

## Familie Glattnasenfledermäuse *Vespertilionidae*

### Zweifarbfliegermaus

*Vespertilio murinus* Linnaeus, 1758  
Parti-coloured Bat

#### Verbreitung

In Europa von Zentralfrankreich, dem Alpenraum und der Balkanhalbinsel nach Norden verbreitet, hier verläuft die Verbreitungsgrenze durch die Niederlande, Dänemark, entlang 60° N durch das südliche Skandinavien, über Russland nach Sibirien. Ostwärts über den Kaukasus und Iran bis in die Mongolei, Korea und das nördliche Pakistan vorkommend. In Mittel- und Südosteuropa durch das saisonale Auftreten wandernder Tiere und lokale Vorkommen von Fortpflanzungskolonien kompliziertes Verbreitungsmuster. Wochenstuben und Männchenkolonien wurden im Westen und Süden des Verbreitungsgebietes nur lokal gefunden, so in der Schweiz, Bayern und Österreich. Die Sommernachweise aus dem Südwesten des Verbreitungsgebietes (französisches Zentralmassiv, Pyrenäen) betreffen ausnahmslos Männchen. Umherstreifende bzw. migrierende Tiere können bis Finnland, auf Ölbohrinseln in der Nordsee und auf die Färöer Inseln gelangen.



Portrait einer adulten Zweifarbfliegermaus. Die Ohrfalte erreicht beinahe den Mundwinkel.



**Maße**  
Unterarm  
40,8–50,3 mm  
Fünfter Finger  
48–54 mm  
Dritter Finger  
69–76 mm  
Normalgewicht  
10–15 g

Zweifarbfliegermaus mit der typischen Fellfärbung im Winter, so wie die Tiere im Südwesten des Verbreitungsgebietes bei Wohnungseinflügen gefunden werden.

#### Kennzeichen

Mittelgroß mit langem und auf schwarzbraunem Grund auffällig silberweißlich bereiftem Rückenfell. Die Unterseite ist variabel weißlich-beige oder einheitlich bräunlich-gelblich, meist scharf von der Rückenfärbung abgesetzt. Häufig gelbliche Fellpartien rund um die Ohren, v.a. bei Alttieren. Die kurzen kräftigen Ohren mit breitem kurzem Tragus setzen mit einer Hautfalte fast am Mundwinkel an. Gesicht schwärzlichbraun, die Flughäute grau, die Flügel schmal und spitz. Der Penis ist dünn und lang, Weibchen haben vier Zitzen. Jungtiere haben weiß-silberne Haarspitzen, auch auf dem Scheitel, die stark zu der schwarzen Haarbasis kontrastieren, bei Alttieren haben die Haarspitzen eine bräunlich-gelbliche Färbung und kontrastieren weniger zu der dunkelbraunen Haarbasis.

#### Ähnliche Arten

Aufgrund der charakteristischen Färbung unverwechselbar. Breitflügelmaus sind größer, Nordfliegermäuse haben goldene Haarspitzen, die nicht bis auf die Stirn reichen, Alpenfliegermäuse sind kleiner.



Muttertier der Zweifarbfledermaus (Mitte) mit seinen bereits flüggen aber noch hell gefärbten Jungtieren.  
Foto: D. Nill

- Ortungslaute** Bis zu 25 ms lange QCF-Laute mit Bestfrequenzen zwischen 22 und 27 kHz, meist um 24 kHz, FM-QCF-Laute mit 23,5–29 kHz, meist um 24,5 kHz v.a. mit Kleinabendsegler, Breitflügelfledermaus und Nordfledermaus wechselbar. Charakteristisch sind die von Spätherbst bis in den Frühwinter hinein zu hörenden Balzlaute, die meist mit einer schnellen Abfolge von bis zu 10 etwa 3 ms langen FM-Rufen beginnen, worauf ein wellenartiger abfallender etwa 25 ms langer Ruf von 30 kHz auf 10–15 kHz folgt. Mit bloßem Ohr über Distanzen von bis zu 50 Metern sehr deutlich hörbar.
- Lebensraum** Jagdgebiete liegen über Gewässern, Uferzonen, offenen Agrarflächen, Wiesen und in Siedlungen. In der Schweiz am Rand des Verbreitungsgebietes telemetrierte weibliche Zweifarbfledermäuse jagten vor allem über Gewässern und Siedlungen, während Männchen vor allem über Offenland, Waldern und Siedlungen jagten. In Südosteuropa Nachweise v.a. aus Gebirgen
- Quartiere** Wochenstuben und Einzelquartiere werden in Spalten, Rollladenkästen und Zwischendächern an niedrigen Wohnhäusern, Scheunen und Berghütten, aber auch an hohen Gebäuden und in Felsspalten gefunden. Nachweise in Baumhöhlen und Fledermauskästen stammen vor allem aus dem Osten des Verbreitungsgebietes. Zur Überwinterung werden ebenfalls Gebäude, hier aber bevorzugt Hochhäuser und andere hohe Gebäude wie Kirchtürme, aber auch Felswände und Burgruinen aufgesucht.
- Verhalten und Fortpflanzung** Wochenstuben werden von Mai bis August belegt und umfassen 20–60 aber auch bis zu 200 Weibchen. Männchenkolonien mit über 300 Tieren auch in Gebieten, die fernab der Wochenstuben liegen. Männchen nutzen bis zu 7 Quartiere im Verbund, entsprechend stark fluktuieren die Bestandszahlen an einzelnen Quartieren. Im Spätherbst (Oktober und No-

### Nahrungserwerb und Nahrung

vember) balzen die Männchen sehr auffällig und mit dem bloßen Ohr hörbar in der Umgebung hoher Gebäude (Münster, Hochhäuser), exponierter Burgruinen, an Steinbrüchen und Felswänden oder über Waldgebieten.

Die Paarung erfolgt während der spätherbstlichen Balzzeit. Die Jungen werden hauptsächlich ab Ende Mai geboren. Meist werden Zwillinge, selten ein oder drei Junge geboren. Ein Großteil der Weibchen nimmt im ersten Herbst an der Paarung teil und reproduziert im Alter von einem Jahr.

Die Nahrung wird in sehr schnellem und geradlinigem Flug in 10–40 m Höhe erbeutet. Die abpatrouillierten Bereiche liegen meist im freien Luftraum über Gewässern und Offenland, seltener über Wald. Insbesondere im Herbst werden allerdings auch Straßenlampen in relativ engen Flugbahnen umflogen. Die Jagdgebiete einzelner Tiere überlappen sich stark.

Es werden kleine Zweiflügler (Zuckmücken) und Blattläuse gefangen, die den Großteil der Nahrung ausmachen, daneben spielen Köcherfliegen und Nachtfalter eine Rolle. Häufig werden Insektenschwärme ausgebeutet, was eine gewisse Bevorzugung von Wasserflächen erklärt.

### Raumnutzung

Einige Populationen (Dänemark und Böhmerwald) sind weitgehend standorttreu, die osteuropäischen Populationen wandern dagegen. Die weitesten Wanderungen waren 1.440 km von Estland nach Österreich und 1.787 km von Rybachy (Russland) nach Frankreich. Wanderungen erfolgen im Herbst nach Südwesten, aus Weißrussland und Russland auch nach Südosten. Dabei werden auch Meere überflogen.

Jagdgebiete der Männchen sind im Mittel mit 84 km<sup>2</sup> wesentlich größer als die gemittelte Jagdgebietsgröße der Weibchen mit 16 km<sup>2</sup>. So sind auch die Jagdgebiete bei den Männchen im Mittel 5,7 km und bis zu 20,5 km vom Quartier entfernt, die der Weibchen liegen mit im Mittel 2,4 km und bis zu 6,2 km Entfernung wesentlich näher.

### Gefährdung

Rote Liste der IUCN 2013: LC (Least Concern) bei stabilem Populationstrend. Rote Liste der EU 2007: LC (Least Concern), FFH-Anhang IV, Rote Liste BRD 2009: D (Daten defizitär). Die Verteilung in Europa ist sehr ungleichmäßig. Im westlichen und südlichen Europa nur lokale Vorkommen die besonderen Schutzes bedürfen. Besonders bei Sanierungen von Gebäudefassaden können Hangplätze verloren gehen. Auf dem Zug stellen Windkraftanlagen und Straßen eine ernst zu nehmende Bedrohung dar.

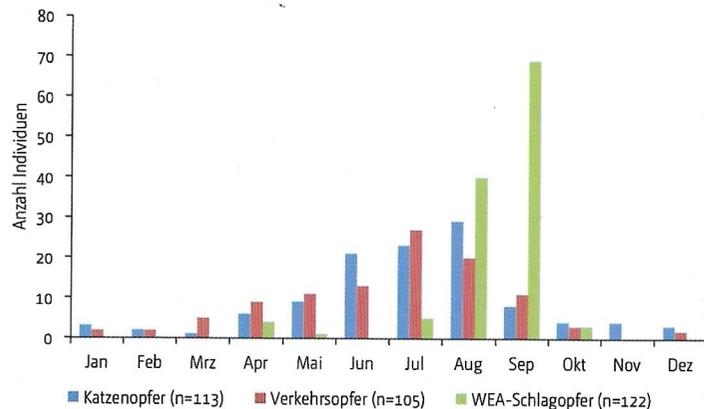


### Offene Fragen

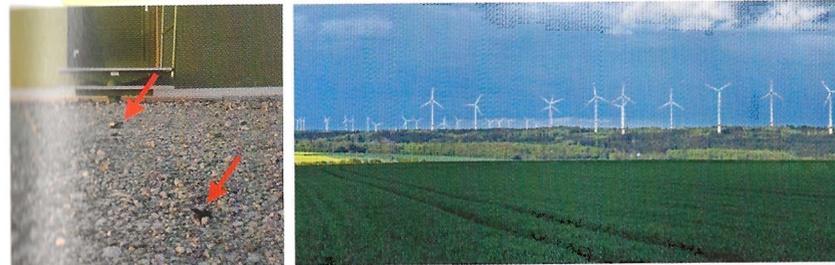
- > Wie verlaufen die Wanderwege der Zweifarbfledermaus und wandern alle Populationen?
- > In welchen Gegenden kommen Wochenstuben und wo Männchenquartiere vor?
- > Lassen sich die in der Schweiz gefundenen Unterschiede zwischen Jagdgebieten von Männchen und Weibchen auch für das Zentrum der Verbreitung bestätigen?

