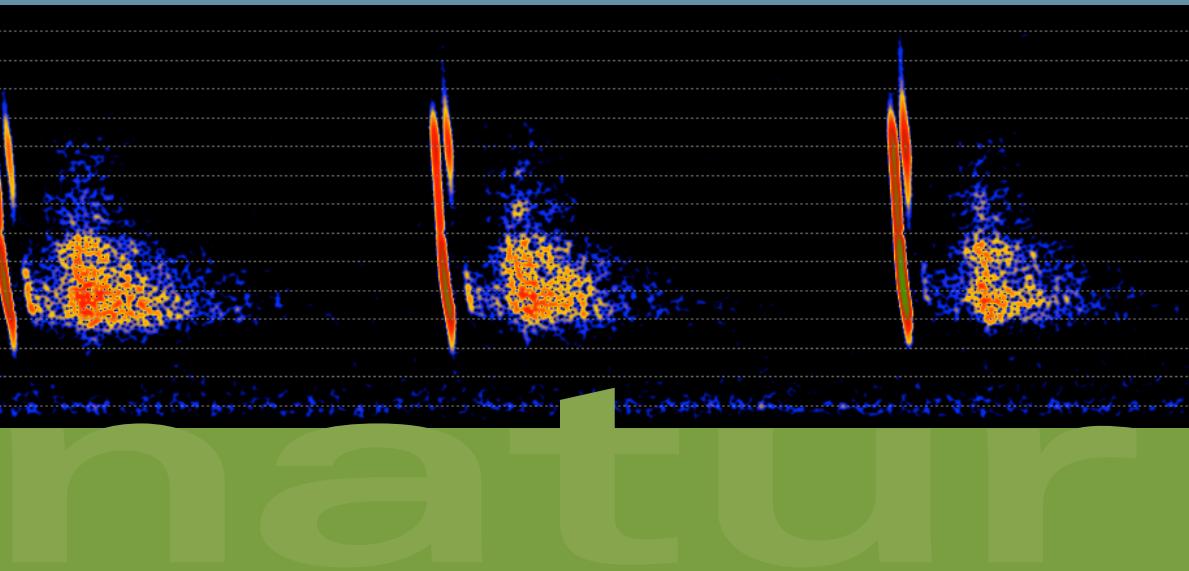




Bestimmung von Fledermausrufaufnahmen und Kriterien für die Wertung von akustischen Artnachweisen

*Teil 2 – Gattung *Myotis**





**Bestimmung von
Fledermausrufaufnahmen und Kriterien
für die Wertung von akustischen
Artnachweisen**

Teil 2 – Gattung Myotis

Impressum

Bestimmung von Fledermausrufaufnahmen und Kriterien für die Wertung von akustischen Artnachweisen
Teil 2 – Gattung Myotis

Herausgeber:

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160

86179 Augsburg

Tel.: 0821 9071-0

E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de

Internet: www.lfu.bayern.de/

Konzept/Text:

Koordinationsstelle für den Fledermausschutz in Nordbayern, Burkard Pfeiffer (burkard.pfeiffer@fau.de),

Institut für Tierphysiologie, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Staudtstraße 5, D-91058 Erlangen

Ulrich Marckmann (info@nycnoc.de), Himmelreichstr. 8, D-96052 Bamberg

Redaktion:

LfU, Bernd-Ulrich Rudolph, Dr. Simon Ripperger

Zitievorschlag:

Bayerisches Landesamt für Umwelt [Hrsg.] (2022): Burkard Pfeiffer. Bestimmung von Fledermausrufaufnahmen und Kriterien für die Wertung von akustischen Artnachweisen *Teil 2 – Gattung Myotis* – Bearbeitung: Burkard Pfeiffer, Ulrich Marckmann – Augsburg: 46 Seiten

Titelbild:

Burkard Pfeiffer, Sonogramm typischer Ortungsrufe der Nymphenfledermaus (*Myotis alcathoe*)

Stand:

November 2022

Diese Publikation wird kostenlos im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Bayerischen Staatsregierung herausgegeben. Jede entgeltliche Weitergabe ist untersagt. Sie darf weder von den Parteien noch von Wahlwerbern oder Wahlhelfern im Zeitraum von fünf Monaten vor einer Wahl zum Zweck der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags-, Kommunal- und Europawahlen. Missbräuchlich ist während dieser Zeit insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken und Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zweck der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Publikation nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahnahme der Staatsregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Den Parteien ist es gestattet, die Publikation zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden.

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte sind vorbehalten. Die publizistische Verwertung der Veröffentlichung – auch von Teilen – wird jedoch ausdrücklich begrüßt. Bitte nehmen Sie Kontakt mit dem Herausgeber auf, der Sie – wenn möglich – mit digitalen Daten der Inhalte und bei der Beschaffung der Wiedergaberechte unterstützt.

Diese Publikation wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Für die Inhalte fremder Internetangebote sind wir nicht verantwortlich.



BAYERN | DIREKT ist Ihr direkter Draht zur Bayerischen Staatsregierung. Unter Tel. 0 89 12 22 20 oder per E-Mail unter direkt@bayern.de erhalten Sie Informationsmaterial und Broschüren, Auskunft zu aktuellen Themen und Internetquellen sowie Hinweise zu Behörden, zuständigen Stellen und Ansprechpartnern bei der Bayerischen Staatsregierung.

Inhaltsverzeichnis

1	Die Rufe der <i>Myotis</i>-Arten	5
2	Bestimmungskriterien für Arten und Gruppen	6
2.1	Die Wasserfledermaus – <i>Myotis daubentonii</i>	9
2.2	Die Teichfledermaus – <i>Myotis dasycneme</i>	13
2.3	Die Nymphenfledermaus – <i>Myotis alcathoe</i>	17
2.4	Die Brandt- und Bartfledermaus („Bartfledermäuse“) – <i>Myotis brandtii</i> und <i>M. mystacinus</i>	20
2.5	Die Bechsteinfledermaus – <i>Myotis bechsteinii</i>	26
2.6	Die Wimperfledermaus – <i>Myotis emarginatus</i>	30
2.7	Das Große Mausohr – <i>Myotis myotis</i>	34
2.8	Die Fransenfledermaus – <i>Myotis nattereri</i>	38
3	Zusammenfassende Bestimmungshilfen	42
4	Literatur	45

1 Die Rufe der *Myotis*-Arten

Die heimischen, in diesem Leitfaden behandelten *Myotis*-Arten fliegen und jagen bevorzugt strukturgebunden. Dies kann Vegetation sein, aber auch Wasseroberflächen wie im Falle der Teich- und Wasserfledermaus. Die akustische Umwelt dieser Arten ist demnach durch eine hohe *Clutterness*¹ geprägt, weshalb die Fledermaus auf ihre Rufe mit einer Vielzahl von Echos unterschiedlicher Objekte konfrontiert wird. Diese können ihre ausgesendeten Ultraschallsignale überdecken und damit maskieren und sogenannte „Taube Fenster“ generieren. Andererseits muss die Fledermaus ihre Beute vor dem jeweiligen akustischen Hintergrund erkennen, um sie erfolgreich lokalisieren zu können.

Während beispielsweise ein Großer Abendsegler im freien Luftraum relativ große Insekten jagt und hierfür tieffrequente (also weittragende) und wenig bis nicht frequenzmodulierte Ultraschallsignale einsetzt, mussten die *Myotis*-Arten eine andere Strategie entwickeln: Sie nutzen für ihre Echoortung „steile“ (also kurze), stark frequenzmodulierte (fm) Rufe mit einer höheren Bandbreite (Frequenzumfang). Mit diesen kurzen Signalen können sie das „Taube Fenster“ klein halten und die Distanz zum Objekt besser berechnen. Die hohen Frequenzanteile dienen dazu, Strukturen gut aufzulösen, besitzen jedoch eine begrenzte Reichweite, da sie von der Luft stark gedämpft werden. Die tieferen Frequenzanteile werden weniger stark in der Atmosphäre abgeschwächt, tragen also etwas weiter, lösen feine Strukturen jedoch weniger gut auf. Der große Frequenzumfang hat zudem zur Folge, dass die Energie nicht wie bei den quasi-konstantfrequenten (qcf) und frequenzmoduliert-quasi-konstantfrequenten (fm-qcf) Rufen der im freien Luftraum jagenden Arten auf enge Frequenzbereiche gebündelt werden kann, sondern gleichmäßig über die Frequenzen verteilt werden muss. Daher ist eine Spezialisierung des Gehörs auf bestimmte artspezifische Hauptfrequenzen nicht möglich.

Manche Arten, die in dichter Vegetation jagen, haben zusätzlich die Strategie des passiven Ortens entwickelt. Sie können ihre Beute durch Echoortung nicht immer sicher akustisch vom Hintergrund unterscheiden (z. B. einen Laufkäfer in der Laubstreu) und nutzen daher die von der Beute ausgehenden Krabbelgeräusche zur Lokalisation. Zu diesen sog. *Gleanern* („Absammlern“) mit passiver Ortung gehören unter den *Myotis*-Arten die Bechsteinfledermaus und das Große Mausohr. Die Fransenfledermaus gehört zu den *Gleanern*, nutzt hierzu aber keine passive Ortung. Auch die einheimischen Langohren aus der Gattung *Plecotus* (vor allem das Braune Langohr) jagen in dichter Vegetation und haben diese Strategie gleichfalls entwickelt.

Fledermäuse weisen in der Regel eine hohe innerartliche und individuelle Flexibilität in ihrer Echoortung auf. So muss beispielsweise ein Großes Mausohr akustisch nicht nur die besondere Jagdsituation meistern, sondern sich auch auf dem Weg vom Quartier ins Jagdgebiet orientieren können – also oftmals im weniger dicht strukturierten Luftraum. Außerdem bewirkt die Erschließung der gleichen oder ähnlichen ökologischen Nische, in diesem Fall das Jagen an und in der Vegetation, ein zwischen den Arten sehr ähnliches Design der Echoortungssignale (gleiche akustische Gilde). Diese Umstände führen zu einer hohen Überlappung in den Rufparametern zwischen den Arten und machen eine akustische Artzuordnung in der Regel schwierig und in manchen Fällen unmöglich. Für die Analyse von Fledermausrufen ist es daher hilfreich, die Aufnahmesituation zu kennen (z. B. „über Wasser“, „in dichter Vegetation“, „an einer Vegetationskante wie Waldrand“ usw.) und sich der Restriktionen, bedingt durch die hohe zwischenartliche Überlappung von Rufparametern, bewusst zu sein. Im Zweifelsfall sollte man von einer Artzuordnung Abstand nehmen und Rufe höheren Bestimmungskategorien (Gattung *Myotis*) zuordnen.

¹ Merriam-Webster Dictionary: *clutter* (noun) [tech.]: interfering radar echoes caused by reflection from objects other than the target (Störende Radarechos verursacht durch Reflexion von anderen Objekten als dem Zielobjekt).

2 Bestimmungskriterien für Arten und Gruppen

Der einheitliche Aufbau der einzelnen Artkapitel wird aus der Handreichung „Bestimmung von Fledermausrufaufnahmen und Kriterien für die Wertung von akustischen Artnachweisen – Teil 1“ fortgeführt. Dort sind auch die Schwierigkeitsstufen der manuellen Bestimmung der einzelnen Arten anhand ihrer Echoortungsrufe beschrieben und tabellarisch aufgelistet (Kapitel 1.4.2). Außerdem findet sich im Teil 1 die Erläuterung und die Darstellung der Rufcharakteristika, wie z. B. Start- und Endfrequenz, Myotis-knick und Knie (Kapitel 1.3).

Im Folgenden werden die **Ortungsrufe** nach einer kurzen **Übersicht** beschrieben und wesentliche **Messwerte** der einzelnen **Ruftypen** sowie Angaben zur **Bestimmbarkeit** tabellarisch aufgelistet. Da die Ortungsrufe der *Myotis*-Arten wie oben beschrieben frequenzmoduliert sind, können sie nicht wie die der anderen Gattungen nach qcf-, fm-qcf- und fm-Rufen klassifiziert werden. Sie werden daher in **Längenklassen** unterteilt, was auch im Grunde die jeweilige Rufsituation widerspiegelt.

Diese Ruftypen werden sodann im Kontext der **Verwechslungsarten** beschrieben und als Sonogramm dargestellt. Es wurden einzelne Rufe aus unterschiedlichen Rufsequenzen der Länge nach sortiert zusammengestellt, um die Variabilität auch in der Formausprägung innerhalb der jeweiligen Längenklasse exemplarisch abzubilden. Solche unterschiedlich geformten Rufe treten kaum innerhalb einer echten Rufsequenz auf und die Ruflängen verändern sich in der Regel auch nur kontinuierlich in längeren Rufsequenzen über mehrere Rufe hinweg. Diese Abbildungen sind also keinesfalls als Sonogramme zusammenhängender Aufnahmesituationen zu verstehen.

Zur besseren Vergleichbarkeit wurde auf eine konsistente Darstellung der **Sonagramme** geachtet. Die Rufe der typischen Rufsequenzen werden mit einer FFT-Größe von 1024, 7th-term Harris Fenster und 93,75 % Überlappung dargestellt. Um möglichst viele Rufe in diesen Abbildungen darstellen zu können, wurden die Rufabstände verkürzt. Die einzelnen Ruftypen werden sodann mit einer Überlappung von 96,875 % dargestellt, da sich mit dieser Einstellung die Rufformen am besten zeigen. Nur bei sehr langen Rufen musste aus Platzgründen auf eine Überlappung von 93,75 % zurückgegriffen werden. Alle Aufnahmen entstanden mit einer Sample Rate von 500 kHz.

Falls **Sozialrufe** bei einer Artbestimmung helfen, werden diese beschrieben und dargestellt, ansonsten wird darauf verzichtet.

Am Ende der Artkapitel werden **charakteristische Ruftypen** benannt und/oder Aussagen dazu getroffen, unter welchen Voraussetzungen Rufe zwischen Arten unterscheidbar sind. Außerdem werden **Kriterien** für einen – aus unserer Sicht – sicheren **akustischen Artnachweis** formuliert.

Bei der **Analyse** von nur einzelnen oder wenigen, isolierten Rufen kann es zu zahlreichen Verwechlungsmöglichkeiten bei der Artbestimmung kommen. Wir empfehlen daher, mindestens eine, falls möglich jedoch mehrere, zeitlich eng aufeinander folgend aufgenommene Rufsequenzen mit einer genügenden Anzahl an Rufen für die Artbestimmung heranzuziehen. Es ist hilfreich, sich zuerst anhand des Sonogramms einen Überblick über diese Sequenzen zu verschaffen, um die **Aufnahmequalität** der Rufe zu eruieren, die sich innerhalb von Sequenzen stark ändern kann (z. B. wenn das Tier auf das Mikrofon zufliegt und dann dahinter „verschwindet“ oder wenn das Tier abwechselnd in unterschiedliche Richtungen Schall aussendet). Außerdem lassen sich eventuell enthaltene Sozialrufe identifizieren und besondere Situationen erkennen (z. B. Annäherungsphasen und *Final Buzzes*). Es sollten ausschließlich solche Rufe vermessen werden, die mit ausreichend hoher Qualität aufgenommen wurden, da ansonsten die Gefahr besteht, falsche Messwerte entscheidender Rufparameter zu erhalten (Abb. 1). Rufe aus oben erwähnten Annäherungsphasen oder gar *Final Buzzes* weichen von den gelisteten Rufparametern in der Regel stark ab und sollten keinesfalls für die Artbestimmung genutzt werden.

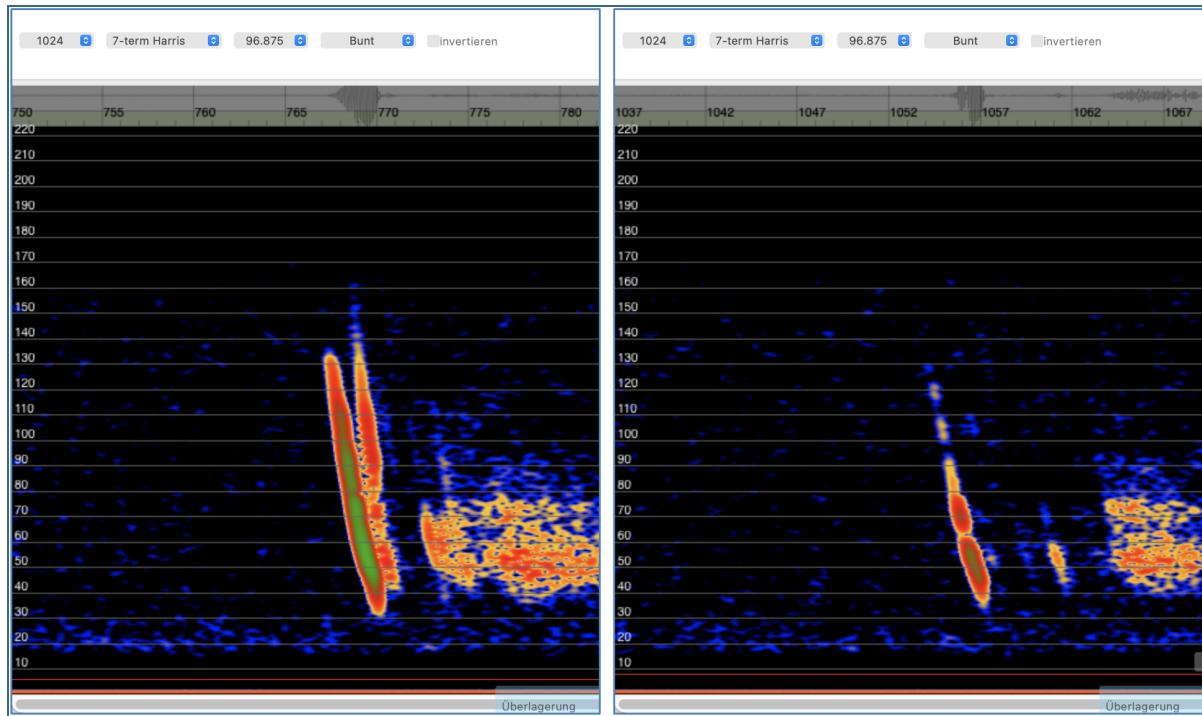


Abb. 1: Zwei Rufe aus der gleichen Sequenz einer „Bartfledermaus“ als Sonogramm mit den gleichen Einstellungen. Links: Bei guter Aufnahmegeräte lassen sich die Rufparameter, wie Start- und Endfrequenz sicher bestimmen; Rechts: Der Ruf war zu leise, um mit gleich hoher Qualität aufgenommen werden zu können. Vermutlich hatte sich das Tier vom Mikrofon schon weiter entfernt oder hat in eine andere Richtung gerufen, sodass die Schallkeule am Mikrofon vorbeiging. Vor allem die Startfrequenz ist hier nicht mehr messbar, aber auch das Rufende ist wahrscheinlich unvollständig aufgezeichnet.

In den Tabellen wird die mögliche **Bandbreite** der jeweiligen **Rufparameter** für die einzelnen Rufarten aufgelistet. Werte in Klammern geben **Extremwerte** an, die eher selten erreicht werden. Bei der Benennung von **Verwechslungsarten**, die aufgrund von Überschneidungen in den Rufparametern möglich werden, wurden diese Extremwerte nicht berücksichtigt. Ansonsten gäbe es noch eine Reihe weiterer Verwechslungsmöglichkeiten zwischen den *Myotis*-Arten, die sich aus einer theoretischen Überschneidung von Rufparametern in Bereichen von nur wenigen Kilohertz ergeben würden². Einerseits liegt jedoch ein Frequenzunterschied bis etwa 3 kHz schon im Bereich der **Messungenauigkeit**. Andererseits ist mit der „Übersetzung“ des digitalen Signals durch die Fast-Fourier-Transformation (FFT), anhand derer es als Sonogramm darstellbar gemacht wird, eine inhärente Unschärfe verbunden: Mittels einer **Fourier-Transformation** lassen sich die Frequenzinformationen eines Signals ermitteln (Frequenzspektrum). Allerdings erhält man damit keine Zeitinformationen, es bleibt also verborgen, welche Frequenzen zu welchen Zeiten auftreten. Die zusätzlichen Zeitinformationen kann man sich verschaffen, indem man nicht das gesamte Signal auf einmal transformiert, sondern nur jeweils Ausschnitte davon. Dazu wird ein "Zeitfenster" über das Signal gelegt (Fensterfunktion), das Schritt für Schritt entlang der Zeitachse verschoben wird. Das Signal wird damit „scheibchenweise“ erfasst. Innerhalb der einzelnen Fenster gibt es jedoch wieder keine Zeitinformation zu den einzelnen Frequenzanteilen. Es resultiert ein **Unschärfe-Dilemma**: Je kleiner das Fenster ist, desto genauer wird die Zeitinformation, aber desto ungenauer die Frequenzinformation. Je breiter das Fenster ist, desto mehr verschwimmt die Zeitinformation, desto genauer ist jedoch die Frequenzinformation im betreffenden Zeitintervall. Daher kann die Zeit- und Frequenzinformationen nicht gleichzeitig mit beliebiger Genauigkeit erfasst werden. Bemerkbar macht sich dies im Sonogramm, in dem die Rufe

² Im Text wird an manchen Stellen dennoch auf diese Fälle hingewiesen.

als mehr oder weniger dicke Zeit-Frequenzverläufe abgebildet werden. Bei einer gleichmäßigen Unschärfe ist jedoch davon auszugehen, dass sich die realen Frequenzen in der Mitte der Rufabbildung auf einer schmalen Linie befinden (ansonsten hätte man zum gleichen Zeitpunkt mehrere Frequenzen). Diese Unschärfe betrifft auch den Rufbeginn und das Rufende und erschwert damit deren exakte Vermessung. Eine praktikable Herangehensweise und Annäherung an die Realität wurde im Teil 1 auf Seite 21 geschildert (Kap. 3.1).

Bei der Unterscheidung und Bestimmung von *Myotis*-Rufen sind neben den schon erwähnten, messbaren Rufparametern, die **Rufformen** wichtig. Leider lässt sich diese Formgebung nur ungenügend mit den hier angewandten, einfach extrahierbaren Variablen fassen. Mit zunehmender Erfahrung können Menschen aber mithilfe ihrer komplexen Mustererkennung (welche automatisierten Systemen haushoch überlegen ist), diese Formunterschiede bei der Analyse von *Myotis*-Rufen einbeziehen. Daher werden die Rufformen im Text möglichst greifbar beschrieben, wenn sie für die Artdiagnose hilfreich sind.

