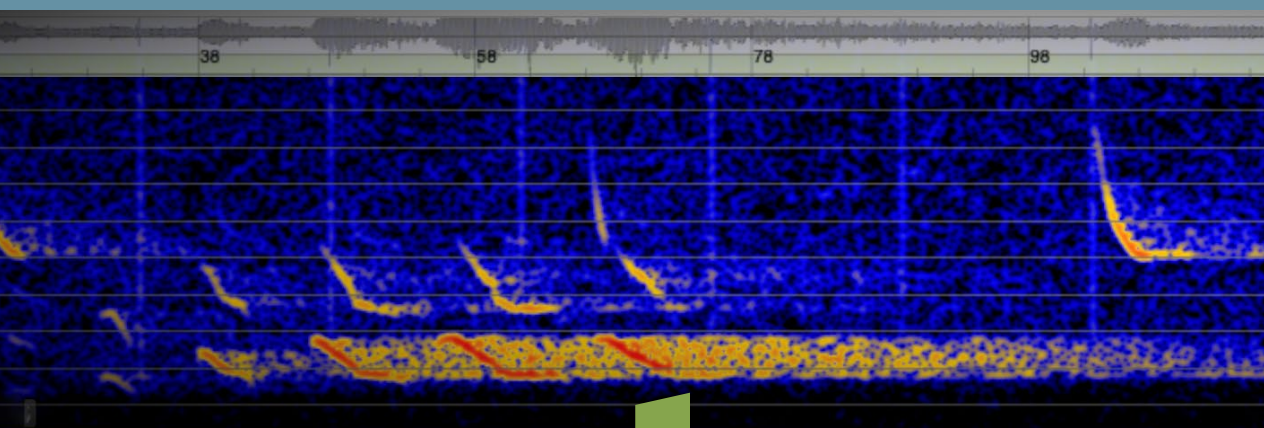




Bestimmung von Fledermausrufaufnahmen und Kriterien für die Wertung von akustischen Artnachweisen

*Teil 1 – Gattungen Nyctalus, Eptesicus, Vespertilio,
Pipistrellus (nyctaloide und pipistrelloide Arten),
Mopsfledermaus, Langohrfledermäuse und
Hufeisennasen Bayerns*



natur



Bestimmung von Fledermausrufaufnahmen und Kriterien für die Wertung von akustischen Artnachweisen

***Teil 1 – Gattungen Nyctalus, Eptesicus, Vespertilio,
Pipistrellus (nyctaloide und pipistrelloide Arten),
Mopsfledermaus, Langohrfledermäuse und
Hufeisennasen Bayerns***

Impressum

Bestimmung von Fledermausrufaufnahmen und Kriterien für die Wertung von akustischen Artnachweisen

Teil 1 – Gattungen Nyctalus, Eptesicus, Vespertilio, Pipistrellus (nyctaloide und pipistrelloide Arten), Mopsfledermaus, Langohrfledermäuse und Hufeisennasen Bayerns

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:

Ulrich Marckmann

NycNoc GmbH, Himmelreichstr. 8, D-96052 Bamberg

Burkard Pfeiffer

Koordinationsstelle für Fledermausschutz in Nordbayern, Institut für Tierphysiologie, Universität Erlangen-Nürnberg, Staudtstraße 5, D-91058 Erlangen

Redaktion:

Bernd-Ulrich Rudolph, LfU, Referat 55

Titelbild

Sonagramm eines Sozialrufes (Trillers) der Rauhauffledermaus und von Ortungsrufen einer hoch rufenden Zwergfledermaus

Stand:

Juni 2020

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 Parteinahme 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. 089 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

Vorwort	7
1 Grundlagen	8
1.1 Computergestützte Rufanalyse	8
1.1.1 Darstellung der Rufe	8
1.2 Übersicht über die Fledermausrufe	12
1.2.1 Ruftypen und Variabilität von Ortungsrufen	12
1.2.2 Fanglaute	15
1.2.3 Soziallaute	16
1.3 Vermessung von Fledermausrufen	18
1.4 Anwendung der Kriterien	23
1.4.1 Erläuterung der Begriffe	23
1.4.2 Schwierigkeitsstufen und Bestimmungstiefe	24
1.4.3 Behandlung von Ergebnissen aus Programmen zur automatischen Artbestimmung	26
1.4.4 Voraussetzungen für die Anwendung der Lautbestimmungskriterien	26
1.4.5 Vorgehensweise in der Praxis	28
2 Bestimmungskriterien für Arten und Gruppen	29
2.1 Der Große Abendsegler – <i>Nyctalus noctula</i>	30
2.1.1 Übersicht	30
2.1.2 Ortungsrufe	30
2.1.3 Sozialrufe	32
2.1.4 Unverwechselbare Ruftypen	33
2.1.5 Kriterien für den Artnachweis	33
2.2 Der Kleinabendsegler – <i>Nyctalus leisleri</i>	34
2.2.1 Übersicht	34
2.2.2 Ortungsrufe	34
2.2.3 Sozialrufe	36
2.2.4 Unverwechselbare Ruftypen	37
2.2.5 Kriterien für den Artnachweis	37
2.3 Die Zweifarbfledermaus – <i>Vespertilio murinus</i>	38
2.3.1 Übersicht	38

2.3.2	Ortungsrufe	38
2.3.3	Sozialrufe	40
2.3.4	Unverwechselbare Rufe	40
2.3.5	Kriterien für den Artnachweis	40
2.4	Die Breitflügelfledermaus – <i>Eptesicus serotinus</i>	41
2.4.1	Übersicht	41
2.4.2	Ortungsrufe	41
2.4.3	Sozialrufe	43
2.4.4	Unverwechselbare Rufe	44
2.4.5	Kriterien für den Artnachweis	44
2.5	Die Nordfledermaus – <i>Eptesicus nilssonii</i>	45
2.5.1	Übersicht	45
2.5.2	Ortungsrufe	45
2.5.3	Sozialrufe	47
2.5.4	Unverwechselbare Rufe	48
2.5.5	Kriterien für den Artnachweis	48
2.6	Die Alpenfledermaus – <i>Hypsugo savii</i>	49
2.6.1	Übersicht	49
2.6.2	Ortungsrufe	49
2.6.3	Sozialrufe	51
2.6.4	Unverwechselbare Ruftypen	52
2.6.5	Kriterien für den Artnachweis	52
2.7	Die Weißbrand- und die Rauhautfledermaus – <i>Pipistrellus kuhlii</i> und <i>P. nathusii</i>	53
2.7.1	Übersicht	53
2.7.2	Ortungsrufe	53
2.7.3	Sozialrufe	56
2.7.4	Unverwechselbare Ruftypen	58
2.7.5	Kriterien für den Artnachweis	58
2.8	Die Zwergfledermaus – <i>Pipistrellus pipistrellus</i>	59
2.8.1	Übersicht	59
2.8.2	Ortungsrufe	59

2.8.3	Sozialrufe	61
2.8.4	Unverwechselbare Ruftypen	62
2.8.5	Kriterien für den Artnachweis	62
2.9	Die Mückenfledermaus – <i>Pipistrellus pygmaeus</i>	63
2.9.1	Übersicht	63
2.9.2	Ortungsrufe	63
2.9.3	Sozialrufe	65
2.9.4	Unverwechselbare Ruftypen	66
2.9.5	Kriterien für den Artnachweis	66
2.10	Das Braune und das Graue Langohr – <i>Plecotus auritus</i> und <i>P. austriacus</i>	67
2.10.1	Übersicht	67
2.10.2	Ortungsrufe	67
2.10.3	Sozialrufe	69
2.10.4	Unverwechselbare Ruftypen	70
2.10.5	Kriterien für den Artnachweis	70
2.11	Die Mopsfledermaus – <i>Barbastella barbastellus</i>	71
2.11.1	Übersicht	71
2.11.2	Ortungsrufe	71
2.11.3	Sozialrufe	73
2.11.4	Unverwechselbare Ruftypen	74
2.11.5	Kriterien für Artnachweis	74
2.12	Die Große Hufeisennase – <i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	75
2.12.1	Übersicht	75
2.12.2	Ortungsrufe	75
2.12.3	Sozialrufe	75
2.12.4	Unverwechselbare Ruftypen	76
2.12.5	für den Artnachweis	76
2.13	Die Kleine Hufeisennase – <i>Rhinolophus hipposideros</i>	77
2.13.1	Übersicht	77
2.13.2	Ortungsrufe	77
2.13.3	Sozialrufe	78

2.13.4	Unverwechselbare Ruftypen	78
2.13.5	Kriterien für den Artnachweis	78
3	Abschließende Bemerkungen	79
4	Literatur	79
5	Anhang	81

Vorwort

Neue **Techniken zur Aufnahme und Auswertung der Ultraschallrufe von Fledermäusen** haben in den letzten zehn Jahren zu einem Boom dieser Erfassungsmethode geführt. Automatisierungen der Analyse und Auswertung führen dazu, dass bestimmte Untersuchungen der Fledermausfauna wie z. B. akustische Langzeiterfassungen und die Überwachung schwierig zu erreichender Standorte erst möglich werden (z. B. Gondeln von Windenergieanlagen). Die daraus resultierende Fülle neuer Daten und die Verlockungen einer automatisierten Auswertung machen es zwingend notwendig, **Kriterien** aufzustellen, wie solche akustischen Nachweise von Fledermäusen fachlich zu werten und somit naturschutzfachlich zu bewerten sind.

Fledermäuse haben wie auch andere Säugetiere ein unterschiedliches **Repertoire an Lautäußerungen**, das je nach Verhaltens- oder Umgebungssituation variiert. Die Qualität eines aufgezeichneten Rufes hängt außerdem von physikalischen und atmosphärischen Umständen ab, und darüber hinaus gibt es große Überlappungen im Rufrepertoire mancher Arten. Daraus folgt: Nicht alle Rufe der verschiedenen Fledermausarten sind einfach zu bestimmen, vielfach ist es sogar unmöglich. Dieser Leitfaden soll allen Anwendern im Umgang mit **akustischen Nachweisen** helfen, eigene Messungen selbstkritisch oder vorgelegte Aufzeichnungen kritisch zu prüfen. Es werden charakteristische Ruftypen der Arten vorgestellt, die anhand **objektiv messbarer Kriterien** sicher bestimmbar sind. Sind diese Voraussetzungen erfüllt, kann ein **akustischer Artnachweis als gesichert** angesehen werden. Es ist nicht die Intention dieses Leitfadens, methodische Hinweise für die Auswertung von akustischen Untersuchungen oder für die Beurteilung der Aktivitäten der Fledermäuse am Standort der Aufnahmen zu geben. Hierzu siehe zum Beispiel die ausführliche Publikation von Runkel & Gerdes (2016).

Dieser Leitfaden ist die Fortführung der „**Kriterien für die Wertung von Artnachweisen basierend auf Lautaufnahmen**“ (Hammer et al. 2009). Im Gegensatz zur Vorgängerversion enthält er keine speziellen Kriterien zum Umgang mit automatisch generierten Artbestimmungen, die z. B. mit den Programmen **batIdent** (Firma ecoObs, Nürnberg) oder **batScope** (Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL) erstellt wurden. Da ihre **Fehleranfälligkeit** hoch ist, müssen automatisch generierte Artdiagnosen grundsätzlich überprüft werden. Das gilt auch für die automatischen Bestimmungsergebnisse von Arten, die relativ zuverlässig durch die automatische Analyse erkannt werden. Diese sollten zumindest stichprobenartig auf ihre Richtigkeit überprüft werden. Im Vergleich zu den bisherigen „Kriterien für die Wertung von Artnachweisen basierend auf Lautaufnahmen“ (Hammer et al. 2009) werden in dieser neuen Version nicht nur charakteristische Rufe, sondern die **verschiedenen Ruftypen der Arten** möglichst umfassend beschrieben. Nutzen Arten verschiedene Ruftypen, werden diese in den Artkapiteln getrennt behandelt und dargestellt, um auch gattungsübergreifend eine bessere Vergleichbarkeit zu schaffen. Soweit **charakteristische Sozialrufe** bekannt sind, werden auch diese beschrieben. Um einen möglichst vollständigen Überblick über das Rufrepertoire der Arten zu vermitteln, werden zusätzlich häufige aber unbestimmbare Sozialrufe im Anhang dargestellt.

Es werden nahezu alle in Mitteleuropa heimischen Fledermausarten behandelt. So werden auch Arten wie die Teichfledermaus aufgeführt, die bisher (noch) nicht in Bayern nachgewiesen wurden. Dadurch ist der Leitfaden in ganz Deutschland und dem nördlichen Europa anwendbar. Arten mit südeuropäischem Verbreitungsschwerpunkt, die zum Teil aufgrund des Klimawandels ihr Areal nach Norden erweitern, sind nur berücksichtigt worden, wenn sie sich nördlich der Alpen bereits etabliert haben (Alpenfledermaus, Weißrandfledermaus). Arten, die bislang keine starke Ausbreitungstendenz nach Norden erkennen lassen, werden nicht berücksichtigt (Langflügelfledermaus, Alpenlangohr, Europäische Bulldoggfledermaus, Mittelmeer-Hufeisennase, Kleines Mausohr).

1 Grundlagen

Die Anwendung der Kriterien erfolgt durch eine Vermessung der Fledermausrufe am Computer mit Hilfe von Signalanalyseprogrammen. Man spricht trotzdem von einer manuellen Bestimmung, da die Messwerte im Gegensatz zur vollautomatisierten Analyse mit dem Messcursor vom Anwender visuell ermittelt werden müssen und die Bestimmung nicht mittels statistischer Diskriminierungsalgorithmen erfolgt. Somit liegt die abschließende Artdiagnose in der Verantwortung des Bearbeiters. Die nächsten Kapitel erläutern die hierfür notwendigen Grundlagen der Signalanalyse.

1.1 Computergestützte Rufanalyse

Neben speziellen Programmen, die zur Vermessung von Fledermausrufen entwickelt wurden, können auch unspezifische **Soundanalyseprogramme** genutzt werden, sofern sie die hohen Frequenzen der Ultraschallaufzeichnungen verarbeiten können. Die folgenden Programme werden zur Analyse von Fledermausrufen häufig genutzt (ohne Anspruch auf Vollständigkeit):

- batSound (Pettersson Elektronik AB)
- bcAnalyze (ecoObs GmbH)
- batScope (Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, WSL)
- batExplorer (Elekon AG)
- SASLab Pro (Avisoft Bioacoustics)

Nicht alle Programme haben die gleiche Funktionalität. Einige sind für die Auswertung spezieller Soundformate entwickelt worden, die exklusiv von bestimmten Aufnahmegeräten genutzt werden. Es empfiehlt sich daher, die Spezifikationen der Programme vor dem Kauf zu vergleichen. Einige Programme können automatisch Messwerte ermitteln. Diese müssen jedoch manuell überprüfbar sein, da es zu Fehlmessungen kommen kann.

1.1.1 Darstellung der Rufe

Die einfachste Darstellung von Schall ist das **Oszillogramm**. Hier werden die Signale als Ausschläge um eine Null-Linie abgebildet. Dieser Graph gibt die Änderung des **Schalldrucks über die Zeit** wieder und ist optimal, um die **Länge** eines Fledermausrufes zu messen.

