	12
Lepidoptera	139	223	256	244	35	47	39	64
Neuropteroidea	1	<1	0	-	0	-	0	-
Plecoptera	0	-	0	-	0	-	0	-
Thysanoptera	0	-	0	-	0	-	0	-
Trichoptera	101	170	12	14	4	5	4	5
Rest	9	11	44	16	0	-	1	<1
Gesamtergebnis	1707	949	1292	1545	348	243	167	120



Seengen, Moos: 1



2



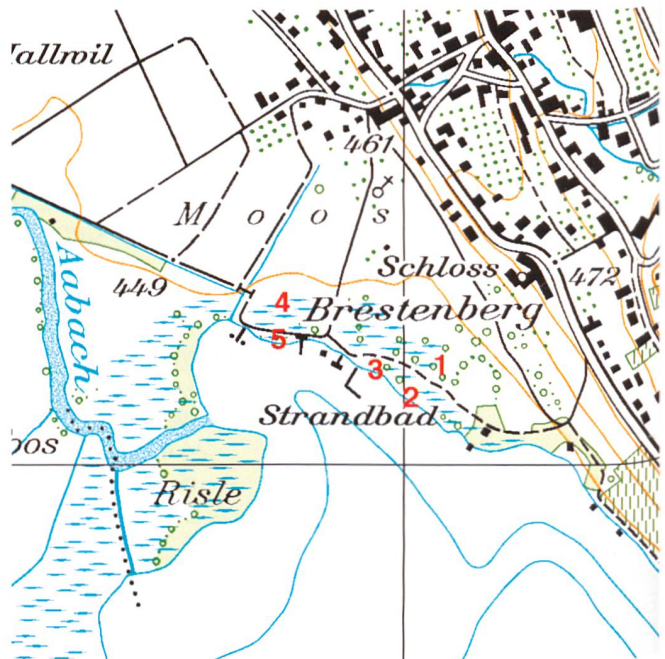
3



4



5



Untersuchungsgebiet
Seengen, Moos

Foto

1 Auenwald, 2-5 Stehgewässer, Fotos 1, 3-5 vom 15.4.2003, Foto 2 vom 26.9.2003

Karte

Zentrumskoordinaten 657840 / 241190

1-5 Ultraschalldetektion, Lichtfang

Erhebungen

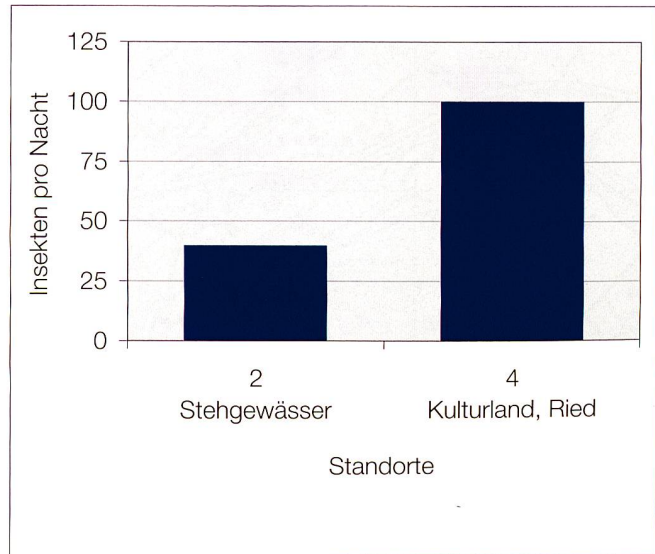
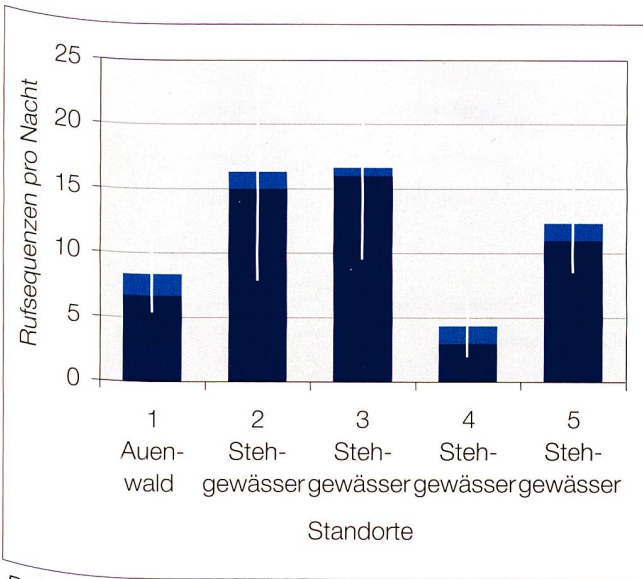
15.4.2003 (20.46 bis 4.39 Uhr), kein Netzfang

8.7.2003 (22.17 bis 5.11 Uhr), kein Netzfang

25.9.2003 (19.44 bis 3.16 Uhr), kein Netzfang

Artspezifische Rufaktivität (Anzahl Rufsequenzen) in Seengen

Nr.	Typ	Aktivität		Myo. dau. Wasser- fled.	Myo. mys. Bart- fled.	Myo. nat. Fran- sen.	Nyc. noc. Grosser Abend.	Pip. kuh. Weiss- rand.	Pip. nat. Rauh- haut.	Pip. pip. Zwerg- fled.
		tot.	det.							
1	Auenwald									
	15.04.2003	4	4							4
	08.07.2003	14	10	1		4			1	4
	25.09.2003	7	6						3	3
2	Stehgewässer									
	15.04.2003	33	32					2	4	26
	08.07.2003	11	9			1				8
	25.09.2003	5	4				1		1	2
3	Stehgewässer									
	15.04.2003	31	30	1				2	10	17
	08.07.2003	9	9					1		8
	25.09.2003	10	9						4	5
4	Stehgewässer									
	15.04.2003	1	1							1
	08.07.2003	9	5	1			2			2
	25.09.2003	3	3	1					1	1
5	Stehgewässer									
	15.04.2003	14	11		1				2	8
	08.07.2003	18	18		1		1			16
	25.09.2003	5	4				2		2	
	Alle Standorte									
	Total	178	157	9	8	10	34	110	28	105