Einige **Voraussetzungen und Empfehlungen** für die Anwendung dieses Leitfadens seien an dieser Stelle nochmals exemplarisch aufgezählt:

- ✓ Die Kenntnis der Aufnahmesituation („*Clutterness*“, Habitat) hilft bei der Beurteilung der Rufe.
- ✓ Nur Aufnahmen mit guter Qualität nutzen, also zum Beispiel keine leisen Aufnahmen, bei denen Rufanfang und -ende im Sonogramm nicht korrekt erscheinen.
- ✓ Technisch entstandene Artefakte (z. B. Echoauslösungen) erkennen.
- ✓ Biologische Artefakte, wie sie z. B. beim Schließen der Stimmritze am Rufende entstehen, nicht in Messungen einbeziehen (vergleiche Teil 1: Kap. 1.3, Abb. 15 und Text, S. 21 erster Absatz).
- ✓ Keine Entscheidungen anhand einzelner, isolierter Rufe treffen.
- ✓ Bei Aufnahmen aus echotechnisch außergewöhnlichen Situationen (Höhle, Dachstuhl, Kuhstall und Ähnlichen) besondere Vorsicht walten lassen, da die Rufe häufig nicht eindeutig sind und zum Beispiel kürzer ausfallen als im Freiland. Im Zweifel solche Rufe nicht in die Betrachtung einbeziehen.
- ✓ Selbtkritisch bleiben und die eigenen Fähigkeiten nicht überschätzen. Es ist besser, auf niedrigerem Bestimmungsniveau zu verbleiben, als Fehlbestimmungen zu generieren.

2.1 Die Wasserfledermaus – *Myotis daubentonii*

Schwierigkeitsgrad gemäß Tab. 1: Experte I (***)

2.1.1 Übersicht

Wasserfledermäuse jagen bevorzugt an Stillgewässern und ruhigen Abschnitten von Fließgewässern. Hierbei werden in schnellem, wendigem Flug Insekten knapp über und von der Wasseroberfläche erbeutet. Sonagramme von Ortungs- und Jagdrufen zeigen in dieser Situation oft eine typische „Rippe lung“, welche durch die teilweise Auslöschung des Signals durch das Echo an der Wasseroberfläche entsteht (vergleiche Kap. 2.2.2; Abb. 2). Die Rufe ähneln besonders denen der Bartfledermäuse, aber auch mit Teich-, und Bechsteinfledermaus sowie dem Großen Mausohr bestehen gewisse Verwechslungsrisiken.

2.1.2 Ortungsrufe

Rufe der Wasserfledermaus beginnen sehr verlässlich unter 100 kHz, nur in Extremfällen wird diese Grenze von einzelnen Rufen knapp überschritten. Neben dieser relativ niedrigen Startfrequenz ist ein sigmoider, sanft geschwungener Rufverlauf typisch für diese Art. Der Myotisknick erscheint meistens weniger scharf ausgebildet als bei der Brandt- und Bartfledermaus (Mbart). Das Schwänzchen ist oft lang und kann bis auf 20 kHz abfallen. Die Messparameter der verschiedenen langen Ruftypen werden in Tabelle 1 zusammengefasst, Abbildung 2 zeigt eine typische Rufsequenz.

Tab. 1: Bereiche verschiedener Messgrößen der Ruftypen der Wasserfledermaus (Extremwerte in Klammern)

Ruftyp	F _{Start} (kHz)	F _{End} (kHz)	F _{Mk} (kHz)	D (ms)	Verwechslungsarten	Bestimmbarkeit
fm kurz	(73)82–100(101)	(22)25–32(36)	(35)40–46	1,5–3,5	Mdas, Mbart, Mmyo	teils bestimmbar
fm mittel-lang	(70)82–89(103)	(20)26–30(38)	(34)40–44(48)	>3,5–6	Mdas, Mbart, Mbuc, Mmyo	teils bestimmbar
fm lang	(60)80–91	(20)25–37	(33)34–38(43)	>6–8	Mdas, Mbart	teils bestimmbar

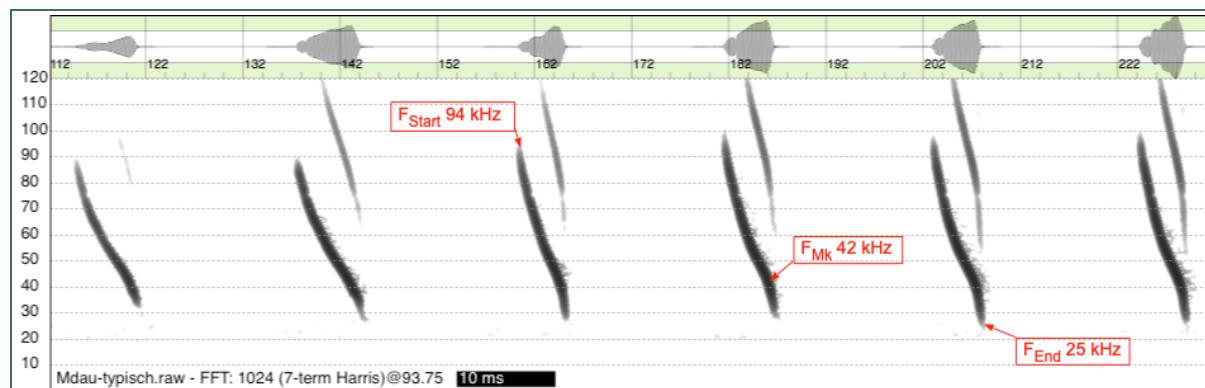


Abb. 2: Typische Sequenz der Wasserfledermaus; Rufintervalle sind verkürzt dargestellt.

Die **kurzen Rufe** der Wasserfledermaus (Abb. 3) starten unserer Erkenntnis nach im Freiland nie über 101 kHz. Anderweitige Aussagen verschiedener Artikel können auf Verwechslungen oder artifiziellen Aufnahmesituationen beruhen (z. B. im Flugkäfig oder im Quartier). Der Myotisknick der kurzen Rufe liegt im Schnitt über 40 kHz. Sehr kurze Rufe können linear abfallen, normalerweise sind aber auch diese sanft (meist sigmoid) gebogen. Linear abfallende Rufe können mit kurzen Rufen in den gleichen Frequenzbereichen mit denen des Großen Mausohrs verwechselt werden.

Auch wenn kurze Rufe der Brandt- und Bartfledermaus in Ausnahmefällen eine Startfrequenz unter 100 kHz aufweisen können, so ist dennoch die Wasserfledermaus anhand der Form und der Startfrequenzen ihrer Rufe bestimmbar, wenn Sequenzen mit mehreren Rufen vorliegen.

Eine Verwechslungsgefahr besteht mit den kurzen Rufen der Teichfledermaus, deren Parameter sich mit denen der Wasserfledermaus überschneiden. Die Frequenz des Myotisknicks liegt bei der Wasserfledermaus jedoch höher als bei der Teichfledermaus. Die Form der Rufe unterscheidet sich normalerweise deutlich voneinander: Durch den tiefer liegenden Myotisknick, einem kürzeren Schwanzchen und einem tiefer liegenden Knie erscheinen die kurzen Rufe der Teichfledermaus eher durchgebogen und nur in Einzelfällen sigmoid geschwungen. Hierdurch ist die Frequenz in der Mitte des Rufes deutlich tiefer als bei ähnlichen Arten. Die Frequenzbandbreite der Rufe ist zwar noch etwas geringer als bei der Wasserfledermaus, aber die Überlappung groß.

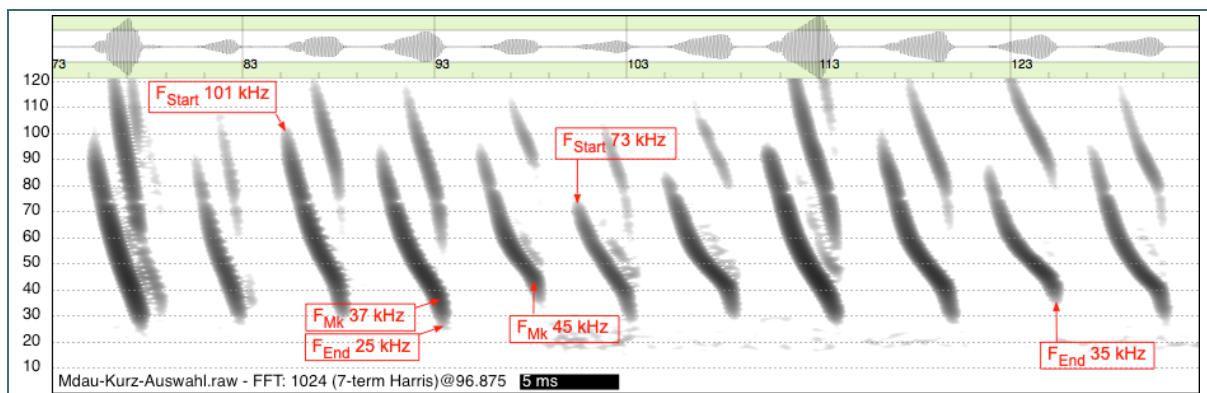


Abb. 3: Auswahl kurzer Rufe der Wasserfledermaus (1,5–3,5 ms)

Die Unterscheidung von **mittellangen Rufen** der Wasserfledermaus (Abb. 4) von denen der Brandt- und Bartfledermaus sowie der Bechsteinfledermaus ist kritisch und nur möglich, wenn die Startfrequenz über mehrere Rufe hinweg unter 100 kHz liegt und die Rufform mit einem sanft ausgeprägten Myotisknick noch sigmoiden Charakter zeigt. Manche Rufe können vor und nach dem Knie einen linearen Verlauf aufweisen. Dies tritt bei Brandt-, Bartfledermaus und Bechsteinfledermaus nur selten auf.

Wie bei den kürzeren Rufen überschneiden sich die Messparameter mit denen der Teichfledermaus größtenteils. Wenn jedoch mehrere Rufe und/oder Rufsequenzen vorliegen, lassen sich Wasser- und Teichfledermaus über die Form ihrer Rufe, analog den kurzen Rufen, voneinander unterscheiden.

Einzelne mittellange Rufe der Wasserfledermaus könnten außerdem mit mittellangen Rufen des Großen Mausohrs von mindestens 4 ms Länge und einem Myotisknick zwischen 34 und 38 kHz verwechselt werden. Allerdings unterscheiden sich die Rufformen deutlich voneinander: Die mittellangen Mausohrrufe sind entweder eher linear abfallend oder mehr durchgebogen, während die der Wasserfledermaus sigmoid geformt sind und einen sanfter ausgeprägten Myotisknick haben.

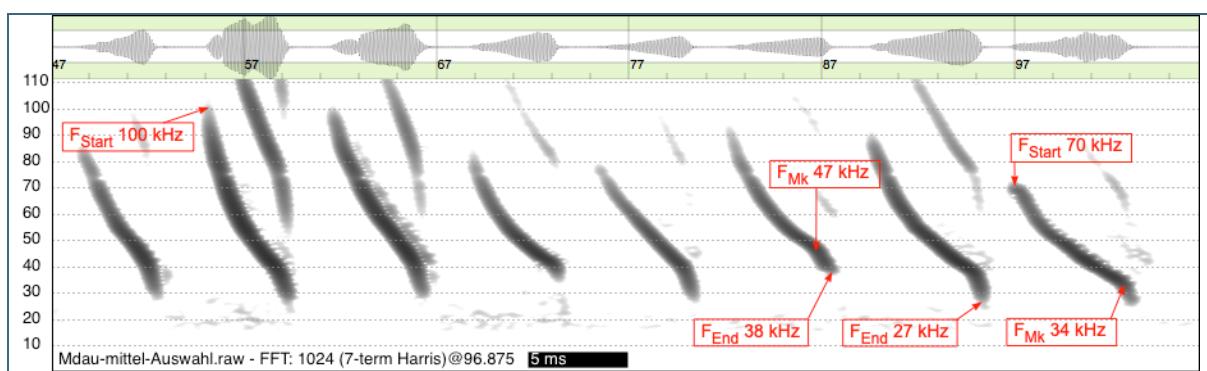


Abb. 4: Auswahl mittellanger Rufe der Wasserfledermaus (> 3,5–6 ms)

Lange Rufe der Wasserfledermaus (Abb. 5) zeichnen sich in aller Regel durch einen sanft und wenig geschwungenen, sigmoiden Verlauf aus. Die Rufe können vor dem Myotisknick linear verlaufen und auch der Rufabschnitt vor dem Knie kann annähernd linear abfallen. Da sich die Steigung am Knie oft nur wenig ändert, erscheinen die Rufe im Gegensatz zu den Rufen der Brandt-, Bart- und auch Teichfledermaus nur wenig durchgebogen. Sind mehrere Rufe in einer Sequenz vorhanden oder liegen sogar mehrere zeitlich zusammenhängende Rufsequenzen vor, kann man anhand dieser Formparameter die langen Rufe dieser Arten relativ gut voneinander unterscheiden, obwohl sich ihre Rufparameter in großen Bereichen überschneiden.

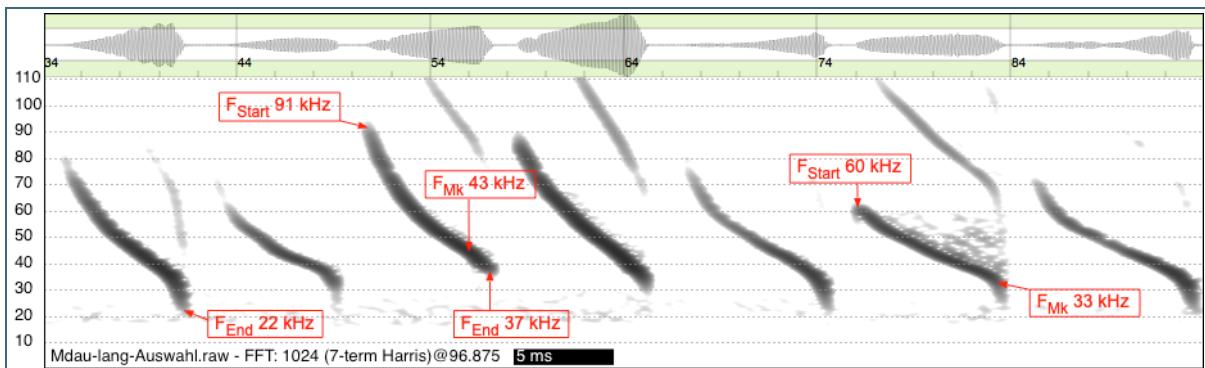


Abb. 5: Auswahl langer Rufe der Wasserfledermaus (> 6–8 ms)

2.1.3 Sozialrufe

Im Gegensatz zu anderen *Myotis*-Arten äußert die Wasserfledermaus häufiger auch im Habitat Sozialrufe. Einzigartig sind ihre sogenannten Krückstockrufe (Abb. 6). Sie werden z. B. von Skiba (2009) und von Middleton et al. (2014) als Balzrufe der Männchen gedeutet. Die Krückstockrufe sind in Hinblick auf Form, Länge und Frequenz variabel. Neben fließenden Übergängen zu Ortungsrufen sind typische Krückstockrufe mit einem kurzen Aufwärts- und langem Abwärtsshaken sowie buckelförmigen Formen (siehe letzter Ruf in Abb. 6) am häufigsten zu beobachten. Werden die Rufe länger, können sie lange, flache und unter Umständen sanft gewellte Anfangsteile beinhalten.

Typische Krückstockrufe der Wasserfledermaus sind unverwechselbar. Allerdings können manchmal sehr tiefe und kurze Rufe auftreten, die keinen Aufwärtshaken zeigen und dann dem Rufotyp B der Mopsfledermaus ähneln. Manche Variationen von Bogenrufen anderer Arten (z. B. Großes Mausohr) können auch den Krückstockrufen der Wasserfledermaus ähneln. Krückstockrufe treten bei der Wasserfledermaus jedoch nie isoliert auf, sondern sind in normale Ortungsrufsequenzen eingebettet, weshalb sie für die Artbestimmung hilfreich sind.

Besonders in Quartier Nähe und bei innerartlichen Begegnungen während der spätsommerlichen und herbstlichen Schwärmphasen können eine Reihe anderer Sozialrufe aufgezeichnet werden, beispielsweise Bogenrufe. Jedoch sollten diese ohne Zusammenhang mit regulären Echoortungsrufen oder Krückstockrufen nicht für eine Artbestimmung herangezogen werden, da auch andere *Myotis*-Arten ähnliche Bogenrufe in ihrem sozialen Lautrepertoire haben.

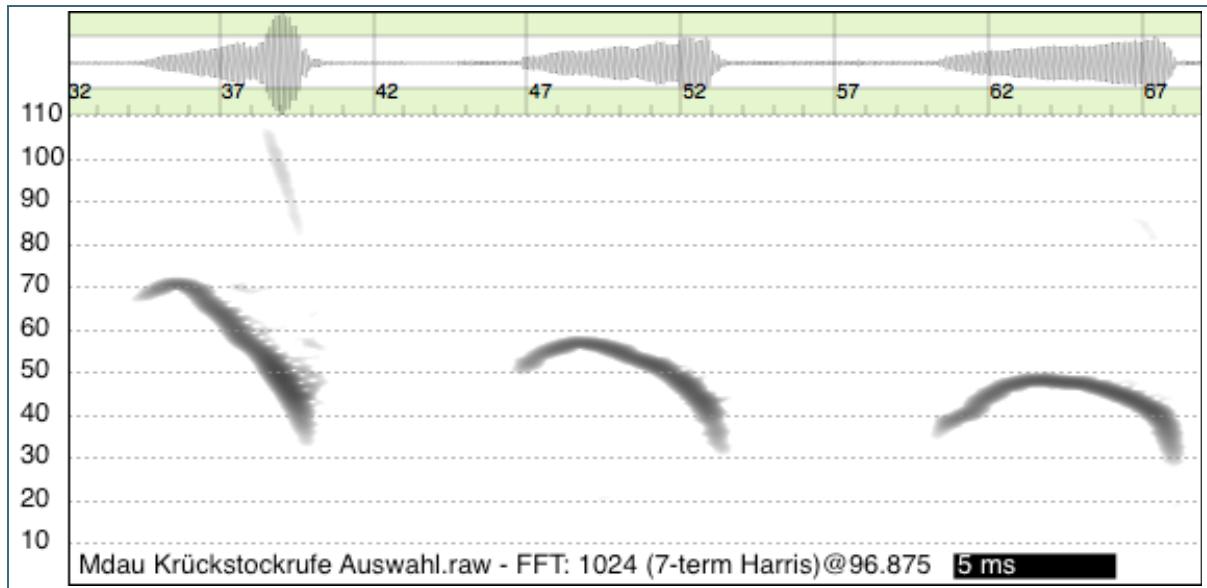


Abb. 6: Typische Krückstockrufe der Wasserfledermaus

2.1.4 Unverwechselbare Rufarten

Unverwechselbar sind kurze Ortungsrufe mit sanft ausgeprägtem Myotisknick über 36 kHz und einem Frequenzumfang bis 66 kHz und/oder einer Startfrequenz unter 90 kHz. Krückstockrufe in Rufsequenzen sind ebenfalls charakteristisch.

2.1.5 Kriterien für sicheren Nachweis

- Eine Rufsequenz mit mindestens sechs unverwechselbaren Ortungsrufen, wenn keine Verwechlungsarten in zeitlicher Nähe (+/- 2 Min.) auftreten.
- Wenn nur mittellange Rufe in einer Rufsequenz vorkommen, müssen diese einen sanft sigmoid geschwungenen Charakter aufweisen, die Frequenzen des Myotisknicks durchgehend über 37 kHz und die Starfrequenzen unter 100 kHz liegen.
- Eine typische Ortungsrufsequenz mit charakteristischem Krückstockruf.

2.2 Die Teichfledermaus – *Myotis dasycneme*

Schwierigkeitsgrad gemäß Tab. 1: Experte II (****)

2.2.1 Übersicht

Teichfledermäuse jagen wie die Wasserfledermaus hauptsächlich über Gewässern, jedoch bevorzugen sie größere Wasserflächen wie Seen und langsam fließende, breite Flüsse und Kanäle. Die Flughöhe über dem Wasser ist etwas höher (typischerweise etwa 30 bis 50 cm) und die Flugweise etwas geradliniger und schneller als bei der Wasserfledermaus. Die Rufe der Teichfledermaus sind im Vergleich zu denen anderer *Myotis*-Arten in der Regel länger und tiefer. Überschneidungen kommen vor allem bei kurzen und mittellangen Rufen mit denen der Wasserfledermaus vor.

2.2.2 Ortungsrufe

Kurze bis mittellange Rufe der Teichfledermaus starten relativ tieffrequent und nehmen in der Regel die typische frequenzmodulierte Form von *Myotis*rufen an. Die Frequenz am Myotisknick liegt tendenziell tiefer als bei den übrigen Arten. Die langen Rufe können zum Rufende hin abflachen und sehr lange Rufe enden schon quasi-konstantfrequent. Häufig werden lange Rufe in Sequenzen von Suchrufen eingestreut (Abb. 7: Erster Ruf) und dienen wahrscheinlich der Fernorientierung im hindernisarmen Luftraum (Skiba 2009). Im Extremfall können sie bis etwa 23 ms lang werden und ähneln dann schon Rufen von Arten aus der nyctaloiden Gruppe. Es wird daher für die Teichfledermaus eine neue Kategorie für extrem lange fm- bis fm-qcf-Rufe eingeführt. Häufig werden in einer Sequenz mit Orientierungsrufen über Wasser Rufe auf die Wasseroberfläche eingestreut. Diese sind dann kürzer und zeichnen sich durch eine stärkere Frequenzmodulation aus. An diesen Rufen sind die typischen Auslösungen durch Echos im Ruf (Rippelung) zu erkennen (Abb. 7: Vierter Ruf von links). Die entsprechenden Messparameter der verschiedenen langen Ruftypen werden in Tabelle 2 zusammengefasst, Abbildung 7 zeigt eine typische Rufsequenz.