## Windräder sind eine neue Bedrohung

Seit Mitte der 1990er Jahre erste Berichte über Schlagopfer an Windrädern aus den USA bekannt wurden, war klar, dass dies auch in Europa eine neue Gefährdung für Fledermäuse sein könnte. Anfangs war man über die teilweise hohen Flugaktivitäten in der Höhe der Windräder überrascht. Waren es zunächst nur Standorte an den Küsten und im Offenland, kamen vermehrt auch Windräder in den Mittelgebirgen und in Wäldern hinzu. Ähnlich wie beim Straßenverkehr findet man fast alle Arten (Stand 2014: 27 Arten) als Schlagopfer, manche, aber besonders die wandernden Arten Abendsegler, Rauhhautfledermaus, Kleinabendsegler, Zweifarbfledermaus sowie u.a. die Zwergfledermaus sind besonders betroffen. Überraschenderweise sind es nicht nur Arten des freien Luftraumes, sondern auch strukturgebunden fliegenden Arten, wie Bartfledermäuse oder Langohren. Die Fledermäuse werden nicht nur direkt durch die Rotoren, sondern auch durch ein Barotrauma, bedingt durch die kurzfristigen heftigen Luftdruckunterschiede in der Umgebung der Rotoren, getötet. Zusätzlich werden durch den Bau besonders in Wäldern Fledermauslebensräume zerstört. Einerseits sind lokale Populationen betroffen, bei den wandernden Arten aber auch Populationen aus Nord- und Osteuropa. Im Schnitt werden pro Anlage/Jahr in Deutschland 10 Fledermäuse getötet, im Einzelfall können es über 50 sein. Exakte Zahlen sind methodisch bedingt nicht möglich. Die Schlagopferzahlen variieren an unterschiedlichen Standorten, an Waldstandorten ist aufgrund der erhöhten Fledermausaktivität im Durchschnitt mit deutlich höheren Schlagopferzahlen zu rechnen als im Offenland. Man kann von mehreren Hunderttausend getöteten Fledermäusen pro Jahr in Europa ausgehen. Der Forschungsbedarf konnte mit der rasanten Entwicklung auf dem Energie-



Zeitliche Verteilung von Katzen-, Verkehrs- und Schlagopfern an Windrädern. Während Katzen und Straßen im Sommer oftmals Jungtiere töten, sind Windräder in Thüringen für Opfer in den Zugzeiten verantwortlich.



Links Zwei tote Zwergfledermäuse am Fuß einer Windkraftanlage, Schlagopfer treten vor allem im Spätsommer und Herbst auf.

Rechts Windräder im Wald haben oft gravierende Auswirkungen auf Fledermäuse, im Offenland sind meist weniger Fledermausarten betroffen. Foto: B. Schittenhelm

sektor nicht mithalten. Wir wissen zu wenig über die Umstände der tatsächlichen Todesopfer oder über die genauen Zugrouten wandernder Arten und trotzdem werden Querriegel aus Windkraftanlagen in Wanderkorridore errichtet und jeden Tag neue Anlagen gebaut. Der Verlust an Individuen durch eine erhöhte Mortalität kann, bedingt durch die niedrige Geburtenrate der Fledermäuse, wenn überhaupt nur langsam ausgeglichen werden und so lokale Populationen stark dezimieren oder gar auslöschen. Die rechtlich notwendige Reduktion individueller Schlagopfer auf einen theoretischen Wert für eine Einzelanlage ist durch Abschaltalgorithmen möglich und wird als unerheblich eingestuft, doch die Summe negativer Wirkungen auf ganze Populationen, besonders der ziehenden Arten kann aufgrund fehlender Kenngrößen nicht abschließend ausgeschlossen werden. So kann beim Bau von Windparks auf einer Zugstrecke das Tötungsrisiko durch kumulative Effekte weitreichende Auswirkungen haben. In der Genehmigungspraxis werden diese nicht abgefragt. Zudem erfolgt die Planung von Windparks in raschen Schritten und oft fehlt den Entscheidungsträgern der fachliche Hintergrund zur Fledermausbiologie. Gondelmonitoring mit Fledermausdetektoren und Schlagopfersuchen werden beauftragt und damit können Windräder fast überall gebaut werden. Dabei ist das Auffinden der Schlagopfer am Boden sehr schwierig und aufwändig. Greifvögel, Füchse und andere Tiere tragen die Opfer weg und oftmals werden die Fledermäuse weit aus dem Suchraum herausgeschleudert. Versuche mit ausgelegten Labormäusen müssen zur Bestimmung der Sucheffizienz und der Abstragrate am jeweiligen Standort durchgeführt werden.

Kleinwindkraftanlagen sind ebenfalls eine nicht zu vernachlässigende Bedrohung für Fledermäuse. Auf Hausdächern und in Gärten platziert stehen sie in den Flugbahnen der niedrig und strukturgebunden fliegenden Arten der Siedlungsräume. Wenn Kleinwindkraftanlagen, für die die ersten Schlagopfer belegt sind, in ähnlicher Zahl zunehmen, sind erhebliche Auswirkungen auf Fledermäuse zu befürchten.

Im Vergleich haben Straßen und Katzen ähnliche negative Auswirkungen auf Fledermäuse, die Windkraft übertrifft dies inzwischen bei Weitem.



**Tabelle 5**      **Detektionsdistanzen**

Mittlere Distanz aus der verschiedene Arten noch detektiert werden können und Korrekturfaktor um die Aufnahmewahrscheinlichkeit für Vergleiche korrigieren zu können. Nach Barataud (2012). Für automatisch erstellte Aufnahmen gelten Detektionsdistanzen von der Hälfte bis zu Zweidritteln der angegebenen Entfernungen.

| Art                              | Offenland         |                 | Wald              |                 |
|----------------------------------|-------------------|-----------------|-------------------|-----------------|
|                                  | Detektionsdistanz | Korrekturfaktor | Detektionsdistanz | Korrekturfaktor |
| Kleine Hufeisennase              | 5                 | 5,00            | 5                 | 5,00            |
| Mittlere und Große Hufeisennasen | 10                | 2,50            | 10                | 2,50            |
| Wimperfledermaus                 | 10                | 2,50            | 8                 | 3,10            |
| Nymphenfledermaus                | 10                | 2,50            | 10                | 2,50            |
| Bartfledermaus                   | 10                | 2,50            | 10                | 2,50            |
| Brandtfledermaus                 | 10                | 2,50            | 10                | 2,50            |
| Wasserfledermaus                 | 15                | 1,70            | 10                | 2,50            |
| Fransenfledermaus                | 15                | 1,70            | 8                 | 3,10            |
| Bechsteinfledermaus              | 15                | 1,70            | 10                | 2,50            |
| Mopsfledermaus                   | 15                | 1,70            | 15                | 1,70            |
| Kleines Mausohr                  | 20                | 1,20            | 15                | 1,70            |
| Mausohr                          | 20                | 1,20            | 15                | 1,70            |
| Mückenfledermaus                 | 25                | 1,50            | 20                | 1,20            |
| Zwergfledermaus                  | 30                | 0,83            | 25                | 1,00            |
| Weißrandfledermaus               | 30                | 0,83            | 25                | 1,00            |
| Rauhhaufledermaus                | 30                | 0,83            | 25                | 1,00            |
| Langflügel fledermaus            | 30                | 0,83            | 20                | 1,20            |
| Alpenfledermaus                  | 40                | 0,71            | 30                | 0,83            |
| Breitflügel fledermaus           | 40                | 0,71            | 30                | 0,83            |
| Langohrfledermäuse               | 40                | 0,71            | 5                 | 5,00            |
| Nordfledermaus                   | 50                | 0,50            | 50                | 0,50            |
| Zweifarb fledermaus              | 50                | 0,50            | 50                | 0,50            |
| Kleinabendsegler                 | 80                | 0,31            | 80                | 0,31            |
| Abendsegler                      | 100               | 0,25            | 100               | 0,25            |
| Bulldoggfledermaus               | 150               | 0,17            | 150               | 0,17            |
| Riesenabendsegler                | 150               | 0,17            | 150               | 0,17            |

**Artzuordnung**

Während die Laute aus Teiler- und Mischerdetektoren per Gehör ausgewertet werden müssen, können die gespeicherten Daten aus direkter oder autonomer Aufzeichnung mit Computerprogrammen entweder als Sonagramm grafisch dargestellt werden, oder man setzt die in den letzten Jahren entwickelten automatisch arbeitenden Bestimmungsprogramme ein. Allen drei Methoden liegen jedoch die grundsätzlichen Limitierungen zu Grunde: Da die Ortungsrufe der verschiedenen Arten außerordentlich variabel und situationsabhängig sind, überlappen sich die Ruf-Repertoires verschiedener Arten häufig. Daher setzt die korrekte Artzuordnung von Echoortungslauten zu den jeweiligen Fledermausarten unabhängig von der Art der Auswertung ein hohes Maß an Erfahrung und vor allem ein Wissen um die Möglichkeiten und Grenzen der jeweils angewandten Methode voraus. Sehr erfahrene Fledermauskundler können eine Vielzahl der Arten anhand des Kluges, des Rhythmus und anhand der Flugweise bestimmen, die Ergebnisse sind aber kaum nachprüfbar, nicht immer objektiv und die Fähigkeiten nur mühsam und langwierig zu erlernen. Die Darstellung in Sonagrammform erlaubt zusammen mit der Archivierung der Aufnahmen eine Dokumentation der Funde und eine Nachprüfbarkeit, ist aber nach wie vor eng an die Kenntnisse und Erfahrung der auswertenden Person geknüpft. Der große Vorteil von standardisierten Auswerteprogrammen ist, dass sie statistisch abgesicherte Daten liefern, deren Sicherheit und Fehlerrate angegeben werden können. Allerdings sind diese Programme sehr stark von der zu Grunde liegenden Referenzsammlung abhängig und können die sehr ähnlichen Arten nicht sicher auflösen. Erschwert wird die Validierung dadurch, dass keine Zusatzinformationen wie Sichtbeobachtungen oder Details zur jeweiligen Flugsituation bekannt sind. Die Bewertung und Interpretation der Ergebnisse muss daher unbedingt sehr sorgfältig, im jeweiligen Kontext und mit viel Sachkenntnis erfolgen.