Rufaktivität der Fledermäuse in Seengen. Mittelwerte der Anzahl bestimmter und unbestimmter Rufsequenzen (dunkel- bzw. hellblau) pro Nacht und Standort mit Standardfehler ($\pm SE$) der Gesamtaktivität

Potenzielles Nahrungsangebot (Anzahl Insekten) in Seengen

Resultate der Lichtfallenfänge in Seengen. Anzahl Individuen (n) und Trockengewicht (mg) pro Insektengruppe

Nr.	2		4		4		4	
Datum	15.4.2003		15.4.2003		8.7.2003		25.9.2003	
Fangort	Stehgewässer		Kulturland, Ried		Kulturland Ried		Kulturland Ried	
Taxon	n	mg	n	mg	n	mg	n	mg
Blattaria	0	-	0	-	0	-	0	-
Coleoptera	9	<1	17	4	12	<1	0	-
Diptera	31	4	146	25	89	18	9	<1
Ephemeroptera	0	-	0	-	1	<1	0	-
Heteroptera	0	-	0	-	1	<1	0	-
Homoptera	0	-	0	-	0	-	2	<1
Hymenoptera	0	-	1	2	0	-	0	-
Lepidoptera	0	-	0	-	4	3	0	-
Neuropteroidea	0	-	0	-	0	-	0	-
Plecoptera	0	-	0	-	0	-	0	-
Thysanoptera	0	-	0	-	0	-	0	-
Trichoptera	0	-	0	-	15	2	1	<1
Rest	0	-	0	-	2	<1	0	-
Gesamtergebnis	40	5	164	31	124	25	12	2



Untersuchungsgebiet
Sursee, Zällmoos

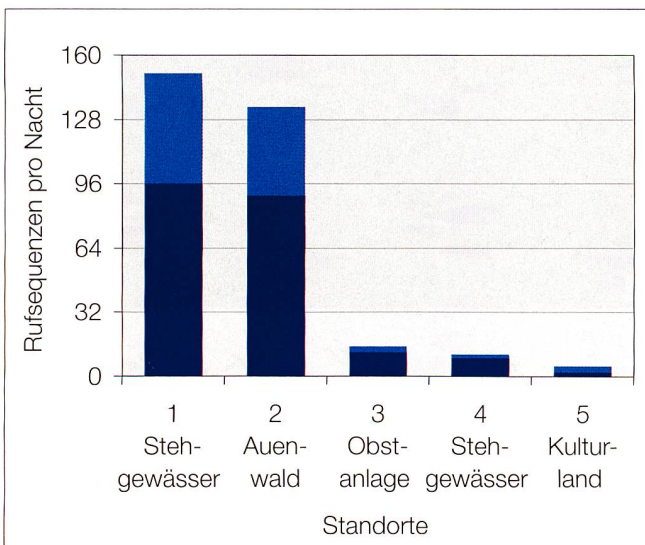
Fotos
1 Stehgewässer, 2 Auenwald, 3 Obstanlage, 4 Stehgewässer, 5 Kulturland, Fotos vom 13.6.2004

Karte
Zentrumskoordinaten 651886 / 224719
1-5 Ultraschalldetektion

Erhebung
12.6.2004 (21.52 bis 3.57 Uhr)

Artspezifische Rufaktivität (Anzahl Rufsequenzen) in Sursee

Nr.	Typ	Aktivität		Myo. dau. Wasser- fled.	Myo. mys. Bart- fled.	Nyc. noc. Grosser Abend.	Pip. kuh. Weiss- rand.	Pip. nat. Rauh- haut.	Pip. pip. Zwerg- fled.	Ple. sp. Langohr unbest.
		tot.	det.							
1	Stehgewässer									
	12.6.2004	151	96	6	1	1		9	79	
2	Auenwald									
	12.6.2004	134	90	14	12		1	8	55	
3	Obstanlage									
	12.6.2004	15	12					1	11	
4	Stehgewässer									
	12.6.2004	11	9					2	6	1
5	Kulturland									
	12.6.2004	5	2						2	
Alle Standorte										
Total		316	209	20	13	1	1	20	153	1



Rufaktivität der Fledermäuse in Sursee. Mittelwerte der Anzahl bestimmter und unbestimmter Rufsequenzen (dunkel- bzw. hellblau) pro Nacht und Standort mit Standardfehler (\pm SE) der Gesamtaktivität