Tab. 2: Bereiche verschiedener Messgrößen der Ruftypen der Teichfledermaus (Extremwerte in Klammern)

Ruftyp	F _{Start} (kHz)	F _{End} (kHz)	F _{Mk} (kHz)	D (ms)	Verwechslungsarten	Bestimmbarkeit
fm kurz	(70)75–90(93)	(25)26–30	32–36	2,4–3,5	Mdau, Mbart	teils bestimmbar
fm mittellang	(65)72–97(103)	(21)22–32	(28)32–37	>3,5–6	Mdau, Mbart, Mmyo	teils bestimmbar
fm lang	66–95(101)	(23)24–31	(27)30–36	>6–8	Mdau, Mbart, Mmyo	nicht bestimmbar
fm bis fm-qcf extrem lang	(38)41–78(86)	(23)25–33	(29)30–36(37)	>8–21(23)	–	bestimmbar

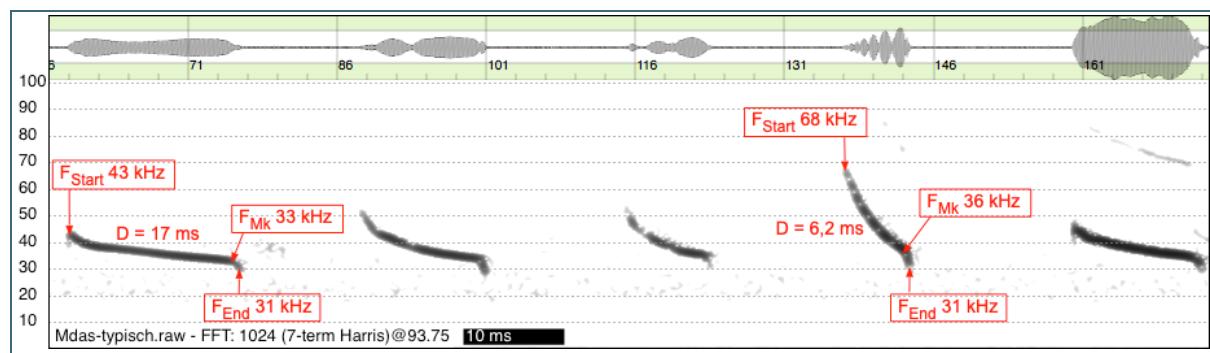


Abb. 7: Typische Sequenz der Teichfledermaus; Rufintervalle sind verkürzt dargestellt.

Die Teichfledermaus nutzt **kurze fm-Rufe** (Abb. 8) ab einer Länge von knapp über 2 ms im hindernisreichen Gelände (z. B. auch beim Flug über Wasser mit deutlichem Wellengang), die jedoch bei gleicher Länge in aller Regel eine niedrigere Startfrequenz als die der Wasserfledermaus und der Bartfledermäuse aufweisen. Bei Bartfledermäusen kann die Startfrequenz der kurzen Rufe im Extremfall bis auf 90 kHz abfallen, wodurch ein enger Überlappungsbereich mit hoch beginnenden kurzen Rufen der Teichfledermaus entsteht. Bei Betrachtung einzelner Rufe kann es daher zu Verwechslungen kommen. Bei der Analyse von Sequenzen mit mehreren Rufen ist eine solche Verwechslungsgefahr jedoch sehr unwahrscheinlich: Die Startfrequenzen der kurzen Rufe der Teichfledermaus liegen fast immer unter 90 kHz oder deutlich darunter und ihr Myotisknick liegt unter 36 kHz. Im Gegensatz hierzu liegen die Frequenzen am Myotisknick bei Bartfledermäusen meist höher und erreichen nur in seltenen Fällen und einzelnen Rufen solch niedrige Werte.

Die Abgrenzung von den Rufen der Wasserfledermaus gestaltet sich hingegen schwieriger. Mit einiger Erfahrung kann man jedoch **kurze** und auch **mittellange Rufe** von Wasser- und Teichfledermaus (Abb. 9) gut anhand ihrer Form unterscheiden: Die Frequenz des Knies liegt bei kurzen und mittellangen Rufen der Wasserfledermaus immer bei mindestens 50 kHz, während es bei kurzen Rufen der Teichfledermaus immer deutlich unter 50 kHz liegt (meistens zwischen 40 und 45 kHz) und bei den mittellangen Rufen nur ausnahmsweise 50 kHz erreichen kann. Dies hat zur Folge, dass der Bereich vor dem Myotisknick bei den Rufen der Teichfledermaus deutlich mehr durchgebogen ist als bei denen der Wasserfledermaus. Daher ist auch der Myotisknick bei der Teichfledermaus tendenziell schärfert ausgeprägt als bei der Wasserfledermaus. Darüber hinaus ist das Myotisschwänzchen der Rufe der Teichfledermaus meistens kürzer als bei Rufen der Wasserfledermaus.

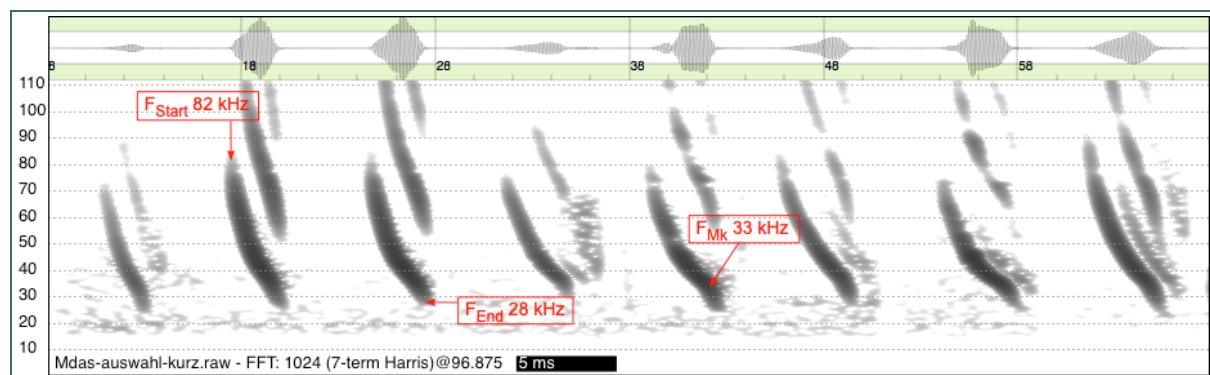


Abb. 8: Auswahl kurzer Rufe der Teichfledermaus (2,4–3,5 ms)

Mittellange Rufe der Teichfledermaus sind von mittellangen Rufen von Brandt- und Bartfledermaus, die unter 103 kHz beginnen, nur schwer zu unterscheiden, vor allem wenn sie sich in ihrer Form ähneln. Daher sollten mittellange Rufe nur dann der Teichfledermaus zugeordnet werden, wenn ihre Startfrequenzen gut aufgezeichnet wurden (und somit verlässlich messbar sind), die Obergrenze von 103 kHz nicht überschreiten und der Myotisknick unter 33 kHz liegt.

Mittellange und lange Rufe der Teichfledermaus können unter Umständen Rufen des Großen Mausohrs mit einer Ruflänge ab 4 ms ähneln, wenn deren Endfrequenz nicht unter 23 kHz liegt und sie einen Myotisknick im Überschneidungsbereich der Teichfledermaus haben. Es handelt sich hierbei jedoch um enge Überschneidungsbereiche, weshalb das Risiko einer Verwechslung als eher gering einzuschätzen ist (vgl. Kap. 2.7.2).

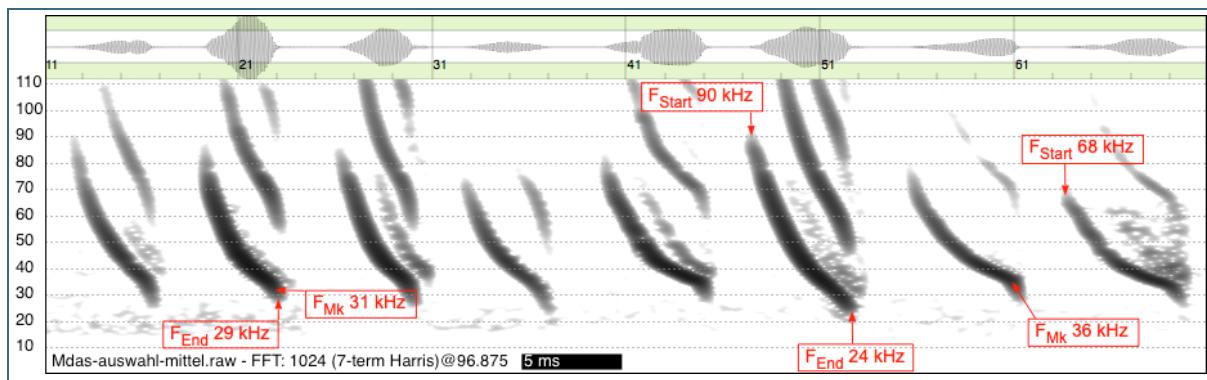


Abb. 9: Auswahl mittellanger Rufe der Teichfledermaus (> 3,5–6 ms)

Die Rufparameter der **langen Rufe** (Abb. 10) der Teichfledermaus überschneiden sich in großen Bereichen mit den langen Rufen der Wasserfledermaus. Wie bereits bei dieser beschrieben, unterscheidet sich ihre Form: Die langen Rufe der Teichfledermaus verlaufen vor dem Myotisknick in der Regel mehr durchgebogen als die langen Rufe der Wasserfledermaus, welche in diesem Rufabschnitt eher linear abfallen. Im Durchschnitt liegen Myotisknick und Endfrequenz bei der Teichfledermaus etwas tiefer als bei der Wasserfledermaus.

Die langen Rufe der Bartfledermäuse zeigen in allen Rufparametern und auch in ihrer Formgebung so große Überschneidungen, dass sie nicht zuverlässig von denen der Teichfledermaus unterschieden werden können.

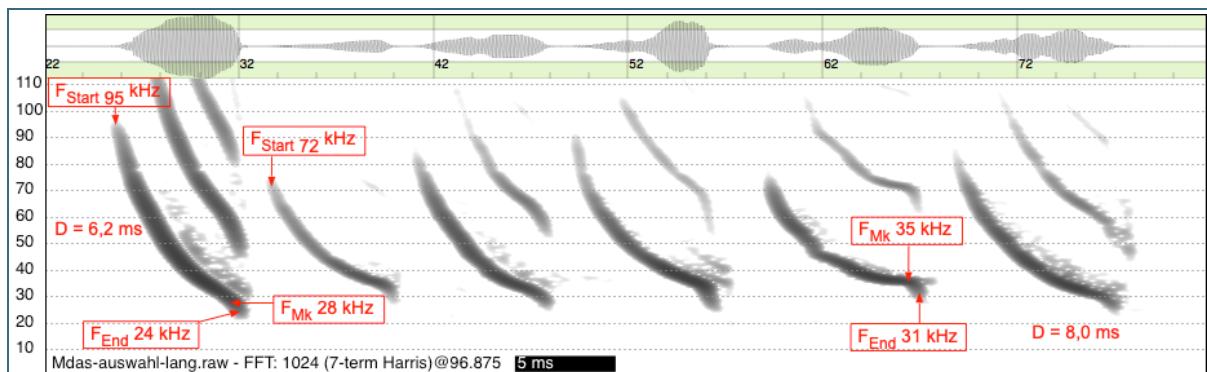


Abb. 10: Auswahl langer Rufe der Teichfledermaus (> 6–8 ms)

Bei Betrachtung einzelner, isolierter Rufe besteht eine geringe Verwechslungsmöglichkeit zwischen manchen 3,5 bis 7 ms langen fm-Rufen der Teichfledermaus und entsprechend langen fm-Rufen der Alpenfledermaus. Diese Rufe sind nicht bestimmbar.

Extrem lange fm- und fm-qcf-Rufe der Teichfledermäuse (Abb. 11) können mit Rufen anderer *Myotis*-Arten nicht verwechselt werden. Allerdings können sie manchen Rufen nystaloider Arten ähneln: In manchen Fällen ähneln fm-qcf-Rufe der Teichfledermaus zwischen 12 und 17 ms Länge fm-qcf-Rufen der Alpenfledermaus, deren Länge aber nur 14 ms erreicht. Auch hier unterscheiden sich die Formen der Rufe in aller Regel deutlich voneinander: Die meisten fm-qcf-Rufe der Teichfledermaus zeigen ein kurzes, aber deutlich abgeknicktes Myotisschwänzchen.

Sogar hoch endende fm-qcf- und fm-Rufe der Nordfledermaus könnten mit Rufen der Teichfledermaus verwechselt werden. Wie schon mehrfach erwähnt, birgt der Vergleich einzelner Rufe zwischen Arten selbst unterschiedlicher Gattungen stets die Gefahr von Verwechslungen, weshalb eine Bestimmung isolierter Rufe ohne Einbettung in Rufsequenzen unzulässig ist.

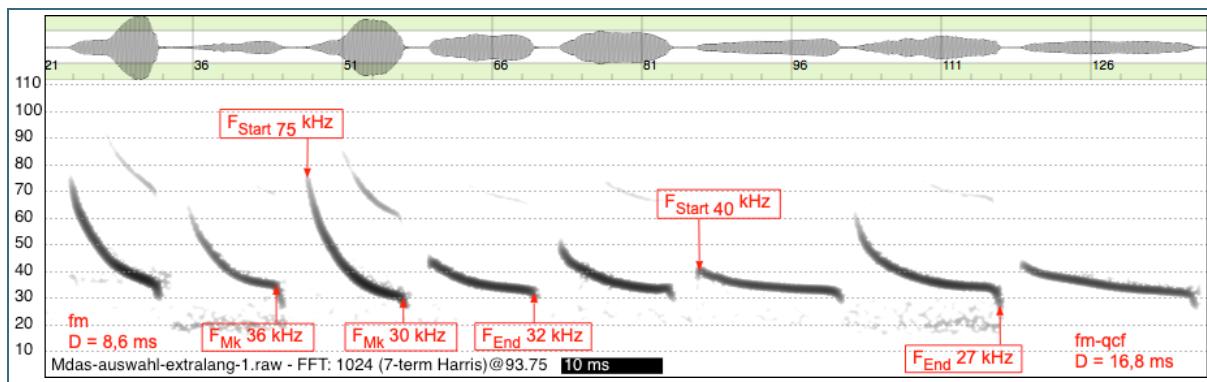


Abb. 11: Auswahl extrem langer Rufe der Teichfledermaus (> 8 ms; beachte: FFT@93,75%)

2.2.3 Sozialrufe

Von der Teichfledermaus sind kaum Sozialrufe bekannt. In der Literatur wurden bislang lediglich Stressrufe (z. B. beim Handling oder beim Fang mit dem Netz) und Sozialrufe beim Verlassen des Quartiers beschrieben (vgl. Pfalzer 2002, Middleton et al. 2014, Russ 2021). Diese eignen sich nicht zur Artbestimmung. Paarungsrufe, die bei der Artdiagnose helfen könnten, sind uns nicht bekannt.

2.2.4 Unverwechselbare Rufotypen

Unverwechselbar und damit eindeutig bestimmbar sind kurze Ortungsrufe mit einer Frequenz am Myotisknick unter 35 kHz und einem Frequenzumfang bis 65 kHz und/oder einer Startfrequenz unter 90 kHz. Mittellange Rufe sind nur dann eindeutig bestimmbar, wenn ihr Myotisknick unter 33 kHz liegt, ihre Startfrequenz 103 kHz nicht überschreitet und ihr Myotisknie unter 45 kHz liegt. Fm- und fm-qcf-Rufe über 8 ms Länge sind mit Rufen anderer *Myotis*-Arten nicht zu verwechseln.

2.2.5 Kriterien für sicheren Nachweis

- Eine Rufsequenz mit mindestens sechs unverwechselbaren Ortungsrufen, wenn keine Verwechslungsarten in zeitlicher Nähe (+/- 2 Min.) auftreten.
- Wenn nur mittellange Rufe in einer Rufsequenz vorkommen, müssen diese vor dem Myotisknick deutlich durchgebogen sein, die Frequenzen des Myotisknicks durchgehend unter 33 kHz und die des Myotisknies unter 45 kHz sowie die Starfrequenzen unter 103 kHz liegen.
- Fm- und fm-qcf-Rufe über 8 ms Länge, wenn der Myotisknick unter 34 kHz liegt und/oder ein deutlich abgeknicktes Myotisschwänzchen zu erkennen ist.

2.3 Die Nymphenfledermaus – *Myotis alcathoe*

Schwierigkeitsgrad gemäß Tab. 1: Experte I (***)

2.3.1 Übersicht

Die Nymphenfledermaus bevorzugt alte, eichenreiche Laubwälder als Lebensraum und jagt dort einerseits im Kronendach, wo sie in der Regel auch ihre Quartiere hat, andererseits aber auch in tieferen Strata sowie an kleinen Still- und Fließgewässern im Wald. Typische Rufe der Art können in Mitteleuropa eindeutig von anderen Arten der Gattung *Myotis* unterschieden werden (siehe auch Hafner et al. 2015). Die Rufe enden sehr hochfrequent, ähnlich hoch liegen nur die Rufenden der Wimperfledermaus und kurze Rufe der Bechsteinfledermaus und Bartfledermäuse. Kurze Rufe der Wimper- und Bechsteinfledermäuse sind jedoch viel breitbandiger als die der Nymphenfledermaus.

2.3.2 Ortungsrufe

Die Ortungsrufe der Nymphenfledermaus erreichen nicht den großen Frequenzumfang wie die der Fransen- und Wimperfledermaus: Der Frequenzumfang erreicht in 95 % der Fälle nur 87 kHz bei kurzen und 81 kHz bei mittellangen Rufen. Der größte Teil der uns vorliegenden Rufe besitzt eine Länge von zwei bis vier Millisekunden. Lautaufnahmen von Tieren, die im halboffenen, strukturreichen Kulturland flogen (z. B. waldnahe Streuobstwiesen), zeigten keine deutliche Rufverlängerung.

Der geringe Frequenzumfang ist den vergleichsweise niedrigen Start- und hohen Endfrequenzen geschuldet: Die Startfrequenzen liegen typischerweise unter 125 kHz, die Endfrequenzen selten unter 40 kHz, häufig sogar zwischen 45 und 50 kHz. Myotisknie und Myotisknick sind deutlich ausgeprägt, hochfrequent und liegen in der Regel nahe beieinander. Die entsprechenden Messparameter werden in Tabelle 3 zusammengefasst, Abbildung 12 zeigt das Sonogramm einer typischen Rufsequenz.

Tab. 3: Bereiche verschiedener Messgrößen der Ruftypen der Nymphenfledermaus (Extremwerte in Klammern)

Ruftyp	F_{Start} (kHz)	F_{End} (kHz)	F_{Mk} (kHz)	D (ms)	Verwechslungsarten	Bestimbarkeit
fm kurz	(93)100–129(135)	(35)40–47(52)	(43)45–55(56)	1,4–3,5	Mbart, Ppip	bestimmbar
fm mittel-lang	(88)94–120(123)	(36)38–46(48)	(43)45–50(52)	>3,5–5(5,5)	Mbart, Mema	bestimmbar

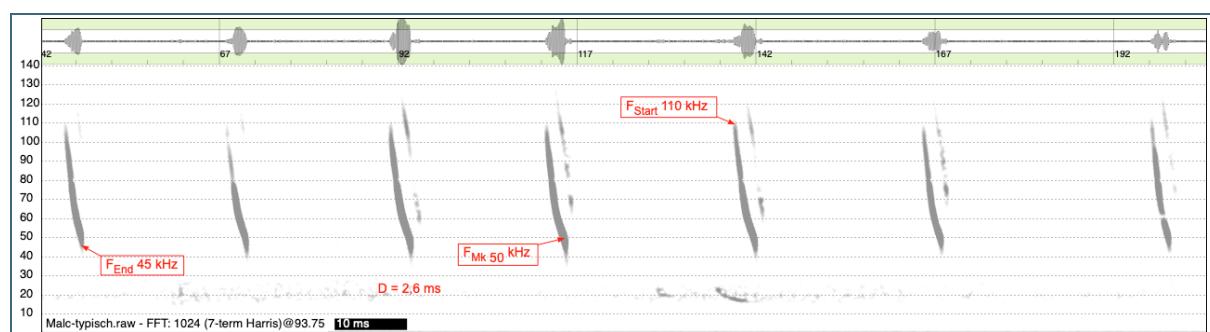


Abb. 12: Typische Sequenz der Nymphenfledermaus; Rufintervalle sind verkürzt dargestellt.

Kurze und mittellange Rufe der Nymphenfledermaus (Abb. 13 und 14) starten meistens zwischen 100 und 125 kHz. Tendenziell beginnen mittellange Rufe etwas tiefer als kurze Rufe, die nur in Einzelfällen eine Startfrequenz knapp über 130 kHz aufweisen können. Die Endfrequenzen liegen in den meisten Fällen über 40 kHz.

Die Rufparameter der **kurzen Rufe** der Nymphenfledermaus überschneiden sich mit denen der kurzen Rufe der Bechsteinfledermaus in engen Fenstern. Es besteht eine Verwechslungsgefahr, wenn $F_{\text{Start}} (\text{Malc}) \geq 114 \text{ kHz}$ und $F_{\text{End}} (\text{Malc})$ zwischen 35 und 36 kHz und $F_{\text{Mk}} (\text{Malc})$ zwischen 43 und 45 kHz liegen. Die Überschneidungsfenster bei End- und Myotisknickfrequenz sind jedoch so klein, dass sie schon im Bereich der Messungenauigkeit fallen. Kurze Rufe der Nymphenfledermaus könnten theoretisch auch mit kurzen Rufen der Wimperfledermaus verwechselt werden, wenn $F_{\text{Start}} (\text{Malc}) \geq 123 \text{ kHz}$ und $F_{\text{End}} (\text{Malc}) \leq 45 \text{ kHz}$ ist. Allerdings ähneln sich die Rufformen nur ausnahmsweise: Kurze Rufe von Bechstein- und Wimperfledermaus sind im Gegensatz zu denen der Nymphenfledermaus gleichmäßiger gebogen oder linear abfallend. Außerdem sind ihre Rufe meistens viel breitbandiger als die der Nymphenfledermaus. Begutachtet man mehrere Rufe in einer Sequenz, können falsche Artbestimmungen mit hoher Sicherheit ausgeschlossen werden.

Bei **mittellangen Rufen** besteht nur noch eine geringe Verwechslungsgefahr mit der Wimperfledermaus, wenn $F_{\text{Start}} (\text{Malc}) \geq 123 \text{ kHz}$ und $F_{\text{End}} (\text{Malc}) \leq 45 \text{ kHz}$ ist. Aber auch diese Verwechslungsgefahr ist unter Einbeziehung der Rufformen (wie oben erläutert) äußerst gering. Ein kleiner Überschneidungsbereich existiert mit kurzen Rufen von Bartfledermäusen (< 2,5 ms), wenn deren Rufe über 36 kHz enden und einen hohen Myotisknick aufweisen. Da in Rufsequenzen von Bartfledermäusen fast immer Rufe mit tiefer liegenden Endfrequenzen als die der Nymphenfledermaus enthalten sind, stellen solche einzelnen Rufe keine bedeutende Verwechslungsgefahr dar.

In den folgenden Abbildungen sind sehr unterschiedlich geformte Rufe dargestellt, die so zusammen nie in einer Rufsequenz vorkommen würden. Die Rufe in Sequenzen von Nymphenfledermäusen sind in ihren Ausprägungen relativ konstant und uniform.