**Reichweite von Detektoren**

Durch die atmosphärische Abschwächung der Laute, die in den hohen Frequenzbereichen viel stärker als in den tiefen Frequenzen wirkt, und die unterschiedlich lauten Rufe der Fledermäuse ist die Distanz aus der die Rufe gehört bzw. aufgenommen werden können sehr unterschiedlich. So kann man mit normalen Detektoren den Riesenabendsegler im freien Luftraum wenn er auf einen zufliegt schon aus 150 Metern Entfernung hören, automatische Geräte mit üblicher Einstellung nehmen ihn aus bis zu 80 Metern Entfernung auf. Braune Langohren lassen sich im freien Flug aus kaum mehr als 10 Metern hören, beim Jagdflug oft nur aus 2–3 Metern Entfernung, automatische Systeme lösen ebenfalls meist nur im direkten Nahbereich aus. Damit ergibt sich alleine aus der Rufintensität der Arten eine deutlich überproportionale Aufnahmewahrscheinlichkeit für die QCF- und FM-QCF-Arten, während die FM-Arten deutlich unterrepräsentiert sind (Tabelle 5).

**Bedeutung der Mikrofone**

Während gerichtete Mikrofone einen kegelförmigen Aufnahmebereich abdecken und die Empfindlichkeit zu den Seiten stark abnimmt, decken omnidirektionale Mikrofone eine nahezu komplette Sphäre ab. Gerich-

tete Mikrofone haben meist eine etwas höhere Detektionsreichweite und erlauben eine Bestimmung der Richtung aus der die Rufe kommen. Bei der Suche nach Fledermäusen müssen sie aber beständig hin und her geschwenkt werden, um einen Raum gut absuchen zu können. Bei omnidirektionalen Mikrofonen entfällt das Schwenken des Gerätes, es ist allerdings kaum möglich eine Richtung herauszubekommen.

## Untersuchungen mit Fledermausdetektoren

Bereits sehr einfache Detektoren lassen sich zur Unterstützung von Ausflugszählungen oder zur Suche von Jagdgebieten einsetzen. Für die Öffentlichkeitsarbeit sind sie gut geeignet und eröffnen spannende Einblicke. Mit Mischerdetektoren lassen sich die Frequenzgänge verschiedener Arten gut erlernen. In Jagdgebieten benötigt man vor allem am Anfang viel Zeit, um mit dem Mischersignal zu spielen und so den Frequenzverlauf akustisch festzustellen und zu einer Artbestimmung zu kommen.

### Quartiersuche

Mit Fledermausdetektoren kann man den Ausflug aus einem Quartier viel leichter feststellen als ohne. Aber auch tagsüber helfen sie, um z.B. an Waldrändern auf die Suche nach Quartieren des Abendseglers zu gehen, deren Zetern so leichter zu hören ist. Sehr effektiv ist die Quartiersuche in den frühen Morgenstunden warmer Nächte, besonders bei Temperaturen über 20°C. Dann schwärmen viele Arten ausgiebig vor dem Quartiereingang, so kann an einem Morgen ein ganzes Dorf auf Quartiere abgesehen werden, besonders gut funktioniert dies bei Breitflügel-, Nord-, Zwerg-, Mücken- und Weißbrandfledermaus. Auch bei den Abendseglern kann man so die Quartiere an Bäumen finden.

### Transekte

Um Informationen über die Verteilung von Individuen und Arten über die Fläche zu bekommen, sind Transektbegehungen sehr geeignet. Dabei werden Flächen gleichmäßig abgegangen und alle Fledermauskontakte registriert. Mit Mischerdetektoren muss man ständig die Frequenz wechseln, um auch einen Eindruck über das ganze Frequenzspektrum zu erhalten. Teurere Geräte erlauben das Abspeichern der Aufnahmen automatisch oder per Knopfdruck, was für eine genaue Artzuordnung bei gleichmäßig begangenen Transekten unerlässlich ist. Größere Flächen können mit Fahrradtransekten erfasst werden. Autotransekte haben den Nachteil, dass die Zeitdauer einer Erfassung auf kleinen Flächenbereichen sehr kurz und damit nicht repräsentativ ist, für großflächige Erfassungen sind sie dennoch geeignet.

### Stationäre Aufzeichnung

Mit autonom arbeitenden Geräten können viele spannende Fragen untersucht werden, insbesondere wenn mehrere Geräte gleichzeitig eingesetzt werden. Mit einem Gerät kann z.B. die Aktivität an einem Ort über verschiedene Nächte verglichen werden oder Veränderungen der

Artenzusammensetzung z.B. über Wiesen vor und nach der Mahd oder im Jahresverlauf. So lassen sich auch Zusammenhänge zwischen Temperatur und Windgeschwindigkeit auf die Jagdaktivität verschiedener Arten ermitteln. Mit mehreren Geräten lassen sich unterschiedliche Aktivitäten in der selben Nacht in unterschiedlichen Habitaten, Höhen im Wald, zwischen Tal und Bergkuppe oder an verschiedenen Quartieren prüfen, die Einsatzmöglichkeiten sind nahezu unbegrenzt. Die Auswertung erfordert aber große Zurückhaltung, neben der Artidentifikation sind Unterschiede in der Geräteempfindlichkeit, durch die Aufstellung bedingte Unterschiede und eine begrenzte Vergleichbarkeit der zahlreichen Gerätespezifikationen zu beachten. Der große Vorteil von kalibrierten und vergleichbar eingesetzten Geräten ist, dass eine objektive Bewertung der standardisierten Ergebnisse unabhängig vom Beobachter möglich ist.



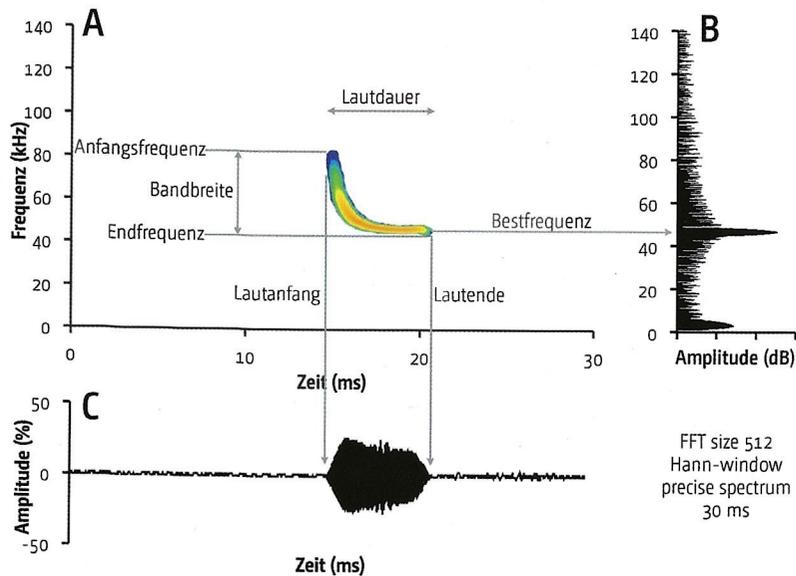
Führungen mit Fledermausdetektoren sind für Kinder ein tolles Erlebnis und haben zu einem Imagewandel der Fledermaus beigetragen. Foto: H.-M. Kochanek

## Akustische Artbestimmung anhand der Ortungsrufe

Fledermäuse nutzen die Echoortung für die Orientierung im Raum, das Erkennen von Jagdgebieten und das Finden der Beute. Im offenen Luftraum sind andere Probleme zu lösen, als beim Fangen von Insekten in der Nähe von Vegetation oder beim Abpflücken von Oberflächen. Im Lauf der Evolution entwickelte daher jede Art ein artspezifisches Lautrepertoire, das an die Ortungsaufgaben angepasst ist. Die in einer Gilde zusammengefassten Arten haben ähnliche Ortungsaufgaben zu lösen. Daher sind bei ihnen Echoortungsverhalten und Lautstruktur sehr ähnlich, so dass man bei der akustischen Artbestimmung schnell an Grenzen stößt.

Die hier vorgestellten Möglichkeiten der akustischen Artbestimmung beziehen sich vor allem auf den Frequenz-Zeit-Verlauf (Sonogramm-Darstellungen) von Suchlauten und sind knapp gehalten. Für eine tiefergehende Bestimmung empfehlen wir die Arbeiten von Barataud (2012), Pfalzer (2002), Russ (2012) und Skiba (2009).