Uitikon, Allmend: 1



2



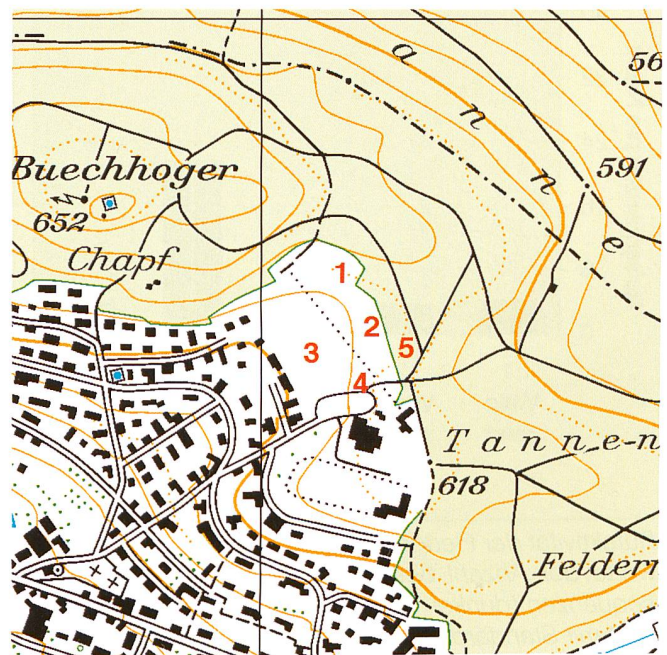
3



4



5



Untersuchungsgebiet
Uitikon, Allmend

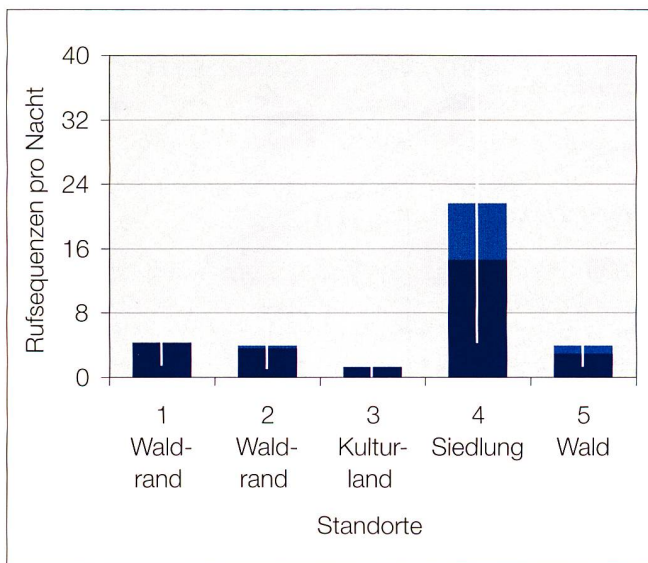
Fotos
1, 2 Waldrand, 3 Kulturland, 4 Siedlung, 5 Wald, Fotos
vom 24.4.2009

Karte
Zentrumskoordinaten 676789 / 246169
1-5 Ultraschalldetektion, Lichtfang

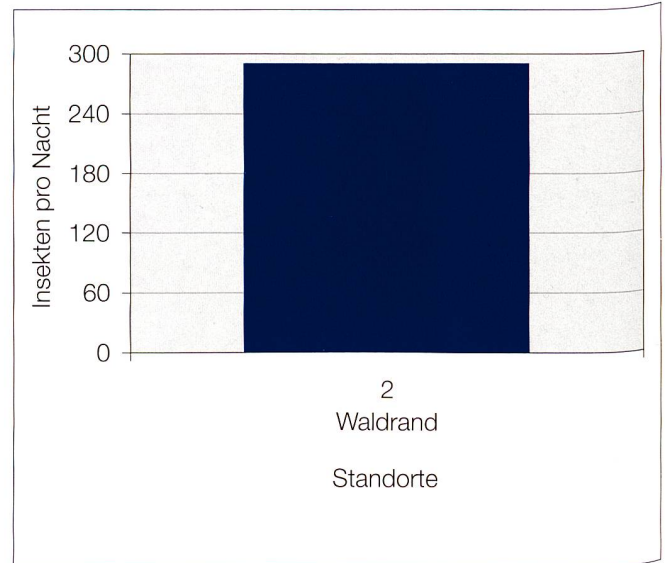
Erhebungen
6.5.2003 (21.12 bis 5.31 Uhr), keine Netzfänge
14.7.2003 (22.00 bis 2.09 Uhr), keine Netzfänge
16.9.2003 (21.16 bis 5.30 Uhr), keine Netzfänge

Artspezifische Rufaktivität (Anzahl Rufsequenzen) in Uitikon, Allmend

Nr.	Typ	Aktivität		Nyc. noc. Grosser- Abend.	Pip. kuh. Weiss- rand.	Pip. nat. Rauh- haut.	Pip. pip. Zwerg- fled.
		tot.	det.				
1	Waldrand						
	6.5.2003	10	10	2	2		6
	14.7.2003	2	2		1	1	
	16.9.2003	1	1			1	
2	Waldrand						
	6.5.2003	10	10		1		9
	14.7.2003	1	1				1
	16.9.2003	1					
3	Kulturland						
	6.5.2003	4	4	2			2
	14.7.2003						
	16.9.2003						
4	Siedlung						
	6.5.2003	56	38		27	8	3
	14.7.2003						
	16.9.2003	9	6		3		3
5	Wald						
	6.5.2003						
	14.7.2003	3	3		2	1	
	16.9.2003	9	6				6
Alle Standorte							
Total		106	81	4	36	11	30



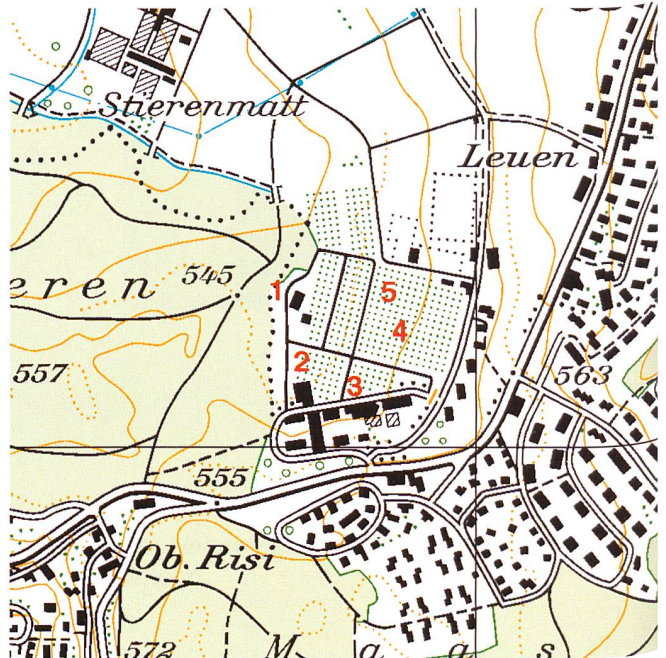
Rufaktivität der Fledermäuse in Uitikon, Allmend. Mittelwerte der Anzahl bestimmter und unbestimmter Rufsequenzen (dunkel- bzw. hellblau) pro Nacht und Standort mit Standardfehler ($\pm SE$) der Gesamtaktivität