Um die beteiligten Frequenzen zu ermitteln, wird üblicherweise die **Fast Fourier Transformation (FFT)** genutzt (siehe Runkel & Gerding 2016 für detailliertere Erklärungen). Über weitere Berechnungen kommt man zum **Spektrum**, welches die Verteilung der Schallintensität über die Frequenzen abbildet. Diese Darstellung wird genutzt, um die lauteste Frequenz des Rufes, die **Hauptfrequenz** (Frequenz maximaler Energie) abzulesen. Im Unterschied zum Spektrum, das keine zeitliche Information beinhaltet, bildet das **Sonogramm** den Verlauf der Frequenzen über die Zeit ab (Abb. 1). Die Lautstärke der Frequenzbereiche ist im Sonogramm farblich oder in Graustufen abgestuft dargestellt.

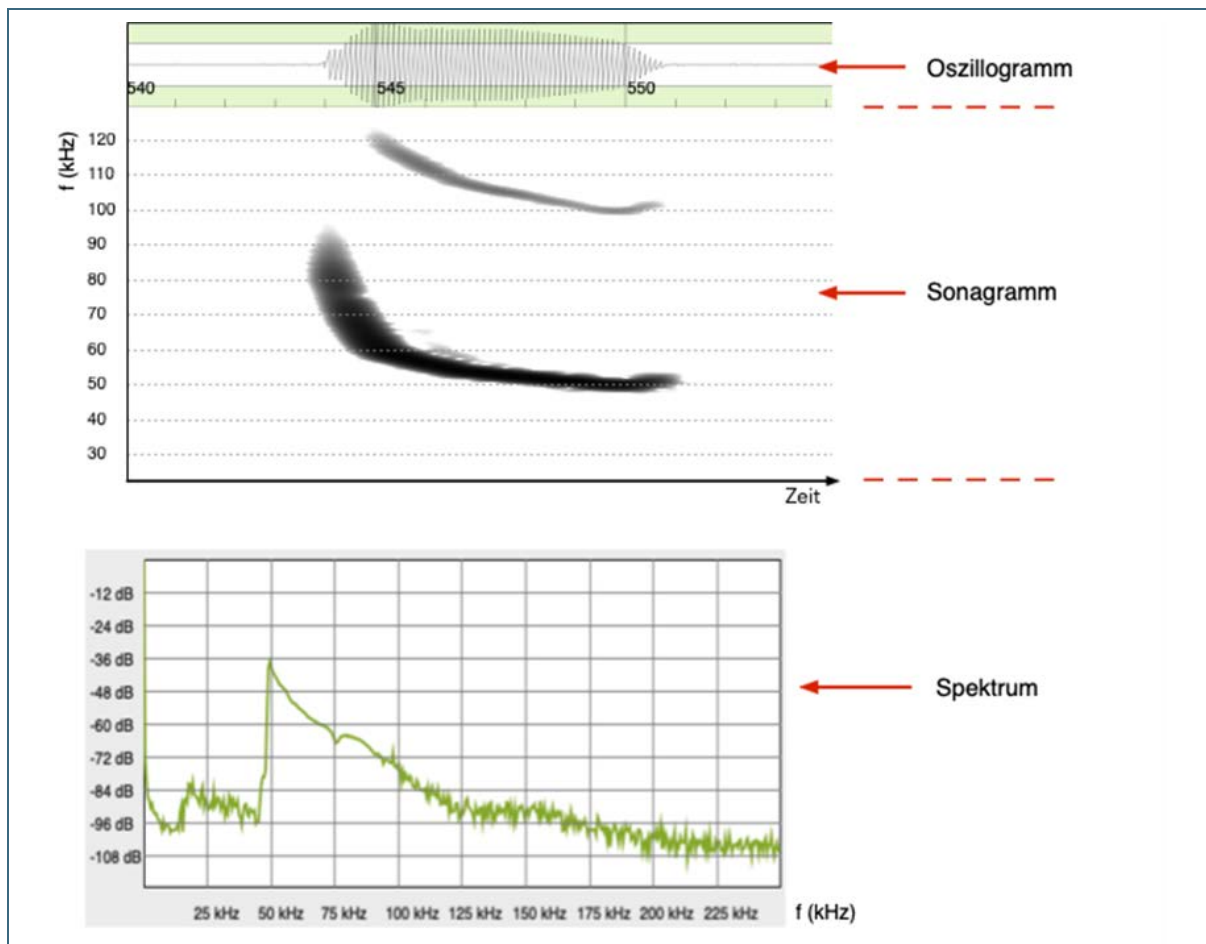


Abb. 1: Darstellung eines Rufes als Oszillogramm, Sonagramm und Spektrum

Als Standardeinstellung zur Darstellung der Sonagramme wird eine **FFT-Fenstergröße und -Überlappung** empfohlen (Harris-Fenster), die den Ruf weder zu gestaucht noch zu weit auseinandergezogen abbildet (Abb. 1). Als Faustregel ist ein Ruf dann gut abgebildet, wenn seine „Höhe“ ungefähr der Länge entspricht.

Um eine Wiedererkennung der Formen von Rufen zu gewährleisten, sollten die entsprechend geeigneten Einstellungen beibehalten werden. Als Standardeinstellung wird eine FFT von 1024 mit einer Überlappung von 96 % empfohlen (Harris-Fenster). Bei kurzen, frequenzmodulierten Signalen (z. B. Nahortungsrufe der Zwergfledermaus, *Myotis*-Arten) kann es sinnvoll sein, von dieser Standardeinstellung abzuweichen, um den Ruf abzubilden (Kopsinis et al. 2010). Um beispielsweise eine bessere Zeitauflösung zu erhalten, kann die FFT auf 512 erniedrigt werden (Abb. 2). Grundsätzlich ist es wichtig, ein möglichst großes Fenster (in den Programmen FFT-Größe genannt) und eine hohe Überlappung zu wählen.

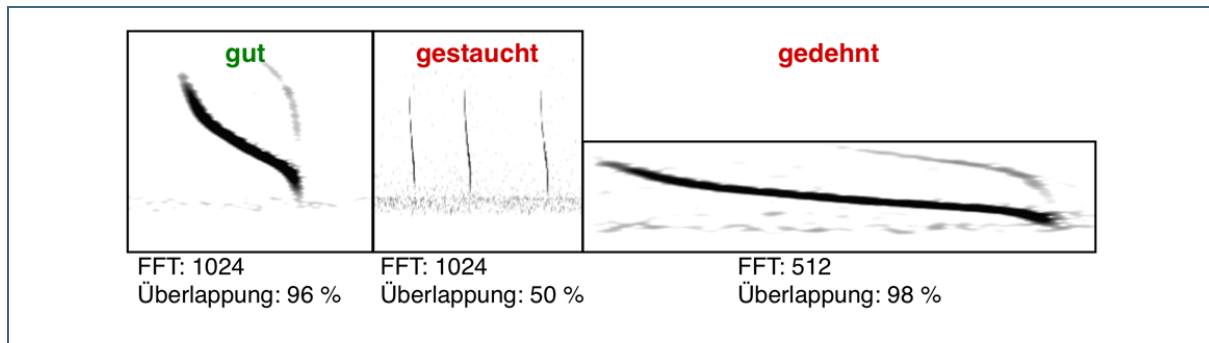


Abb. 2: Linkes Sonagramm: Optimale Darstellung eines in der Frequenz abfallenden Rufes; mittlere und rechte Abbildung: ungeeignete Darstellungen

Um die Form der Rufe besser vergleichen zu können, sollte man für ähnliche Ruftypen immer die gleichen Sonagrammeinstellungen wählen. Die folgenden Faktoren beeinflussen die Darstellung eines Signals im Sonagramm und müssen entsprechend berücksichtigt werden (siehe auch Runkel & Gerding 2016):

- Die bei der Erstellung des Sonagramms eingestellte „sample rate“ muss der des Aufnahmege­r­äts entsprechen, da andernfalls die Frequenzen nicht korrekt dargestellt werden.
- Farbe und Kontrast beeinflussen die Messbarkeit von Parametern im Sonagramm. Sie sollten so eingestellt werden, dass gerade noch das Hintergrundrauschen erkennbar ist.

Die Erstellung von Sonagrammen unterscheidet sich teilweise stark zwischen verschiedenen Sig­nal­analyseprogrammen. Bezeichnungen für Einstellparameter und Funktionalitäten können erheblich voneinander abweichen. Auch wenn vergleichbare Parameter gewählt werden, kann das Aussehen der Sonagramme deutlich voneinander abweichen. Gegebenenfalls muss der Nutzer etwas experi­mentieren, um optimale und vergleichbare Einstellungen zu finden.

In der Artbeschreibung dieses Leitfadens wurden alle Sonagramme mit bcAnalyze und größtenteils mit folgenden Einstellungen erstellt (Abb. 3). Die Einstellungen sind in jedem Sonagramm am unteren Rand notiert:

- kurze, frequenzmodulierte Rufe bis etwa 8 ms Länge: FFT-Größe 1024, 96,875 % Überlap­pung, „7th-term Harris“ Fenster,
- lange Rufe über 8 ms Länge: FFT-Größe 1024, 93,75 % Überlappung, „7th-term Harris“ Fens­ter

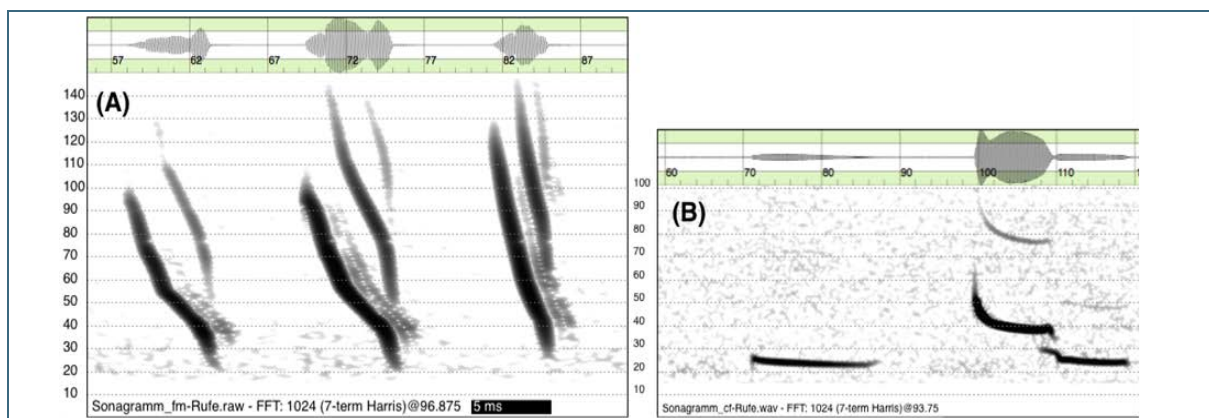


Abb. 3: Empfohlene Sonagrammeinstellungen für das Programm bcAnalyze für (A) kurze, frequenzmodulierte Rufe und (B) lange fast konstantfrequente Rufe: (A) FFT-Größe 1024, 7th-term Harris Fenster, 96,875 % Überlappung (B) FFT-Größe 1024, 7th-term Harris Fenster, 93,75 % Überlappung

Bei den nachfolgenden nyctaloiden und pipistrelloiden Arten werden die Sonagramme der qcf- und fm-qcf-Rufe mit einer FFT von 1024 und einer Überlappung von 93,75 % dargestellt. Die kürzeren fm-Rufe werden mit einer Überlappung von 96,875 % dargestellt, um sie mit Sonagrammen von fm-Rufen der *Myotis*-Arten vergleichen zu können. Die Einstellungen von Soziallauten können weiter abweichen, damit sie sinnvoll dargestellt werden können.

Ohne hinreichend hohe **Aufnahmequalität** kann ein Ruf nicht gut dargestellt und ausgewertet werden. Die Aufnahmequalität hängt zunächst von einigen situationsbedingten Faktoren wie der Lautstärke der eingehenden Rufe (also von der Entfernung der Fledermaus zum Mikrofon), der Richtung der Schallkeule, der Flugrichtung des Tiers (Doppler-Effekt), der Abschwächung durch Vegetation und andere Hindernisse (Clutterness) und von der Witterung ab (z. B. Luftfeuchte). In technischer Hinsicht ergibt sich die Güte des Signals vor allem aus dem **Signal-Rausch-Abstand**, der abhängig vom Gerät ist und nicht beeinflusst werden kann. Je größer die Amplitude (Lautstärke) des Rufes im Vergleich zum Hintergrundrauschen ist, desto höher ist die Signalqualität. Dieser Abstand ist im Oszillogramm erkennbar. Als grobe Faustformel kann man sagen, dass die Amplitude der Rufe das 10-fache des Rauschens betragen sollte.

Die **Stärke des Rauschens** im Vergleich zu einem definierten Signal ist abhängig von der Aufnahmetechnik. Getrennt davon muss die **Verstärkung des Systems** betrachtet werden. Wird ein Signal verstärkt, betrifft dies das Rauschen und den Fledermausruf gleichermaßen. Sinnvoll ist bei Aufnahmen eine Einstellung, bei der das Rauschen im Oszillogramm gut sichtbar, aber nicht zu hoch ist (etwa 2–5 % des Maximalausschlags). Eine übertriebene Verstärkung bietet keine Vorteile und führt häufig zu übersteuerten Fledermausrufen. Eine Übersteuerung entsteht, wenn das Mikrofonsignal lauter ist als dies der Dynamikumfang des Gerätes beim Speichern der Datei erlaubt. Im Oszillogramm erkennt man, dass die Schwingungen an der Begrenzung „anstoßen“ und abgeschnitten werden (Abb. 4).

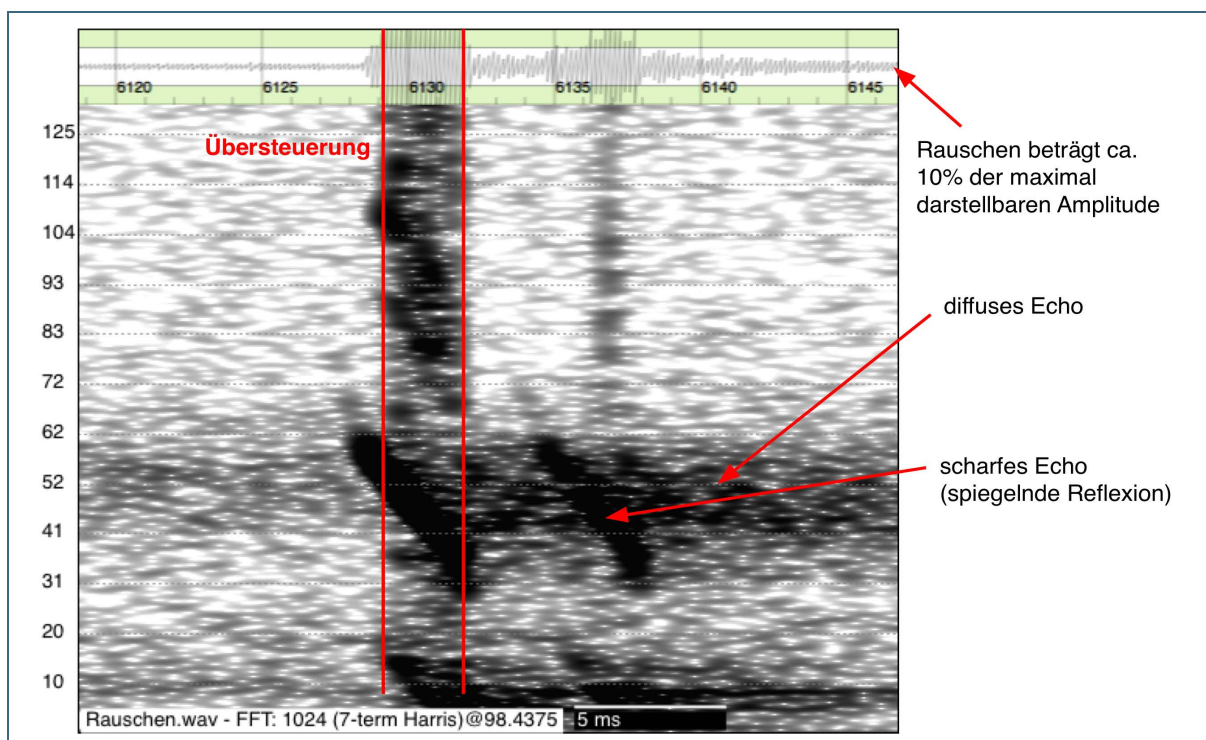


Abb. 4: Sonagrammdarstellung eines Rufes in einer schlechten Aufnahme. Die Amplitude des Rauschens ist im Verhältnis zum Ruf sehr hoch. Dieser ist zusätzlich übersteuert, wodurch eine Rauschbande (waagrecht) entsteht. Der vordere Teil dieses *Myotis*-Rufes ist nur als leichter Schatten zu erahnen. Zudem überlagern laute Echos teilweise den Ruf.