Zur Bestimmung sollten möglichst lange Sequenzen mit vielen Einzellauten betrachtet werden, im Minimum fünf deutliche und gut ausgesteuerte Rufe, besser deutlich mehr. Bei den schwierigen Artengruppen v.a. der Gattung *Myotis* sind zahlreiche Sequenzen nötig, um eine Einordnung treffen zu können.



Darstellung eines einzelnen FM-QCF-Lautes einer Zwergfledermaus mit den üblichen Messwerten als A – Sonogramm: Frequenz-Zeitverlauf, Intensität farbcodiert, B – Power-Spektrum: Amplitude in dB bei einzelnen Frequenzen, C – Oscillogramm: Amplituden-Zeitverlauf.

Die Ortungsrufe der europäischen Arten werden im Folgenden in acht Gruppen eingeteilt. Dabei spielt der Frequenzverlauf eine entscheidende Rolle: FM steht für frequenzmodulierte Laute, d.h. die Frequenz ändert sich rasch mit der Zeit. CF steht für konstant frequente Laute (engl. constant frequency), d.h. über die Zeit bleibt die Frequenz gleich. QCF steht für quasi frequenzkonstante Laute, d.h. die Ortungsfrequenz ändert sich über die Zeit nur gering, fällt oder steigt also nur wenig. Harmonische sind ganzzahlige Vervielfachungen der Grundfrequenz. Sie sind im Sonogramm durch zwei (oder mehr) übereinander verlaufende Frequenzverläufe ersichtlich. Die einzelnen Lautelemente können kombiniert werden, so z.B. als FM-CF-FM-Laute der Hufeisennasen.

Für eine tiefergehende Artbestimmung ist es unerlässlich, Aufnahmen der Laute zu erstellen und diese mit speziellen Computerprogrammen auszuwerten. Dabei werden üblicherweise drei Darstellungsformen verwendet: Sonogramm, Oszillogramm und Power-Spektrum.

Um charakteristische Frequenzverläufe zeigen zu können, wurden typische Laute sehr gut ausgesteuerter Aufnahmen ausgewählt, mit FFT-Längen von 512 oder 1.024 dargestellt und graphisch aufbereitet. Dabei wurden Rauschen, Echos und Insektengeräusche entfernt. Die angegebenen Frequenzparameter stammen aus eigener Auswertungen aller Arten und der im QR-Code zitierten Literatur.

Zur Beschreibung von Ortungslauten werden üblicherweise folgende Parameter verwendet:

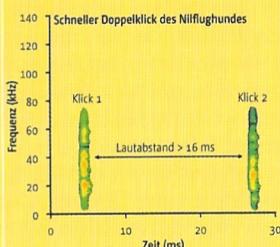
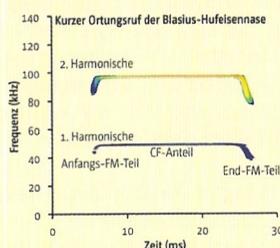
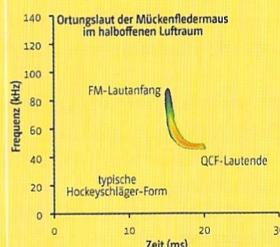
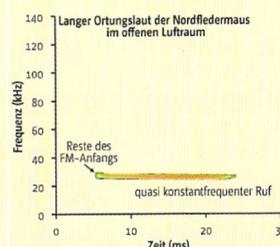
- Bestfrequenz (peak frequency):** Frequenz der maximalen Amplitude im Spektrum.
- Maximumfrequenz (maximum frequency):** Höchste Frequenz des Lautes.
- Minimumfrequenz (minimum frequency):** Niedrigste Frequenz des Lautes.
- Anfangsfrequenz (start frequency):** Frequenz am Lautanfang, bei FM-Lauten gleich der Maximumfrequenz.
- Endfrequenz (end frequency):** Frequenz am Lautende, bei FM-Lauten gleich der Minimumfrequenz.
- Lautdauer (duration):** Lautdauer im Oszillogramm.
- Lautabstand (pulse interval):** Dauer zwischen dem Lautanfang eines Rufes zum Lautanfang des davorliegenden Rufes.

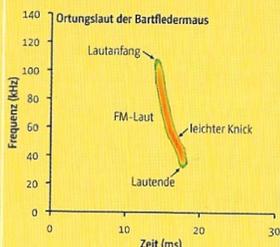
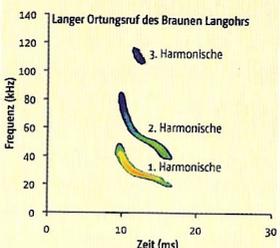
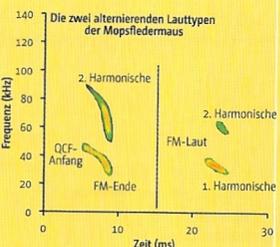
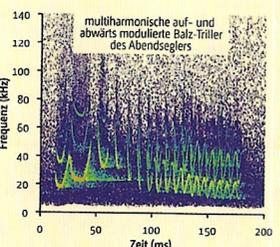
In der Literatur werden bei QCF-Lauten die Bezeichnungen End- und Bestfrequenz uneinheitlich verwendet, während manche Autoren als Endfrequenz korrekt die Frequenz am Lautende auf dem Intensitätsgrat des Lautes messen, geben andere die tiefste im Sonogramm sichtbare Frequenz an, was zu deutlich zu niedrigen Werten führt. Wir haben daher die mit der Endfrequenz auf dem Grat identische Bestfrequenz am Lautende gemessen und angegeben und bezeichnen sie als „Bestfrequenz am Lautende“. Hierzu begrenzt man das Powerspektrum auf die letzte(n) Millisekunde(n) im Sonogramm und liest im Powerspektrum die Bestfrequenz ab.



Tabelle 6:

Einteilung der Europäischen Arten anhand ihrer Ruftypen

| Ruftyp                 | Gattungen / Arten   | Sonogramm   | Frequenzverlauf   |
|------------------------|---|---|---|
| Doppelklicks<br>S. 116 | Höhlenflughunde – <i>Rousettus</i> -Arten   |    | Relativ leise geräuschhafte, breitbandige und mit der Zunge erzeugte Doppelklicks der Gattung <i>Rousettus</i> , im Gebiet nur der Nilflughund. |
| FM-CF-FM<br>S. 116     | Hufeisennasen – <i>Rhinolophus</i> -Arten   |    | Tackernadel-Form. Start- und End-FM nicht immer deutlich ausgeprägt und variabel. Lautdauer variabel. Frequenz des CF-Anteils artspezifisch.    |
| FM-QCF<br>S. 118       | ENPHV-Arten – <i>Eptesicus</i> -, <i>Nyctalus</i> -, <i>Pipistrellus</i> -, <i>Hypsugo</i> -, <i>Vespertilio</i> -Arten |   | Typische Hyperbel-Form mit anfänglichem FM-Teil und einem kurzen QCF-Endteil. Endfrequenz ist artspezifisch und hilft bei der Bestimmung.       |
| QCF<br>S. 118          | ENPHV-Arten – <i>Eptesicus</i> -, <i>Nyctalus</i> -, <i>Pipistrellus</i> -, <i>Hypsugo</i> -, <i>Vespertilio</i> -Arten |  | Längere schmalbandige Laute mit geringem Abfall der Frequenz über die Zeit. Endfrequenz ist artspezifisch und hilft bei der Bestimmung.         |

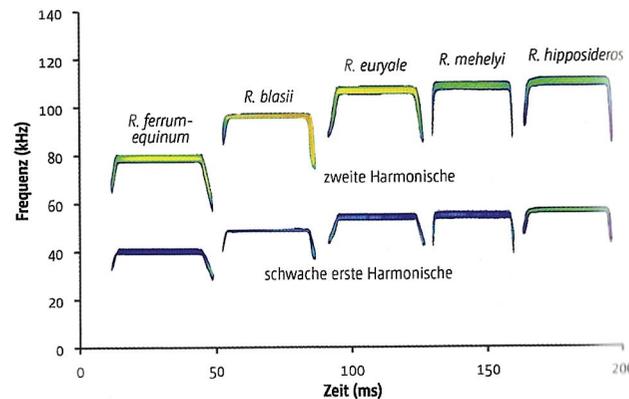
| Ruftyp                                       | Gattungen / Arten                            | Sonogramm   | Frequenzverlauf   |
|--|--|---|---|
| FM<br>S. 122                                 | Mausohrfledermäuse – <i>Myotis</i> -Arten    |    | Breitbandige Laute überstreichen in kurzer Zeit einen großen Frequenzbereich, manchmal mit flacherem Mittelteil. Anfangs- und vor allem Endfrequenz helfen bei der Artzuordnung.  |
| FM mit vollen Harmonischen<br>S. 126         | Langohren – <i>Plecotus</i> -Arten           |    | FM-Laute oft mit flachem Mittelteil und mit meist zwei deutlichen Harmonischen. Der Überlappingsgrad der Harmonischen und die Endfrequenzen helfen bei der Artbestimmung.   |
| Alternierende flache und steile FM<br>S. 127 | Mopsfledermäuse – <i>Barbastellus</i> -Arten |   | Sehr leise Rufe. Im Suchflug werden abwechselnd zwei Lauttypen erzeugt. Nach oben wird ein längerer FM-Laut ausgestoßen (Typ 2), nach unten ein in der Frequenz tieferer FM-Laut (Typ 1), der von unten mit höherer Amplitude aufgenommen wird. |
| Soziallaute<br>S. 121 und 124-125            | Alle Arten                                   |  | Sehr variable Rufformen, oft länger als Ortungsrufe, oft wellenartiger Verlauf oder wiederholte Einzelelemente. Meist eingestreut zwischen Ortungslaute. Oft multiharmonisch und tieffrequent.  |

## Bestimmung von geräuschhaften Doppelklicks

Aufnahmen dieser Art sind schwierig, da entweder die oberen Frequenzen fehlen oder durch ein Übersteuern der Aufnahmen scheinbar viele Harmonische und Spiegelungen auftreten. Die Einzellaute sind bis 0,7 ms lang, bei schlechten Aufnahmen erscheinen sie aufgrund von Umgebungsechos auch länger. Der Lautabstand der Doppelklicks liegt bei (16) 30–80 (120) ms. Die obere Frequenzgrenze liegt bei (80) 70–60 (55) kHz, die untere Frequenzgrenze bei 7–12 kHz. Damit erreichen die Laute den Hörbereich des Menschen und sind aus geringen Entfernungen (wenige Meter) als Klicks hörbar. Mit Detektoren auf maximal 30 Meter detektierbar. Im Bearbeitungsgebiet nur eine Art: Nilflughund (*Rousettus aegyptiacus*).