Potenzielles Nahrungsangebot (Anzahl Insekten) in Uitikon, Allmend

Resultate der Lichtfallenfänge in Utikon, Allmend. Anzahl Individuen (n) und Trockengewicht (mg) pro Insektengruppe

Nr.	2		2		2	
	Waldrand		Waldrand		Waldrand	
Fangort	6.5.2003		14.7.2003		16.9.2003	
Datum	6.5.2003		14.7.2003		16.9.2003	
Taxon	n	mg	n	mg	n	mg
Blattaria	0	-	0	-	0	-
Coleoptera	7	7	43	49	0	-
Diptera	175	39	285	49	12	2
Ephemeroptera	0	-	14	7	0	-
Heteroptera	1	1	16	29	0	-
Homoptera	11	2	14	4	0	-
Hymenoptera	15	4	197	216	0	-
Lepidoptera	0	-	20	33	0	-
Neuropteroidea	0	-	0	-	0	-
Plecoptera	0	-	0	-	0	-
Thysanoptera	0	-	0	-	0	-
Trichoptera	0	-	61	96	0	-
Rest	0	-	0	-	0	-
Gesamtergebnis	209	52	650	483	12	2



Untersuchungsgebiet
Uitikon, Eidg. Forschungsanstalt WSL

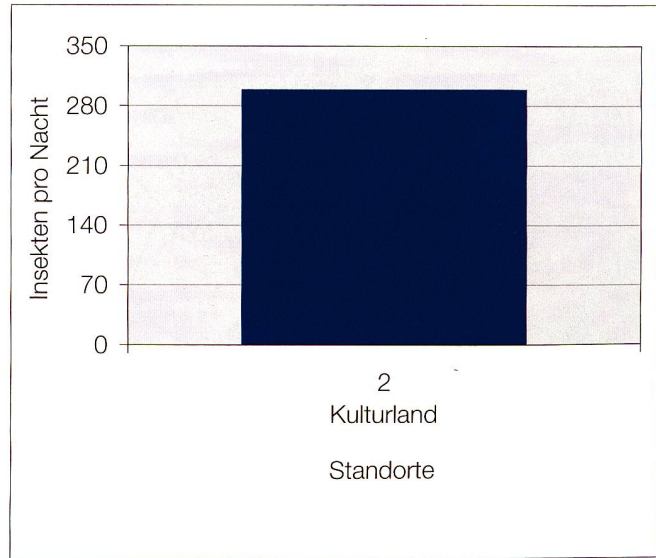
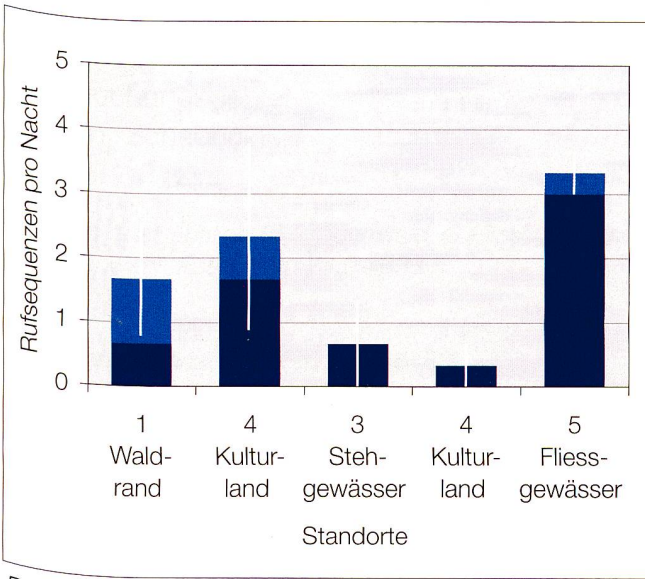
Fotos
1 Waldrand, 2 Kulturland, 3 Stehgewässer, 4 Kulturland,
5 Fließgewässer, Fotos vom 23.4.2009

Karte
Zentrumskoordinaten 676789 / 246169
1-5 Ultraschalldetektion, Lichtfang

Erhebungen
23.5.2003 (22.14 bis 0.31 Uhr), kein Netzfang
13.7.2003 (22.00 bis 0.46 Uhr), kein Netzfang
16.9.2003 (20.19 bis 2.47 Uhr), kein Netzfang

Artspezifische Rufaktivität (Anzahl Rufsequenzen) in Uitikon, Eidg. Forschungsanstalt WSL

Nr.	Typ	Aktivität		Myo. mys. Bart- fied.	Nyc. noc. Grosser Abend.	Pip. kuh. Weiss- rand.	Pip. nat. Rauh- haut.	Pip. pip. Zwerg- fied.
		tot.	det.					
1	Waldrand							
	23.5.2003							
	13.7.2003	2	1					1
	16.9.2003	3	1	1				
2	Kulturland							
	23.5.2003	2	1			1		
	13.7.2003							
	16.9.2003	5	4				1	3
3	Stehgewässer							
	23.5.2003							
	13.7.2003							
	16.9.2003	2	2				1	1
4	Kulturland							
	23.5.2003	1	1		1			
	13.7.2003							
	16.9.2003							
5	Fliessgewässer							
	23.5.2003	4	4				2	2
	13.7.2003	3	3					3
	16.9.2003	3	2				1	1
	Alle Standorte							
	Total	25	19	1	1	1	5	11