Ruf überlagernde Echos sollten vermieden werden, da hierdurch die Rufenden, insbesondere bei flachen Rufen maskiert werden. Bei der Aufnahme sollte sich daher das Gerät möglichst hoch über dem Boden und nicht zu nahe an anderen reflektierenden Strukturen befinden. Der Schall muss direkt das Mikrofon erreichen können. Wird das Gerät/Mikrofon zum Schutz vor Wasser in Kisten eingebaut oder mit einem sonstigen Regenschutz versehen, resultiert dies häufig in nicht auswertbaren Aufnahmen (Runkel & Gerding 2016).

1.2 Übersicht über die Fledermausrufe

1.2.1 Ruftypen und Variabilität von Ortungsrufen

Fledermausrufe verschiedener Arten unterscheiden sich insbesondere hinsichtlich der Lautstärke, der genutzten Frequenzen, sowie der Dauer und des Frequenz-Zeit-Verlaufs. Diese Unterschiede sind Anpassungen an die Jagdstrategie, an die Struktur des bevorzugten Habitats, an bestimmte Flug- und Verhaltenssituationen und an Art und Größe der Beute. Während die Lautstärke des Originalrufes anhand einer Aufnahme nicht mehr rekonstruierbar ist (außer man kennt den genauen Aufenthaltsort der Fledermaus bei jedem Ruf), können die übrigen Parameter aus den Signalen ermittelt werden.

Die Ortungslaute der einheimischen Fledermausarten sind tonal. Das heißt, dass der gesamte Ruf von einer Frequenz (Hauptfrequenz) dominiert wird. Diese kann von der Fledermaus situationsabhängig variiert werden. Manchmal sind zusätzlich ein oder mehrere Obertöne erkennbar, die einem Vielfachen der Grundschiwingung (1. Harmonische) entsprechen (Abb. 5). In der Regel ist die Grundschiwingung deutlich lauter als ihre Obertöne. Nur die Hufeisennasen (*Rhinolophus*) betonen den ersten Oberton (2. Harmonische). Für die Messung von Frequenzparametern ist nur die jeweils lauteste Harmonische entscheidend.

Die Rufe einiger Arten zeigen ausgeprägte Obertöne, die teilweise genauso laut oder sogar lauter als ihre Grundschiwingungen sind (z. B. innerhalb der Gattungen *Plecotus* und *Rhinolophus*; vgl. Abb. 5). In der Literatur wird das Vorhandensein von deutlichen Obertönen häufig als bestimmungsrelevant angesehen. In der Praxis ist dieses Merkmal jedoch nur bedingt hilfreich, da die Rufe fast aller Arten Obertöne beinhalten, die auch aufgezeichnet werden, sofern das Tier nahe genug am Mikrofon ruft. Außerdem wird die Intensität von Obertönen stark von physikalischen und technischen Faktoren wie z. B. der atmosphärischen Abschwächung (Lufttemperatur, Luftfeuchte) und dem Mikrofonfrequenzgang beeinflusst. Es können auch künstliche Harmonische im Aufnahmegerät (Abb. 6) oder durch die Bearbeitung am Computer entstehen. Folglich sind Vergleiche mit Literaturangaben nur möglich, wenn die exakt gleiche Aufnahmeausrüstung eingesetzt wird und während der Aufnahme gleiche Bedingungen herrschen.

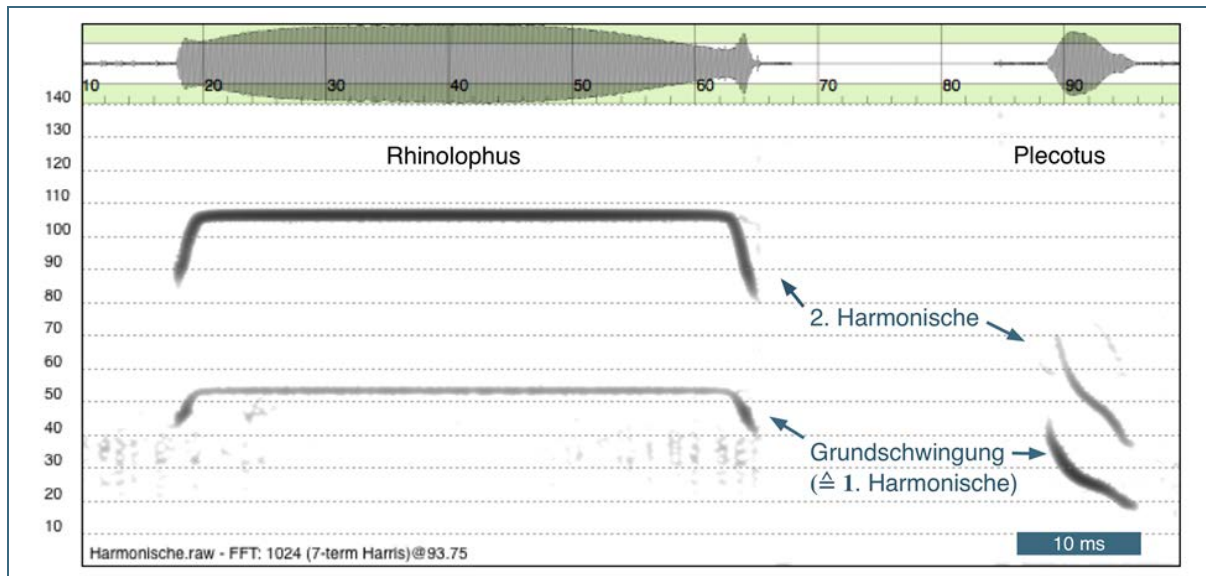


Abb. 5: Die Gattungen *Rhinolophus* und *Plecotus* nutzen Rufe mit ausgeprägten Obertönen. Bei den Hufeisennasen ist die 2. Harmonische (erster Oberton) sogar lauter als die Grundschiwingung

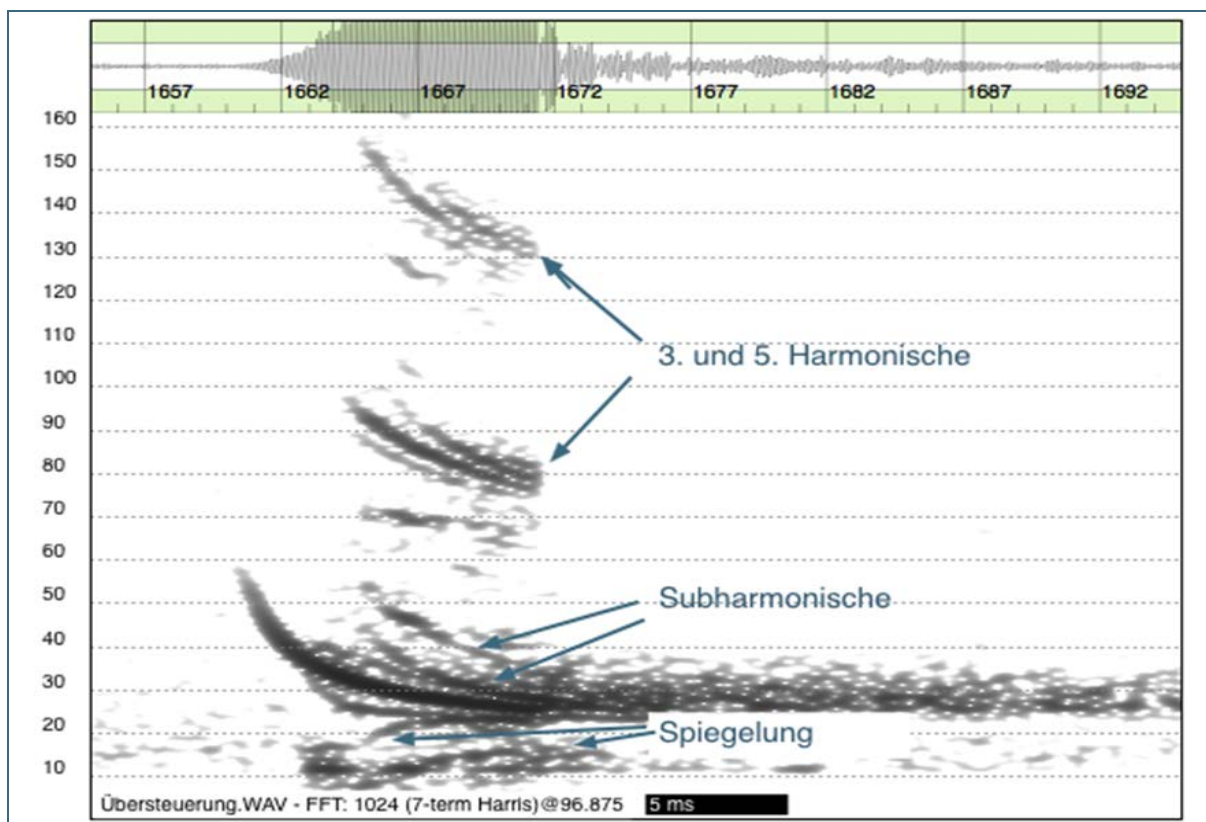


Abb. 6: Falsche Harmonische (Subharmonische: Unterton eines Obertons) und weitere Artefakte (z. B. Spiegelung) durch Übersteuerung bei der Aufnahme.

Entsprechend ihrer Form kann man **verschiedene Ruftypen** der Ortungsrufe unterscheiden (Abb. 7):

Konstantfrequente Rufe (constant-frequency = cf) liegen vor, wenn sich über den Rufverlauf die Frequenz nicht ändert. In Mitteleuropa ist dies vor allem bei den Hufeisennasen der Fall, obwohl man bei ihnen streng genommen von fm-cf-fm Rufen sprechen müsste, da der lange konstantfrequente mittlere Bereich von einem kurzen frequenzmodulierten Aufwärtsschwung begonnen und mit einem kurzen frequenzmodulierten Abwärtsschwung beendet wird.

Arten der Gattungen *Nyctalus*, *Vespertilio*, *Pipistrellus* und *Hypsugo* nutzen häufig Rufe, die nicht völlig konstantfrequent sind, sondern im Rufverlauf minimal abfallen. Hier spricht man von **quasi-konstantfrequenten Rufen (qcf)**.

Arten, die im offenen Luftraum qcf-Rufe nutzen, passen ihre Rufe in engeren Flugräumen an, da hier vermehrt Echos auftreten: Die Signale werden kürzer und höherfrequent. Am Rufbeginn findet sich dann ein steil in der Frequenz abfallender Teil. Diesem frequenzmodulierten (fm) Anfang folgt ein flacher qcf-Teil. Diese Form nennt man **fm-qcf Ruf**.

In besonders engen Flugräumen und dicht an Strukturen können fast alle Arten Rufe erzeugen, die gar keinen qcf-Teil mehr beinhalten. Es handelt sich dann um reine **fm-Laute**. Arten der Gattungen *Myotis* und *Plecotus* nutzen diesen Ruftyp fast ausschließlich.

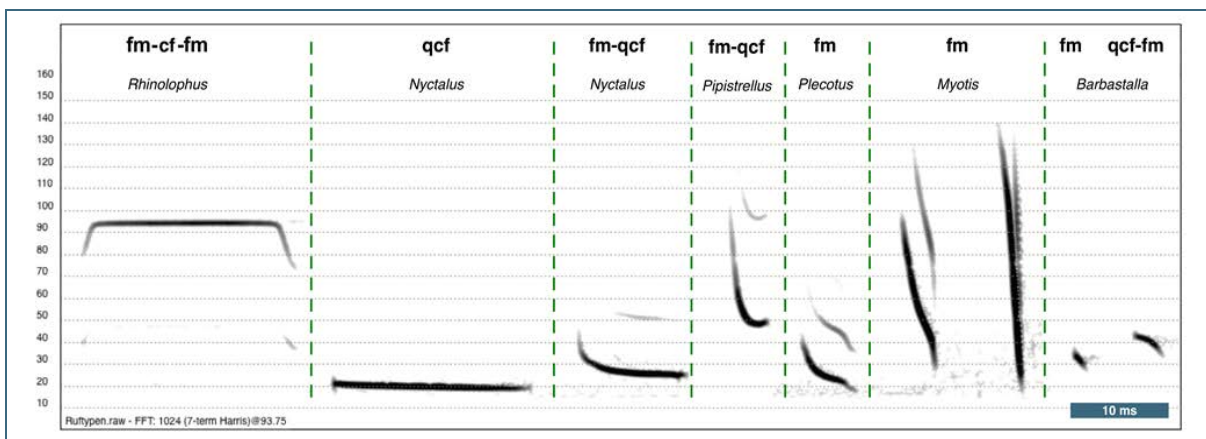


Abb. 7: Verschiedene Ruftypen von heimischen Fledermausgattungen und ihre Zuteilung zu den Ruftypen

Die **Mopsfledermaus** (*Barbastella barbastellus*) ist ein **Sonderfall**. Sie ruft alternierend mit zwei Ruftypen: Zum einen handelt es sich um einen sehr kurzen und schmalbandigen Ruf, der frequenzmoduliert ist; der zweite Ruftyp liegt in der Frequenz etwas höher und zeigt meist einen qcf-Teil am Anfang und fällt anschließend in der Frequenz ab (qcf-fm).

Da die Ruftypen in diesem Leitfaden eine wichtige Rolle bei der Bestimmung spielen, müssen sie genau definiert werden. Leider benutzen verschiedene Autoren die Begriffe unterschiedlich, und es hat sich in der Praxis eingebürgert, speziell die qcf-Rufe sehr viel weiter zu fassen als ursprünglich festgelegt. Schnitzler & Kalko (1998) definieren als Grenze zwischen fm- und qcf-Lauten eine Steigung von 0,4 kHz pro Millisekunde. Skiba (2009) und auch Barataud (2015) bezeichnen dagegen unabhängig von der Dauer alle Rufe, die nicht mehr als 5 kHz Bandbreite besitzen als qcf-Laute. Letztere Definition ist sehr verallgemeinernd und nicht hilfreich, wenn man unterschiedliche Teile eines Rufes beschreiben will. Die Definition von Schnitzler & Kalko (1998) ist hingegen sehr eng und liegt in der Praxis im Bereich der Messungenauigkeit. Für diesen Leitfaden gilt deshalb die nachfolgende Festsetzung.