## Bestimmung von FM-CF-FM-Lauten

Die FM-Anteile zu Beginn und am Ende der Rufe sind sehr variabel. Für die Artbestimmung wird die Bestfrequenz des CF-Anteils der Laute verwendet. Dieser Lautabschnitt kann bis zu 80 oder sogar 150 ms lang sein. Die Pausen zwischen den Rufen sind nur kurz, in manchen Situationen werden meist kürzere Rufe in Gruppen ausgestoßen. Bei Lautgruppen hat nur der erste Laut einen initialen FM-Teil. Die Bestfrequenz ist leicht zu messen. Die Rufe sind stark gerichtet und auch während eines Einzelrufes schwankt die Intensität in den Aufnahmen durch Kopfbewegungen der Fledermäuse sehr stark, v.a. bei hängenden Tieren. Die Detektionsdistanz der Laute liegt meist bei unter 5–10 Metern. Die individuellen CF-Frequenzen schwanken



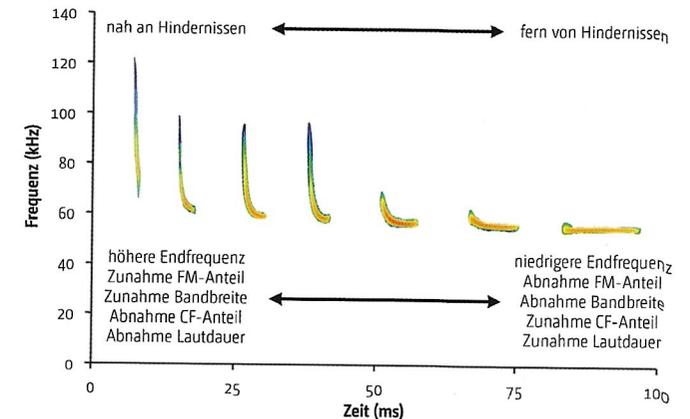
Zusammenstellung einzelner FM-CF-FM-Laute der fünf europäischen Hufeisennasen-Arten. Die meiste Energie liegt in der zweiten Harmonischen, bei schwachen Aufnahmen kann die erste Harmonische fehlen.

nur wenig, sind aber von Tier zu Tier verschieden und liegen in einem artspezifischen Bereich, der noch ortsspezifisch variieren kann. Die von fliegenden Tieren aufgenommenen Laute liegen aufgrund der Dopplereffekt-Kompensation bis zu 1 kHz unter der individuellen Ruhfrequenz von Ortungslauten, die von in der Hand gehaltenen oder an der Jagdwarte hängenden Tieren aufgenommen wurden.

## Bereiche der individuellen Bestfrequenzen des CF-Anteils der europäischen Hufeisennasen (*Rhinolophus*)-Arten:

|  |               |
|--|---------------|
| Große Hufeisennase ( <i>R. ferrumequinum</i> ) | 79 – 84 kHz   |
| Blasius-Hufeisennase ( <i>R. blasii</i> )      | 92 – 98 kHz   |
| Mittelmeer-Hufeisennase ( <i>R. euryale</i> )  | 102 – 109 kHz |
| Mehely-Hufeisennase ( <i>R. mehelyi</i> )      | 104 – 112 kHz |
| Kleine Hufeisennase ( <i>R. hipposideros</i> ) | 106 – 116 kHz |

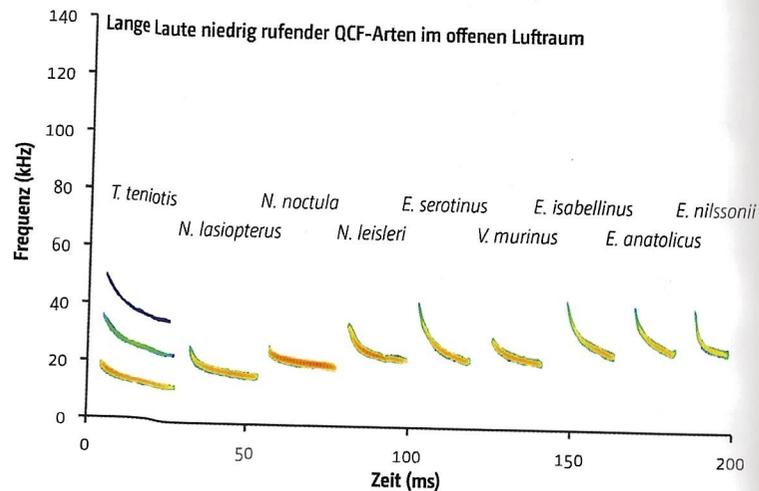
Zur Bestimmung ist die Verbreitung der fünf Arten zu beachten. Die Große Hufeisennase und die Blasius-Hufeisennase sind eindeutig an der CF-Frequenz bestimmbar. Bei den drei anderen Arten hilft eine Größeneinschätzung der Tiere um die sehr kleine Kleine Hufeisennase abgrenzen zu können. Sequenzen mittelgroßer bis groß wirkender Hufeisennasen über 108 kHz betreffen mit sehr großer Wahrscheinlichkeit die Mehely-Hufeisennase, unter 106 kHz die Mittelmeer-Hufeisennase. Bei automatisch erstellten Aufnahmen ohne Zusatzinformationen zur Größe und Flugrichtung bzw. Fluggeschwindigkeit der Tiere ist eine Zuordnung im Frequenzbereich 104–112 kHz zu den drei Arten nicht sicher möglich.



Lautrepertoire der Mückenfledermaus (*Pipistrellus pygmaeus*). Die Lautstruktur reicht von nahezu reinen kurzen FM-Rufen hin zu reinen QCF-Rufen. Die kurzen, rein frequenzmodulierten Laute werden nur in Annäherungssequenzen gefunden. Die Endfrequenz nimmt mit der Dauer der Laute etwas ab. Grafik C. Dietz

## Bestimmung von FM-QCF- und QCF-Lauten

Diese Lauttypen werden von Arten des offenen Luftraums und halb-offener Habitate genutzt. Während sie beim Quartierabflug oder beim Suchflug in der Nähe von Vegetation z.B. im Wald, einen sehr ausgeprägte FM-Anteil mit manchmal kaum sichtbarem QCF-Anteil aufweisen, nutzen sie im offenen Luftraum weit weg vom Boden und von Vegetation oder anderen Hintergrundstrukturen bis über 20mal längere, nahezu konstantfrequente QCF-Laute. Der Übergang von FM(QCF)- über FM-QCF- zu QCF-Lauten mit steigender Lautlänge geht mit einem leichten Abfall der Best- bzw. Endfrequenz des QCF-Anteils von 2–5 kHz einher. Dies hat zur Folge, dass kurze Laute (2–4 ms) eine höhere Endfrequenz als sehr lange offene Luftraumlauten von 10, 15 oder 20 ms Länge aufweisen, ein Effekt der bei der Bestimmung unbedingt zu beachten ist. Viele der Arten mit FM-QCF-Lauten rufen in sich überlappenden Frequenzbereichen, so bei 42–50 kHz (Zwergfledermaus, Hanaks Zwergfledermaus, Madeiraflodermäus, Langflügel-fledermaus) oder bei 19–25 kHz (Abendsegler, Kleinabendsegler, Zweifarb-fledermaus, Breitflügel-fledermaus, Küstenfledermaus, Isabellfledermaus), was eine Bestimmung erheblich erschwert bzw. unmöglich macht. Dies gilt besonders für automatisch erstellte Lautaufnahmen ohne genaue Kenntnis der jeweiligen Flugsituation oder visuelle Zusatzhinweise. Hilfreich kann dabei der Vergleich von Lauten einheitlicher Lautlängen (z.B. nur von 6 ms lange Laute) mit umfangreichen lokal erstellten Referenzaufnahmen in vergleichbaren Habitaten sein. Dennoch rufen



Zusammenstellung der niedrig rufenden europäischen FM-QCF-Arten.