Rufaktivität der Fledermäuse in Uitikon, Eidg. Forschungsanstalt WSL. Mittelwerte der Anzahl bestimmter und unbestimmter Rufsequenzen (dunkel- bzw. hellblau) pro Nacht und Standort mit Standardfehler (\pm SE) der Gesamtaktivität

Potenzielles Nahrungsangebot (Anzahl Insekten) in Uitikon, Eidg. Forschungsanstalt WSL

Resultate der Lichtfallenfänge in Uitikon, Eidg. Forschungsanstalt WSL. Anzahl Individuen (n) und Trockengewicht (mg) pro Insektengruppe

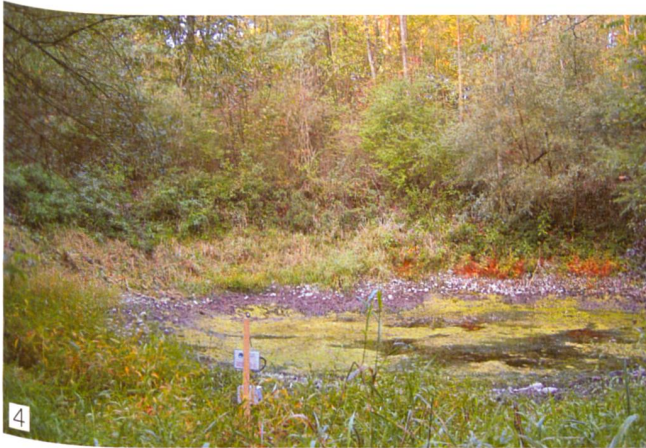
Nr.	2		2		2	
	Kulturland		Kulturland		Kulturland	
Typ	23.5.2003		13.7.2003		16.9.2003	
Datum	23.5.2003		13.7.2003		16.9.2003	
Taxon	n	mg	n	mg	n	mg
Blattaria	0	-	0	-	0	-
Coleoptera	0	-	31	32	0	-
Diptera	116	16	283	60	11	4
Ephemeroptera	0	-	96	13	0	-
Heteroptera	2	<1	40	78	0	-
Homoptera	9	2	85	24	0	-
Hymenoptera	0	-	16	8	2	2
Lepidoptera	10	12	51	83	0	-
Neuropteroidea	0	-	0	-	0	-
Plecoptera	0	-	0	-	0	-
Thysanoptera	0	-	0	-	0	-
Trichoptera	1	<1	135	131	4	11
Rest	0	-	6	3	0	-
Gesamtergebnis	138	31	743	432	17	17



Umiken, Schacheinsle: 2



3



4



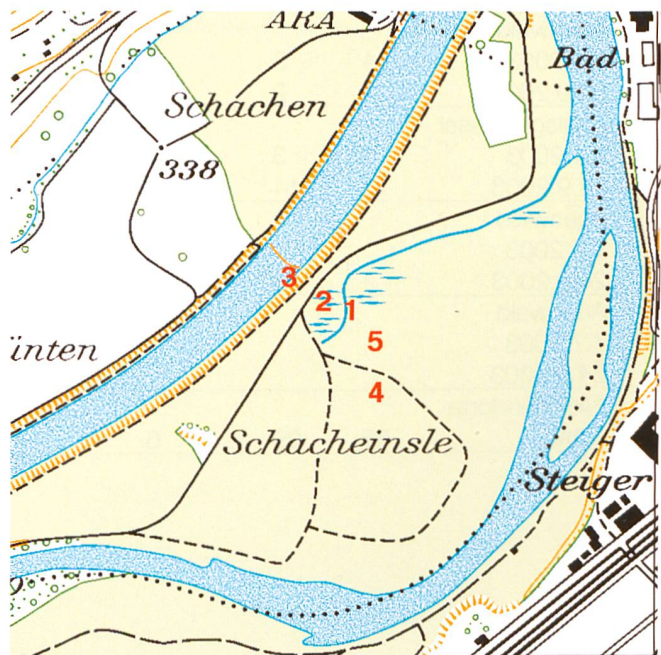
5

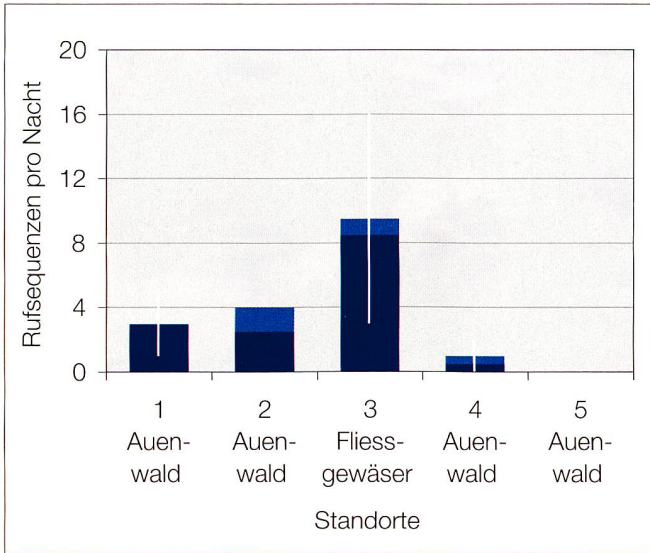
Untersuchungsgebiet
Umiken, Schacheinsle

Fotos
Standort 1 ist ähnlich 2. 2 Auenwald, 3 Fliessgewässer,
4,5 Auenwald, Fotos vom 24.9.2003