Mit Steigung ist jeweils der Betrag der Steigung gemeint (ungeachtet dessen, ob der Ruf ansteigt oder abfällt). Zur Berechnung der Steigung wird die spektrale Bandbreite (Differenz: höchste abzüglich niedrigster Frequenz) durch die Dauer des betreffenden Rufabschnittes oder des gesamten Rufes geteilt.

- **cf-Teil:** Steigung $< 0,1$ kHz/ms
- **qcf-Teil:** Steigung $\geq 0,1$ und < 1 kHz/ms
- **fm-Teil:** Steigung ≥ 1 kHz/ms
- **cf-Ruf:** durchschnittliche Steigung des Rufes $< 0,1$ kHz/ms
- **qcf-Ruf:** durchschnittliche Steigung des gesamten Rufes ist $\geq 0,1$ und < 1 kHz/ms
- **fm-qcf-Ruf:** der Ruf enthält fm- und qcf-Abschnitte, die jeweils mindestens 1 ms lang sind. Die durchschnittliche Steigung des gesamten Rufes muss ≥ 1 kHz betragen, ansonsten handelt es sich noch um einen qcf-Ruf
- **fm-Ruf:** der Ruf enthält keine Abschnitte über 1 ms Länge, deren Steigung < 1 kHz/ms ist

Fast alle Ortungsrufe der einheimischen Fledermäuse lassen sich relativ problemlos diesen Ruftypen zuordnen. Die Arten, die qcf-Rufe nutzen, sind oftmals nur dann zu bestimmen, wenn sie lange und flache Rufe äußern. Kürzere und steilere Rufe dieser Arten sind deutlich schwieriger und oft nicht eindeutig zu klassifizieren. Deshalb sind die hier vorgelegten Kriterien so aufgebaut, dass für Arten, die verschiedene Ruftypen nutzen, qcf-Laute, fm-qcf-Laute und fm-Laute einzeln behandelt werden.

1.2.2 Fanglaute

Neben den Lauten, die zur reinen Orientierung dienen, sind noch **Fangrufe (feeding buzz)** und Sozialrufe zu erwähnen. Fangrufe werden geäußert, wenn sich eine Fledermaus einem Insekt nähert und es ergreift. Solche Rufsequenzen treten im Vergleich zu normalen Suchflugrufen recht selten auf. Sie sind dadurch erkennbar, dass Ruflängen und Rufabstände stark verkürzt werden. Bei den meisten Arten können hierbei deutlich drei Phasen unterschieden werden (Abb. 8). Zuerst nähert sich die Fledermaus dem Insekt an, die Rufe werden immer steiler frequenzmoduliert und kürzer. Diese Rufe entsprechen noch den üblichen Ortungsrufen der Art nahe an Strukturen und Objekten. Danach folgen in der Verfolgungs- und Endphase sehr kurze und steile fm-Rufe, die charakteristisch für den eigentlichen Fangprozess sind. In der letzten Phase sinkt dabei die Frequenz der Rufe abrupt ab. Vermutlich ist dies eine Anpassung, mit der die Schallkeule im letzten Moment vor dem Fang vergrößert wird, um dem Ausweichmanöver zu begegnen, das hörende Insekten anwenden, wenn sie lautem Ultraschall ausgesetzt werden (Jakobson & Surlykke 2010).

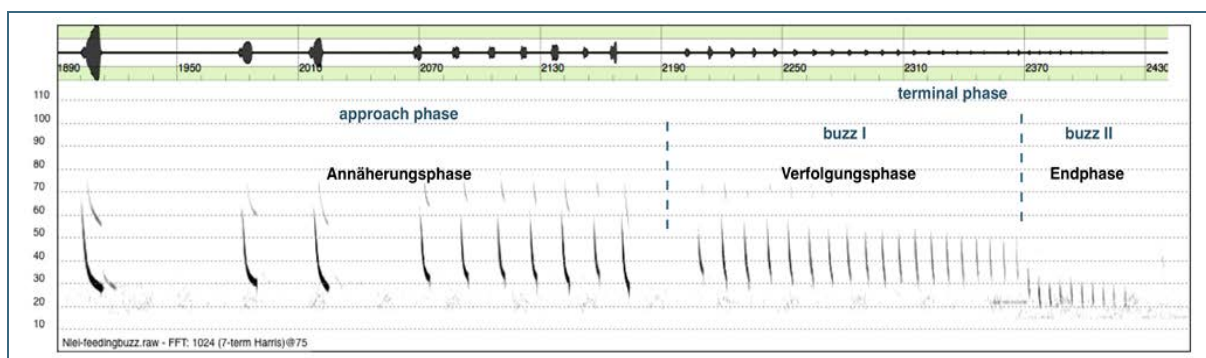


Abb. 8: Feeding Buzz eines Kleinabendseglers, der deutlich in drei Phasen gegliedert ist. Vor dem finalen Buzz (I + II) findet sich meistens eine kleine Pause.

Fangrufe sind wenig artspezifisch und leise, weshalb sie selten aufgenommen werden. Aus diesen Gründen eignen sie sich nicht für die Artbestimmung und werden in den Kriterien nicht weiter berücksichtigt. Rufe der Annäherungsphase, die nicht zu kurz sind, können evtl. noch vermessen und bestimmt werden. Generell sind sehr kurze Rufe (nahe an Strukturen) bei fast allen Arten wenig spezifisch. Rufe, die kürzer als 2 ms (Gattung *Myotis*) oder 3 bis 4 ms (*Nyctalus*, *Eptesicus*, *Vespertilio*, *Pipistrellus*, *Hypsugo*) sind, werden nicht zur Bestimmung verwendet. Nur die Rufe der Gattungen *Barbastella* und *Plecotus* sind so spezifisch, dass auch sehr kurze Signale gut bestimmbar sind.

1.2.3 Soziallaute

Auch **Sozialrufe** sind nur zu einem kleinen Teil bestimmungsrelevant. Dies liegt hauptsächlich daran, dass sie bisher wenig untersucht wurden und bei manchen Arten in sehr unterschiedlicher Art und Weise vorkommen. Sie werden meist selten und nur in speziellen Situationen geäußert und deshalb nur sporadisch aufgezeichnet. Am regelmäßigsten geschieht das bei den Arten der Gattung *Pipistrellus*, bei der beispielsweise die Männchen im Sommer Balzflüge unternehmen und dabei rufen. Die rufende Art und der Kontext sind im Habitat und auf den Aufnahmen aber meistens kaum zu ermitteln. Ein weiteres Problem besteht darin, dass viele Arten recht ähnliche Typen von Sozialrufen nutzen können. Innerhalb der Art sind die Ruftypen zudem sehr variabel und häufig individuell geprägt (Pfalzer & Kusch 2003).

Sozialrufe sind fast immer gut von Ortungslauten zu unterscheiden, da sie meistens

- tiefere Endfrequenzen aufweisen,
- länger sind,
- im Sonogramm eine ungewöhnliche Form zeigen,
- häufig aus mehreren Elementen bestehen,
- multiharmonisch oder atonal sind,
- nicht regelmäßig wiederholt werden (zumindest nicht in ähnlichen Abständen wie die Ortungsrufe).

Nicht alle diese Punkte müssen jedoch für einen konkreten Ruftyp gleichermaßen zutreffen.

Eine einheitliche **Klassifikation** der verschiedenen Typen von Soziallauten existiert noch nicht. Sofern ihre Bedeutung bekannt ist, werden sie meist entsprechend benannt, wie zum Beispiel Stresslaute, Balz- und Begegnungsrufe. Bei einigen Rufen hat sich auch die Bezeichnung nach dem Höreindruck eingebürgert. Skiba (2009) schreibt beispielsweise von „Brummlauten“ oder „Trillern“. Auch Pfalzer (2002) spricht von „trillerartigen“ Lauten. Zusätzlich unterscheidet er noch grob folgende Ruftypen nach dem Höreindruck oder ihrer Form: Krächzen, Bogenrufe, Doppelrufe und komplexe Rufe. Die meisten Rufe, die von Skiba (2009) als Triller bezeichnet werden, sind jedoch bei Pfalzer (2002) den komplexen Rufen zugeordnet. Pro Art führt Pfalzer (2002) außerdem alphabetische Kürzel für jeden beobachteten Ruftyp ein.

Die vorliegenden Kriterien erarbeiten keine eigene Klassifikation der Typen von Soziallauten. Sie werden nachfolgend nur grob in die Kategorien Triller, Doppelrufe und Bogenrufe eingeordnet. Nur wenn die Funktion eines Rufes sicher bekannt ist, wird sie erwähnt (z. B. Balzrufe vom Großen Abendsegler und von *Pipistrellen*).

Triller sind nach Einarbeitung gut zu erkennen, da sie aus mehreren, sich schnell wiederholenden, frequenzmodulierten Teilen bestehen. Die Elemente sind im Sonogramm häufig bogenförmig, können aber auch wellenartig verbunden sein (Abb. 9). Solche Rufe treten bei vielen Arten auf. Häufig werden sie als Droh- oder Balzlaute von *Nyctalus*- und *Pipistrellus*-Arten fliegend im Habitat geäußert.

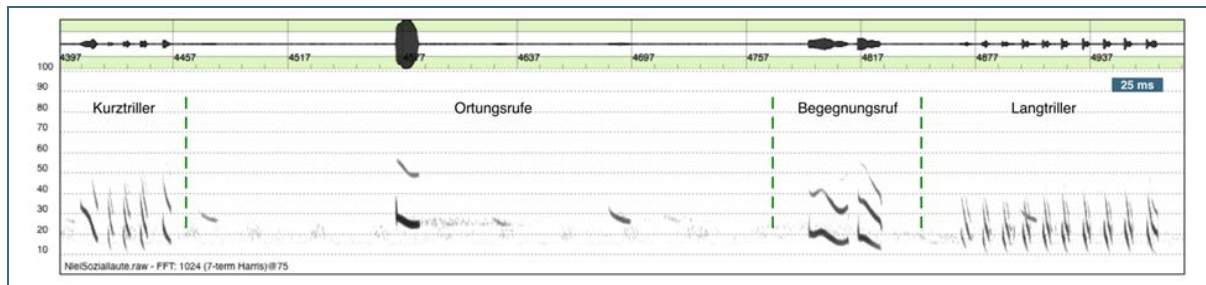


Abb. 9: Drei verschiedene Typen von Sozial- und Ortungslauten von sich im Jagdhabitat begegnenden Kleinabendseglern.

Ein häufiger Ruftyp ist der sogenannte **Bogenruf**, der meistens als Einzellaute geäußert wird. Sein Frequenz-Zeit-Verlauf erinnert an lange Ortungsrufe. Fast alle heimischen Arten haben solche Rufe im Repertoire. Bei den Arten der Gattung *Myotis* sind es die am häufigsten zu beobachtenden Sozialrufe. Nicht alle Bogenrufe sind jedoch leicht zu bestimmen. Sie weisen häufig fließende Übergänge zu Ortungsrufen auf. Abb. 10 zeigt Bogenrufe der Bartfledermaus (*Myotis mystacinus*) vor einem Wochenstubenquartier. In dieser Sequenz gleicht in Hinblick auf Form und Frequenzverlauf kein Ruf dem anderen.

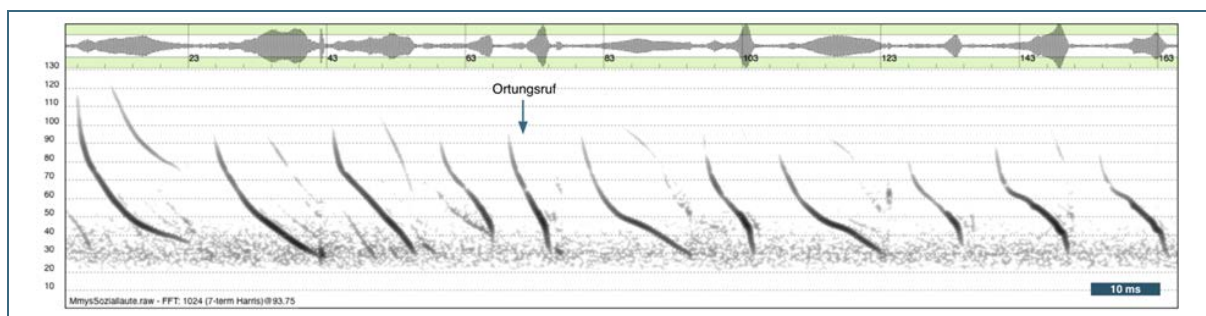


Abb. 10: Bogenlaute von zwei oder drei vor einem Wochenstubenquartier fliegenden Bartfledermäusen (*Myotis mystacinus*). Die Rufabstände sind verkürzt dargestellt.

Viele Arten äußern hauptsächlich am Quartier beim Schwärmen eine Sonderform der Bogenrufe. Es handelt sich um kurze, steile fm-Laute, die sehr an kurze Ortungsrufe erinnern. Solche Rufe sind extrem variabel und meistens unbestimmbar (besonders wenn mehrere Tiere gleichzeitig rufen). Abb. 11 zeigt eine Sequenz schwärmender Kleinabendsegler vor einem Quartier im Wald. Es werden neben Langtrillern nur kurze fm-Laute genutzt. In einer solchen Aufnahme bleibt offen, wie viele Tiere anwesend waren und welcher Ruf zur Orientierung oder im sozialen Kontext genutzt wurde.

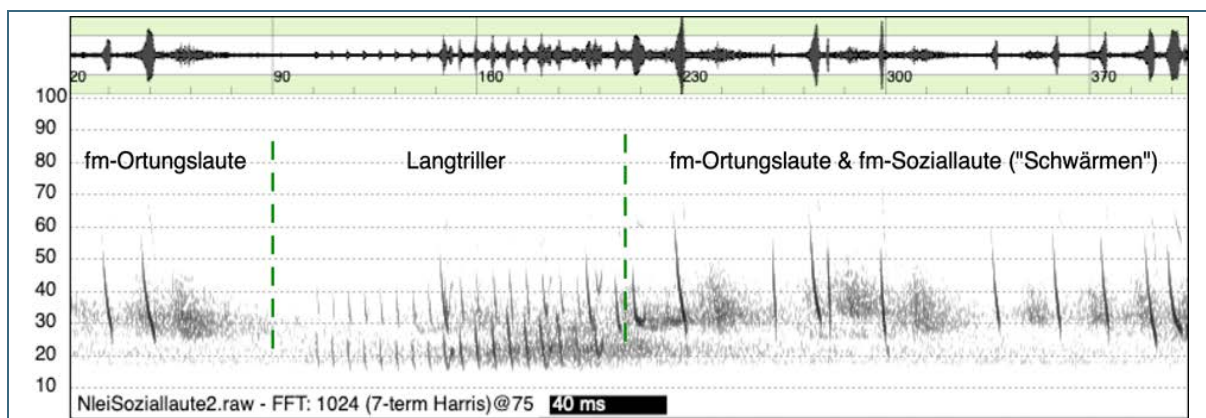


Abb. 11: Schwärmende Kleinabendsegler vor dem Quartier. Neben Langtrillern sind auch kurze fm-Rufe zu sehen, die teils als Soziallaute und teils als Nahortungsrufe zu werten sind.

1.3 Vermessung von Fledermausrufen

Zahlreiche Faktoren können die Ergebnisse der Analyse von Fledermausrufen beeinflussen. Neben physikalischen Einflüssen (Luftfeuchte, Temperatur, Echos) sind hier besonders technische Einflüsse wie die sample rate und Mikrofoneigenschaften zu nennen. Veränderungen der Mikrofoneigenschaften sind der Grund, weshalb diese regelmäßig kalibriert werden sollten. Die Einstellungen der Auswertungsprogramme können ebenso einen starken Einfluss auf die Auswertung und Messung der Spektren und Sonagramme haben. Einen guten Überblick über diese Tücken geben Runkel & Gerding (2016).