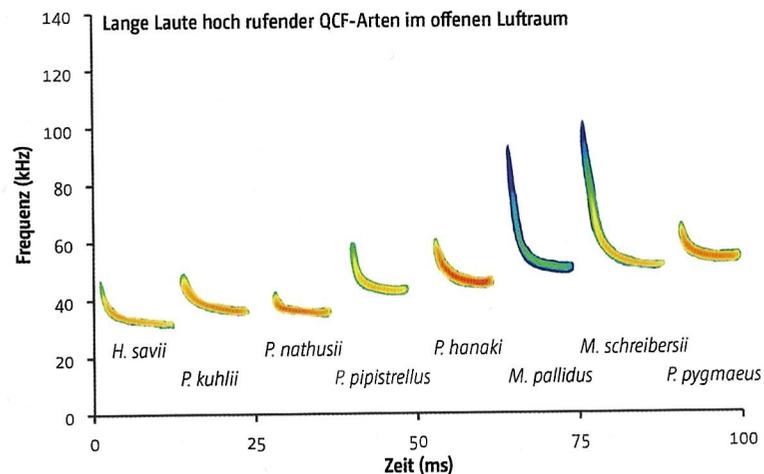
manche Arten in ähnlichen Situationen so ähnlich, dass mit den üblicherweise gemessenen Parametern keine Unterscheidung möglich ist. Daher sollte bei der Artbestimmung eine erhebliche Vorsicht an den Tag gelegt werden.

Wir geben die Bestfrequenz am Lautende an, die mit der auf dem Intensitätsgrat des Lautes gemessenen Endfrequenz (nicht der tiefstem im Sonagramm sichtbaren Frequenz!) übereinstimmt.

### Bestfrequenzen am Ende des QCF-Anteils der europäischen Arten:

#### Offener Luftraum/halboffener Luftraum

|   |                       |
|---|-----------------------|
| Bulldoggfledermaus ( <i>Tadarida teniotis</i> )           | 9–14 kHz / 13–17 kHz  |
| Riesenabendsegler ( <i>Nyctalus lasiopterus</i> )         | 14–16 kHz / 16–22 kHz |
| Abendsegler ( <i>N. noctula</i> )                         | 17–21 kHz / 22–29 kHz |
| Kleinabendsegler ( <i>N. leisleri</i> )                   | 22–25 kHz / 25–32 kHz |
| Breitflügel-fledermaus ( <i>Eptesicus serotinus</i> )     | 22–26 kHz / 26–33 kHz |
| Zweifarb-fledermaus ( <i>Vespertilio murinus</i> )        | 22–27 kHz / 24–29 kHz |
| Isabellfledermaus ( <i>E. isabellinus</i> )               | 26–30 kHz / 28–32 kHz |
| Küstenfledermaus ( <i>E. anatolicus</i> )                 | 27–30 kHz / 29–33 kHz |
| Nordfledermaus ( <i>E. nilssonii</i> )                    | 26–29 kHz / 27–32 kHz |
| Alpenfledermaus ( <i>Hypsugo savii</i> )                  | 30–35 kHz / 32–37 kHz |
| Weißrandfledermaus ( <i>Pipistrellus kuhlii</i> )         | 34–39 kHz / 37–42 kHz |
| Rauhhauf-fledermaus ( <i>P. nathusii</i> )                | 35–40 kHz / 38–43 kHz |
| Zwergfledermaus ( <i>P. pipistrellus</i> )                | 41–46 kHz / 44–51 kHz |
| Hanaks Zwergfledermaus ( <i>P. hanaki</i> )               | 43–48 kHz / 45–55 kHz |
| Steppen-Langflügel-fledermaus ( <i>M. pallidus</i> )      | 47–51 kHz / 48–56 kHz |
| Langflügel-fledermaus ( <i>Miniopterus schreibersii</i> ) | 49–53 kHz / 50–58 kHz |
| Mückenfledermaus ( <i>P. vamaeus</i> )                    | 50–57 kHz / 53–65 kHz |



Zusammenstellung langer Suchlaute der hoch rufenden europäischen FM-QCF-Arten.

Die Bulldoggfledermaus hat charakteristische niedrige Bestfrequenzen unter 14 kHz, meist unter 12 kHz, die auch sehr gut mit bloßem Ohr hörbar sind. Meist deutliche Harmonische.

Im offenen Luftraum nutzen die Abendsegler zwei gleichmäßig abwechselnd ausgestoßene Lauttypen: kürzere FM-QCF-Laute (*N. noctula* ca. 14 ms lang, Bestfrequenz ca. 24 kHz) und längere QCF-Laute (*N. noctula* ca. 22 ms lang, Bestfrequenz ca. 18 kHz). Die drei Arten überlappen in ihren Frequenzbändern, Bestfrequenzen langer Laute unter 16 kHz betreffen *N. lasiopterus*, über 22 kHz *N. leisleri*.

Küsten- und Isabelfledermaus haben kleine Verbreitungsgebiete und rufen höher als sympatrische Breitflügelfledermäuse.

Zweifarb- und Breitflügelfledermaus können schwer voneinander und von im halboffenen Luftraum jagenden Abendseglern und Kleinabendseglern zu unterscheiden sein. Mit Sichtbeobachtungen kann die Breitflügelfledermaus am Flugbild erkannt werden. Die Zweifarbfledermaus hat, wenn man sie anleuchtet, einen hellen Bauch, im Herbst werden charakteristische Balzlaute geäußert. Die Nordfledermaus ruft ähnlich, meist aber höher und durch Gruppen innerhalb der Sequenz ergibt sich ein holperiger Höreindruck.

Bestfrequenzen unter 34,5 kHz und über 31 kHz sind der Alpenfledermaus zuzuordnen, manchmal können aber auch Rauhhautfledermäuse tief rufen, daher zusätzlich auf Balzrufe achten.

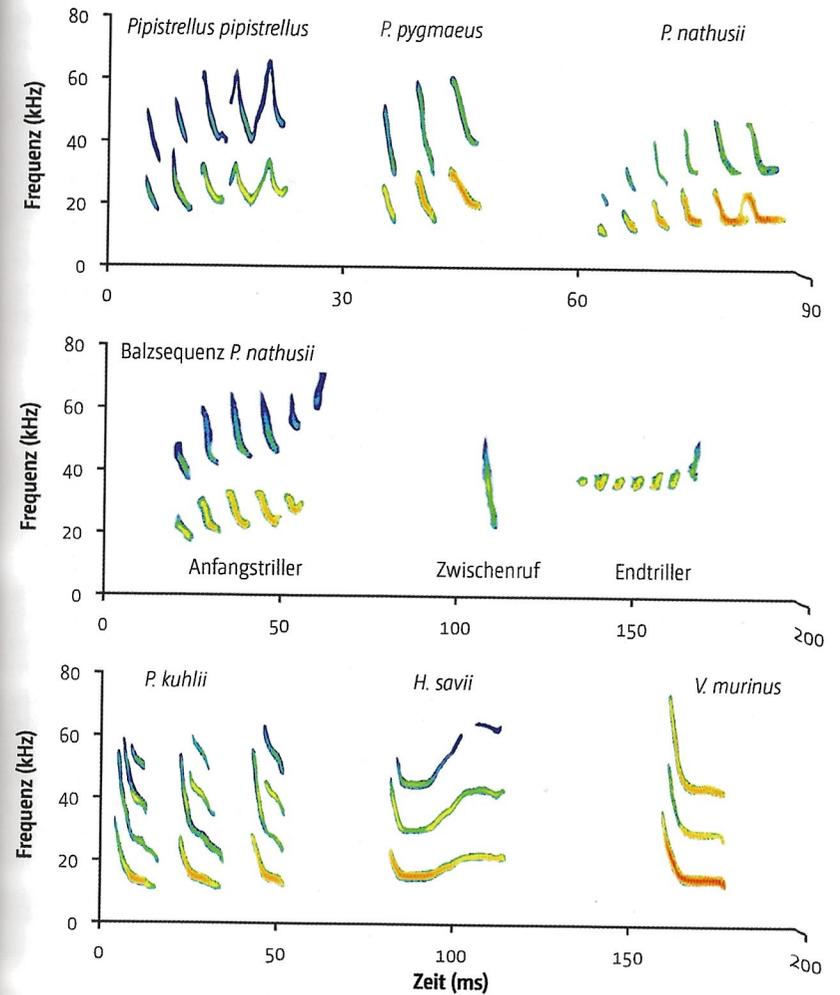
Weißrand- und Rauhhautfledermaus sind an Ortungsrufen nicht verlässlich zu unterscheiden, die Balzrufe sind aber charakteristisch.

Die Zwergfledermaus ruft meist höher als die Weißrand- oder die Rauhhautfledermaus, wenn viele Tiere zusammen jagen treten aber auch regelmäßig tiefere Bestfrequenzen um 41–42 kHz auf. Rufe meist tiefer als Mückenfledermaus, v.a. die kleinen ostmediterranen Tiere rufen aber oft um 50 kHz. Hanaks Zwergfledermaus kommt nur auf Kreta und in Libyen vor, wo es weder Zwerg- noch Mückenfledermäuse gibt.

Die beiden Langflügelfledermäuse rufen abwechselnd laut und leise, was bei den Zwergfledermaus-Arten weniger stark ausgeprägt ist. Die etwas größere Steppen-Langflügelfledermaus ruft etwas tiefer.

Die Mückenfledermaus ruft höher als alle anderer Arten, im Bereich unter 52 kHz können Überlappungen mit der Zwergfledermaus, unter 56 kHz mit der Langflügelfledermaus möglich sein, hierbei zusätzlich auf die Größe der Tiere achten. Die Balzrufe sind charakteristisch.

Balzrufe der Zwergfledermaus sind meist 4-5teilig, selten nur 2-3teilig, die der Mückenfledermaus typischerweise dreiteilig. Rauhhautfledermäuse haben ganze Trillerkomplexe, die individuell ausgestaltet werden. Balzrufe der Weißrandfledermaus sind 3-5teilige Triller die mit 13 kHz sehr tief reichen. Alpenfledermäuse haben lange undulierende Laute. Die sehr lauten Einzelrufe der Zweifarbfledermäuse werden bis zu 12mal direkt aneinander gehängt und ausdauernd vorgetragen.



Häufig zu hörende Soziallaute der Zwergfledermaus-Arten, Alpenfledermaus und Zweifarbfledermaus (*Pipistrellus*, *Hypsugo* und *Vespertilio*).