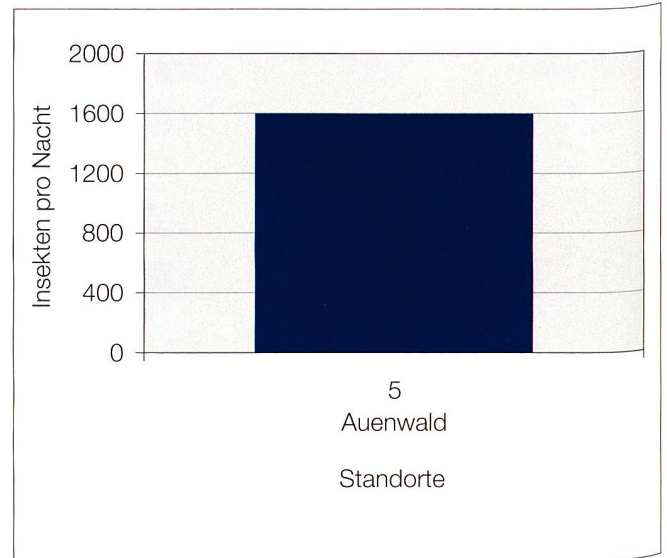
Karte
Zentrumskoordinaten 656522 / 258483
1-5 Ultraschalldetektion, Lichtfang

Erhebungen
7.7.2003 (21.58 bis 4.53 Uhr), keine Netzfänge
24.9.2003 (19.35 bis 5.44 Uhr), keine Netzfänge





Rufaktivität der Fledermäuse in Umiken. Mittelwerte der Anzahl bestimmter und unbestimmter Rufsequenzen (dunkel- bzw. hellblau) pro Nacht und Standort mit Standardfehler ($\pm SE$) der Gesamtaktivität



Potenzielles Nahrungsangebot (Anzahl Insekten) in Umiken

Artspezifische Rufaktivität (Anzahl Rufsequenzen) in Umiken

Nr.	Typ.	Aktivität		Myo. dau. Wasser- fled.	Myo. mys. Bart- fled.	Nyc. noc. Grosser Abend.	Pip. kuh. Weiss- rand.	Pip. nat. Rauh- haut.	Pip. pip. Zwerg- fled.
		tot.	det.						
1	Auenwald								
	7.7.2003	1	1	1					
2	Auenwald								
	7.7.2003	4	3	1				2	
3	Fließgewässer								
	7.7.2003	3	3	1					2
4	Auenwald								
	7.7.2003	4	2			1		1	
5	Auenwald								
	7.7.2003	4	2						
Total	Alle Standorte								
	Total	35	29	6	1	2	2	12	6

Resultate der Lichtfallenfänge in Umiken. Anzahl Individuen (n) und Trockengewicht (mg) pro Insektengruppe

Nr.	5		5	
	Auenwald		Auenwald	
Typ	7.7.2003		24.9.2003	
Datum	7.7.2003		24.9.2003	
Taxon	n	mg	n	mg
Blattaria	0	-	0	-
Coleoptera	58	33	7	18
Diptera	2110	150	723	37
Ephemeroptera	0	-	1	<1
Heteroptera	4	5	0	-
Homoptera	36	8	0	-
Hymenoptera	36	10	0	-
Lepidoptera	75	115	0	-
Neuropteroidea	19	10	0	-
Plecoptera	0	-	0	-
Thysanoptera	0	-	0	-
Trichoptera	124	75	0	-
Rest	4	<1	0	-
Gesamtergebnis	2466	405	731	55