Nachfolgend wird erläutert, welche **Messwerte** sich für welche Ruftypen eignen und wie diese gemessen werden können (Standardparameter). Im Kapitel 1.4.4 werden außerdem Voraussetzungen aufgelistet, die für eine Anwendung der Kriterien erforderlich sind.

Für viele Messwerte existiert leider keine einheitliche Nomenklatur. Verschiedene Autoren nutzen für den gleichen Messwert unterschiedliche Bezeichnungen und Abkürzungen. Häufig sind mit demselben Begriff unterschiedliche Parameter gemeint (z. B. „Hauptfrequenz“). Nachfolgend werden die für die Ortungsrufe der mitteleuropäischen Arten wesentlichen Messwerte beschrieben und die gebräuchlichsten und am wenigsten missverständlichen Namen und Abkürzungen verwendet (vgl. Abb. 12 und Abb. 13).

- **F_{maxE}** Frequenz maximaler Energie (= Hauptfrequenz); Frequenz mit der meisten Energie über den gesamten Rufverlauf; wird im Spektrum ermittelt
- **F_{start}** Startfrequenz; Frequenz am Beginn des Rufes
- **F_{end}** Endfrequenz; Frequenz am Ende des Rufes
- **F_{min}** Minimalfrequenz; tiefste Frequenz im Rufverlauf; häufig fallen F_{min} und F_{end} zusammen
- **F_{max}** Maximalfrequenz; höchste Frequenz im Rufverlauf; entspricht meist der Startfrequenz
- **F_{knee}** Kniefrequenz; Frequenz am Übergang zwischen dem steileren Anfangsteil des Rufes und dem flacheren Hauptteil
- **F_{Mk}** Frequenz am Myotisknick; Knick am Ende der Rufe von *Myotis*-Arten, nach denen die Frequenz stark abfällt; hinter dem Knick schließt das sogenannte Myotisschwänzchen an
- **F_c** Charakteristische Frequenz; die niedrigste Frequenz im flachen Hauptteil des Rufes (bei schüsselförmigen Rufen ist hier die Steigung Null); falls am Ende des Rufes ein Auf- oder Abwärtshaken anschließt, liegt F_c immer davor; nur bei qcf- oder fm-qcf-Rufen sinnvoll
- **B** Bandbreite; Frequenzbereich, den der Ruf von der Maximal- bis zur Minimalfrequenz überstreicht, F_{max} - F_{min}
- **D** Dauer; Ruflänge

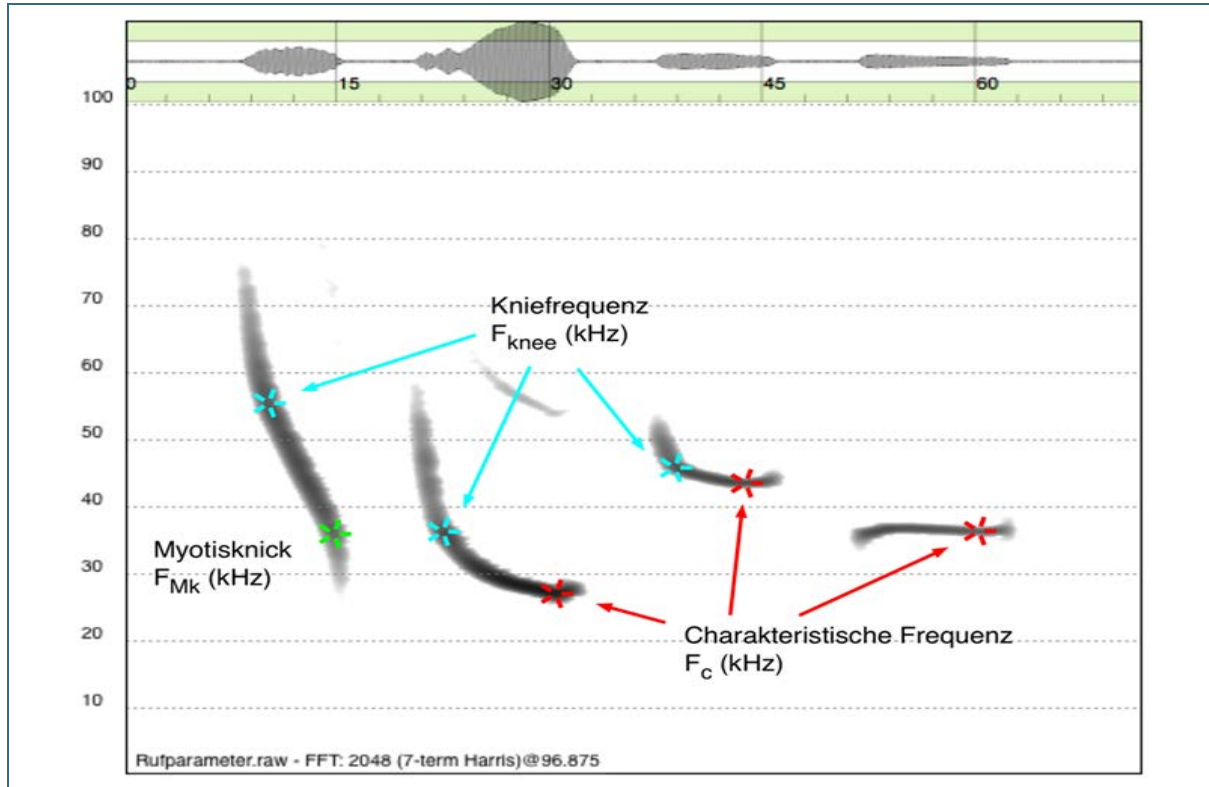


Abb. 12: Lage verschiedener Formparameter. Der Myotisknick ist nur für fm-Laute wichtig. Ein deutliches Knie kann dagegen bei fm- und fm-qcf-Rufen auftreten. Die Charakteristische Frequenz ist ein wesentliches Bestimmungsmerkmal für alle Rufe, die qcf-Anteile aufweisen.

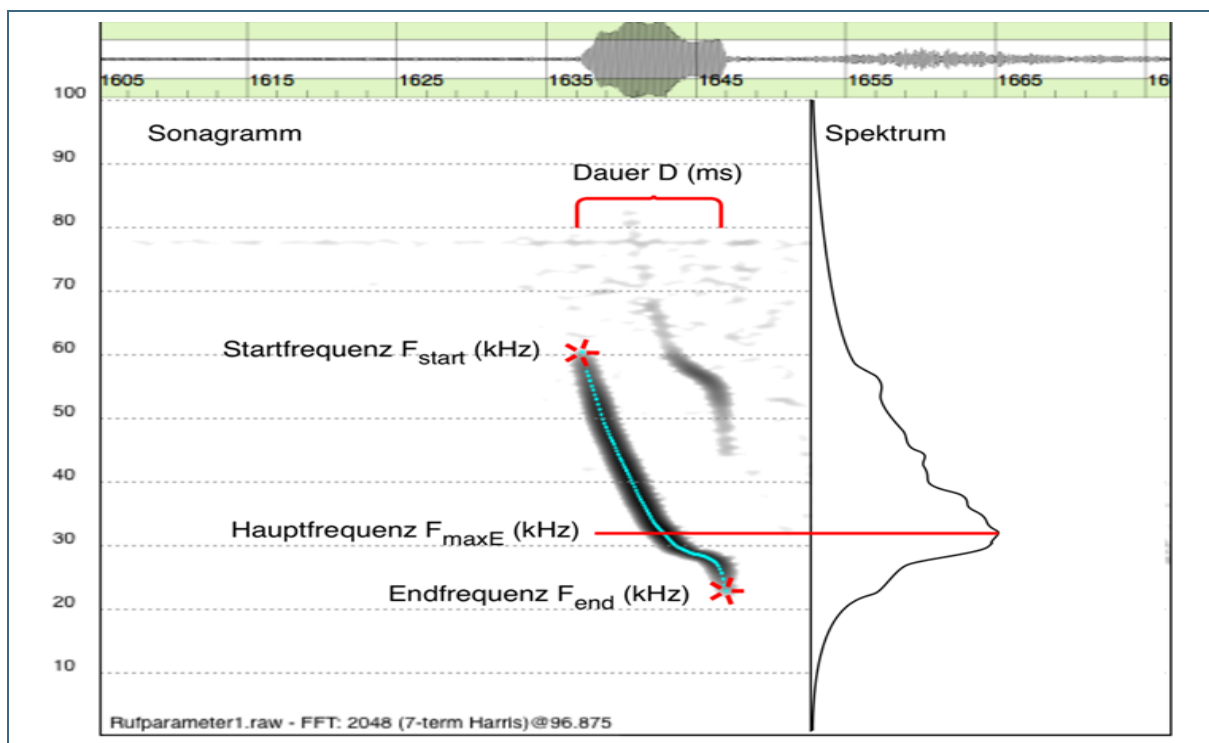


Abb. 13: Verschiedene Standardparameter eines Fledermausrufes. Die Dauer wird am besten im Oszillogramm gemessen. Die Hauptfrequenz F_{maxE} muss im Spektrum ermittelt werden.

Die Messparameter $F_{\max E}$, F_{start} , F_{end} und D sind die am häufigsten in der Literatur genutzten Werte. Besonders für die Beschreibung von cf- und qcf-Rufen wird häufig die Frequenz maximaler Energie $F_{\max E}$ verwendet. Bei diesen Rufftypen entspricht $F_{\max E}$ meistens (aber nicht immer) der Charakteristischen Frequenz F_c (siehe unten). Der Wert von $F_{\max E}$ wird im Spektrum gemessen und kennzeichnet die Frequenz mit dem höchsten Energieanteil. Dazu ist der gesamte Ruf mit einem einzigen Fenster (Rechteckfenster) zu analysieren. Die Markierung sollte ein wenig über Rufanfang und -ende hinausgehen (Achtung: manche Programme berechnen nicht mit einem Fenster). $F_{\max E}$ wird in der Literatur auch zur Beschreibung von fm-Lauten genutzt, obwohl dieser Parameter hierfür im Grunde ungeeignet ist. In der Literatur existieren für $F_{\max E}$ eine ganze Reihe verschiedener Bezeichnungen und Abkürzungen (wie z. B.: mean frequency, Hauptfrequenz, $F(\max)$ oder Peakfrequenz), die häufig doppeldeutig sind und teilweise auch unterschiedlich gemessen werden. In diesem Leitfaden spielt dieser Wert in der Regel keine Rolle.

Bei fm-Lauten entsprechen F_{start} und F_{end} meist $F_{\max}$ und $F_{\min}$. Bei anderen Lauttypen ist dies jedoch nicht der Fall. Die Startfrequenz ist besonders bei Arten der Gattung *Myotis* ein wichtiges, aber nicht immer bestimmbares Kriterium. Die leisen und hohen Startfrequenzen werden besonders durch atmosphärische Abschwächung, den Mikrofonfrequenzgang und die sample rate der Geräte beeinflusst. Letztere muss mindestens 400 kHz betragen, um die höchsten Werte (bei den Arten in Mitteleuropa teilweise bis über 180 kHz) noch vernünftig darstellen zu können. Um Sonagramme mit einer zeitlich hohen Auflösung zu erstellen, die auch bei kurzen Rufen noch die Beurteilung der Form erlauben, wird für *Myotis*-Arten grundsätzlich eine Abtastrate von 500 kHz empfohlen. Zur Messung der Startfrequenz sollten die lautesten Rufe verwendet werden. Wenn der Ruf im Sonogramm abrupt und laut beginnt, kann man recht sicher sein, dass man den tatsächlichen Start erkennen kann. Bei *Myotis*-Arten zeigt dann der Ruf nicht selten einen kleinen Haken, der den Beginn definiert (Abb. 14). Auch wenn die tatsächliche Startfrequenz nicht sicher bestimmbar ist, kann eine Messung sinnvoll sein, um bestimmte Arten auszuschließen. Liegt der gemessene Wert bei einem *Myotis*-Ruf deutlich über 100 kHz, handelt es sich beispielsweise mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit nicht um eine Wasserfledermaus.

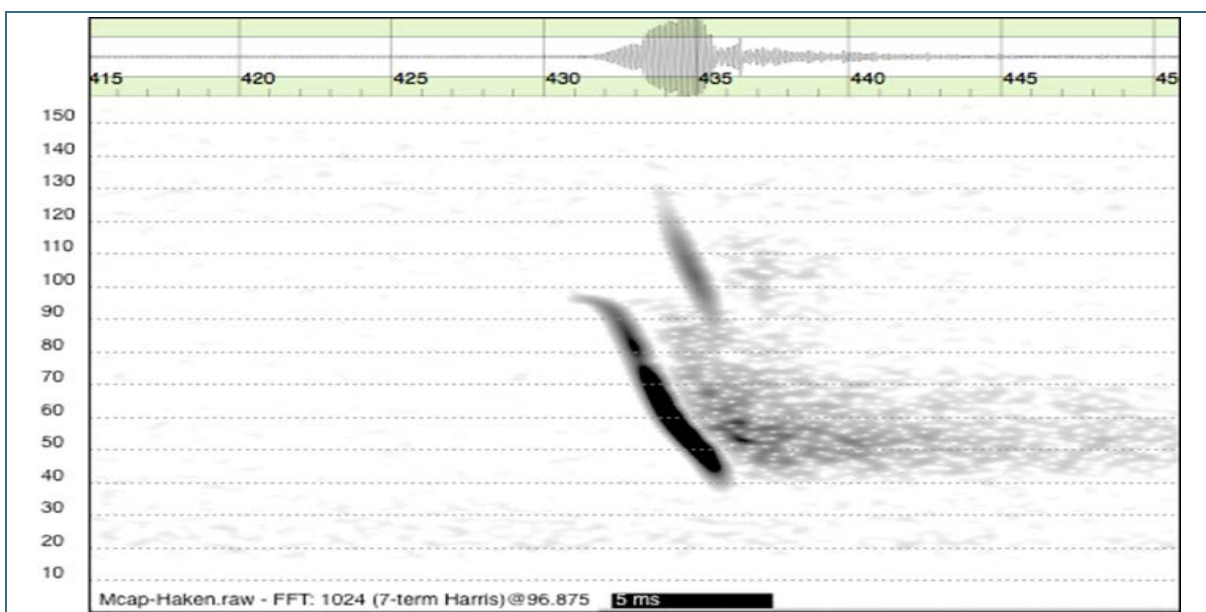


Abb. 14: Ruf einer Wasserfledermaus mit einem deutlichen Haken am Rufanfang

Da Sonagramme eine grobe zeitliche und spektrale Auflösung haben, wird der Ruf mit einer gewissen Unschärfe dargestellt. Im Bild erscheint das Sonagramm als breite, dicke Linie. Bei einer gleichmäßigen Unschärfe ist davon auszugehen, dass sich die realen Frequenzen in der Mitte der Rufabbildung befinden (siehe gepunktete Linie in Abb. 15 B). Im Rufverlauf selbst ist das relativ unerheblich, am **Rufbeginn** und am **Rufende** führt es jedoch dazu, dass diese verschwommen dargestellt werden und sich nicht exakt vom Hintergrund abgrenzen lassen. Dieser Umstand erschwert die Messung der exakten **Start- und Endfrequenz**. Es kann helfen, sich jeweils einen Kreis vorzustellen, dessen Durchmesser der Dicke des „verschwommenen“ Frequenz-Zeit-Verlaufes entspricht. In der Mitte des Kreises wird dann die Frequenz gemessen. Dieser Messpunkt kann durch das Oszillogramm bestätigt bzw. kontrolliert werden. Mithilfe dieser Tricks kann es besonders in der Gattung *Myotis* vermieden werden, Startfrequenzen zu hoch und Endfrequenzen zu tief zu ermitteln (Abb. 15).