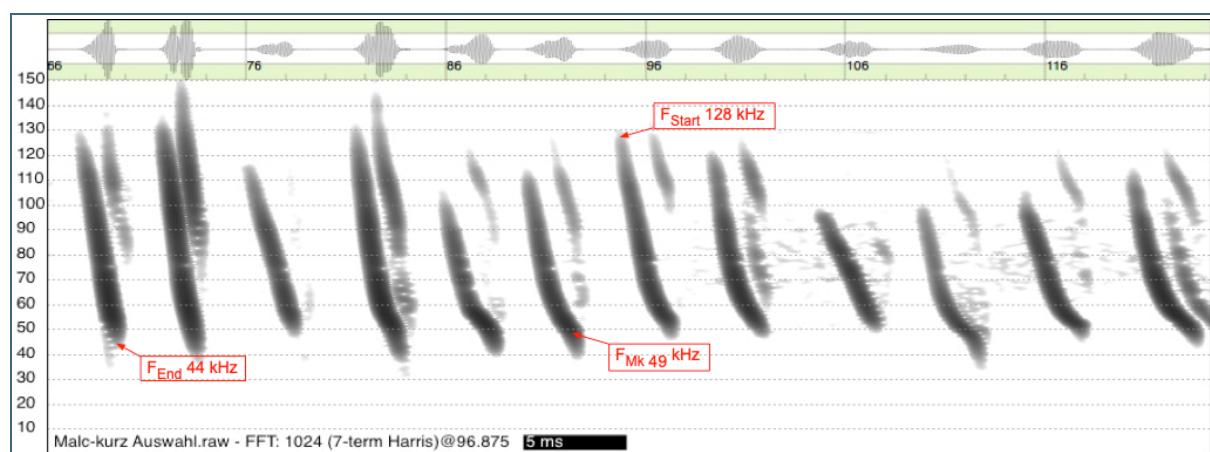


Abb. 13: Auswahl kurzer Rufe der Nymphenfledermaus (1,4–3,5 ms)

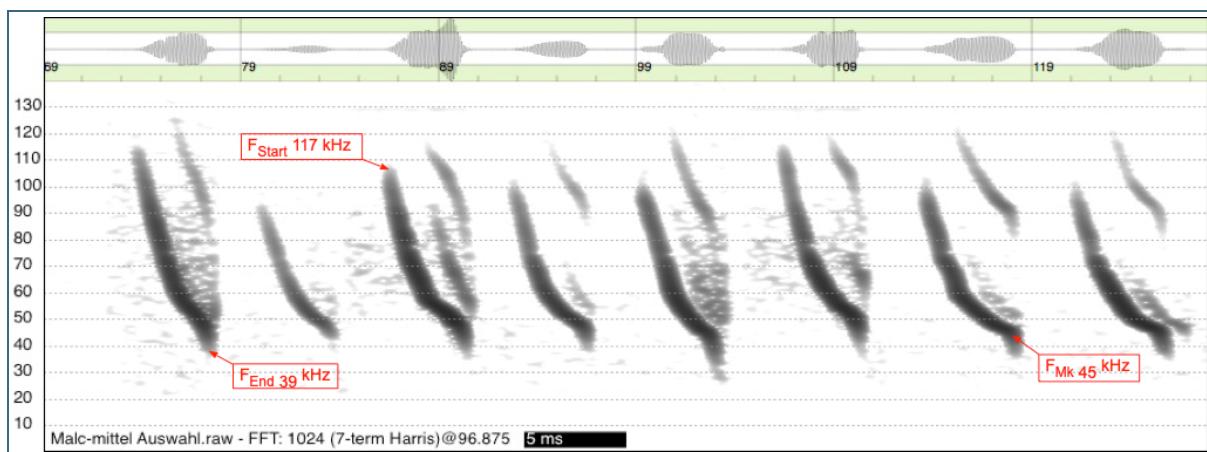


Abb. 14: Auswahl mittellanger Rufe der Nymphenfledermaus (> 3,5–5,0 ms)

Einer ungewöhnlichen Verwechslungsmöglichkeit können vor allem Bestimmungsprogramme bei sehr kurzen und hoch endenden Rufen der Zwergfledermaus in Nahortung anheimfallen. Solche Verwechslungen lassen sich bei Betrachtung der gesamten Rufsequenz in aller Regel vermeiden (Abb. 15–18).

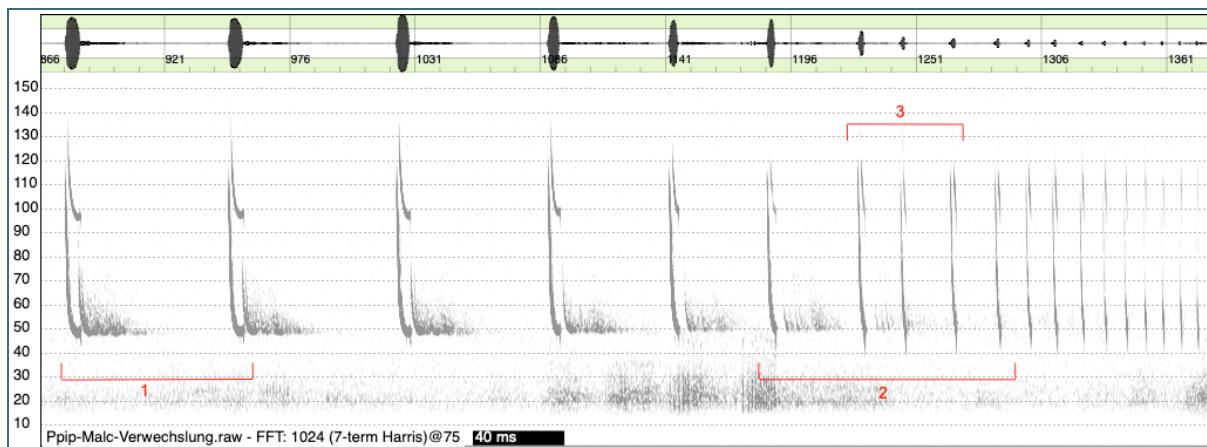


Abb. 15: Ausschnitt aus einer Rufsequenz einer Zwergfledermaus, die in die extreme Nahortung übergeht (Beachte: FFT@75%). Im weiteren Sequenzverlauf würde der Final Buzz folgen (nicht dargestellt). Ausschnitt 1, 2 und 3 (rote Klammern) sind in den nachfolgenden Abbildungen zeitgedehnt dargestellt.

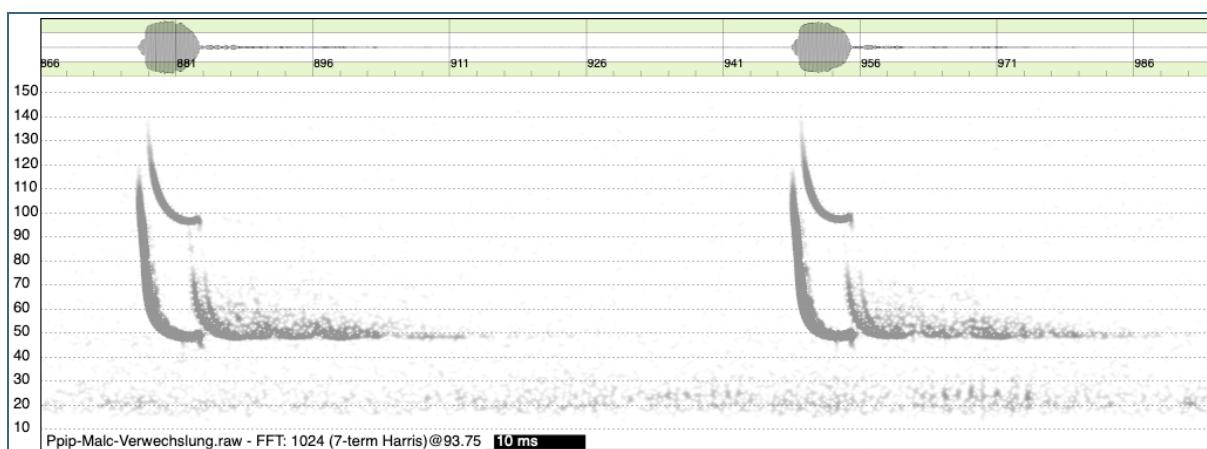


Abb. 16: Die ersten zwei Rufe aus dem Ausschnitt 1 in Abbildung 15 sind eindeutig als Zwergfledermaus zu identifizieren (FFT@93,75%).



Abb. 17: Ausschnitt 2 in Abbildung 15: Die Rufe gehen in die Nahortung über (FFT@93,75%).

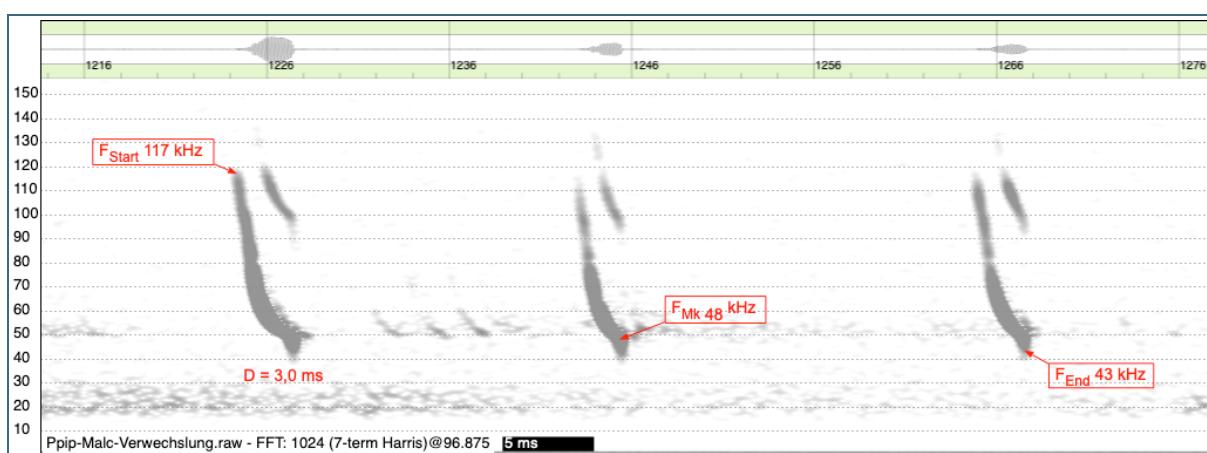


Abb. 18: Rufe mit einzelnen Vermessungswerten. Ausschnitt 3 in Abbildung 15 (FFT@96,875%)

2.3.3 Sozialrufe

Von der Nymphenfledermaus sind bogen- bis wellenförmige Sozialrufe bekannt, die denen anderer *Myotis*-Arten ähneln. Auch Krückstockrufe ähnlich wie die der Wasserfledermaus wurden bereits aufgenommen. Jedoch eignen sich all diese Rufe unserer Erkenntnis nach nicht zur Artbestimmung, weshalb auf eine Beschreibung in diesem Leitfaden verzichtet wird.

2.3.4 Unverwechselbare Rufarten

Unverwechselbar und damit eindeutig bestimmbar sind hoch endende Ortungsrufe mit geringem Frequenzumfang (< 87 kHz) und hoch liegendem Myotisknick und Myotisknie. Verwechslungen mit kurzen Rufen der Zwergfledermaus in der Nahortung können unter Einbeziehung der ganzen Rufsequenz vermieden werden.

2.3.5 Kriterien für sicheren Nachweis

- Eine Rufsequenz mit mindestens sechs unverwechselbaren Ortungsrufe mit Startfrequenzen unter 123 kHz, einem Myotisknick über 45 kHz und einem Rufende über 40 kHz, wenn keine Verwechslungsarten in zeitlicher Nähe (+/- 2 min) auftreten.

2.4 Die Brandt- und Bartfledermaus („Bartfledermäuse“) – *Myotis brandtii* und *M. mystacinus*

Schwierigkeitsgrad gemäß Tab. 1: Experte II (****)

2.4.1 Übersicht

Auch wenn die Bartfledermaus (*Myotis mystacinus*) bei gleichen Bedingungen durchschnittlich etwas höher und kürzer ruft als die Brandtfledermaus (*Myotis brandtii*), lassen sich diese zwei Arten nicht verlässlich anhand ihrer Ortungsrufe unterscheiden und werden daher zusammen als Gruppe der „Bartfledermäuse“ (Mbart) behandelt. Ihre Rufe ähneln besonders denen der Bechstein- und Wasserfledermaus, mit denen sie das Merkmal des Myotisknicks um etwa 40 kHz teilen.

2.4.2 Ortungsrufe

Bartfledermäuse nutzen frequenzmodulierte Ortungsrufe, deren Frequenzbereich für gewöhnlich zwischen 128 und 25 kHz liegt. Es existieren ziemlich weite Überschneidungsbereiche und damit Verwechslungsmöglichkeiten mit anderen *Myotis*-Arten. Entscheidend für die Bestimmung sind die Start- und Knickfrequenz und die Form des Rufes. Selbst die kürzesten Rufe lassen in den meisten Fällen einen Myotisknick erkennen. Tabelle 4 zeigt die Messgrößen der unterschiedlich langen Ortungsrufe und Abbildung 19 eine typische Rufsequenz von Bartfledermäusen.

Tab. 4: Bereiche verschiedener Messgrößen der Ruftypen von „Bartfledermäusen“ (Extremwerte in Klammern)

Ruftyp	F _{Start} (kHz)	F _{End} (kHz)	F _{Mk} (kHz)	D (ms)	Verwechslungsarten	Bestimbarkeit
fm kurz	(90)105–128(140)	(23)25–36(39)	(35)43–46(48)	1,5–3,5	Mdau, Mdas, Malc, Mbec, Mema	teils bestimmbar
fm mittellang	(72)86–115(122)	(20)25–34(37)	(33)35–42(44)	>3,5–6	Mdau, Mdas, Malc, Mbec, Mema	teils bestimmbar
fm lang	(70)75–88	27–31	33–39	>6–8	Mdau, Mdas, Mmyo	nicht bestimmbar

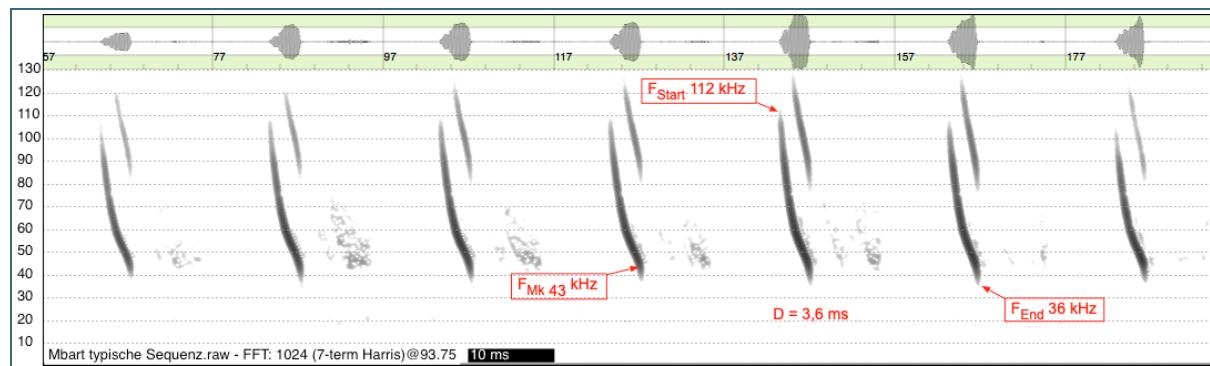


Abb. 19: Typische Sequenz von „Bartfledermäusen“; Rufintervalle sind verkürzt dargestellt.

Die Form der steil abfallenden **kurzen Rufe** (Abb. 20) ist durch ein Knie gekennzeichnet, das nahe am Myotisknick am Ende des Rufs liegt. Dadurch erscheint der Knick schärfer als bei der Wasserfledermaus, deren Rufe meistens sanfter geschwungen sind. Die Startfrequenz der kurzen Rufe von Brandt- und Bartfledermaus liegt außerdem meistens über 100 kHz, während die Wasserfledermaus mit ihren kurzen Rufen fast nie die 100 kHz überschreitet. Wenn sie jedoch in einzelnen, seltenen Fällen bis auf 90 kHz absinken, könnten sie mit entsprechend hoch startenden Rufen der Teichfledermaus und denen der Wasserfledermaus verwechselt werden. Eine falsche Artdiagnose ist jedoch vermeidbar, wenn man gesamte Sequenzen mit mehreren Rufen betrachtet (siehe Kap. 2.2.2).

Die kurzen Rufe der Bechsteinfledermaus grenzen sich durch ihre Form (Knie und Knick sind selten vorhanden) und durch ihre tendenziell höheren Startfrequenzen von den Rufen der Bartfledermäuse ab. Eine weitere Verwechslungsmöglichkeit besteht mit den kurzen Rufen der Nymphenfledermaus, die sehr ähnlich geformt sein können. Ihre kurzen Rufe enden jedoch im Regelfall höher als die der Bartfledermäuse und die Frequenz ihres Myotisknicks liegt in der Regel ebenfalls deutlich höher als bei Bart- und Brandtfledermaus. In seltenen Fällen können sehr kurze Rufe von Brandt- und Bartfledermaus linear ohne Knie und Myotisknick abfallen (Abb. 20, 1. Ruf). Wenn solche Rufe bei 123 kHz oder höher starten, sind sie mit kurzen Rufen der Wimperfledermaus verwechselbar. Solche Rufe zeigen jedoch selbst im direkten Vergleich mit den linearen Rufen der Wimperfledermaus eine minimale Biegung; Artverwechslungen lassen sich ausschließen, wenn man alle Rufe in einer Sequenz betrachtet. Sobald die kurzen Rufe von Brandt- und Bartfledermaus einen Myotisknick und ein Knie zeigen, unterscheiden sie sich anhand ihrer Form klar von kurzen Rufen der Wimperfledermaus mit Knie und/oder Myotisknick.

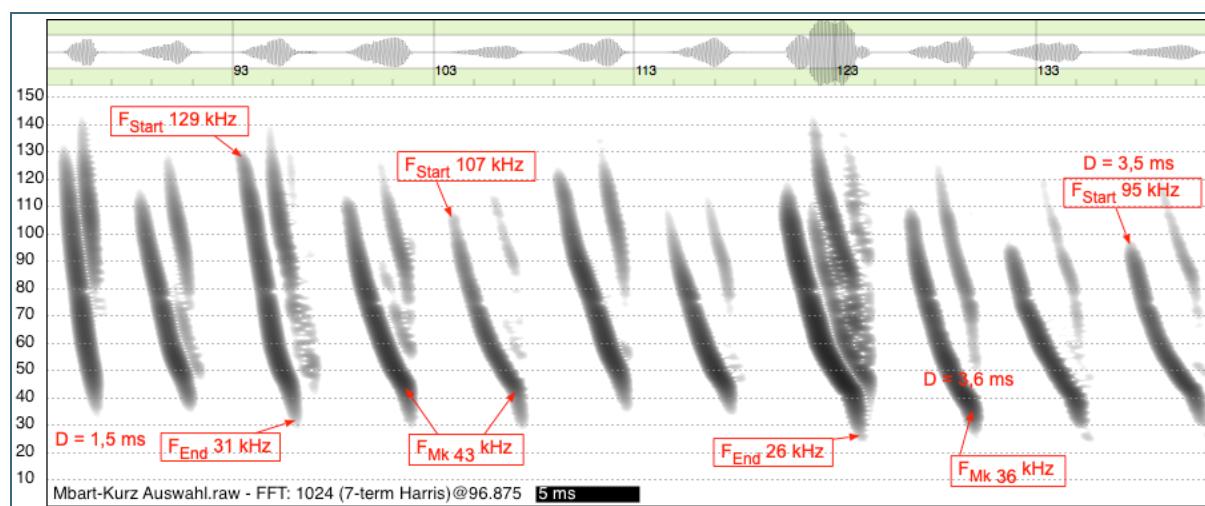


Abb. 20: Auswahl kurzer Rufe von Bartfledermäusen (1,5–3,5 ms)

Die **mittellangen Rufe** von Brandt- und Bartfledermaus (Abb. 21) beginnen häufig über 100 kHz (F_{start}), sind jedoch hinsichtlich Frequenz und Form variabel. Manchmal sind mehrere Knie erkennbar. Das unterste liegt meistens kurz vor dem Knick, weshalb dieser wie bei den kurzen Rufen scharf ausgeprägt ist. Im Gegensatz hierzu liegt die Frequenz des Knie bei mittellangen Rufen der Wasserfledermaus in der Regel höher, die Rufe sind meistens sigmoid sanfter geschwungen und der Myotisknick nicht so scharf ausgeprägt. Außerdem verläuft der dadurch längere Bereich zwischen unterem Knie und Myotisknick bei der Wasserfledermaus oftmals linear, während bei Brandt- und Bartfledermaus der Rufbereich vor dem Myotisknick mehr gebogen ist.

Die mittellangen Rufe der Bechsteinfledermaus starten fast ausnahmslos über 100 kHz und ähneln in ihrer Form aufgrund eines sanfteren Knicks mehr denen der Wasserfledermaus als denen der Bartfledermäuse. Problematisch kann die Abgrenzung zu den mittellangen Rufen der Teichfledermaus sein. Sie zeigt einen im Durchschnitt tieferen Myotisknick und die Startfrequenz liegt fast immer unter 100 kHz. Hier besteht ein Überschneidungsbereich, in dem die Bestimmung nicht sicher möglich ist. Die stark durchgebogene Form von Teichfledermausrufen mit deutlichem Myotisknick ähnelt tief startenden mittellangen und langen Rufen der Bartfledermäuse.

Mittellange Rufe von Bart- und Brandtfledermaus teilen sich mit mittellangen Rufen der Wimperfledermaus einen kleinen Überlappungsbereich der Rufparameter, wenn sie bei mindestens 122 kHz starten und bei 30 kHz oder darüber enden, sowie einen Myotisknick bei 44 kHz zeigen. Da sich die Rufformen jedoch deutlich unterscheiden, ist eine Verwechslungsgefahr eher theoretischer Natur, vor allem, wenn man mehrere Rufe in einer oder mehreren Sequenzen berücksichtigt. Ebenso unwahrscheinlich

ist eine Artverwechslung mit der Nymphenfledermaus bei mittellangen Rufen, auch wenn es in den Extremwerten der Rufparameter kleine Überscheidungen gibt (vgl. Kap. 2.3.2).