Untersuchungsgebiet
Cadenazzo, Ciossa Antognini

Fotos

1, 2 Fließgewässer, beide Fotos vom 4.7.2002

Karte

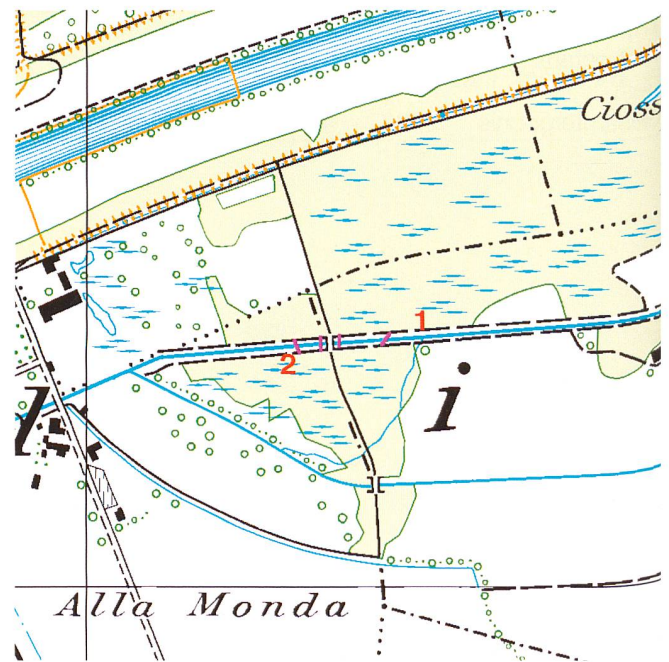
Zentrumskoordinaten 714392 / 113377

1, 2 Ultraschalldetektion, Lichtfang

- Netze

Erhebung

22.7.2002 (21.25 bis 1.24 Uhr), alle Methoden

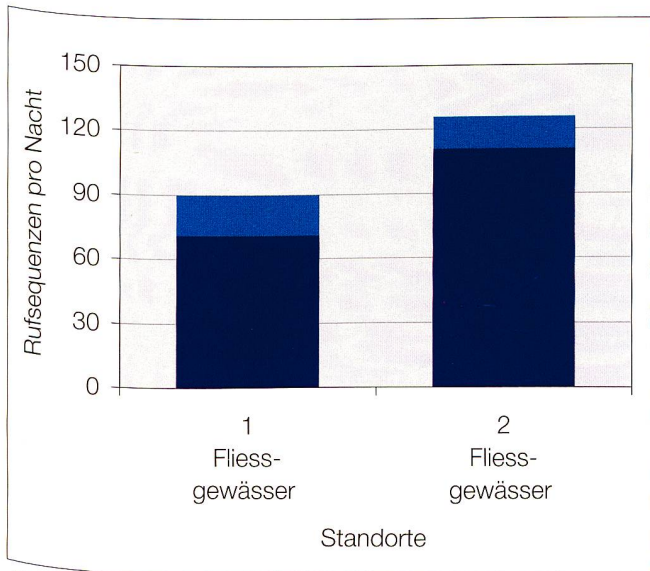


Artspezifische Rufaktivität (Anzahl Rufsequenzen) in Cadenazzo

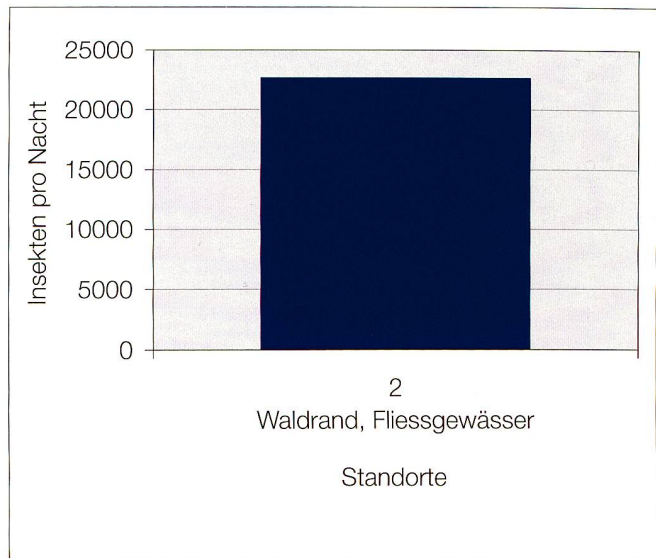
Nr.	Lebensraumtyp	Aktivität		Ept.	Ept.	Hyp.	Myo.	Nyc.	Nyc.	Pip.	Pip.	Pip.	Pip.
		tot. gesamte	det. bestimmte Arten	nil. Nord- fled.	ser. Breit- flügel.	sav. Alpen- fleder.	dau. Wasser- fled.	lei. Kleiner Abend.	noc. Grosser Abend.	kuh. Weiss- rand.	nat. Rauh- haut.	pip. Zwerg- fled.	pyg. Mücken- fled.
1	Fließgewässer 22.7.2002	90	71		4	2	3		1		4	56	1
2	Fließgewässer 22.7.2002	126	111	1	1		1	1	3	1		103	
	Beide Standorte Total	216	182	1	5	2	4	1	4	1	4	159	1

Fledermausfänge (Anzahl Männchen/Weibchen) in Cadenazzo

Nr.	Lebensraumtyp	Ept.	Ept.	Hyp.	Myo.	Nyc.	Nyc.	Pip.	Pip.	Pip.	Pip.
		nil. Nord- fled.	ser. Breit- flügel.	sav. Alpen- fleder.	dau. Wasser- fled.	lei. Kleiner Abend.	noc. Grosser Abend.	kuh. Weiss- rand.	nat. Rauh- haut.	pip. Zwerg- fled.	pyg. Mücken- fled.
1, 2	Fließgewässer (beide Standorte) 22.7.2002		0/2	0/1	1/0		5 (2/3)			0/3	



Rufaktivität der Fledermäuse in Cadenazzo. Anzahl bestimmter und unbestimmter Rufsequenzen (dunkel- bzw. hellblau) pro Nacht und Standort



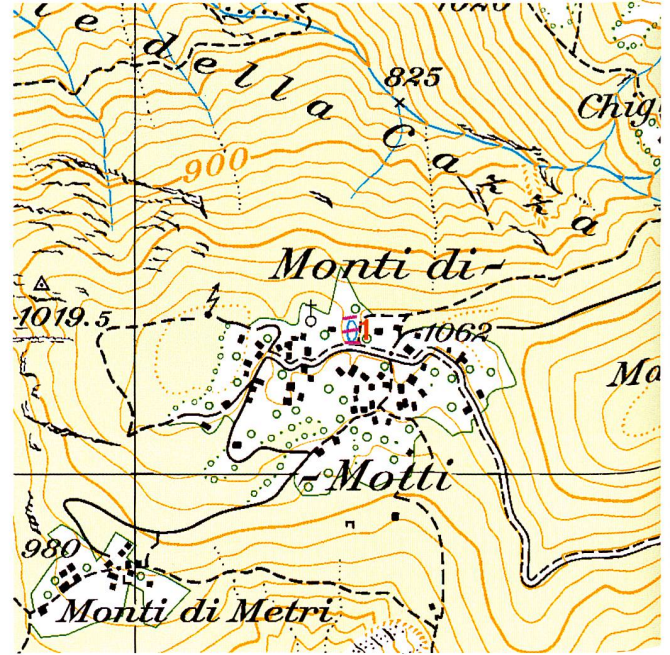
Potenzielles Nahrungsangebot (Anzahl Insekten) in Cadenazzo

Resultate der Lichtfallenfänge in Cadenazzo. Anzahl Individuen (n) und Trockengewicht (mg) pro Insektengruppe

Nr.	2	
	n	mg
Fangort	Waldrand, Fließgewässer	
Datum	22.7.2002	
Taxon	n	mg
Blattaria	0	-
Coleoptera	450	106
Diptera	698	54
Ephemeroptera	0	-
Heteroptera	12	5
Homoptera	28	9
Hymenoptera	16	29
Lepidoptera	0	-
Neuropteroidea	0	-
Plecoptera	0	-
Thysanoptera	0	-
Trichoptera	21534	2470
Rest	0	-
Gesamtergebnis	22739	2672