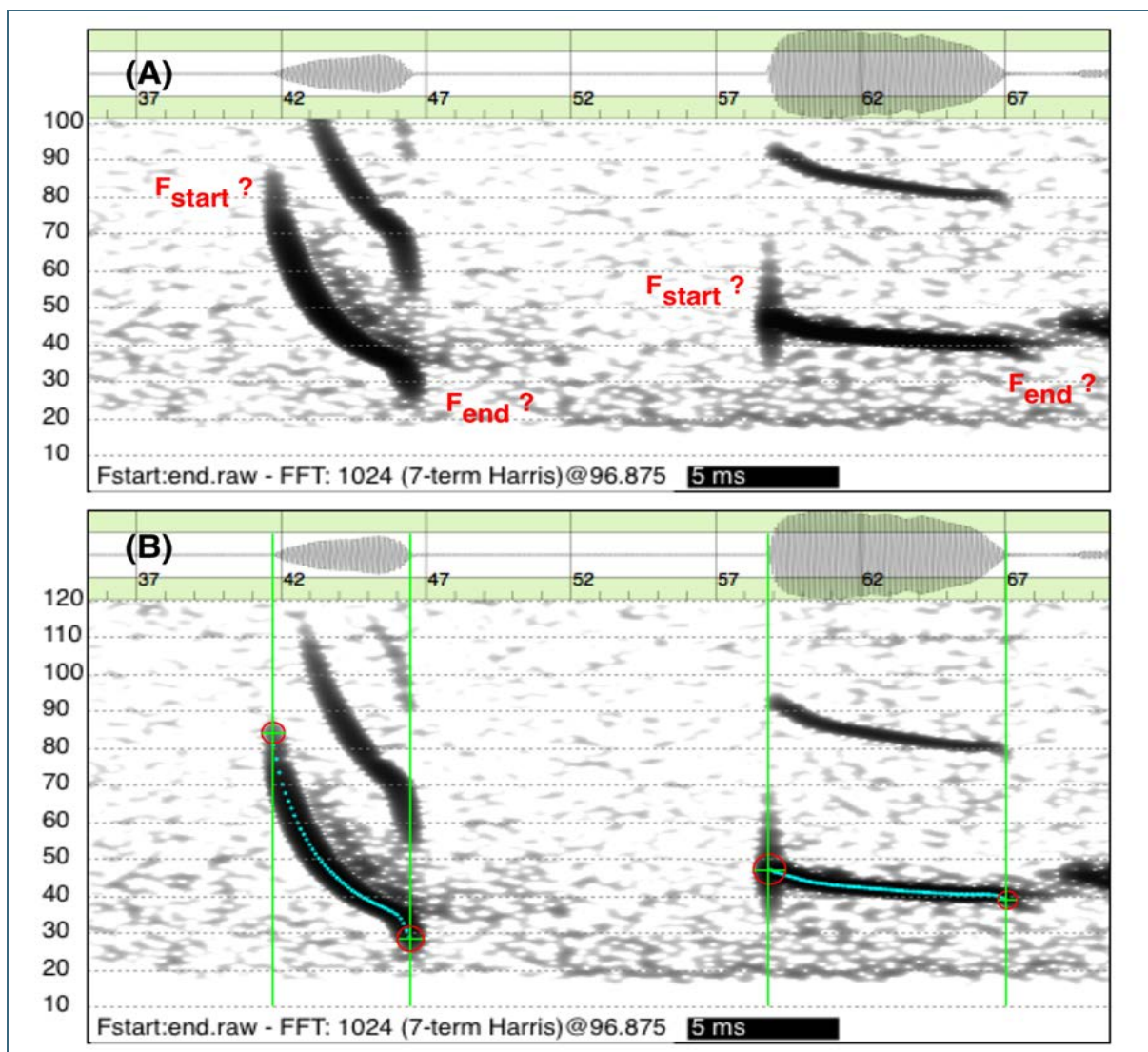


Abb. 15: Im Sonagramm ist der Frequenz-Zeit-Verlauf nur „unscharf“ darstellbar (A). Hier kann es schwierig sein, die genaue Start- und Endfrequenz zu ermitteln. Die blauen Punkte in Abb. B zeigen in diesen Beispielen den tatsächlichen Verlauf der Frequenz über den Rufverlauf an. Markiert man im Oszillogramm Anfang und Ende des Rufes (grüne Linie), müssen die Messwerte im Sonagramm auf dieser Linie liegen. Ein Kreis (rot dargestellt) mit dem Durchmesser des „verschwommen“ dargestellten Rufteils kann helfen, den genauen Messwert für Beginn und Ende des Rufes zu ermitteln (F_{start} und F_{end}).

Am Rufende sind manchmal sehr leise Elemente zu erkennen, die in Form und Frequenz deutlich von den sonst anzutreffenden Verläufen abweichen. Es gibt sogar Endstücke, die im Sonagramm gegabelt aussehen (z. B. der rechte Ruf in Abb. 15). Hier handelt es sich vermutlich um funktionslose Elemente, die beim Schließen der Stimmritze im Kehlkopf der Fledermaus entstehen. Für die Bestimmung haben sie keine Relevanz und sollten nicht vermessen werden.

Die **Formparameter** eines Rufes (Abb. 12) sind nur bei bestimmten Ruftypen zur Bestimmung heranzuziehen und nicht immer gut erkennbar. Sie werden jedoch sehr viel weniger durch physikalische und technische Einflüsse verfälscht als die Standardparameter.

Die Rufe verschiedener Arten, selbst aus unterschiedlichen Gattungen, zeigen oft eine ähnliche Zweiteilung des Rufverlaufs (vgl. Abb. 13). Nach einem stark in der Frequenz abfallenden Anfangsteil schließt sich ein flacherer Hauptteil an (Gannon et al. 2004). Den Übergangspunkt zwischen beiden Teilen bezeichnen die Autoren als **Knie**. Sowohl fm-Rufe als auch fm-qcf-Rufe können ein solches Knie aufweisen. Dieses ist jedoch nicht immer (deutlich) zu erkennen und zu messen, weshalb sich dieser Parameter (F_{knee}) bisher für europäische Fledermäuse nicht als Unterscheidungsmerkmal durchgesetzt hat. Das Knie wird in diesem Leitfaden erläutert, weil es insbesondere für die Bestimmung mancher *Myotis*-Arten wichtig ist. Es ist darauf zu achten, ob die Form des Rufes deutlich gekniet ist (deutliche Steigungsänderung) und wenn ja, ob die beiden Teile eher linear oder gebogen verlaufen.

Manche *Myotis*-Rufe zeigen neben dem Knie noch einen **Knick**. Er liegt im hinteren Teil des Rufes zwischen dem flacheren Hauptteil und dem meist steil in der Frequenz abfallenden Endstück, dem sogenannten **Myotisschwänzchen**. Dieser **Myotisknick** (siehe F_{Mk} Abb. 16) ist häufig prominent ausgebildet und gut messbar. Gemessen wird an der Stelle mit der größten Steigungsänderung (nicht am Anfang oder Ende der Biegung). Das anschließende Schwänzchen kann unterschiedlich lang ausgeprägt sein. Unter anderem hat die Richtung, aus der ein Tier aufgenommen wurde, einen Einfluss auf seine Ausprägung. Bei steil linear abfallenden Ruftypen ist jedoch weder Knie, Myotisknick noch ein abgesetztes Schwänzchen zu erkennen.

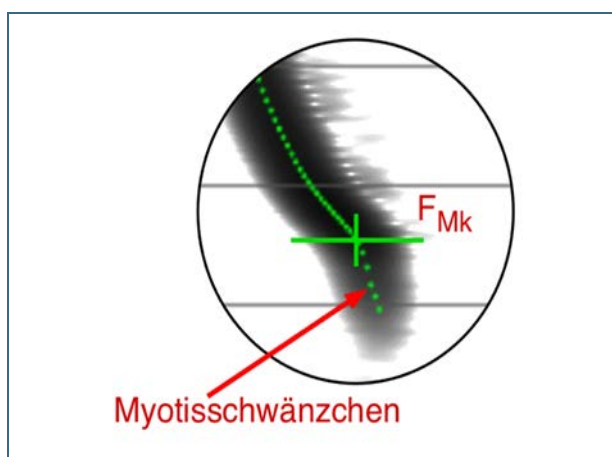


Abb. 16: Messung der Frequenz F_{Mk} am Myotisknick.

Der Myotisknick ist für die Bestimmung von Arten innerhalb der Gattung *Myotis* wichtig, da er viel konstanter als die Endfrequenz ausgeprägt ist. Damit auch bei kurzen Rufen die Form untersucht werden kann, muss eine hohe zeitliche Auflösung der Aufnahme vorliegen. Ist die Abtastrate der Aufnahme kleiner als 400 kHz, sind die Formparameter nicht immer erkennbar.

Rufe von Arten anderer Gattungen können auch ein abfallendes Schwänzchen am Rufende aufweisen (in diesem Leitfaden wird der Knick auch bei diesen Arten als „Myotisknick“ bezeichnet). Wenn es sich um kurze fm-Laute handelt, kann die F_{Mk} zur Trennung von der Gattung *Myotis* wichtig sein.

Für die Artbestimmung ist er ansonsten bei diesen Arten nicht relevant, da die Form des Rufendes sehr variabel ist. So kann beispielsweise das Endstück in der Frequenz auch wieder ansteigen anstatt abzufallen (z. B. in der Gattung *Pipistrellus*).

Für alle Arten, die qcf- oder fm-qcf-Rufe nutzen, ist die **Charakteristische Frequenz F_c** der wesentliche und häufig ausreichende Parameter für die Bestimmung. Dieser Wert wurde mit der AnaLook Software (Chris Corben, Titley scientific) eingeführt. Die ursprüngliche Definition (vergleiche Gannon et al. 2004) ist jedoch ungenau und für viele Rufe nicht klar anwendbar, weshalb er leicht abgewandelt verwendet werden sollte: F_c ist hier der Frequenzwert an der flachsten Stelle von qcf- oder fm-qcf-Rufen. Die Rufe müssen also zumindest ein Teilstück aufweisen, das nahezu konstantfrequent ist. Dieser Messpunkt liegt immer im Hauptteil des Rufes, zumeist unmittelbar bevor der Ruf am Ende nochmal nach oben oder unten abknickt (siehe Abb. 12). Fällt der qcf-Ruf gleichmäßig leicht in der Frequenz ab, wird der Wert an der tiefsten Stelle dieses Stückes gemessen, bevor die Steigung sich ändert (im Unterschied zu F_{Mk}).

Die **Dauer D** des Rufes wird am besten im Oszillogramm gemessen. Die Messung kann schwierig sein, wenn qcf-Rufe mit einem starken Echo überlappen. Ist ein deutlicher Oberton ausgebildet, kann die Länge des Rufes an diesem meist besser erkannt werden. Dauer und **Bandbreite B** werden hauptsächlich benötigt, um die **Steigung** des Rufes und somit den Ruftyp zu ermitteln (Abb. 17).

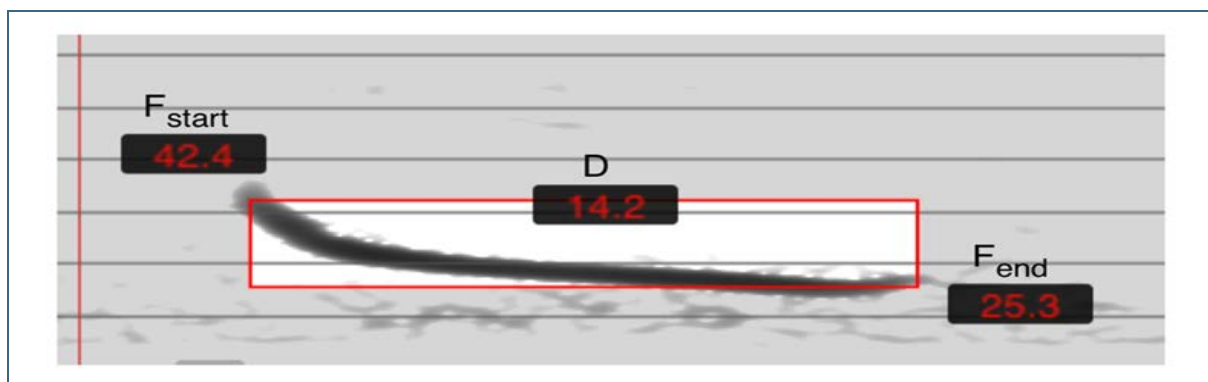


Abb. 17: Die Steigung des Rufes (oder eines Teilstückes) kann in bcAnalyze recht einfach ermittelt werden, indem mit dem Cursor ein Rechteck vom höchsten zum tiefsten Punkt des Rufverlaufes aufgezogen wird. Die Differenz der Frequenzen wird nun durch die Dauer geteilt.

1.4 Anwendung der Kriterien

1.4.1 Erläuterung der Begriffe

Im Artkapitel werden für jede Art verschiedene Ruftypen gezeigt und beschrieben. Eine Abbildung zeigt zudem eine möglichst charakteristische und gut bestimmbare Rufsequenz. Pro Ruftyp werden, falls vorhanden, **kennzeichnende Rufmerkmale** angegeben. Hier handelt es sich um artspezifische Merkmale, die für die Bestimmung relevant sind. In der Regel erfüllt nur ein Teil der Einzelrufe die Kriterien (sogenannte charakteristische und unverwechselbare Rufe), da die Merkmale nicht bei allen Rufen des Rufspektrums der Arten oder innerhalb einer Rufsequenz auftreten müssen. Sind sie vorhanden, liefern sie jedoch deutliche Hinweise auf die jeweilige Art.

Damit der Artnachweis als gesichert gelten kann, müssen die **Bestimmungskriterien (Kriterien für den Artnachweis)** erfüllt sein. Entscheidend ist meistens eine definierte Mindestanzahl charakteristischer Rufe bzw. Sequenzen und kein gleichzeitiges oder zeitnahes Auftreten von Verwechslungsarten. Diese Kriterien leiten sich aus langjährigen Erfahrungswerten ab und sind artspezifisch angepasst. Sie stellen eine Weiterentwicklung der Lautanalysekriterien von Hammer et al. (2009) dar.

Muss eine gewisse **Anzahl typischer Rufe oder Sequenzen** vorliegen, bezieht sich dieses Kriterium jeweils auf maximal eine Erfassungsnacht an einem bestimmten Ort im Falle einer stationären Erfassung oder entlang einer Transektstrecke im Falle einer mobilen Erfassung. Mit **Sequenz (= Aufnahme)** ist ein einzelner Laut oder eine Abfolge von mehreren Ortungslauten, die als eine Datei gespeichert werden und zu einem Tier gehören, gemeint. Ein **Ruf** ist ein Einzellaut einer Sequenz.