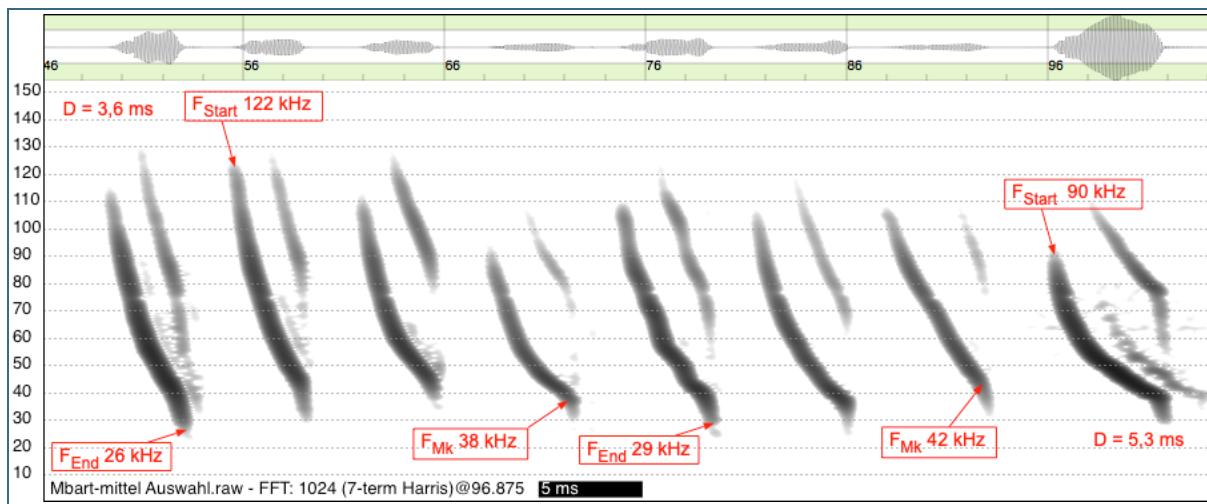


Abb. 21: Auswahl mittellanger Rufe von Bartfledermäusen (> 3,5–6 ms)

Lange Rufe von Bart- und Brandtfledermaus (Abb. 22) sind nicht bestimmbar, da sie in Start- und Endfrequenz sowie in der Lage des Myotisknicks weite Überschneidungsbereiche mit anderen *Myotis*-Arten aufweisen. Bei tiefliegendem Myotisknick können sie sogar mit Rufen der Teichfledermaus verwechselt werden.

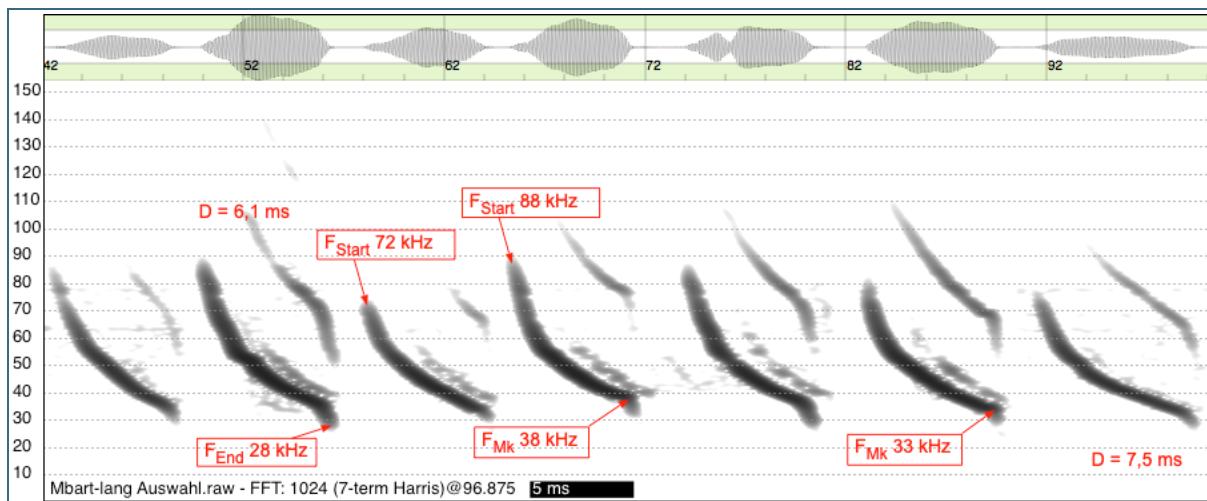


Abb. 22: Auswahl langer Rufe von Bartfledermäusen (> 6–8 ms)

2.4.3 Sozialrufe

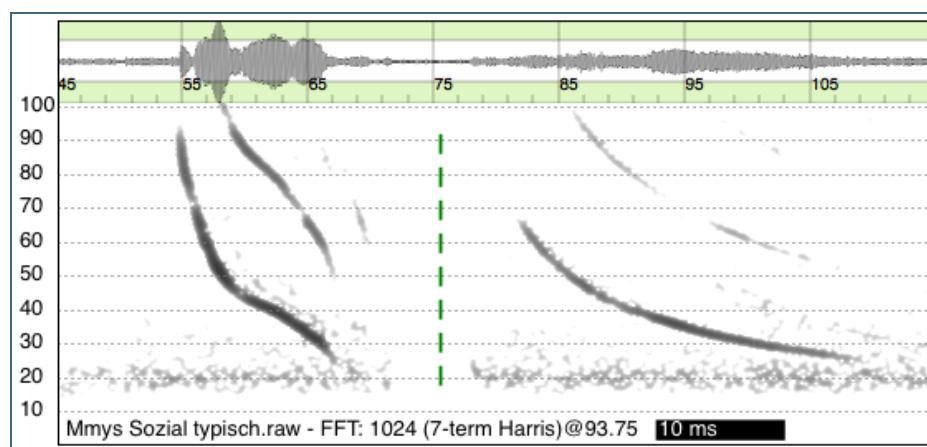
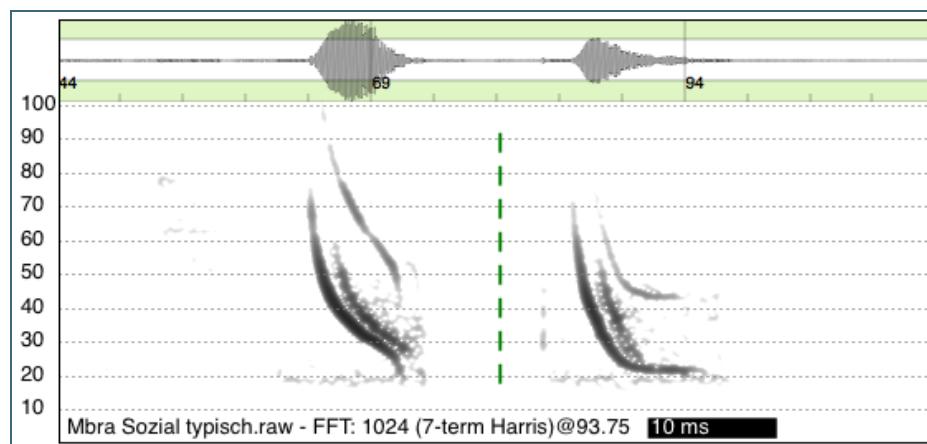
Die Sozialrufe der Brandt- und der Bartfledermaus zeigen eine große Variabilität. Es handelt sich überwiegend um ortungsruftypische Signale mit fließenden Übergängen zu typischen Bogenrufen anderer *Myotis*-Arten. Die Sozialrufe von Brandt- und Bartfledermaus ähneln vor allem den Sozialrufen von Bechstein- und Wasserfledermaus, sind aber tendenziell etwas höher und kürzer.

Die **ortungsruftypischen Soziallaute** (Abb. 23 und 24) der Bartfledermaus sind tendenziell länger als die der Brandtfledermaus und ihre Endfrequenzen höher (*M. mystacinus*: D: 6–15 ms, F_{End} : 23–40 kHz; *M. brandtii*: D: 3–7 ms, F_{End} : 17–30 kHz). Während bei der Brandtfledermaus diese Signale zwischen normalen Ortungsrufen eingestreut werden und diesen in ihrer Form sehr ähneln, äußert die

Bartfledermaus häufig Serien unterschiedlich langer Sozialrufe mit oft ungewöhnlicheren Formen (linear abfallende Rufe und Rufe mit sehr variabel liegendem Knie und Knick).

Die **bogenförmigen Soziallaute (Bogenrufe)** (Abb. 23 und 24) der Bartfledermaus enden etwas höher als die der Brandtfledermaus (23–36 kHz gegenüber 19–22 kHz). Der Bogenruf der Brandtfledermaus endet außerdem oft in einem deutlich abgesetzten flachen qcf-Teil, während die Bogenrufe der Bartfledermaus meistens mit einigen Knicken mehr oder weniger stark zum Ende hin abfallen und selten schüsselförmig geformt sind. Die längeren Bogenrufen der Bartfledermaus ähneln. Die Bogenrufe der Bartfledermaus sind außerdem oft länger als die der Brandtfledermaus (8–26 ms gegenüber 8–12 ms).

Ortungsruftypische Sozialrufe und Bogenrufe von Brandt- und Bartfledermaus lassen sich tendenziell voneinander unterscheiden. Für eine Unterscheidung von anderen *Myotis*-Arten sollten sie jedoch nicht herangezogen werden, da der Überschneidungsbereich mit diesen hierfür zu groß ist. Insbesondere ähneln sich diese Rufarten sowohl zwischen Bart- und Bechsteinfledermaus als auch zwischen Brandt- und Wasserfledermaus. Falls jedoch eine Rufsequenz mit hoher Sicherheit der Gruppe der Bartfledermäuse zugeordnet wird, können ortungsruftypische Sozialrufe und Bogenrufe einen Beitrag zur Unterscheidung von Brandt- und Bartfledermaus liefern.



Die Brandtfledermaus äußert häufiger als andere *Myotis*-Arten einen Doppelruf im Habitat (Abb. 25). Dieser besteht aus einem schüsselförmigen ersten Ruf, gefolgt von einem abfallenden fm-Ruf. Die tiefsten Frequenzen bewegen sich zwischen 19 und 30 kHz, die Länge variiert zwischen 25 und 33 ms. Die zwei Signale können vereinzelt zu einem Signal verschmelzen und eine Welle bilden.

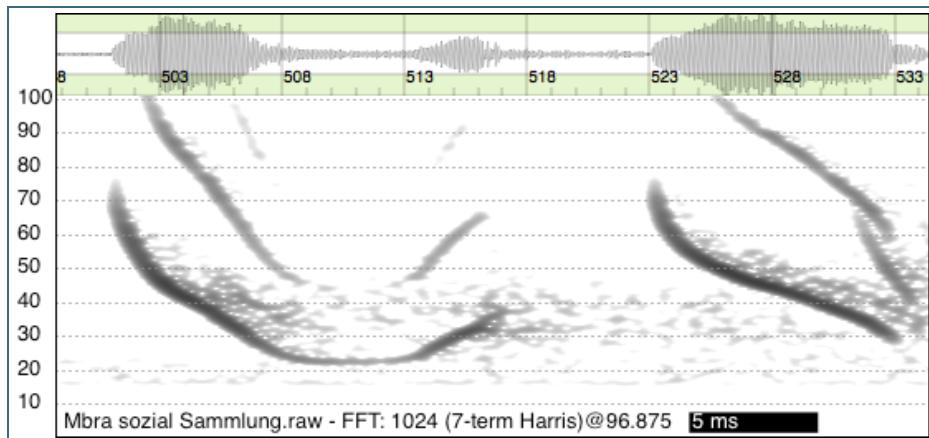


Abb. 25:
Doppelruf der
Brandtfledermaus

Die Doppelrufe der Fransenfledermaus zeichnen sich durch einen hohen Rufanfang von etwa 100 kHz aus und sind damit artcharakteristisch. Doppelrufe der Wasserfledermaus sind normalerweise länger (32–70 ms) als die der Brandtfledermaus. Nach Pfalzer (2002) kann auch die Bechsteinfledermaus Doppelrufe ausstoßen. Diese werden jedoch selten geäußert, weshalb über die Unterscheidbarkeit zur Brandtfledermaus keine abschließende Aussage getroffen werden kann. Von der Bartfledermaus sind uns aus Mitteleuropa keine Doppelrufe bekannt. *Pipistrellus*- und *Nyctalus*-Arten äußern auch Doppelrufe: Das zweite Element besteht aber in den meisten Fällen aus einem fm-qcf-Signal. Normalerweise lassen sich diese Sozialrufe außerdem im Kontext der Rufsequenz (Ortungsrufe und weitere Soziallaute) von *Myotis*-Rufen unterscheiden.

Außer diesen Sozialruftypen äußern Brandt- und Bartfledermaus noch andere, nicht bestimmungsrelevante Signale (Triller, Krächzen und komplexe Sozialrufe), die jedoch eher selten auftreten und vorwiegend im und am Quartier abgegeben werden.

2.4.4 Unverwechselbare Ruftypen

Bestimmbare sind alle kurzen Rufe mit einem Myotisknick zwischen 36 und 44 kHz, die über 100 kHz beginnen oder eine Bandbreite von über 75 kHz aufweisen und ein deutliches Knie erkennen lassen. Mittellange Rufe sind nur bestimmbare, wenn die Startfrequenz über 100 kHz, der Myotisknick sowohl über 37 kHz liegt, als auch deutlich und scharf ausgeprägt ist. Lange Rufe sind nicht sicher bestimmbar. Ortungslautähnliche Sozialrufe und Bogenrufe sind nur tendenziell und im Kontext mit Ortungsrufen bestimmbar. Die Doppelrufe der Brandtfledermaus sind jedoch charakteristisch, wenn sie kürzer als 32 ms sind und die höchste Frequenz 100 kHz nicht überschreitet.

2.4.5 Kriterien für sicheren Nachweis

- Drei typische Sequenzen mit unverwechselbaren Ortungslauten (mindestens 12 Rufe) und keine Verwechslungsarten in zeitlicher Nähe (+/- 2 Min.).
- Nur Brandtfledermaus: Eine Sequenz mit unverwechselbaren Soziallauten (Doppelruf) in Verbindung mit typischen Ortungsrufen und keine anderen Verwechslungsarten in zeitlicher Nähe (+/- 2 Min.).

2.5 Die Bechsteinfledermaus – *Myotis bechsteinii*

Schwierigkeitsgrad gemäß Tab. 1: Experte II (****)

2.5.1 Übersicht

Die Bechsteinfledermaus ist eine sehr variabel rufende Art. Als *Gleaner* jagt sie meist in mehr oder weniger dichter Vegetation und ruft daher sehr leise. Selbst in Quartier Nähe sind ihre Rufe schwierig aufzuzeichnen, in offenerem Gelände kann sie jedoch durchaus auch lauter rufen. Ihre Rufe können mit denen mehrerer anderer *Myotis*-Arten verwechselt werden.

2.5.2 Ortungsrufe

Zusammen mit den Bartfledermäusen, der Wimper- und der Wasserfledermaus bildet die Bechsteinfledermaus eine schwierig zu unterscheidende Gruppe. Durch den sanften Schwung von Knie und Myotisknick erinnert die Form mancher Rufe an die der Wasserfledermaus. Anders als bei dieser liegen jedoch die Startfrequenzen fast nie unter 100 kHz; sie liegen häufig sogar noch höher als bei den Bartfledermäusen und dringen schon in Bereiche der Fransen- und Wimperfledermaus vor. Anders als die Wasserfledermaus und die Bartfledermäuse nutzt die Bechsteinfledermaus überwiegend sehr kurze und steile Rufe, bei denen der Myotisknick nicht erkennbar ist. In offenerem Gelände kann die Bechsteinfledermaus auch tiefere und längere Rufe abgeben, die dann deutlich länger als 8 ms sein können. Diese langen Rufe erinnern an Rufe des Großen Mausohrs oder der Teichfledermaus. Lange Ortungsrufe der Bechsteinfledermaus gehen oft fließend in bogenförmige Soziallaute über, weshalb es schwierig ist, hier eine Grenze zu ziehen. Tabelle 5 zeigt die Messgrößen der verschiedenen langen Ortungsrufe und Abbildung 26 eine typische Rufsequenz der Bechsteinfledermaus.

Tab. 5: Bereiche verschiedener Messgrößen der Ruftypen der Bechsteinfledermaus (Extremwerte in Klammern)

Ruftyp	F_{Start} (kHz)	F_{End} (kHz)	F_{Mk} (kHz)	D (ms)	Verwechslungsarten	Bestimmbarkeit
fm kurz	(114)125–140(150)	(24)28–34(36)	(37)38–45	1,5–3,5	Mbart, Mema	teils bestimmbar
fm mittellang	(99)110–130(140)	(21)23–27(32)	(35)38–43(46)	>3,5–6	Mdau, Mbart, Mema	teils bestimmbar
fm lang	(100)106–116	(20)23–30	(33)34–38(42)	>6–9,1	Mmyo, Mnat	teils bestimmbar

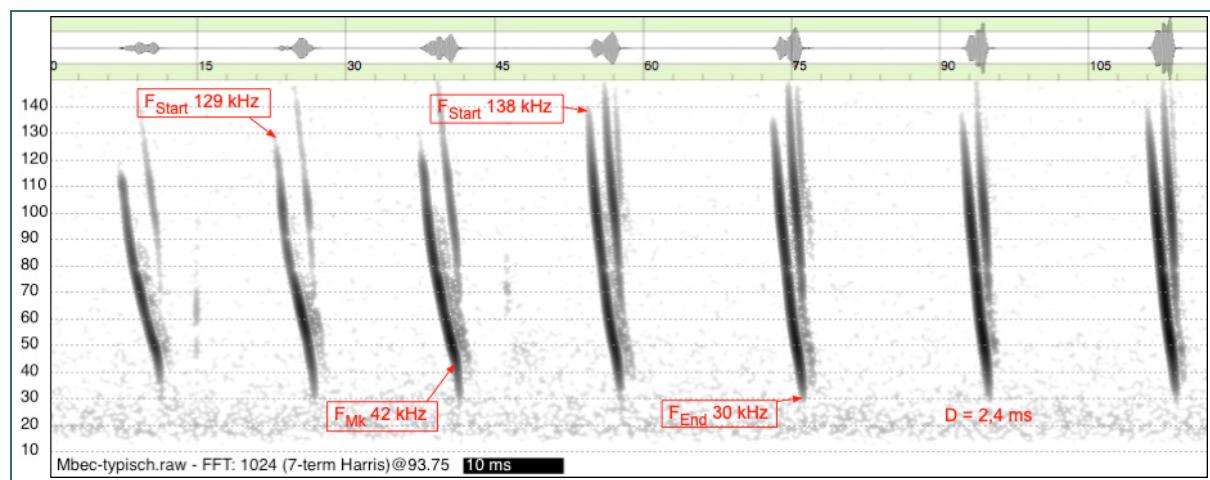


Abb. 26: Typische Sequenz der Bechsteinfledermaus; Rufintervalle sind verkürzt dargestellt.

Die **kurzen Rufe** der Bechsteinfledermaus beginnen meist zwischen 125 und 140 kHz (Abb. 27). Bis etwa 3 ms Länge sind sie sehr breitbandig und einfach linear abfallend, weshalb sie auf den ersten Blick an Rufe der Fransenfledermaus erinnern. Die Endfrequenz liegt jedoch fast immer über 25 kHz, während sie bei der Fransenfledermaus meist deutlich tiefer liegt (maximal 23 kHz). Die Startfrequenzen der kurzen Rufe der Bartfledermäuse liegen durchschnittlich tiefer (und erreichen nur selten maximal 140 kHz) und sind fast nie rein linear abfallend geformt (außer im Verlauf eines *Feeding Buzzes* oder in der extremen Nahortung). Normalerweise zeigen selbst Rufe unter 3 ms Länge bei Bartfledermäusen noch einen Myotisknick.

Eine große Verwechslungsgefahr besteht zwischen den linear abfallenden Rufen von Wimper- und Bechsteinfledermaus. Die Wimperfledermaus lässt sich nur dann klar von der Bechsteinfledermaus unterscheiden, wenn ihre Rufe über 150 kHz starten und über 36 kHz enden.

Mit kurzen Rufen der Nymphenfledermaus gibt es geringe Überschneidungen in den Rufparametern. Beachtet man jedoch die unterschiedliche Formgebung der Rufe und betrachtet man gesamte Sequenzen mit mehreren Rufen, kann eine Artverwechslung verhindert werden (siehe Kap. 2.3.2).

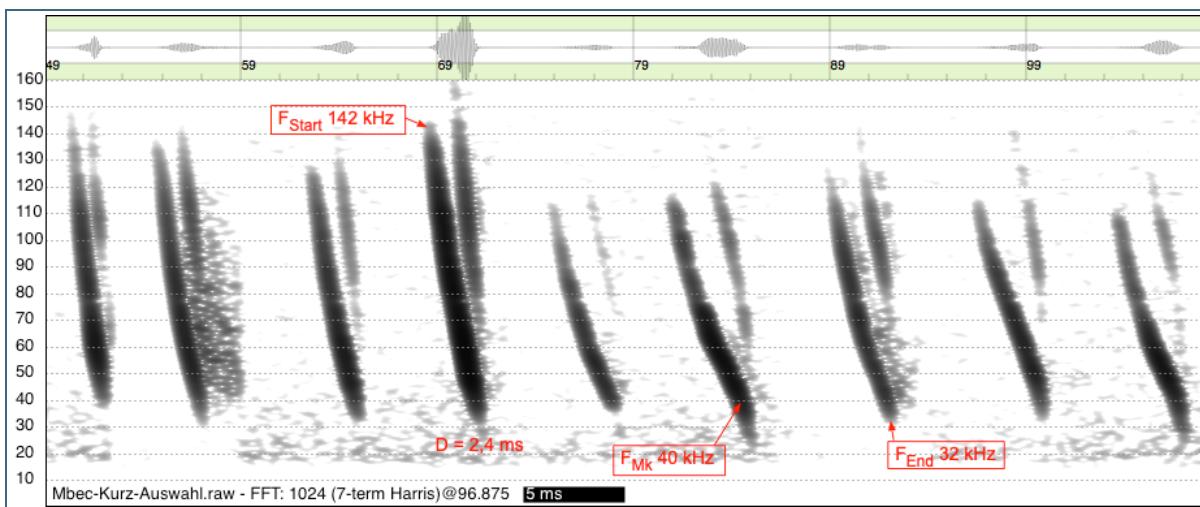


Abb. 27: Auswahl kurzer Rufe der Bechsteinfledermaus (1,5–3,5 ms)

Die **mittellangen Rufe** der Bechsteinfledermaus (Abb. 28) sind nur schwierig von den mittellangen Rufen der Bartfledermäuse zu unterscheiden, da sie in ihren Parametern breite Überschneidungsreiche aufweisen. Bartfledermäuse können nur bei Startfrequenzen über 122 kHz ausgeschlossen werden. Tendenziell ist der Myotisknick bei Rufen der Bechsteinfledermaus weniger scharf ausgeprägt als bei den Bartfledermäusen, die Bandbreite der Rufe ist etwas größer und die Form der Rufe erscheint etwas sanfter geschwungen. Dies sind jedoch keine harten Unterscheidungskriterien und können nur als Anhaltspunkte dienen. Die mittellangen Rufe der Bechsteinfledermaus können von denen der Wasserfledermaus nur dann sicher abgegrenzt werden, wenn ihre Startfrequenz über 103 kHz liegt. Rufe der Wasserfledermaus sind oftmals stärker sigmoid geschwungen.