Gordola, Monti di Motti: 1



Untersuchungsgebiet
Gordola, Monti di Motti

Foto

1 Stehgewässer, Foto vom 4.7.2002

Karte

Zentrumskoordinaten 710315 / 117215

1 Ultraschalldetektion, Lichtfang

- Netze

Erhebung

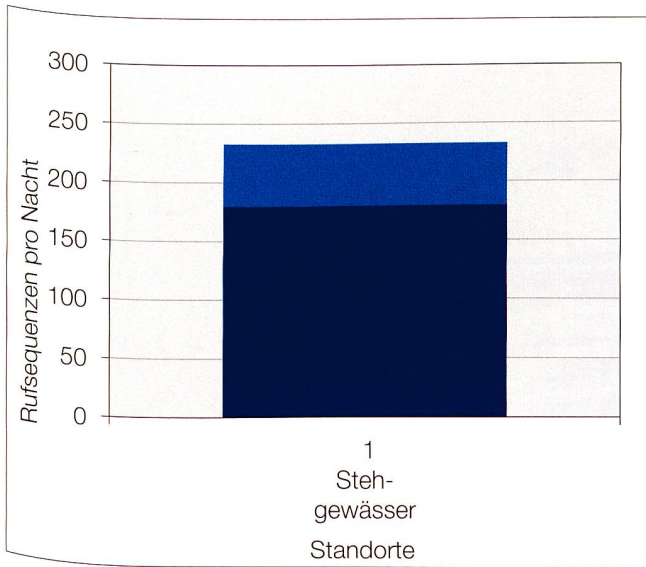
4.7.2002 (21.44 bis 1.34 Uhr), alle Methoden

Artspezifische Rufaktivität (Anzahl Rufsequenzen) in Gordola

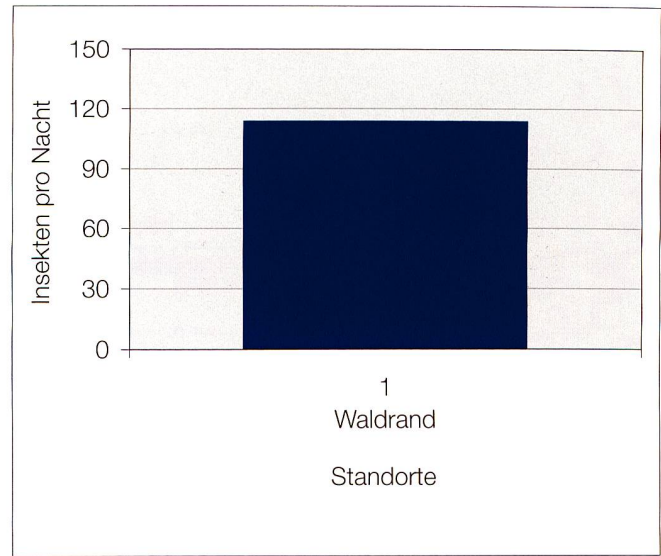
Nr.	Lebensraumtyp	Aktivität		Ept.	Ept.	Hyp.	Myo.	Myo.	Nyc.	Nyc.	Pip.	Pip.	Pip.
		tot.	det.	nil.	ser.	sav.	bly.	myo.	lei.	noc.	kuh.	nat.	pip.
		bestimmte		Nord-	Breit-	Alpen-	Kleines	Grosses	Kleiner	Grosser	Weiss-	Rauh-	Zwerg-
		gesamte	Arten	fled.	flügel.	fled.	Mausohr	Mausohr	Abend.	Abend.	rand.	haut.	fled.
1	Stehgewässer												
	4.7.2002	233	180	1	15	46			19	1	20	13	65

Fledermausfänge (Anzahl Männchen/Weibchen) in Gordola

Nr.	Lebensraumtyp	Ept.	Ept.	Hyp.	Myo.	Myo.	Nyc.	Nyc.	Pip.	Pip.	Pip.	Pip.	
		nil.	ser.	sav.	bly.	myo.	lei.	noc.	kuh.	nat.	pip.	pyg.	
		Nord-	Breit-	Alpen-	Kleines	Grosses	Kleiner	Grosser	Weiss-	Rauh-	Zwerg-	Mücken-	
		fled.	flügel.	fled.	Mausohr	Mausohr	Abend.	Abend.	rand.	haut.	fled.	fled.	
1	Stehgewässer												
	4.7.2002			1/0	5/6	1/0	1/0	3/0		1/0		4/0	1/0



Rufaktivität der Fledermäuse in Gordola. Anzahl bestimmter und unbestimmter Rufsequenzen (dunkel- bzw. hellblau) pro Nacht und Standort



Potenzielles Nahrungsangebot (Anzahl Insekten) in Gordola

Resultate der Lichtfallenfänge in Gordola. Anzahl Individuen (n) und Trockengewicht (mg) pro Insektengruppe

Nr.	1	
	n	mg
Typ	Waldrand	
Datum	4.7.2002	
Taxon	n	mg
Blattaria	0	-
Coleoptera	4	2
Diptera	82	5
Ephemeroptera	0	-
Heteroptera	2	<1
Homoptera	1	<1
Hymenoptera	4	3
Lepidoptera	21	34
Neuropteroidea	0	-
Plecoptera	0	-
Thysanoptera	0	-
Trichoptera	0	-
Rest	0	-
Gesamtergebnis	114	45

Quellenangabe Fledermausnetze

Jean Richardet, Filets de pêche, Z. I. Le Tresì, 1028 Preverenges. Nr. 70d/2, 6 / 9 m Länge, 2,1 m Höhe, 19 mm Maschenweite, 4 Taschen (shelves)

Quellenangabe Karten

Vector 25 © 2011 swisstopo (DV033594)