## Bestimmung von FM-Lauten

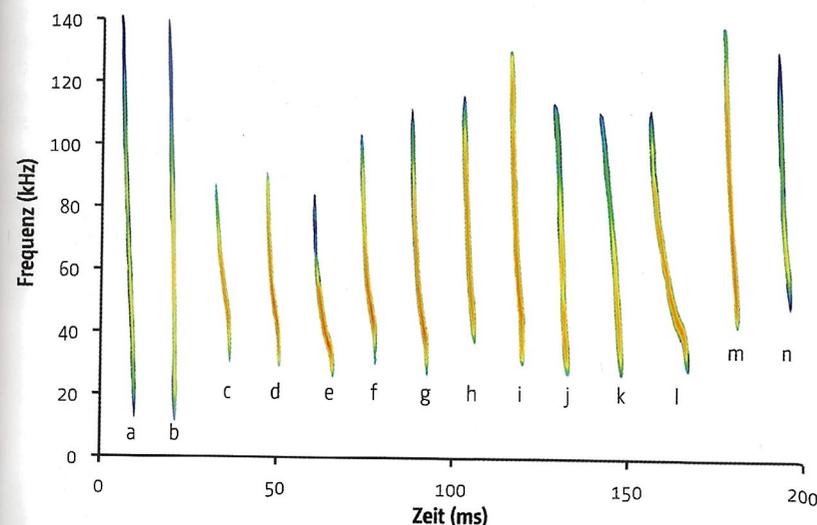
Reine FM-Laute werden von den Arten der Gattung *Myotis* produziert. Sie ermöglichen eine Distanzmessung und Richtungsbestimmung auf vielen Frequenzkanälen, so dass genau lokalisiert werden kann. Sie sind an reich strukturierte Lebensräume und an die Jagd nahe der Vegetation angepasst. Im Vordergrund steht eine hohe Detailauflösung und nicht die Abgrenzung von anderen Arten. Daher überlappen sich die FM-Laute vieler Arten sehr stark und können – je nach Situation – sehr ähnlich sein. So können alle Arten im offenen Luftraum Laute von 10 ms Dauer, Anfangsfrequenzen von 80–90 kHz und Endfrequenzen von 30–35 kHz aufweisen. Eine Artzuordnung alleine an Lautparametern ist daher meist nicht möglich, Brandt- und Bartfledermaus sowie Mausohr und Kleines Mausohr sind jeweils nicht zu trennen. Die oft angegebene Bestfrequenz der Laute ist situationsabhängig sehr stark verschieden und ist bei der Bestimmung nicht hilfreich. Zusatzinformationen zum Flugverhalten und der Größe der Tiere und sehr viel Erfahrung sind für eine tiefergehende Artbestimmung nötig. Wir empfehlen bei rein akustischen Artzuordnungen sehr vorsichtig zu sein, insbesondere bei automatisch erstellten Aufnahmen ohne Zusatzinformationen.

### Anfangs- / Endfrequenzen von FM-Rufen der europäischen *Myotis*-Arten, jeweils typischer (Mittel-) Wert und Spannweite:

|  |                                |
|--|--------------------------------|
| Fransenfledermaus ( <i>M. nattereri</i> )            | 110 (90–180) – 20 (11–25) kHz  |
| Iberische Fransenfledermaus ( <i>M. escaleraei</i> ) | 130 (120–150) – 18 (15–20) kHz |
| Wasserfledermaus ( <i>M. daubentonii</i> )           | 85 (55–95) – 26 (25–40) kHz    |
| Langfußfledermaus ( <i>M. capaccinii</i> )           | 80 (50–90) – 35 (27–39) kHz    |
| Teichfledermaus ( <i>M. dasycneme</i> )              | 80 (60–85) – 26 (20–35) kHz    |
| Bartfledermaus ( <i>M. mystacinus</i> )              | 90 (75–120) – 29 (28–35) kHz   |
| Brandtfledermaus ( <i>M. brandtii</i> )              | 90 (65–130) – 26 (18–33) kHz   |
| Steppen-Bartfledermaus ( <i>M. aurascens</i> )       | 105 (95–112) – 37 (32–43) kHz  |
| Bechsteinfledermaus ( <i>M. bechsteinii</i> )        | 100 (80–110) – 35 (25–40) kHz  |
| Mausohr ( <i>M. myotis</i> )                         | 80 (70–120) – 26 (21–29) kHz   |
| Kleines Mausohr ( <i>M. oxygnathus</i> )             | 80 (70–105) – 28 (21–30) kHz   |
| Punisches Mausohr ( <i>M. punicus</i> )              | 80 (70–100) – 24 (21–28) kHz   |
| Wimperfledermaus ( <i>M. emarginatus</i> )           | 140 (90–180) – 38 (30–50) kHz  |
| Nymphenfledermaus ( <i>M. alcathoe</i> )             | 120 (100–140) – 43 (39–47) kHz |

Die Ortungslaute vieler *Myotis*-Arten sind von geringer Intensität und daher nur über kurze Distanzen detektierbar, meist unter 10 Meter. Die Mausohren und die über Wasser jagenden Arten rufen relativ laut und sind auch über 20–30 Meter hörbar, Bechstein- und Nymphenfledermaus sind sehr leise.

Aufgrund der hohen Bandbreite sind die Lautteile unterschiedlich von der atmosphärischen Abschwächung betroffen: hohe Frequenzen werden sehr stark abgeschwächt, niedrige weniger. Daher fehlen bei Lautaufnahmen oft die hochfrequenten Lautanteile. Dies hat zur Folge, dass die Anfangsfrequenz als zu niedrig eingeschätzt wird. Ist der Lautanfang vollständig vorhanden, zeigt sich oft ein kleines Häkchen am Lautanfang, das durch eine kurze Aufwärtsmodulation während der Öffnung der Stimmritze gebildet wird. Lautaufnahmen von Fransen- oder Wimperfledermaus aus nächster Nähe zeigen Anfangsfrequenzen von bis zu 180 kHz, die aus üblichen Detektionsdistanzen beim Jagdflug gar nicht aufgenommen werden können.



Zusammenstellung typischer FM-Suchlaute der europäischen *Myotis*-Arten. Die Bandbreite weist eine erhebliche Variabilität auch innerhalb einer Art auf.

- a: *M. nattereri*
- b: *M. escaleraei*
- c: *M. daubentonii*
- d: *M. capaccinii*
- e: *M. dasycneme*
- f: *M. mystacinus*
- g: *M. brandtii*
- h: *M. aurascens*
- i: *M. bechsteinii*
- j: *M. myotis*
- k: *M. oxygnathus*
- l: *M. punicus*
- m: *M. emarginatus*
- n: *M. alcathoe*

Bei den *Myotis*-Arten ist eine Artzuordnung durch eine hohe situationsabhängige Variabilität und das Fehlen fester Endfrequenzen schwierig. Dennoch können einige Arten in manchen Situationen sicher zugeordnet werden.

Auf längeren Sequenzen lässt sich die Fransenfledermaus sicher erkennen: Sie hat die höchste Bandbreite und die niedrigsten Endfrequenzen, die bis in den hörbaren Bereich hinein reichen. Die Iberische Fransenfledermaus und die anderen kryptischen Formen rufen allerdings gleich.

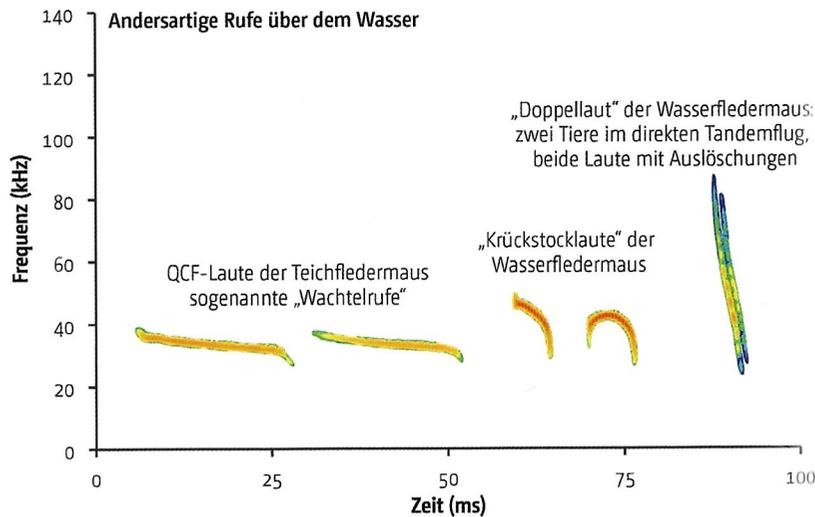
Enden die FM-Laute auch bei längeren Sequenzen mit vielen Lauten größtenteils oder durchgängig bei über 40 kHz, handelt es sich um Laute von Wimper- oder Nymphenfledermaus. Letztere ruft extrem leise und kann nur in (Eichen-)Wäldern oder an nahegelegenen dicht bewachsenen Gewässern angetroffen werden, ihre Laute enden meist sehr stereotyp um 43 kHz. Die Wimperfledermaus nutzt ein viel weiteres Habitatspektrum und kann auch in Siedlungen und an Ställen angetroffen werden, ihre Endfrequenzen wechseln auch zwischen aufeinanderfolgenden Lauten oft innerhalb einer Sequenz um bis zu 10 kHz.