Zur Unterscheidung von der Wimperfledermaus ist als hartes Kriterium ebenfalls nur die Startfrequenz geeignet. Uns sind keine Startfrequenzen von mittellangen Rufen der Bechsteinfledermaus über 140 kHz bekannt, die der Wimperfledermaus können dagegen im Extremfall Werte bis knapp 160 kHz erreichen. Dennoch geben auch Formunterschiede gute Hinweise auf eine Unterscheidung: Mittellange Rufe der Wimperfledermaus sind in der Regel linear abfallend und weisen äußerst selten einen Myotisknick auf, der dann auch nur schwach angedeutet ist und in der Regel etwas höher als bei der Bechsteinfledermaus liegt. Außerdem besitzen Rufe der Wimperfledermaus oftmals einen Aufwärtschwung am Rufbeginn, der bei der Bechsteinfledermaus nur selten vorkommt.

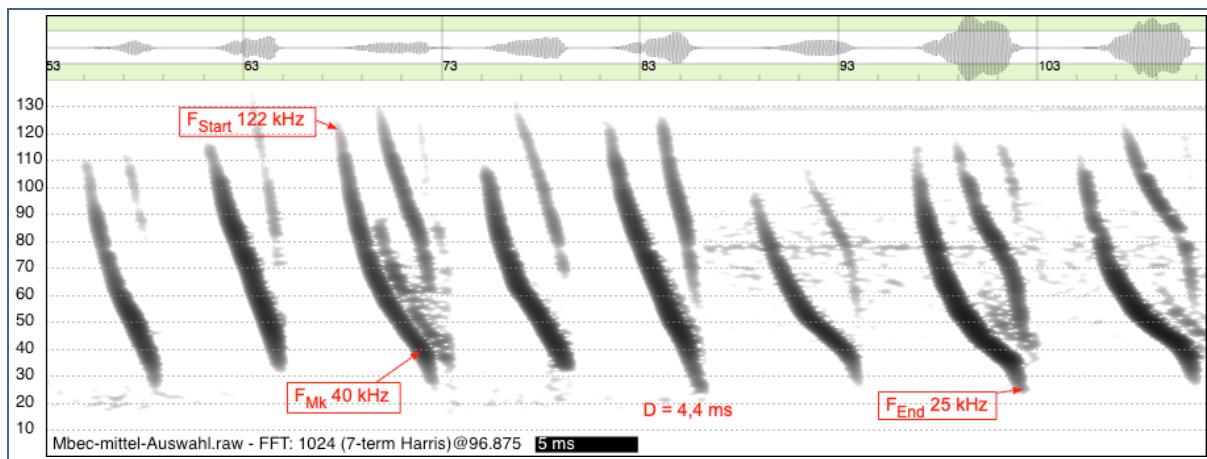


Abb. 28: Auswahl mittellanger Rufe der Bechsteinfledermaus (> 3,5–6 ms)

In offenerem Habitat kann die Bechsteinfledermaus auch **lange Rufe** von sich geben, die in Extremfällen sogar länger als acht Millisekunden sein können (Abb. 29). Damit besteht aufgrund von Überschneidungen in den Rufausprägungen (vor allem F_{Start} und F_{End}) eine Verwechslungsmöglichkeit mit den langen Rufen des Großen Mausohrs. Dessen lange Rufe enden jedoch tendenziell tiefer und zeigen oft einen scharf ausgeprägten Myotisknick, gefolgt von einem sehr kurzen Myotisschwänzchen. Außerdem sind lange Rufe des Großen Mausohrs oftmals typisch gewellt, wodurch sie von Rufen der Bechsteinfledermaus abgrenzbar sind. Weiterhin existieren Frequenzüberlappungen mit den langen Rufen der Fransenfledermaus. Da die Rufformen der langen Rufe beider Arten variabel sind, kann es zu Verwechslungen kommen.

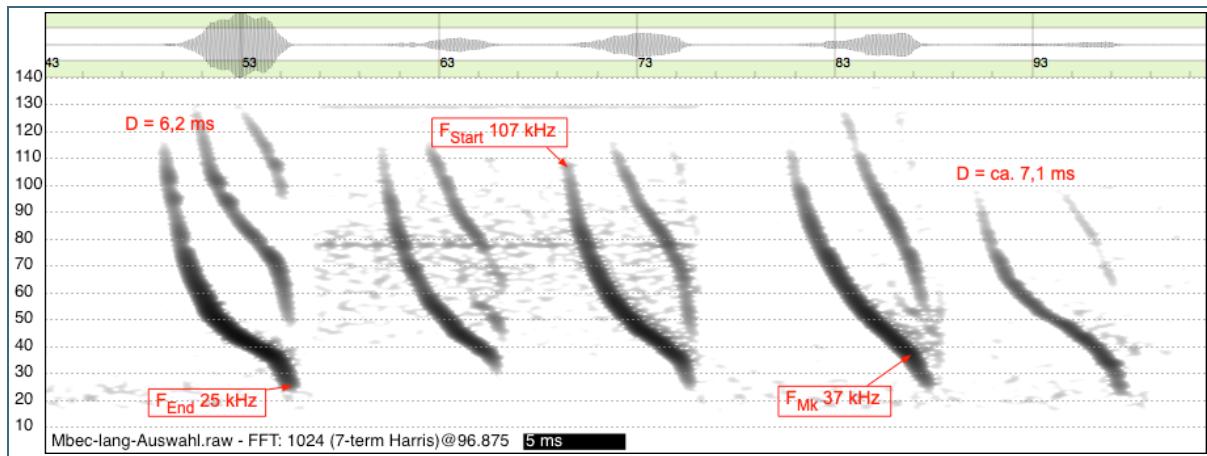


Abb. 29: Auswahl langer Rufe der Bechsteinfledermaus (> 6 ms). Beim letzten Ruf ist der Rufbeginn sehr leise, weshalb die Startfrequenz und Ruflänge nicht exakt ermittelt werden können

2.5.3 Sozialrufe

Sozialrufe von Bechsteinfledermäusen können in Quartiernähe und an Schwarmquartieren aufgenommen werden. Sie ähneln jedoch Sozialrufen anderer *Myotis*-Arten und tragen zur Artabgrenzung wenig bei, weshalb auf eine weitere Darstellung an dieser Stelle verzichtet wird.

2.5.4 Unverwechselbare Ruftypen

Unverwechselbare Ruftypen existieren unserer Erkenntnis nach aufgrund von Überschneidungen einzelner oder auch mehrerer Rufparameter mit der einen oder anderen *Myotis*-Art nur in engen Bereichen. Die Bechsteinfledermaus lässt sich daher anhand ihrer Echoortungsrufe vor allem dann identifizieren, wenn man schrittweise andere Arten ausschließen kann, wie es im nächsten Absatz beschrieben wird. Da Bechsteinfledermäuse sehr leise rufen, sind für die akustische Artbestimmung Aufnahmen guter Qualität und die Analyse mehrerer Rufe in mehreren Rufsequenzen nötig.

2.5.5 Kriterien für sicheren Nachweis

- Drei Rufsequenzen mit mindestens jeweils vier Ortungsrufen, welche die nachfolgenden Kriterien erfüllen, wenn keine Verwechslungsarten in zeitlicher Nähe (+/- 2 Min.) auftreten.
- Kurze Rufe, die über 140 kHz starten und die, wenn sie linear abfallen und keinen Myotisknick zeigen, nicht über 36 kHz enden.
- Mittellange Rufe mit Startfrequenzen unter 140 kHz und über 122 kHz.
- Lange Rufe mit Startfrequenzen über 101 kHz und einem Myotisknick über 36 kHz oder einer Endfrequenz über 27 kHz.

2.6 Die Wimperfledermaus – *Myotis emarginatus*

Schwierigkeitsgrad gemäß Tab. 1: Experte II (****)

2.6.1 Übersicht

Die Wimperfledermaus verfolgt hauptsächlich die Jagdstrategie des *Gleanings*, indem sie im langsam, wendigen Flug ihre Beute vom Substrat absammelt. Dies kann an oder sogar in dichter Vegetation von Blattoberflächen geschehen, sie wurde jedoch auch dabei beobachtet, wie sie in Kuhställen Fliegen aus dem Flug von der Decke abgriff. Vermutlich kann sie, ebenso wie die Fransenfledermaus, auch Spinnen aus ihrem Netz herausfangen.

2.6.2 Ortungsrufe

Die Variabilität in den Ortungsrufen der Wimperfledermaus liegt weniger in der Formgebung als in der Rufgröße und dem Frequenzumfang. Nahe am Echo (im *highly cluttered space*) nutzt sie kurze und linear abfallende, breitbandige Rufe. Sie können von der linearen Form abweichen und in eine dezent geschwungene Form übergehen, welche einen Myotisknick und/oder ein Knie andeutet. Bei den längeren Rufen kommt dies etwas häufiger vor. Bei guter Aufnahmehäufigkeit lässt sich am Rufanfang ein kleiner Aufschwung erkennen.

Verwechslungsmöglichkeiten bestehen vor allem in engen Überschneidungsbereichen mit Rufen von Bechstein-, Bart-, Brandt- und Nymphenfledermaus (Details in Kap. 2.6.4). Tabelle 6 zeigt die Messgrößen der verschiedenen langen Ortungsrufe und Abbildung 30 eine typische Rufsequenz.

Schumm et al. (1991) konnten noch einen weiteren Ruftyp aufnehmen, als die Tiere von ihrem Wochenstubenquartier in die Hauptjagdgebiete im Wald flogen und bei dieser Gelegenheit im offenen Luftraum Insekten im Flug fingen: Bei diesen Rufen gingen die frequenzmodulierten Rufenden in konstantfrequente (cf) Endstücke über. Diese cf-Rufenden verlängerten den Ruf bis zu einer Gesamtlänge von 7,2 ms. Der Frequenzumfang dieser Rufe ist deutlich verringert ($\bar{\phi} 51 \pm 13$ kHz SD; Spanne 20 bis 80 kHz), die Startfrequenzen liegen relativ niedrig ($\bar{\phi} 94 \pm 14$ kHz SD; Spanne 60 bis 120 kHz) und die Rufe enden im cf-Teil bei etwa 43 kHz (± 3 kHz SD; Spanne 40 bis 45 kHz).

Entsprechende Rufe liegen uns aus dem Freiland nicht vor. Die von Schumm et al. (1991) beschriebenen langen Rufe mit cf-Ende stellen eher nicht die typischen und häufigsten, in den Hauptjagdlebensräumen regelmäßig geäußerten Ruftypen, dar. Da diese selten aufgezeichneten Rufe vermutlich diverse weitere Verwechslungsmöglichkeiten mit anderen Arten generieren, beschränken wir uns an dieser Stelle auf fm-Rufe bis 6 ms Länge.

Tab. 6: Bereiche verschiedener Messgrößen der Ruftypen der Wimperfledermaus (Extremwerte in Klammern)

Ruftyp	F_{Start} (kHz)	F_{End} (kHz)	F_{Mk} (kHz) falls vorhanden	D (ms)	Verwechslungsarten	Bestimmbarkeit
fm kurz	(123)130–160(175)	(28)33–42(45)	45–50	1,8–3,5	Mbart, Mbec	teils bestimmbar
fm mittellang	(97)108–150(158)	30–45	44–52(60)	>3,5–6	Malc, Mbart, Mbec	teils bestimmbar

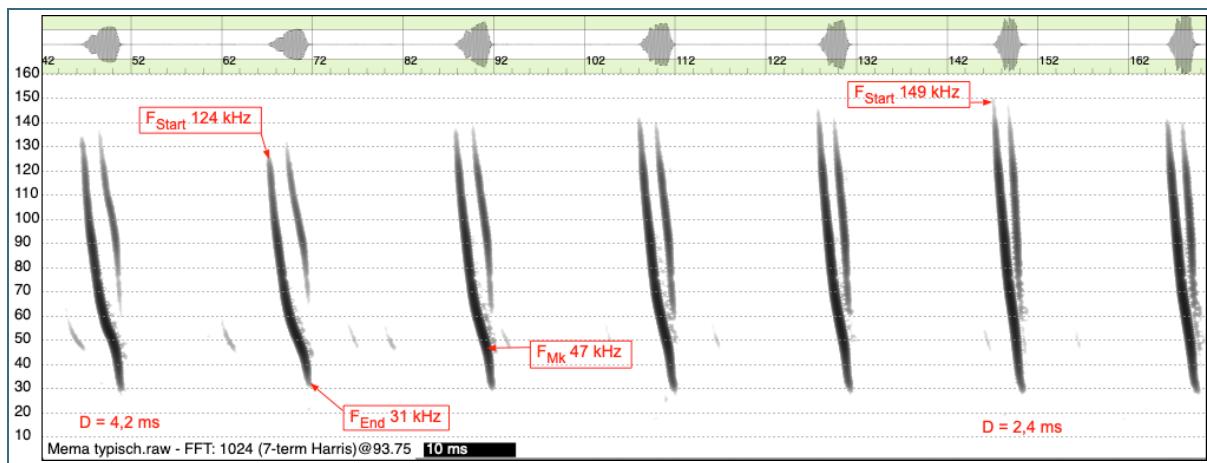


Abb. 30: Typische Sequenz der Wimperfledermaus; Rufintervalle sind verkürzt dargestellt.

Die **kurzen Rufe** der Wimperfledermaus (Abb. 31) starten meistens bei mindestens 130 kHz (nur in Einzelfällen darunter), können aber auch hohe Startfrequenzen von bis zu 175 kHz aufweisen. In der Regel fallen diese Rufe linear ab und enden oft über 30 kHz. Bei linear abfallenden Rufen, die kein Knie und keinen Myotisknick erkennen lassen, besteht eine Verwechslungsmöglichkeit mit linear abfallenden Rufen der Bechsteinfledermaus, wenn Start- und Endfrequenz im gleichen Bereich liegen.

Kurze Rufe der Wimperfledermaus können ab einer gewissen Länge (etwa 2,4 ms) einen schwach ausgeprägten Myotisknick und/oder ein angedeutetes Knie aufweisen. Eine Verwechslungsmöglichkeit besteht dann abhängig von der Lage des Myotisknicks und den Start- und Endfrequenzen mit kurzen Rufen anderer *Myotis*-Arten (Details weiter unten).

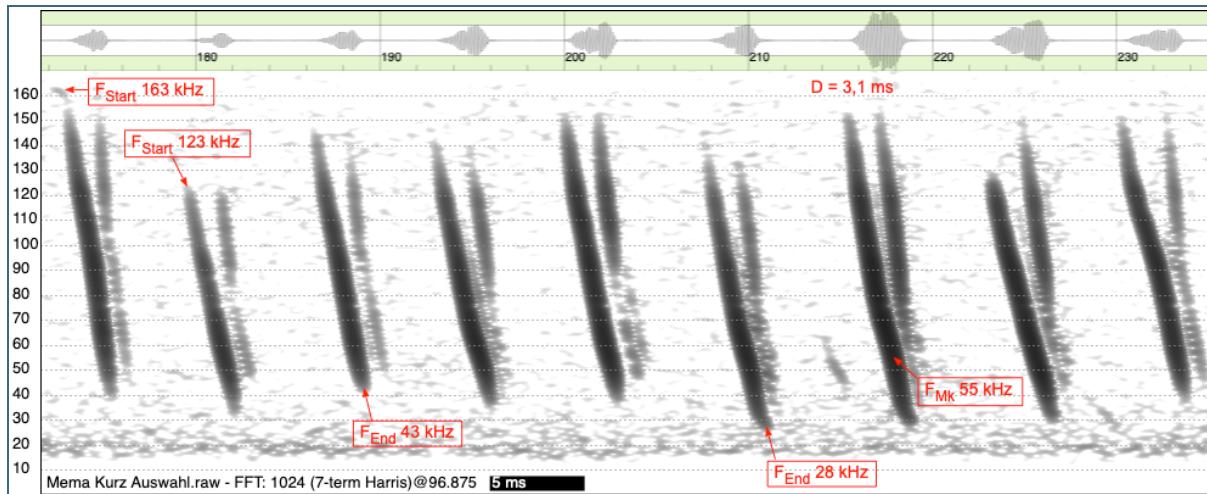


Abb. 31: Auswahl kurzer Rufe der Wimperfledermaus (1,8–3,5 ms)

Bei der Wimperfledermaus fällt auf, dass es bei den **mittellangen Rufen** zwei Formtypen gibt (Abb. 32 und 33), die allerdings fließend ineinander übergehen: Linear abfallende Rufe und gebogene Rufe mit Myotisknick und Knie. Die linear abfallenden Rufe zeigen zwar meistens keinen Myotisknick, ein Knie kann jedoch erkennbar sein. Dieses liegt in der Regel sehr hoch zwischen 70 und 110 kHz. Mittellange Rufe mit Myotisknick weichen dagegen stärker von der Linearität ab und sind gebogen. Der Myotisknick ist zwar deutlich erkennbar, aber fast nie scharf ausgeprägt.

Der lineare Typ kann wie bei den kurzen Rufen nur mit linear abfallenden mittellangen Rufen der Bechsteinfledermaus verwechselt werden, wenn Start- und Endfrequenz im gleichen Bereich liegen.

Die mittellangen, gebogenen Rufe mit Myotisknick sind mit den mittellangen Rufen mehrerer anderer *Myotis*-Arten verwechselbar (Details s. weiter unten).

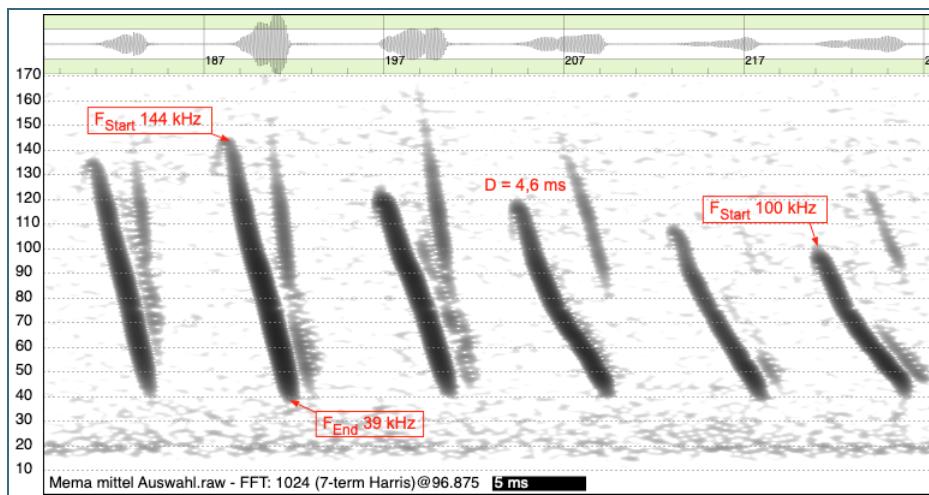


Abb. 32:
Auswahl mittellanger, linear abfallender und leicht geschwungener Rufe der Wimperfledermaus ($> 3,5\text{--}6$ ms). Charakteristisch ist bei vielen Rufen ein Aufwärtsschwung am Rufanfang.

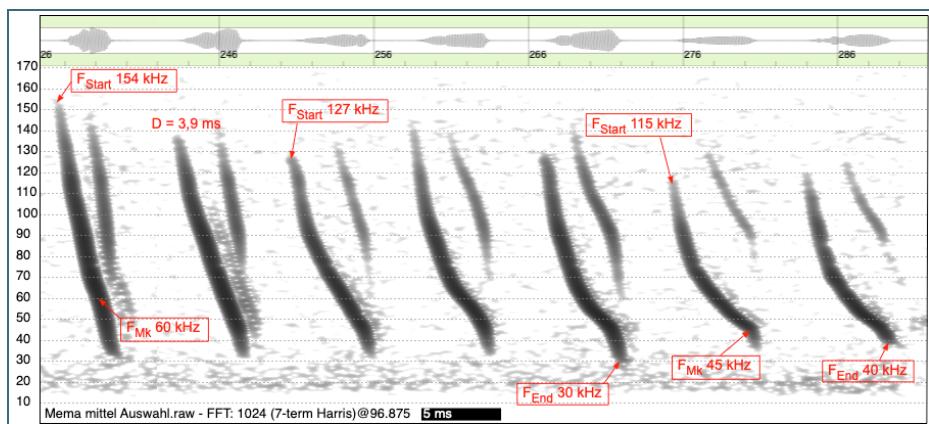


Abb. 33:
Auswahl mittellanger Rufe der Wimperfledermaus mit Myotisknick ($> 3,5\text{--}6$ ms)

2.6.3 Sozialrufe

Sozialrufe der Art spielen nach unserer Erkenntnis keine Rolle bei der akustischen Bestimmung. An und in Quartieren wurden Triller, Bogen- und Doppelrufe sowie lange gezogene, wellenförmige Rufe aufgenommen (vergleiche Russ 2021, Wimmer & Kugelschafter 2017, Middleton et al. 2014, Skiba 2009), die denen anderer *Myotis*-Arten ähneln.