Verwechslungsarten sind Arten, die sehr ähnliche Rufe nutzen und in ihrem Rufrepertoire überlappen. Für den Artnachweis dürfen sie nicht zeitlich gemeinsam auftreten (Beispiel: eine Rufsequenz mit Hinweisen auf die Nymphenfledermaus innerhalb von mehreren Sequenzen von Bartfledermäusen in wenigen Sekunden Abstand zueinander). Wenn nicht anders angegeben, sollten mindestens zwei Minuten zwischen den Nachweisen von zwei ähnlich rufenden Arten liegen. Eine Sequenz wird nur dann als potentielle Verwechslungsart geführt, wenn kennzeichnende Rufmerkmale dieser Art vorliegen. Sequenzen, deren Bestimmung auf Gruppenniveau endet, werden hierbei nicht beachtet.

1.4.2 Schwierigkeitsstufen und Bestimmungstiefe

Neben der korrekten Anwendung der Kriterien ist sowohl eine **selbstkritische Arbeitsweise** bei der Analyse von Fledermausrufen notwendig als auch die Erkenntnis, dass es viele Rufe und Rufsequenzen gibt, die nicht bestimmbar sind. Generell ist eine große Vorsicht geboten, wenn nur wenige Sequenzen und/oder Rufe zur Bestimmung vorliegen und/oder wenn die Aufnahmen von schlechter Qualität oder leise sind. Dieser Leitfaden legt für jede Art eine **Schwierigkeitsstufe** für die manuelle Bestimmung ihrer Echoortungsrufe fest (Tab. 1). Die hier vorgestellten Kriterien sind konservativ, also streng gehalten. Trotzdem wird sich die Erfahrung des Bearbeiters auf die Bestimmungssicherheit auswirken.

Folgende Schwierigkeitsstufen werden unterschieden:

- Laie I (*) Bestimmung i. d. R. auch für den Laien problemlos und eindeutig,
- Laie II (**) Bestimmung nach Einarbeitung i. d. R. problemlos und eindeutig,
- Experte I (***) Bestimmung zum Großteil nach Einarbeitung problemlos und eindeutig, es existieren jedoch Überschneidungsbereiche mit anderen Arten,
- Experte II (****) Bestimmung auch nach Einarbeitung zum Großteil schwierig; manche Ruftypen sind dennoch sicher bestimmbar,
- Experte III (*****) Bestimmung auch nach Einarbeitung sehr schwierig oder unmöglich; nur tendenziell und/oder auf Gattungs- oder Gruppenniveau möglich bzw. nur bei sicherer Abwesenheit aller Verwechslungsarten.

Können Rufe oder Sequenzen keiner Art zugeordnet werden, weil charakteristische Merkmale fehlen, die Erfahrung fehlt oder die Schwierigkeitsstufe zu hoch ist, sollte die Bestimmung nur auf Gattungs- bzw. Gruppenniveau erfolgen. Die in der Tabelle angeführten Gruppen und Untergruppen sind der stufenweisen automatischen Bestimmung durch batIdent entlehnt (siehe ecoObs 2020) und haben sich in Deutschland weitestgehend eingebürgert.

Tab. 1: Schwierigkeitsstufen S der manuellen Artbestimmung typischer Sequenzen von Ortungsrufen (Definition der Stufen s. oben).

Art, Gattung bzw. Gruppe				Abk.	S
Gattung <i>Rhinolophus</i>			<i>R. hipposideros</i>	Rhip	*
			<i>R. ferrumequinum</i>	Rfer	*
Gattung <i>Plecotus</i>			<i>P. auritus</i> / <i>austriacus</i>	Plec	***
Nyctaloid	Nyctaloid mittlere Frequenz		<i>Vespertilio murinus</i>	Vmur	*****
			<i>Nyctalus leisleri</i>	Nlei	****
			<i>Eptesicus serotinus</i>	Eser	****
			<i>Nyctalus noctula</i>	Nnoc	***
			<i>Eptesicus nilssonii</i>	Enil	***
Pipistrelloid	Pipistrelloid tiefe Frequenz	<i>Hypsugo savii</i>		Hsav	***
		Pipistrelloid mittlere Frequenz	<i>P. kuhlii</i> / <i>nathusii</i>		Pkuh Pnat
	Pipistrelloid hohe Frequenz		<i>P. pipistrellus</i>		Ppip
				<i>P. pygmaeus</i>	Ppyg
	Gattung <i>Myotis</i>	<i>M. myotis</i>			Mmyo
<i>M. alcathoe</i>			Malc	***	
<i>M. emarginatus</i>			Mema	****	
<i>M. dasycneme</i>			Mdas	****	
<i>M. nattereri</i>			Mnat	**	
<i>Myotis</i> klein / mittel		<i>M. bechsteinii</i>		Mbec	****
		<i>M. daubentonii</i>		Mdau	***
		Bartfledermäuse	<i>M. brandtii</i> / <i>mystacinus</i>	Mbar	****
Gattung <i>Barbastella</i>	<i>B. barbastellus</i>			Bbar	*

1.4.3 Behandlung von Ergebnissen aus Programmen zur automatischen Artbestimmung

In der Vorgängerversion dieses Leitfadens waren neben den Kriterien für die manuelle Bestimmung auch Vorgaben für die Überprüfung von automatisch generierten Bestimmungen der Programme des Batcorder-Systems (bcAdmin und batIdent, Firma ecoObs) enthalten. Diese Zweiteilung wird nicht fortgeführt, da sie zu Verwirrungen führte. Um sichere Bestimmungen zu erhalten, sollten generell zumindest einzelne Sequenzen manuell geprüft werden, auch von häufigen und leicht bestimmbaren Arten. Obwohl die Software viele Arten zuverlässig bestimmt, können falsch vermessene Signale trotz eines sehr hohen Sicherheitswerts zu falschen Bestimmungen führen. Solche Fehlvermessungen können bei manueller Kontrolle relativ gut erkannt werden. Zu anderen Bestimmungstools wie batScope, batExplorer oder SonoChiro® liegen uns noch nicht genügend Erfahrungen vor, um ihre Eignung in der Praxis zu beurteilen. Da diese grundsätzlich die gleichen Messwerte und ähnliche Algorithmen verwenden, ist für eine sichere Bestimmung der Rufe aber auch bei diesen Programmen eine manuelle Überprüfung erforderlich.

Um sich in bcAdmin einen schnellen Überblick zu verschaffen, wie sicher die automatischen Bestimmungen einzustufen sind, hilft die Erstellung einer Artenliste mit der Option „Wahrscheinlichkeiten berücksichtigen“ (siehe Abb. 18). Sehr ähnlich den früheren Kriterien wird nun analysiert, wie viele Sequenzen einer Art mit welchen Wahrscheinlichkeiten vorliegen. Diese Ergebnisse können dann zur gezielten manuellen Überprüfung der entsprechenden Sequenzen gemäß diesem Leitfaden genutzt werden. Durch die Kombination der automatischen Rufbestimmung und manueller Überprüfung kann das Risiko von Fehlbestimmungen minimiert werden.

Taxon	^	JUNGFERH_S
Bbar	✓	
▼ Myotis	✓	
Mkm	✓	
Mnat	✓	
▼ Pipistrelloid	✓	
▼ Phoch	✓	
Ppip	✓	
Plecotus	!	
Spec.	✓	

☒ Wahrscheinlichkeiten berücksichtigen

Abb. 18: Gewichtete Artenliste in bcAdmin mit Berücksichtigung der Wahrscheinlichkeiten und Anzahl der Sequenzen. Sie gibt wertvolle Hinweise für eine gezielte Nachkontrolle.

1.4.4 Voraussetzungen für die Anwendung der Lautbestimmungskriterien

Die Bestimmungskriterien richten sich an alle „Könerstufen“ und sollen auch von interessierten Laien ohne tiefere Vorkenntnisse angewendet werden können. Die Anwendung der Kriterien soll zudem unabhängig von der verwendeten Aufnahmetechnik und Analysesoftware möglich sein. Notwendig hierfür ist es, die Kapitel dieses Leitfadens zur Methodik gründlich zu lesen und zu verstehen. Um bei diesem recht offenen Ansatz die Bestimmungsqualität zu gewährleisten, müssen einige Voraussetzungen erfüllt sein.

- Für die Bestimmung von *Myotis*-Arten muss das Mikrofon für hohe Frequenzen bis etwa 150 kHz ausreichend empfindlich sein. Zumindest bei lauten Rufen sollte man den Rufanfang erkennen können und die Abtastrate (sample rate) der Aufnahmegerate muss für diese Arten mindestens 400 kHz betragen.
- Die Erfassungshardware sollte so eingestellt werden, dass das Grundrauschen im Oszillogramm noch gut erkennbar ist, aber nicht 5 % des Vollausschlags übersteigt. Wichtig: Nicht bei allen Geräten kann die interne Verstärkung verstellt werden. Sie ist nicht gleichbedeutend mit der Auslöseschwelle (Threshold).
- Die Einstellungen des Sonagramms sollten so gewählt werden, dass das Hintergrundrauschen gerade noch abgebildet wird. Die Sonagrammeinstellungen sind grundsätzlich gemäß Kapitel 1.1.1 zu wählen. Bei kurzen Signalen muss immer eine genügend hohe Zeitauflösung eingestellt werden, damit die Form der Rufe erkennbar ist.
- Die Rufaufnahmen müssen eine ausreichende Qualität aufweisen; leise Rufe sind bei vielen Arten nicht bestimmbar, da insbesondere die hohen Frequenzen fehlen können.
- Im Regelfall ist eine Bestimmung von Ortungslauten direkt am Quartier nicht möglich, da Rufe in dieser Situation häufig von Ortungsrufen im Habitat abweichen (siehe zum Beispiel die Nahortungsrufe des Kleinabendseglers in Abb. 11); charakteristische Sozialrufe sind hiervon ausgenommen.
- Vorsicht ist ebenso bei der Bestimmung von Ortungslauten geboten, die in Quartieren aufgenommen wurden (Dachböden, Höhlen/Stollen), da häufig die Aufnahmequalität unter den besonderen Reflexionsbedingungen für eine korrekte Bestimmung nicht ausreicht.
- Keine Bestimmung von Aufnahmen, in denen mehrere Tiere/Arten mit ähnlichen Rufen gleichzeitig vorkommen. Eine sichere Zuweisung der einzelnen Rufe zu einem Tier ist dann nicht mehr möglich.
- Nur charakteristische Rufsequenzen bestimmen. Oft ist eine manuelle Bestimmung nur auf Gruppenniveau möglich. Bei schwierigen Arten kann die Erfahrung des Bearbeiters ausschlaggebend sein. In vielen Fällen ist eine Bestimmung nicht möglich.
- Komplette automatisierte Rufbestimmungen entsprechen nicht dem fachlichen Standard. Auch bei den häufigen und/oder einfach bestimmbaren Arten sind zumindest Stichproben mit manueller Auswertung notwendig.

Generell gilt, dass die Zuverlässigkeit der Auswertungen mit der selbstkritischen Betrachtung steigt. Ein Großteil der Sequenzen ist in der Regel nicht eindeutig bestimmbar. Besondere Vorsicht ist geboten und weitere Experten müssen hinzugezogen werden, wenn es um Aufnahmen von Arten weit außerhalb des Verbreitungsgebietes oder um besonders seltene Arten geht. In solchen Fällen sollte generell mit akustischen Artnachweisen kritisch umgegangen und weitere Methoden zur Bestätigung des Artnachweises wie z. B. der Fang der Tiere in Betracht gezogen werden.

1.4.5 Vorgehensweise in der Praxis

Folgende Punkte sollten in der Arbeitsroutine bei der Rufbestimmung beherzigt werden:

- Für einen sicheren Nachweis einer Art ist es nicht notwendig, alle fraglichen Aufnahmen einer Nacht zu überprüfen. Sobald die notwendigen Kriterien erfüllt sind, gilt der Nachweis als sicher.
- Vorherige und nachfolgende Sequenzen überprüfen, um Verwechslungsarten zu identifizieren.
- Es müssen für den Nachweis einer Art nicht alle Messparameter ermittelt werden, sondern nur die jeweils artspezifisch kennzeichnenden Rufmerkmale.
- Es ist sinnvoll, sich zuerst die längsten Aufnahmen mit den meisten und lautesten Rufen vorzunehmen. Kurze Aufnahmen mit nur wenigen, leisen Rufen müssen nur genauer überprüft werden, wenn es sich um eine Verwechslungsart handeln könnte oder keine langen Aufnahmen vorliegen.
- Einige Programme bieten die Möglichkeit, viele Dateien nacheinander in einem Dateibrowser zu betrachten (SASLab Pro, bcAnalyze). Die Schnelldurchsicht hilft, relevante Dateien und bestimmbare Ruftypen zu finden. Auch Soziallaute können gezielt gesucht werden.
- Anhand der Ergebnisse einer automatischen Bestimmung kann man sich relativ schnell einen Überblick verschaffen, um gezielt mögliche Arten und Verwechslungsarten zu überprüfen.
- Vor einer Vermessung sollte man die gesamte Sequenz in einer Übersicht ansehen. So erkennt man schon hier, ob die Sequenz Rufe von mehr als einem Tier beinhaltet und ob Rufwechsel vorkommen.
- Zur Vermessung sollte man möglichst laute und zugleich nicht übersteuerte Rufe auswählen.
- Sowohl längere als auch kürzere Rufe in einer Aufnahme untersuchen, um das Rufrepertoire besser einschätzen zu können.
- Bei *Myotis*-Arten ist die maximale Startfrequenz am besten bei kurzen Rufen zu erkennen.
- Keine Rufe unter 2 ms (*Myotis*, *Plecotus*, *Barbastella*) und 3 bis 4 ms Länge (restliche Arten) sowie keine Rufe des Final Buzz betrachten.

2 Bestimmungskriterien für Arten und Gruppen

Die Artkapitel sind einer einheitlichen Struktur folgend aufgebaut. Nach einer zusammenfassenden kurzen **Übersicht** werden die **Ortungsrufe** beschrieben. Eine Tabelle listet die Variabilität der wesentlichen **Messwerte** für die einzelnen **Ruftypen** auf. Ihr ist auch zu entnehmen, ob die Ruftypen bestimmbar und mit welchen anderen Arten sie zu verwechseln sind. Es werden drei Stufen der **Bestimmbarkeit** verwendet:

- charakteristisch: Der Ruftyp ist aufgrund charakteristischer Merkmale bestimmbar
- teils charakteristisch: Einige Ausprägungen des Ruftyps sind aufgrund charakteristischer Merkmale bestimmbar
- nicht bestimmbar: Rufe dieses Typs können nicht zur Artbestimmung verwendet werden.

Danach wird ein **Sonagramm einer typischen Rufsequenz** dieser Art abgebildet (typisch bedeutet hier allerdings nicht zwingend auch bestimmbar). Die einzelnen **Ruftypen** werden beschrieben und in den Kontext der Verwechslungsarten gestellt. Für jeden Ruftyp zeigt eine Abbildung möglichst unterschiedliche Einzelrufe verschiedener Individuen, um die Variabilität innerhalb dieses Ruftyps wiederzugeben. Diese Rufe sind nach Länge und Frequenz sortiert.

Anschließend werden häufige **Sozialrufe** beschrieben, wobei der Fokus auf bestimmbare Soziallaute gelegt wird. Das heißt, dass hier kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben wird. Im **Anhang** werden jedoch weitere Sozialrufe abgebildet.

Zum Schluss jedes Artkapitels werden die **unverwechselbaren Ruftypen** (Ortungs- und Sozialrufe) mit ihren charakteristischen Messgrößen zusammenfassend benannt und die **Kriterien für einen Art-nachweis** angegeben.