Anhand von Nullstellen mit regelmäßigem Abstand, die durch Interferenz des direkt am Mikrophon ankommenden und des an einer Oberfläche reflektierten Lautes entstehen, kann man erkennen, dass eine Fledermaus direkt an einer reflektierenden Oberfläche flog. Stammt die Aufnahme

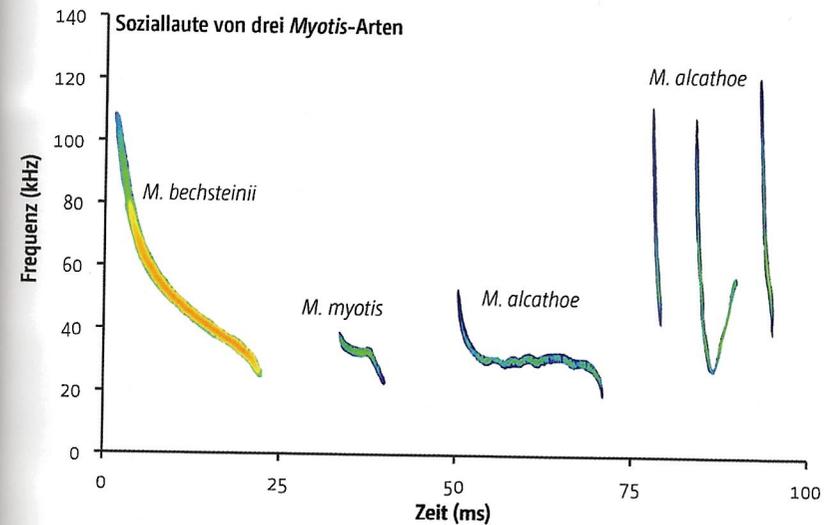
von einem Gewässer, spricht dies für eine sehr niedrige Flughöhe über dem Wasser. Relativ schmalbandige FM-Laute gehören dann zu Wasser-, Teich- oder Langfußfledermaus. Letzte kommt nur im Mittelmeergebiet vor. Wasser- und Teichfledermaus kann man an der Größe unterscheiden, die Teichfledermaus fliegt geradliniger und hat niedrigere Endfrequenzen. Krückstocklaute werden nur von der Wasserfledermaus (aber selten), die Wachtelrufe nur von der Teichfledermaus (und häufig) genutzt. Alle drei „Gewässer“-Fledermäuse lassen sich meist gut beobachten und oft auch mit einer Taschenlampe anleuchten.

Die Mausohren sind von anderen Arten am besten durch eine zusätzliche Sichtbeobachtung abzutrennen, sie wirken sehr breitflügelig. Sie sind allerdings weder anhand von Lautaufnahmen noch an der Größe voneinander zu unterscheiden. Im hindernisreichen Flug sind die Rufe der Mausohren denen der Breitflügelfledermaus zum Verwechseln ähnlich.

Die Bartfledermaus-Arten und die Brandtfledermaus können ebenfalls nicht an den Lauten unterschieden werden, als Gruppe trennen sie sich aber durch ihre geringe Größe und den sehr wendigen, oft Zwergfledermaus-artigen Flug ab. Die Bechsteinfledermaus kann anhand ihrer mittleren Größe und bei guten Sichtbeobachtungen auch an den langen Ohren und einem sehr langsamen Flug erkannt werden, in gut ausgesteuerten Aufnahmen ist oft eine schwache zweite Harmonische zu sehen.



QCF- und Sozialrufe von Teich- und Wasserfledermaus und Ruf-Echo-Paar mit Auslöschungen. Diese entstehen durch Überlagerung.



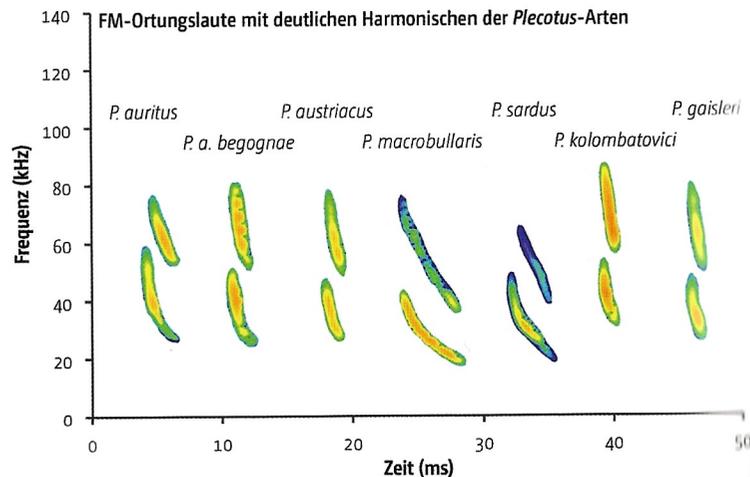
Sozialrufe von Bechsteinfledermaus, Mausohr und Nymphenfledermaus. Bei den *Myotis*-Arten ähneln die Soziallaute langen Ortungslauten oder haben undulierende Frequenzverläufe und sind meist leise.

## Bestimmung von FM-Lauten mit deutlichen Harmonischen

FM-Laute mit deutlichen Harmonischen werden in Europa nur von den Langohren (Gattung *Plecotus*) erzeugt. Verwechslungen bestehen aber bei übersteuerten Aufnahmen niedrig rufender FM-QCF-Laute. Hier werden durch die Übersteuerung elektronisch höhere Harmonische erzeugt. Da die Langohren ihre Ortungslaute den jeweiligen Ortungssituationen anpassen und durch die Nase oder das Maul orten können, treten ganz unterschiedliche Laute auf. Zudem sind die Laute sehr leise und daher nur auf kurze Distanzen zu hören. So sind in der Vegetation jagende Braune Langohren schon aus 2 Metern Entfernungen oft nicht mehr detektierbar. Daher sind nur längere Sequenzen, meist nur bei Vorliegen von vielen Sequenzen, einer Art zuzuordnen. Hilfreich ist es dabei, auf die Verbreitung der Arten zu achten.

Anfangs- / Endfrequenzen der ersten Harmonischen von Rufen der europäischen *Plecotus*-Arten, jeweils typischer (Mittel-) Wert und Spannweite, + steht für häufige Überlappung der beiden Harmonischen:

|  |                                 |
|--|---------------------------------|
| Braunes Langohr ( <i>P. auritus</i> )      | 55 (32–64) – 24 (16–31) kHz +   |
| Graues Langohr ( <i>P. austriacus</i> )    | 43 (35–55) – 23 (17–32) kHz (+) |
| Alpenlangohr ( <i>P. macrobullaris</i> )   | 42–48 – 15–23 kHz               |
| Sardisches Langohr ( <i>P. sardus</i> )    | 54–53 – 17–21 kHz (+)           |
| Balkan-Langohr ( <i>P. kolombatovici</i> ) | 45 – 24 kHz                     |
| Libysches Langohr ( <i>P. gaisleri</i> )   | 43 – 22 kHz                     |
| Sardisches Langohr ( <i>P. sardus</i> )    | 54–53 – 17–21 kHz (+)           |

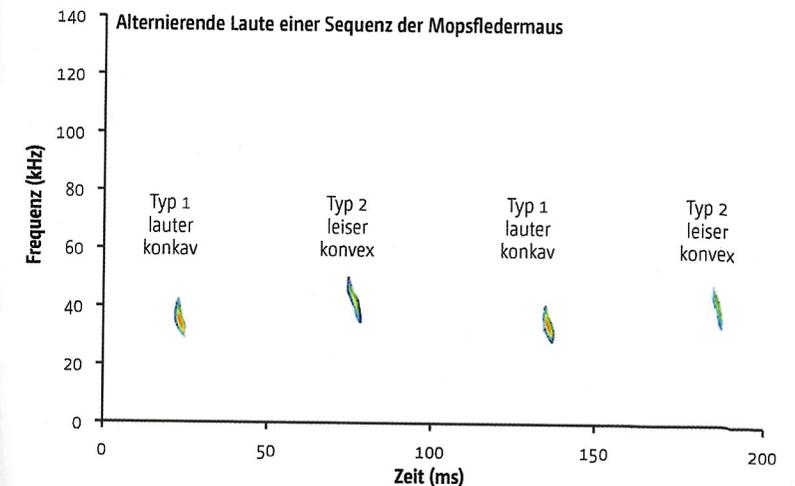


Zusammenstellung von FM-Lauten mit einer deutlichen Harmonischen der *Plecotus*-Arten

Graue Langohren haben meist eine Anfangsfrequenz unter 48 kHz und keinen oder sehr geringen Überlapp der beiden Harmonischen, Braune Langohren einen Lautanfang über 48 kHz und einen deutlichen Überlapp der Harmonischen. Das Alpenlangohr ruft sehr ähnlich zum Braunen Langohr aber meist etwas lauter, der Lautanfang meist etwas tiefer. Die anderen Langohrarten sind im Hinblick auf die Ortungsrufe ungenügend bekannt, rufen aber sehr ähnlich zum Grauen Langohr.

## Bestimmung von alternierend flachen und steilen FM-Lauten

Regelmäßig wiederholte Ortungslaute, die mit einem mehr oder weniger frequenzkonstanten Teil beginnen und frequenzmoduliert enden, treten nur bei den Mopsfledermäusen (Gattung *Barbastella*) auf. Diese QCF-FM-Laute werden zudem alternierend mit einem kürzeren flachen FM-Laut ausgestoßen. Dies macht typische Sequenzen der Art unverwechselbar. Aufgrund der leisen Laute sind jedoch oft nur Lautteile auf den Aufnahmen vorhanden und es werden teilweise auch andere Lauttypen verwendet. Dies erschwert eine Bestimmung erheblich. Insbesondere bei automatischen Identifizierungssystemen liegen häufiger Fehlbestimmungen vor.



Typische Lautsequenz der Mopsfledermaus mit alternierenden Lauten vom Typ 1 und 2.