2.6.4 Unverwechselbare Ruftypen

Unverwechselbar sind kurze und mittellange Rufe mit Startfrequenzen über 150 kHz, die linear abfallen und keinen Myotisknick zeigen. Bei den kurzen und mittellangen, gebogenen Rufen (mit Myotisknick und/oder Knie) lassen sich Bedingungen formulieren, anhand derer Verwechslungen mit anderen Arten ausgeschlossen werden können. Es empfiehlt sich, die Prüfung dieser Bedingungen schrittweise vorzunehmen. Mithilfe der nachfolgenden Auflistung ist ein schrittweises Ausschlussverfahren möglich:

Kurze Rufe der Wimperfledermaus können ab einer Länge von etwa 2,4 ms einen schwach ausgeprägten Myotisknick und/oder ein angedeutetes Knie aufweisen. Eine Verwechslungsmöglichkeit besteht dann mit kurzen Rufen folgender *Myotis*-Arten:

- (1) Bechsteinfledermaus, wenn $140 \text{ kHz} < F_{\text{Start}}(\text{Mema}) \leq 150 \text{ kHz}$
- (2) Bechstein-, Brandt-, und Bartfledermaus, wenn $122 \text{ kHz} < F_{\text{Start}}(\text{Mema}) \leq 140 \text{ kHz}$

Diese Verwechslungsmöglichkeiten können unter folgenden Bedingungen ausgeschlossen werden:

- Im Falle (1), wenn F_{Mk} (Mema) > 45 kHz und/oder F_{End} (Mema) > 36 kHz,
- im Falle (2), wenn F_{Mk} (Mema) > 48 kHz und/oder F_{End} (Mema) > 39 kHz,

Eine Verwechslungsmöglichkeit mittellanger Rufe mit Myotisknick und/oder Knie besteht mit mittellangen Rufen folgender *Myotis*-Arten:

- (1) Bechsteinfledermaus, wenn $122 \text{ kHz} < F_{Start}$ (Mema) $\leq 140 \text{ kHz}$
- (2) Bechstein-, Brandt- und Bartfledermaus, wenn $115 \text{ kHz} < F_{Start}$ (Mema) $\leq 122 \text{ kHz}$
- (3) Bechstein-, Brandt-, Bart- und Nymphenfledermaus, wenn $99 \text{ kHz} \leq F_{Start}$ (Mema) $\leq 115 \text{ kHz}$

Entsprechende Verwechslungsmöglichkeiten können unter folgenden Bedingungen ausgeschlossen werden:

- Im Falle (1), wenn F_{Mk} (Mema) > 46 kHz und/oder F_{End} (Mema) > 32 kHz,
- im Falle (2) mit
 - der Bechsteinfledermaus, wenn F_{Mk} (Mema) > 46 kHz und/oder F_{End} (Mema) > 32 kHz,
 - Brandt- und Bartfledermaus, wenn F_{Mk} (Mema) > 44 kHz und/oder F_{End} (Mema) > 37 kHz,
- im Falle (3) mit
 - der Bechsteinfledermaus, wenn F_{Mk} (Mema) > 46 kHz und/oder F_{End} (Mema) > 33 kHz,
 - der Brandt- und Bartfledermaus, wenn F_{Mk} (Mema) > 44 kHz und/oder F_{End} (Mema) > 37 kHz,
 - der Nymphenfledermaus, wenn F_{Mk} (Mema) > 52 kHz und/ oder F_{End} (Mema) < 36 kHz.

Die Wimperfledermaus lässt sich mit diesem Verfahren anhand ihrer Echoortungsrufe von Verwechslungsarten unterscheiden, wenn Rufsequenzen mit einer ausreichenden Anzahl an Rufen vorliegen und deren Aufnahmeequalität eine Vermessung der entscheidenden Rufparameter hinreichend gut gewährleistet.

2.6.5 Kriterien für sicheren Nachweis

- Mindestens zwei Rufsequenzen mit mindestens je sechs unverwechselbaren Ortungsrufen, wenn keine Verwechslungsarten in zeitlicher Nähe (+/- 2 Min.) auftreten.

2.7 Das Große Mausohr – *Myotis myotis*

Schwierigkeitsgrad gemäß Tab. 1: Experte I (***)

2.7.1 Übersicht

Das Große Mausohr erbeutet vorwiegend bodenaktive Insekten (z. B. flugunfähige Laufkäfer, Mistkäfer), die es sowohl im Flug als auch von Ansitzplätzen aus, vielfach auch passiv anhand ihrer Krabbelgeräusche, orten kann. Zum Fangen dieser Beute landet das Große Mausohr mit ausgebreiteten Flügeln über dem Insekt am Boden. Mausohren sind aber auch fähig, Beutetiere wie Maikäfer und Schmetterlinge im Flug zu orten und zu fangen.

2.7.2 Ortungsrufe

Die Ortungsrufe sind gattungstypisch frequenzmoduliert und können im hindernisfreien Gelände bis zu 12 ms lang werden, sind in der Regel jedoch wesentlich kürzer. Im Vergleich mit anderen *Myotis*-Arten beginnen die Rufe relativ niedrig, fallen eher linear (wenig durchgebogen) ab und zeigen ab einer gewissen Länge am Rufende einen Myotisknick mit nachfolgendem Myotisschwänzchen. Verwechslungsmöglichkeiten bestehen mit Rufen der Fransen-, Wasser- und Teichfledermaus, die mittellangen und langen Rufe ähneln manchmal Sozialrufen anderer *Myotis*-Arten und Ortungsrufen von nyctaloiden Arten. Tabelle 7 zeigt die Messgrößen der verschiedenen langen Ortungsrufe und Abbildung 34 eine typische Rufsequenz.

Tab. 7: Bereiche verschiedener Messgrößen der Ruftypen des Großen Mausohr (Extremwerte in Klammern)

Ruftyp	F _{Start} (kHz)	F _{End} (kHz)	F _{Mk} (kHz) falls vorhanden	D (ms)	Verwechslungsarten	Bestimbarkeit
fm kurz	(90)94–110(120)	(17)20–27(32)	–	2,5–3,5	Mdau	bestimmbar
fm mittel-lang	(70)90–105(120)	(16)23–25(27)	27–35(38)	>3,5–6	Mdau, Mdas, Mnat	bestimmbar
fm lang	(52)70–90(110)	17–25(27)	27–30(32)	>6–12	Sozialrufe Myotis, nyctaloid, Mdas, Mbart, Mbuc, Mnat	bestimmbar

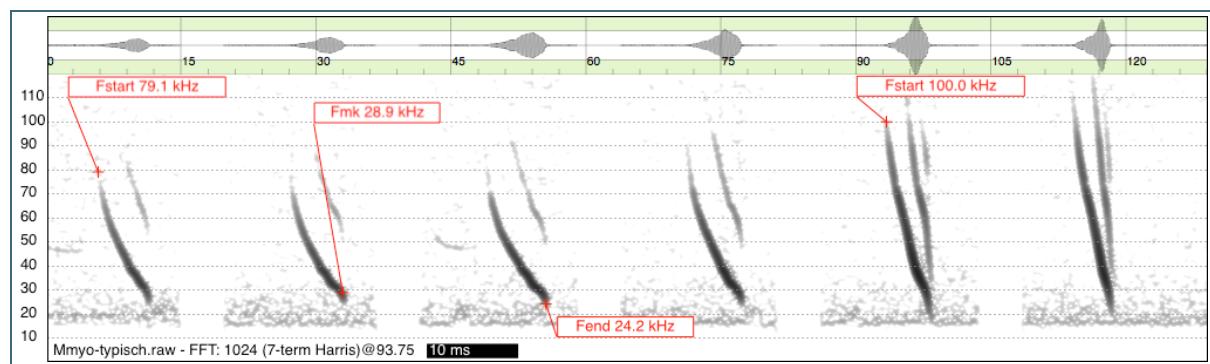


Abb. 34: Typische Sequenz des Großen Mausohr; Rufintervalle sind verkürzt dargestellt.

Kurze Rufe des Großen Mausohrs fallen linear ab und zeigen keinen Myotisknick (Abb. 35). Die Startfrequenzen liegen um 100 kHz, in Ausnahmefällen (im *highly cluttered space*) können sie bis 120 kHz ansteigen. Die Endfrequenzen können zwischen 17 und 32 kHz streuen, überschneiden sich daher mit den Endfrequenzen der Fransenfledermaus. In den meisten Fällen enden die kurzen Rufe des Großen Mausohrs jedoch zwischen 20 und 27 kHz, während die der Fransenfledermaus meist unter 20 kHz enden. Die kurzen Rufe der Fransenfledermaus starten allerdings im Regelfall deutlich höher

und zeigen oftmals eine konvexe Biegung (der Bauch der Biegung liegt rechts), so dass die Verwechslungsgefahr sehr gering ist.

Kurze Rufe des Großen Mausohrs mit Startfrequenzen ≤ 101 kHz können mit kurzen Rufen der Wasserfledermaus verwechselt werden, wenn diese linear abfallen und keinerlei Biegungen erkennen lassen und zudem im gleichen Frequenzbereich enden.

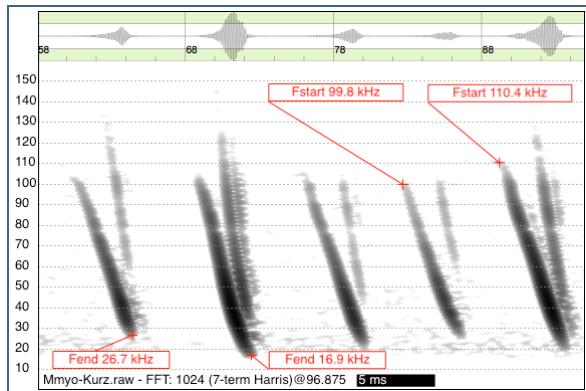


Abb. 35:
Auswahl kurzer Rufe des Großen
Mausohrs (2,5–3,5 ms)

Die Startfrequenzen von **mittellangen Rufen** des Großen Mausohrs (Abb. 36) können selten bis 120 kHz reichen, ab einer Ruflänge von 4 ms werden 100 kHz nicht mehr überschritten. Außerdem ist dann auch ein Myotisknick zwischen 27 und 35 kHz (im Extremfall bis 38 kHz) zu erkennen. Solche Rufe können mit mittellangen Rufen von Wasser- und Teichfledermaus verwechselt werden, deren Rufe auch meistens unter 100 kHz beginnen. Der Myotisknick der mittellangen Rufe der Wasserfledermaus liegt nie unter 34 kHz und ist sanfter ausgeprägt, außerdem sind sie meistens sigmoid sanft geschwungen. Die mittellangen Rufe der Teichfledermaus sind stärker durchgebogen.

Wenn mittellange Rufe des Großen Mausohrs über 102 kHz beginnen und unter 23 kHz enden, sind sie potenziell mit mittellangen Rufen der Fransenfledermaus zu verwechseln. Dies tritt jedoch in der Regel nur bei einzelnen Rufen und unseres Wissens nie über ganze Rufsequenzen hinweg auf.

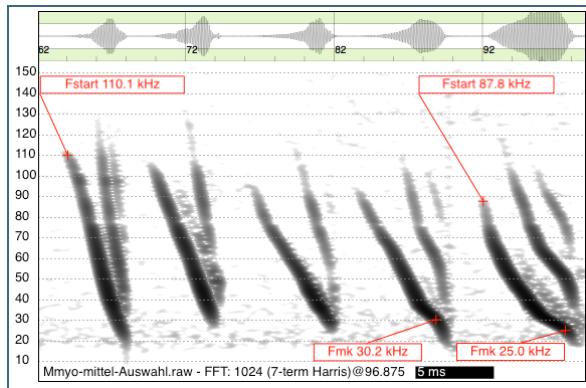


Abb. 36:
Auswahl mittellanger Rufe des
Großen Mausohrs (> 3,5–6 ms)

Die **langen Rufe** des Großen Mausohrs (Abb. 37) sind nur schwach durchgebogen und starten meistlich zwischen 70 und 90 kHz. In seltenen Fällen kann die Startfrequenz der langen Rufen 110 kHz erreichen. Unverwechselbar sind lange Rufe des Großen Mausohrs, die im Rufverlauf mehrfach geknickt sind, wodurch sie stufenförmig oder wellenartig abfallen (Abb. 37, dritter Ruf). An das recht scharf geknickte Rufende schließt sich ein kurzes Myotisschwänzchen an. Starten die Rufe bei 101 kHz oder tiefer und enden sie bei 23 kHz oder höher, können sie mit den langen Rufen der Teichfledermaus verwechselt werden. Deren Rufe sind jedoch in der Regel etwas deutlicher durchgebogen als die des Großen Mausohrs.

Bei Start- und Endfrequenzen kann es zu Überlappungen mit langen Rufen der Bechsteinfledermaus kommen (bei F_{Start} zwischen 100 und 110 kHz; bei F_{End} zwischen 20 und 27 kHz). Die langen Rufe des Großen Mausohrs enden jedoch in der Regel etwas tiefer als die der Bechsteinfledermaus. Außerdem liegt der Myotisknick bei langen Rufen der Bechsteinfledermaus bei mindestens 33 kHz und beim Großen Mausohr maximal bei 32 kHz. Bei Begutachtung gesamter Rufsequenzen ist eine Artverwechslung sehr unwahrscheinlich.

Lange Rufe von Brandt- und Bartfledermäusen können sehr ähnliche Startfrequenzen wie die langen Rufe des Großen Mausohrs zeigen. Der Überlappungsbereich liegt zwischen 70 und 88 kHz und ist damit relativ breit. Jedoch enden die Rufe des Großen Mausohrs in der Regel unter 25 kHz, nur selten können sie schon bei 27 kHz enden, wo die unterste Grenze der Endfrequenz bei Brandt- und Bartfledermaus erst beginnt. Der Myotisknick übersteigt 32 kHz unseres Wissens bei langen Rufen des Großen Mausohrs nicht, während er bei langen Rufen von Brandt- und Bartfledermaus zwischen 33 und 39 kHz liegt. Die Rufe der zwei „Bartfledermäuse“ sind darüber hinaus durch ein höher liegendes Knie mit einer größeren Steigungsänderung stärker gebogen als die des Mausohrs. Die Möglichkeit einer Artverwechslung erscheint uns sehr gering.

Bei Startfrequenzen zwischen 100 und 110 kHz können lange Rufe des Großen Mausohrs mit langen Rufen der Fransenfledermaus verwechselt werden, vor allem, wenn sie durch mehrere Knie einen wellenartigen Rufverlauf aufzeigen (Abb. 37, 3. Ruf von links). Bei sehr langen Rufen (ab etwa 10 ms) kann der finale Myotisknick und das Myotisschwänzchen in seltenen Fällen verschwinden, wodurch dann ein qcf-Rufende entsteht (Abb. 37, letzter Ruf). Solche Rufe ähneln Sozialrufen von *Myotis*-Arten und bisweilen auch Ortungsrufen nyctaloider Arten. Eine hierdurch resultierende Verwechslungsgefahr bei der Artbestimmung ist jedoch bei Betrachtung ganzer Rufsequenzen mit mehreren Rufen sehr gering.

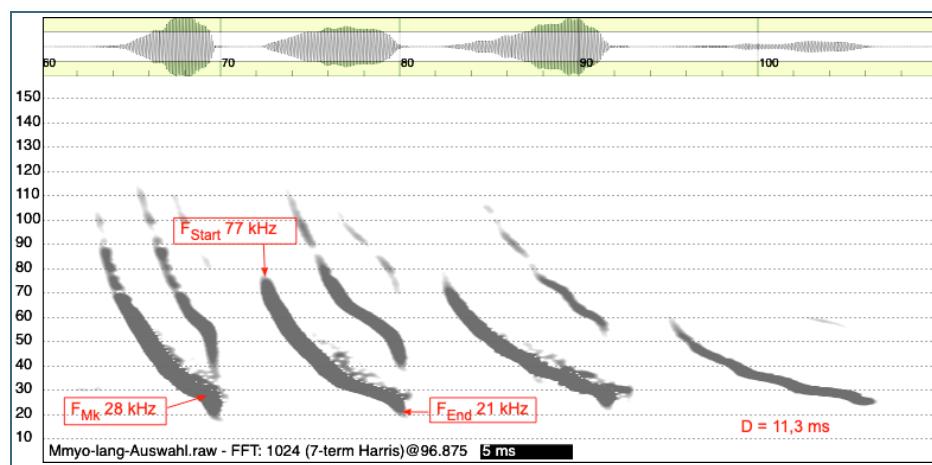


Abb. 37:
Auswahl langer Rufe
des Großen Mausohrs
(> 6–12 ms). Beachte:
Der Rufbeginn des ersten
Rufes ist sehr leise und
selbst im Oszillo-
gramm nicht mehr aus-
zumachen.

2.7.3 Sozialrufe

Während in Wochenstubenquartieren verschiedene Soziallaute geäußert werden, sind im Habitat und auch vor Schwarmquartieren sehr selten Sozialrufe des Großen Mausohrs zu vernehmen. Bestimmungsrelevant ist am ehesten ein Ruf, welcher den Bogenrufen anderer *Myotis*-Arten ähnelt, aber komplexer geformt sein kann (Abb. 38). Er wurde schon von Pfalzer (2002) als Sozialruftyp A in Wochenstubenquartieren auf Dachböden beschrieben, kann aber auch im Freiland aufgenommen werden. Dieser Sozialruf ist anfangs abwärts frequenzmoduliert und kann anschließend durchgebogen in eine Welle übergehen. Solche Rufe können zwischen 14 und 46 ms lang sein, ihre tiefste Frequenz liegt in der Regel zwischen 18 und 20 kHz. Der verhaltensbiologische Kontext ist uns nicht bekannt.

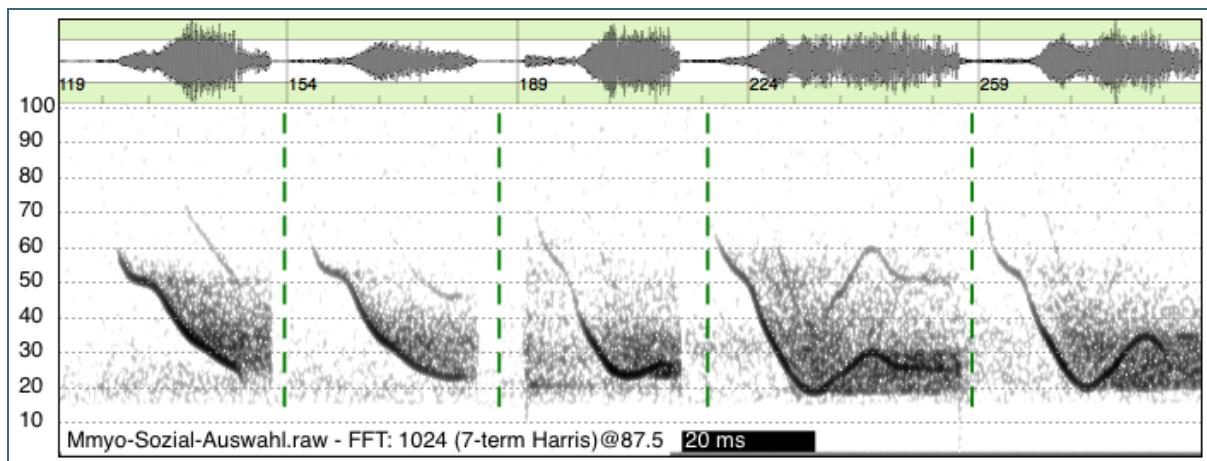


Abb. 38: Auswahl von Sozialrufen des Großen Mausohrs

2.7.4 Unverwechselbare Rufarten

Bestimmbare sind kurze, linear abfallende Rufe, die unter 120 kHz starten und/oder über 23 kHz enden und lange Rufe, die im Rufverlauf mehrfach geknickt sind. Mittellange, linear abfallende Rufe bis etwa 4 ms Länge sind bestimmbare, wenn sie über 23 kHz enden. Mittellange Rufe mit Myotisknick lassen sich:

- von mittellangen Rufen der Wasserfledermaus unterscheiden, wenn die Knickfrequenz unter 34 kHz und/oder die Endfrequenz unter 20 kHz liegt,
- von mittellangen Rufen der Teichfledermaus unterscheiden, wenn die Knickfrequenz unter 28 kHz und/oder die Endfrequenz unter 21 kHz liegt,
- von mittellangen Rufen der Fransenfledermaus unterscheiden, wenn sie nicht über 102 kHz starten und nicht unter 23 kHz enden.

Lange Rufe des Großen Mausohrs, die unter 101 kHz beginnen, sind von langen Rufen der Teichfledermaus unterscheidbar, wenn sie unter 23 kHz enden.

Diese Regeln berücksichtigen nicht die Rufformen, da sich diese mit den in diesem Leitfaden verwendeten Rufparametern nicht hinreichend beschreiben lassen. Dennoch liefern sie, zusammen mit den Messwerten, erfahrenen Rufbestimmenden wertvolle Hinweise für die Artdiagnose.

2.7.5 Kriterien für sicheren Nachweis

- Mindestens zwei Rufsequenz mit mindestens zehn unverwechselbaren Ortungsrufen, wenn keine Verwechslungsarten in zeitlicher Nähe (+/- 2 Min.) auftreten.
- Eine Rufsequenz mit mindestens fünf unverwechselbaren Ortungsrufen und eingestreutem typischen Sozialruf.

2.8 Die Fransenfledermaus – *Myotis nattereri*

Schwierigkeitsgrad gemäß Tab. 1: Laie II (**)

2.8.1 Übersicht

Die Fransenfledermaus sammelt im langsamem und äußert wendigen Flug Arthropoden vom Substrat ab. Sie kann ihre Beute durch aktive Echoortung mit hoher Auflösung mit sehr breitbandigen Rufen vor oder auf dem Hintergrund erkennen. Passive Ortung der Beutetiere spielt bei ihr keine Rolle.

2.8.2 Ortungsrufe

Die Ortungsrufe sind frequenzmoduliert, breitbandig, überwiegend kurz und leise. Durch den großen Frequenzumfang – die Rufe beginnen mindestens bei 100 kHz und enden meistens unter 20 kHz – ist die Fransenfledermaus akustisch relativ gut bestimmbar. Tabelle 8 zeigt die Messgrößen der verschiedenen langen Ortungsrufe und Abbildung 39 eine typische Rufsequenz.

Tab. 8: Bereiche verschiedener Messgrößen der Ruftypen der Fransenfledermaus (Extremwerte in Klammern)

Ruftyp	F _{Start} (kHz)	F _{End} (kHz)	F _{Mk} (kHz) falls vorhanden	D (ms)	Verwechslungsarten	Bestimmbarkeit
fm kurz	(120)135–150(185)	(10)14–23	–	2–3,5	–	bestimmbare
fm mittellang	(102)105–120(135)	14–23	23–37(41)	>3,5–6	Mmyo	bestimmbare
fm lang	(100)109–131	(14)19–25(27)	25–40(44)	>6–8	Mbec, Mmyo	teils bestimmbare

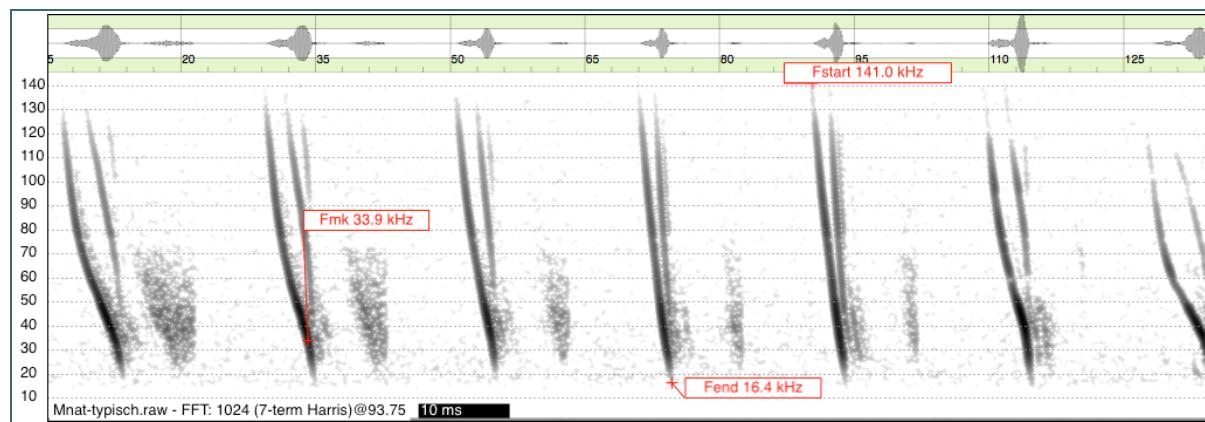


Abb. 39: Typische Sequenz der Fransenfledermaus; Rufintervalle sind verkürzt dargestellt.

Die **kurzen Rufe** der Fransenfledermaus (Abb. 40) fallen linear ab. Wenn schwache Biegungen im Rufverlauf zu erkennen sind, befinden sich diese in der Regel in der ersten Hälfte des Rufes in konvexer Ausprägung (der Bauch der Biegung liegt rechts). Die Rufe können manchmal Startfrequenzen von bis zu 185 kHz aufweisen. Solch hohe Frequenzen tragen maximal wenige Meter weit und sind bei „leisen Aufnahmen“ nicht mehr vermessbar. Sichere Rufanfänge erkennt man im Sonogramm häufig an einem kleinen Aufwärtshaken (Abb. 40, dritter Ruf und Abb. 41, zweiter Ruf). Tiefe Rufenden in Kombination mit einem hohen Frequenzumfang von über 100 kHz machen diesen Ruftyp unverwechselbar.

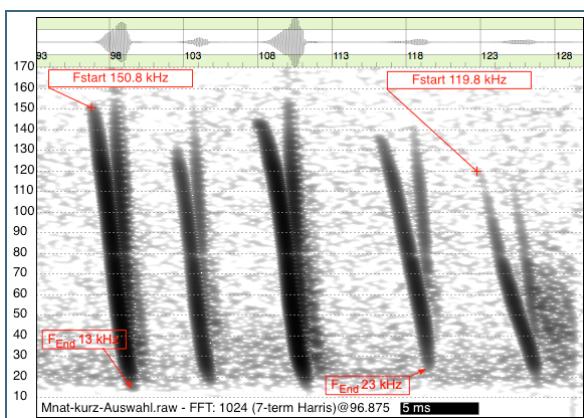


Abb. 40:
Auswahl kurzer Rufe
der Fransenfledermaus
(2–3,5 ms)

Die Startfrequenzen der **mittellangen Rufe** der Fransenfledermaus (Abb. 41) sind im Vergleich zu den kurzen Rufen niedriger, sinken dennoch nie unter 102 kHz. Am ehesten sind diese Rufe mit mittellangen Rufen des Großen Mausohrs zu verwechseln, wenn sie über 16 kHz enden und keine konvexe Formgebung aufweisen.

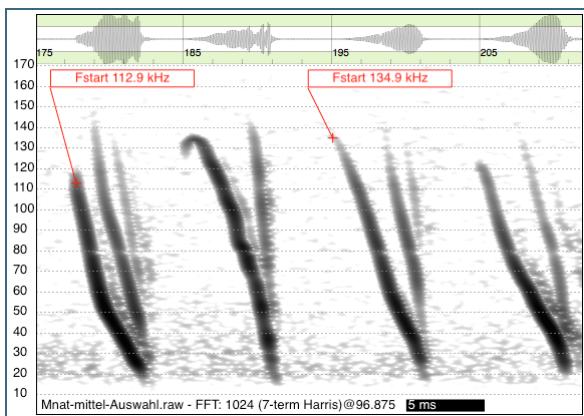


Abb. 41:
Auswahl mittellanger
Rufe der Fransenfle-
dermaus (> 3,5–6 ms)

Lange Rufe der Fransenfledermaus (Abb. 42) werden im offenen Habitat mit wenigen echoerzeugenden Hindernissen geäußert (wie etwa auf dem Transferflug ins Jagdhabitat). Sie kommen daher bei dieser bevorzugt strukturnah fliegenden Art weniger häufig als mittellange und vor allem weitaus seltener als kurze Rufe vor und werden dementsprechend seltener aufgenommen. Der Frequenzumfang der langen Rufe ist nicht mehr so groß, dennoch starten sie in der Regel immer noch über 100 kHz und enden meistens zwischen 19 und 25 kHz. Lange Rufe der Fransenfledermaus fallen nicht mehr über ihren ganzen Verlauf linear ab und zeigen in den meisten Fällen einen Myotisknick und/oder ein Knie. Ihre Form kann sehr variabel ausfallen, beispielsweise können sie:

- ohne deutliches Knie bis zum Myotisknick mehr oder weniger linear abfallen (Abb. 42, 1. Ruf)
- nach einem hoch liegenden Knick mehr oder weniger steil linear abfallen (Abb. 42, 3. Ruf)
- oder eher „gewohnte“ Rufformen mit Knie und Myotisknick aufweisen und dabei zwischen Knie und Myotisknick leicht konkav (Biegung nach links) gebogen sein.

Am ehesten sind lange Rufe der Fransenfledermaus mit denen des Großen Mausohrs und der Bechsteinfledermaus zu verwechseln, wenn sich ihre Rufparameter überschneiden.

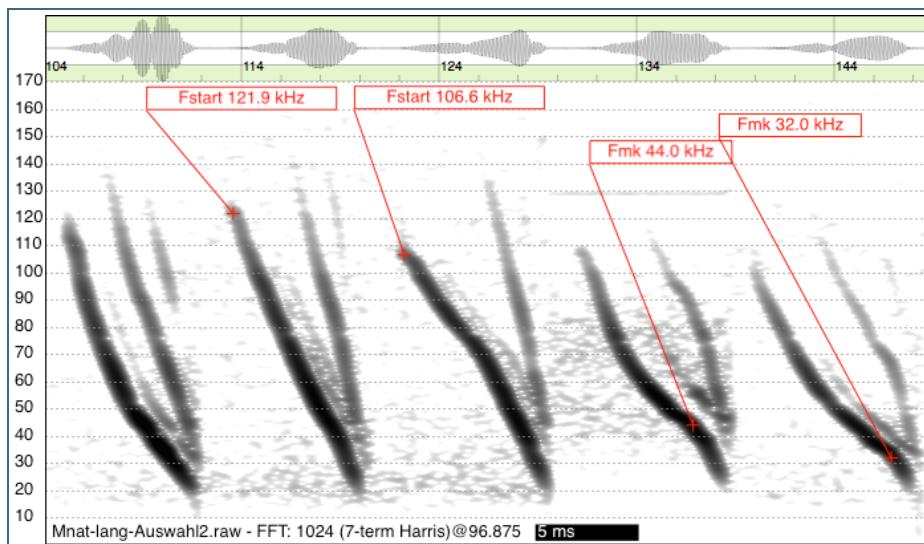


Abb. 42:
Auswahl langer Rufe
der Fransenfledermaus
(> 6–8 ms)

2.8.3 Sozialrufe

Die Fransenfledermaus besitzt ein großes Repertoire an Sozialrufen. Die Übergänge zwischen Ortung und Soziallauten ist teilweise fließend. Verschiedene Typen von Sozialrufen werden häufig variiert und kombiniert und sind nur schwierig voneinander abgrenzbar.

Am häufigsten sind ortungslautähnliche Soziallaute zu hören, die einen tiefen und flachen Endteil aufweisen (siehe Abb. 43, linker Ruf). Sie entsprechen den Bogenrufen anderer *Myotis*-Arten, sind aber extrem breitbandig und mit etwa 14 ms Länge sehr kurz. Die Lage des flachsten Teils schwankt meist um 20 kHz und die höchste Frequenz liegt immer über 100 kHz. Sehr häufig werden solche Bogenrufe mit einem nachfolgenden fm-Ruf zu Doppelrufen kombiniert. Ähnliche Doppelrufe zeigen z. B. Wasserfledermaus, Bechsteinfledermaus, Große Bartfledermaus, aber auch Zwergfledermaus und die Gattung *Nyctalus*. Die Doppelrufe der Fransenfledermaus unterscheiden sich von diesen jedoch durch ihre kurze Dauer (etwa 30 ms) und ihren großen Frequenzumfang. Die Doppelrufe können auch zu einer Welle verbunden sein und von weiteren Elementen gefolgt werden, wodurch komplexe Soziallauten entstehen. Auch solche Sozialrufe zeichnen sich dadurch aus, dass von der Grundschwingung einzelner Elemente immer wieder die 100 kHz-Marke überschritten wird.

Bogen- und Doppelrufe sind unseres Wissens charakteristisch und bestimmbar. Bei der Bestimmung von Sozialrufen der *Myotis*-Arten sollte man dennoch immer vorsichtig sein, da viele Arten recht ähnliche Typen verwenden und die Sozialrufe extrem variabel sind. Im Kontext mit Ortungsrufen können sie jedoch bei der Artdiagnose helfen.

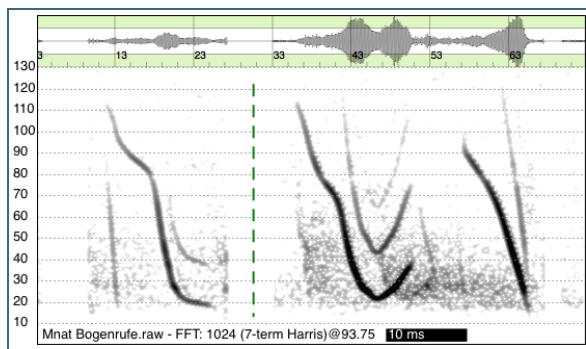


Abb. 43:
Bogenruf (links) und Doppelruf (rechts)
der Fransenfledermaus

2.8.4 Unverwechselbare Rufarten

Kurze, linear abfallende Ortungsrufe (gegebenenfalls mit angedeuteter konvexer Biegung) mit einer Startfrequenz über 120 kHz, die bis unter oder nahe an 20 kHz reichen, sind unverwechselbar. Mittellange Ortungsrufe sind unverwechselbar, wenn sie konkav gebogen sind. Zeigen sie dieses Merkmal nicht, kann man sie nur mit Startfrequenzen über 120 kHz oder Endfrequenzen unter 16 kHz zweifelsfrei von mittellangen Ortungsrufen des Großen Mausohr unterscheiden. Lange Ortungsrufe sind unverwechselbar, wenn sie über 120 kHz starten oder unter 17 kHz enden. Liegt ihre Startfrequenz unter 120 kHz, sind sie nur unverwechselbar, wenn gleichzeitig ihre Endfrequenz unter 17 kHz liegt. Bogen- und Doppelrufe sind bestimmbar, wenn $F_{\text{Max}} > 100 \text{ kHz}$ und $F_{\text{Min}} \leq 20 \text{ kHz}$.

2.8.5 Kriterien für sicheren Nachweis

- Eine Rufsequenz mit mindestens einem kurzen Ortungsruf.
- Mindestens eine Rufsequenz mit mindestens drei unverwechselbaren Ortungsrufen, wenn keine Verwechslungsarten in zeitlicher Nähe (+/- 2 Min.) auftreten.
- Eine Rufsequenz mit mindestens einem unverwechselbaren Ortungsruf und eingestreutem typischen Sozialruf.

3 Zusammenfassende Bestimmungshilfen

Die übliche Vorgehensweise bei der Rufbestimmung sollte folgendem Schema folgen:

1. Sonogrammeinstellungen prüfen (FFT-Fenster, Überlappung, et cetera, siehe Teil 1).
2. Überblick über die aufgenommene Rufsequenz verschaffen:
 - a. Wurden mehrere Arten aufgezeichnet?
 - b. Rufen mehrere Individuen der gleichen Art? Dies lässt sich oftmals an einer stochastischen Verteilung der Rufabstände erkennen.
 - c. Enthält die Sequenz Sozialrufe, Rufe in der Annäherungsphase oder *Final Buzzes*?
3. Beurteilung der Aufnahmeequalität:
 - a. Ist diese für eine Bestimmung ausreichend?
 - b. Gibt es Bereiche mit gut aufgenommenen Rufen?
 - c. Gibt es Echoauslösungen oder sonstige Artefakte?
4. Auswahl der zu vermessenden Rufe.
5. Ermittlung der Rufdauer in den Rufsequenzen und Einteilung in kurze, mittellange, lange und gegebenenfalls extralange Rufe.
6. Ermittlung der Start- und Endfrequenzen.
7. Betrachtung der Rufform: Sind Myotisknie, -knick oder -schwänzchen erkennbar? Falls ja, Frequenz bestimmen.
8. Einbeziehung vorheriger und nachfolgender Sequenzen desselben Tieres in die Analyse.
9. Auftreten von Verwechslungsarten in zeitlicher Nähe.

Die nachfolgenden Tabellen 9–12 fassen die in den einzelnen Artkapiteln beschriebenen Rufparameter zusammen und sollen eine rasche Orientierung bieten. Die Abbildungen 44–46 visualisieren diese Messwerte.

Tab. 9: Bereiche verschiedener Messgrößen kurzer Rufe und Verwechslungsarten (Extremwerte in Klammern)

Kurze Rufe	F_{Start} (kHz)	F_{End} (kHz)	F_{Mk} (kHz)	D (ms)	Verwechslungsarten
Mdau	(73)82–100(101)	(22)25–32(36)	(35)40–46	1,5–3,5	Mdas, Mbart
Mdas	(70)75–90(93)	(25)26–30	32–36	2,4–3,5	Mdau, Mbart
Malc	(93)100–129(135)	(35)36–47(52)	(43)45–55(56)	1,4–3,5	Mbart, Ppip
Mbart	(90)105–128(140)	(23)25–36(39)	(35)43–46(48)	1,5–3,5	Mdau, Mdas, Malc, Mbec, Mem
Mbec	(114)125–140(150)	(24)28–34(36)	(37)38–45	1,5–3,5	Mbart, Mem
Mem	(123)130–160(175)	(28)33–42(45)	45–50	1,8–3,5	Mbart, Mbec
Mmyo	(90)94–110(120)	(17)20–27(32)	–	2,5–3,5	Mnat
Mnat	(120)135–150(185)	(10)14–23	–	2–3,5	–

Tab. 10: Bereiche verschiedener Messgrößen mittellanger Rufe und Verwechslungsarten (Extremwerte in Klammern)

Mittellange Rufe	F_{Start} (kHz)	F_{End} (kHz)	F_{MK} (kHz)	D (ms)	Verwechslungsarten
Mdau	(70)82–89(103)	(20)26–30(38)	(34)40–44(48)	>3,5–6	Mdas, Mbart, Mbec, Mmyo
Mdas	(65)72–97(103)	(21)22–32	(28)32–37	>3,5–6	Mdau, Mbart, Mmyo
Malc	(88)94–120(123)	(36)38–46(48)	(43)45–50(52)	>3,5–5(5,5)	Mbart, Mema
Mbart	(72)86–115(122)	(20)25–34(37)	(33)35–42(44)	>3,5–6	Mdau, Mdas, Malc, Mbec, Mema
Mbec	(99)110–130(140)	(21)23–27(32)	(35)38–43(46)	>3,5–6	Mdau, Mbart, Mema
Mema	(97)108–150(158)	30–45	44–52(60)	>3,5–6	Malc, Mbart, Mbec
Mmyo	(70)90–105(120)	(16)23–25(27)	27–35(38)	>3,5–6	Mdau, Mdas, Mnat
Mnat	(102)105–120(135)	14–23	23–37(41)	>3,5–6	Mmyo

Tab. 11: Bereiche verschiedener Messgrößen langer Rufe und Verwechslungsarten (Extremwerte in Klammern)

Lange Rufe	F_{Start} (kHz)	F_{End} (kHz)	F_{MK} (kHz)	D (ms)	Verwechslungsarten
Mdau	(60)80–91	(20)25–37	(33)34–38(43)	>6–8	Mdas, Mbart
Mdas	66–95(101)	(23)24–31	(27)30–36	>6–8	Mdau, Mbart, Mmyo
Mbart	(70)75–88	27–31	33–39	>6–8	Mdau, Mdas, Mmyo
Mbec	(100)106–116	(20)23–30	(33)34–38(42)	>6–9,1	Mmyo, Mnat
Mmyo	(52)70–90(110)	17–25(27)	27–30(32)	>6–12	Sozialrufe Myotis, nyctaloid, Mdas, Mbart, Mbec
Mnat	(100)109–131	(14)19–25(27)	25–40(44)	>6–8	Mbec, Mmyo

Tab. 12: Bereiche verschiedener Messgrößen extrem langer Rufe und Verwechslungsarten (Extremwerte in Klammern)

Extrem lange Rufe	F_{Start} (kHz)	F_{End} (kHz)	F_{MK} (kHz)	D (ms)	Verwechslungsarten
Mdas	(38)41–78(86)	(23)25–33	(29)30–36	>8–21(23)	–

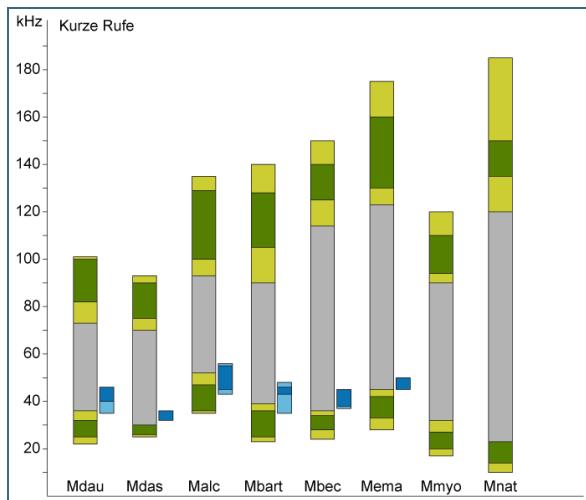


Abb. 44: Parameter kurzer Rufe: Kernbereiche der Start- und Endfrequenzen in dunkelgrün, seltener auftretende Extremwerte in hellgrün; Kern- und Extremfrequenzbereiche des Myotisknicks in dunkel- und hellblau.

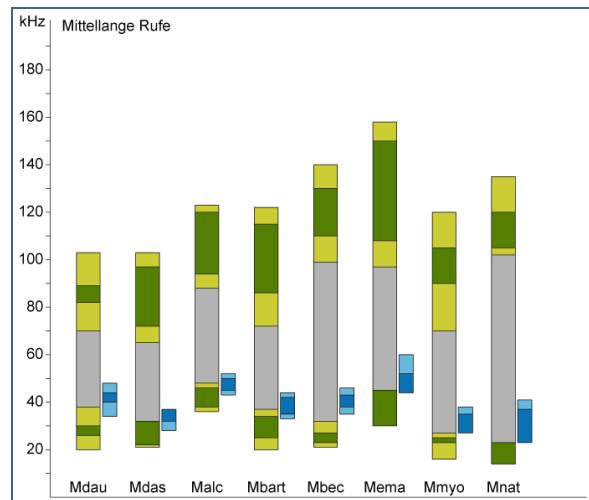


Abb. 45: Parameter mittellanger Rufe: Kernbereiche der Start- und Endfrequenzen in dunkelgrün, seltener auftretende Extremwerte in hellgrün; Kern- und Extremfrequenzbereiche des Myotisknicks in dunkel- und hellblau.

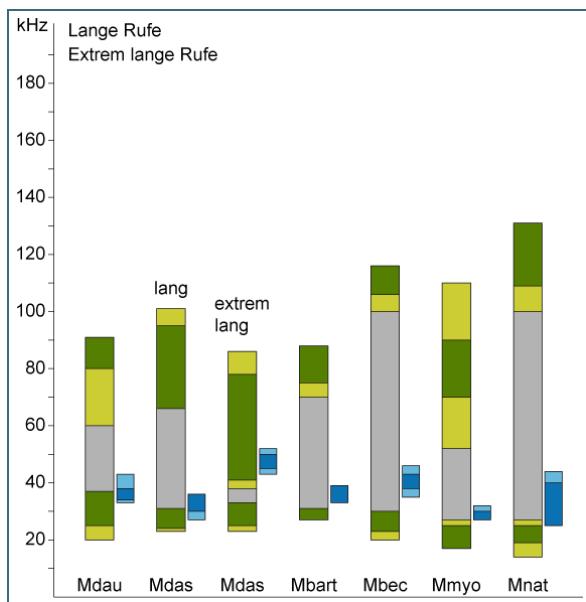


Abb. 46:
Parameter langer und extrem langer Rufe: Kernbereiche der Start- und Endfrequenzen in dunkelgrün, seltener auftretende Extremwerte in hellgrün; Kern- und Extremfrequenzbereiche des Myotisknicks in dunkel- und hellblau.

4 Literatur

- Hafner, J., Dietz, C., Schnitzler H.-U. & A. Denzinger (2015). Das Echoortungsverhalten der Nymphenfledermaus *Myotis alcathoe*. – In *Verbreitung und Ökologie der Nymphenfledermaus* – Tagungsband, Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg, pp. 27–34.
- Middleton, N., Froud, A. & K. French (2014). Social Calls of the Bats of Britain and Ireland. – Pelagic Publishing, Exeter, UK.
- Pfalzer, G. (2002). Inter- und intraspezifische Variabilität der Sozialrufe heimischer Fledermausarten (Chiroptera: Vespertilionidae). – Mensch & Buch Verlag, Berlin.
- Russ, J. (2021). Bat Calls of Britain and Europe: A Guide to Species Identification. – Pelagic Publishing, Exeter, UK.
- Schumm, A., Krull, D. & G. Neuweiler, G. (1991). Echolocation in the notch-eared bat, *Myotis emarginatus*. – Behav Ecol Sociobiol 28, 255–261.
- Skiba, R. (2009). Europäische Fledermäuse – Kennzeichen, Echoortung und Detektoranwendung. – 2., aktualisierte und erweiterte Auflage. Die Neue Brehm-Bücherei Bd. 648, Vestarp Wissenschaften, Hohenwärdsleben.
- Wimmer, B. & K. Kugelschafter (2017). Akustische Erfassung von Fledermäusen in unterirdischen Quartieren. – GRIN Verlag.



Eine Behörde im Geschäftsbereich
Bayerisches Staatsministerium für
Umwelt und Verbraucherschutz