Zur besseren Vergleichbarkeit wurden für die gleichen Ruftypen auch die gleichen **Sonagrammeinstellungen** gewählt. Fm-Rufe werden mit einer FFT-Größe von 1024, 7th-term Harris Fenster und 96,875 % Überlappung dargestellt. Fm-qcf-, qcf- und Sozialrufe werden mit der gleichen FFT-Größe und dem gleichen Fenster, aber mit 93,75 % Überlappung dargestellt. Aus Platzspargründen werden hingegen die Sozialrufe im Anhang mit einer 87,5 % Überlappung abgebildet. Alle Aufnahmen entstanden einheitlich mit einer sample rate von 500 kHz.

2.1 Der Große Abendsegler – *Nyctalus noctula*

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

2.1.1 Übersicht

Der Große Abendsegler lässt sich gut anhand von typischen langen qcf-Rufen bestimmen, die im offenen Luftraum abgegeben werden. Fm-qcf-Rufe des Großen Abendseglers ähneln denen anderer nyctaloider Arten und können nur selten bestimmt werden. Sehr kurze fm-Rufe dicht an Vegetation (z. B. im Wald) oder beim Schwärmen vor Quartieren sind nicht charakteristisch. Sozialrufe werden häufig am Quartier, aber auch fliegend im Habitat geäußert. Insbesondere die Balzrufe und der Kurztriller sind bestimmbar. Andere Lautäußerungen sind so variabel, dass momentan noch nicht abschätzbar ist, ob sie sicher bestimmbar sind.

2.1.2 Ortungsrufe

Der Große Abendsegler jagt bevorzugt mit nur losem Kontakt zu Strukturen im offenen Luftraum und nutzt dann charakteristische **qcf-Rufe**, die tieffrequenter als die aller anderen Arten in Mitteleuropa sind (sieht man einmal von der Europäischen Bulldoggfledermaus und dem Riesenabendsegler ab, die im Süden und Südosten Mitteleuropas vorkommen können). Zumeist werden alternierende Rufe mit unterschiedlicher Frequenz ausgestoßen („plip-plop“-Rufe). Der Unterschied der Charakteristischen Frequenz F_c zwischen dem „plip“- und „plop“-Ruf liegt bei etwa 2 bis 4 kHz (Abb. 19, Abb. 20).

Tab. 2: Bereiche für verschiedene Messgrößen der Ruftypen des Großen Abendseglers; Extremwerte sind in Klammern angegeben.

Ruftyp	F_c (kHz)	F_{Mk} (kHz)	D (ms)	Verwechslungsarten	Bestimmbarkeit
qcf	(16)17–22(23)		(10)15–30	Vmur, Nlei	charakteristisch
fm-qcf	(19)20–29(30)		6–20	Vmur, Nlei, Eser	teils bestimmbar
fm		(24)26–30	3–7	Vmur, Nlei, Eser, Enil	nicht bestimmbar

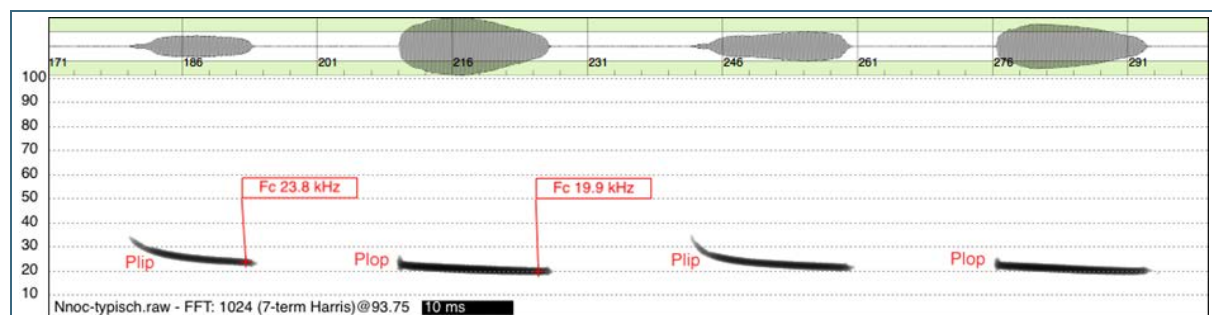


Abb. 19: Typische Sequenz des Großen Abendseglers mit alternierenden „plip-plop“-Rufen; die Rufintervalle sind verkürzt dargestellt.

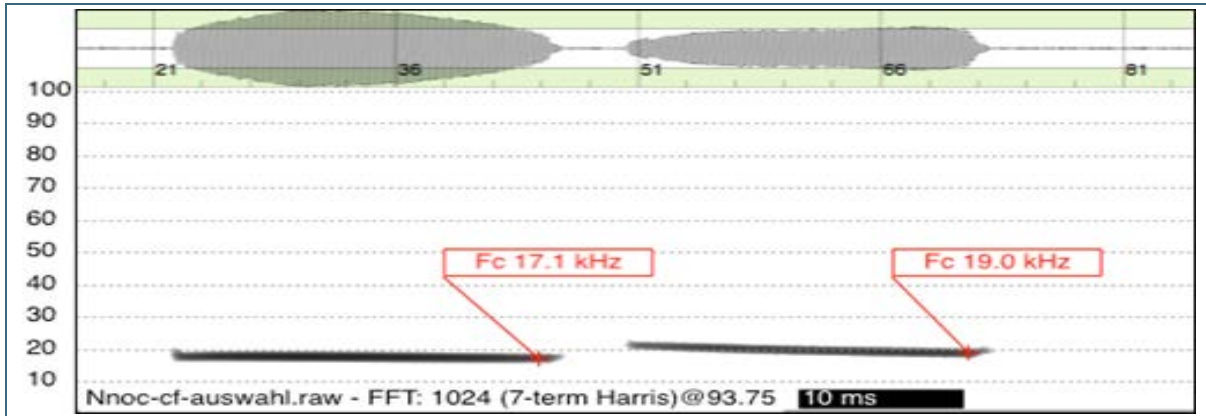


Abb. 20: Auswahl unterschiedlicher qcf-Rufe des Großen Abendseglers.

Näher an der Vegetation (Waldrand, Schneisen und Lichtungen) gehen die Rufe in **fm-qcf-Rufe** über (Abb. 21). Auch bei diesen Rufen ist häufig ein Frequenzwechsel zu erkennen. Längere Rufe zeigen meist nur einen kurzen fm-Teil und nach einem deutlichen Knie einen langen qcf-Teil. Kürzere Rufe, bei denen der qcf-Anteil weniger als die Hälfte des Rufes ausmacht, sind eher gleichmäßig gebogen. Solche Rufe ähneln denen der Breitflügelfledermaus, während bei Kleinabendsegler und Zweifarbfledermaus diese Rufe meist ein deutliches Knie zeigen. Tendenziell sind die fm-qcf-Laute des Großen Abendseglers länger und tiefer als die von ähnlich rufenden Arten. Sie sind jedoch äußerst variabel und deshalb nur in Ausnahmefällen bestimmbar, wenn ihre Charakteristische Frequenz unter 21 kHz liegt.

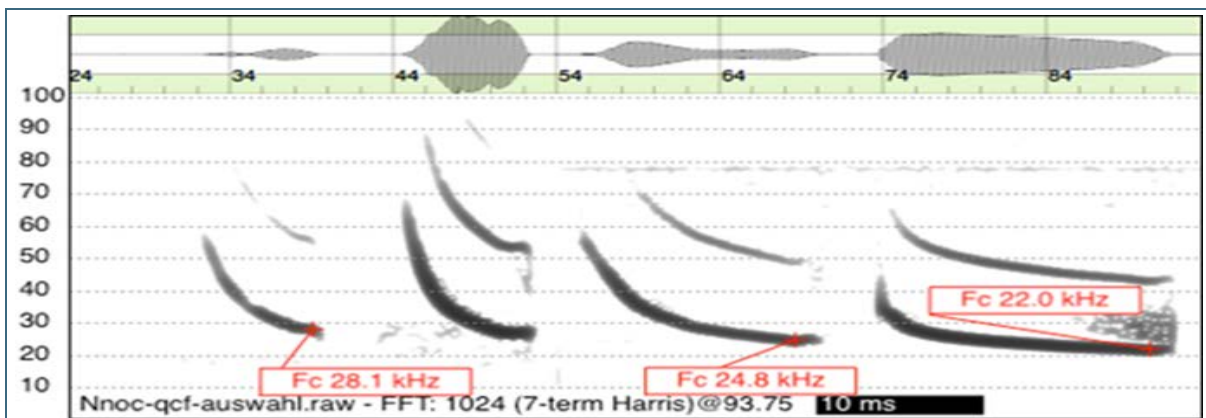


Abb. 21: Auswahl unterschiedlicher fm-qcf-Rufe des Großen Abendseglers

Echte **fm-Laute** äußert die Art bei der Nahortung (Abb. 22). Zumeist ist dies in Waldhabitaten, über Wegen und nahe am Quartier der Fall. Solche Rufe zeigen keinen qcf-Anteil mehr. Fm-Laute des Großen Abendseglers können nicht sicher von fm-Lauten anderer nyctaloider Arten aus den Gattungen *Vespertilio*, *Eptesicus* und *Nyctalus* unterschieden werden.

Im Gegensatz zu *Myotis*-Rufen sind diese fm-Rufe in Form und Frequenzverlauf sehr viel variabler. Fast immer enthalten solche Rufsequenzen auch längere Rufe, die ein qcf-Ende zeigen, was bei Rufen der Gattung *Myotis* nicht vorkommt. Speziell beim Schwärmen am Quartier gehen die Ortungs-laute auch häufig in kurze, untypische fm-Soziallaute über, die dann etwas tiefer in der Frequenz liegen. Hier besteht Verwechslungsgefahr mit Rufen der Langohrarten, die jedoch eine tiefere Startfrequenz zeigen (meistens unter 50 kHz). Außerdem sind zum einen die Rufreihen bei schwärmenden Großen Abendseglern im Rhythmus viel unregelmäßiger und zum anderen die Rufformen und Frequenzen variabler.

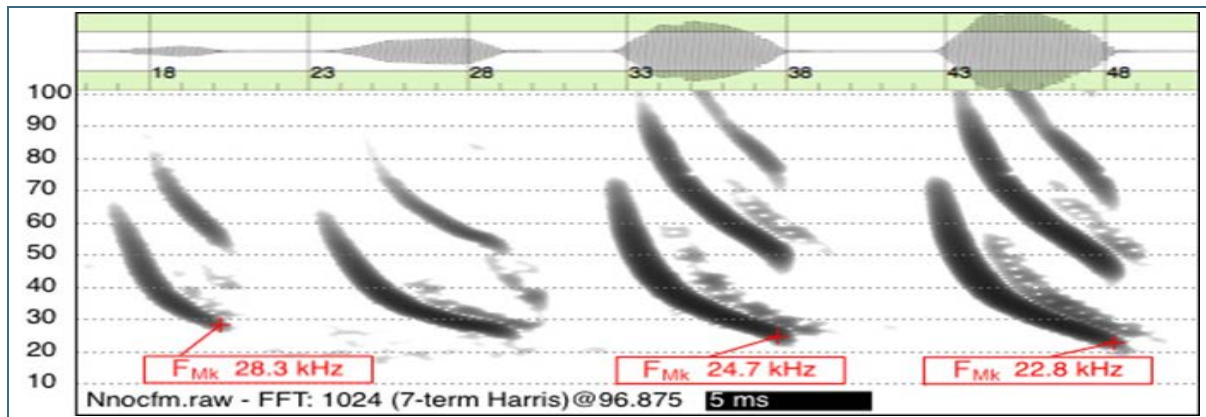


Abb. 22: fm-Rufe des Großen Abendseglers.

2.1.3 Sozialrufe

Die Art nutzt am Quartier und im Jagdhabitat eine Vielzahl verschiedener Sozialrufe, die auch häufiger aufgenommen werden. Viele dieser Rufe ähneln denen des Kleinabendseglers aber auch anderer Arten. Unverwechselbar sind die **Balzlaute der Männchen**, welche nur aus dem Quartier heraus geäußert werden. Es handelt sich um sehr lange qcf-Laute (30 bis 90 ms), die am Anfang und am Ende etwas frequenzmoduliert sein können; der flache Teil dieser Rufe liegt bei etwa 13 kHz (vergleiche Skiba 2009 und Pfalzer 2002). Es handelt sich um multiharmonische Laute mit betonter Grundschwingung (Abb. 23).

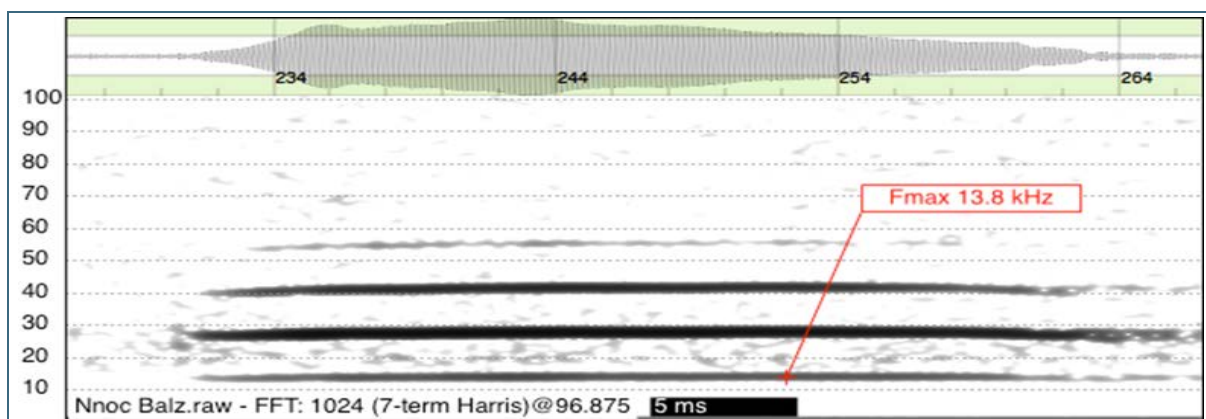


Abb. 23: Balzruf des Großen Abendseglers; Da das Aufnahmegerät tiefe Frequenzen und damit die Grundschwingung gedämpft hat, erscheint in dieser Aufnahme der erste Oberton fälschlicherweise am lautesten.

Weitere bestimmbare Sozialrufe sind die **Kurztriller** (Skiba 2009). Diese, aus mehreren Elementen bestehenden Rufe werden fliegend im Jagdhabitat und in Quartiernähe geäußert. Am Anfang und am Ende befindet sich meistens ein abwärts moduliertes fm-Signal. Dazwischen liegen ein bis vier u-förmige Elemente, die in der Frequenz häufig ansteigen (Abb. 24). Sie können auch miteinander verbunden sein und eine Welle bilden. Anfangs- und Endelement sind hinsichtlich Form und Frequenz sehr variabel und können fehlen. F_{min} der ersten Elemente liegt meistens zwischen 18 und 25 kHz. Der Kleinabendsegler äußert ebenfalls einen Triller. Die mittleren Elemente sind bei ihm jedoch meist nur abwärts frequenzmoduliert oder nur angedeutet u-förmig. Außerdem sind sie kürzer und zeigen eine geringere Bandbreite (vgl. Abb. 30). Die Balztriller der *Pipistrellus*-Arten beinhalten im Unterschied

keine deutlich abgesetzten Anfang- und Endelemente. Weiterhin sind entweder die Gesamtlänge kürzer (meistens unter 40 ms), die Frequenz niedriger (Weißrandfledermaus) oder die Einzelelemente kürzer (Zwerg- und Mückenfledermaus).

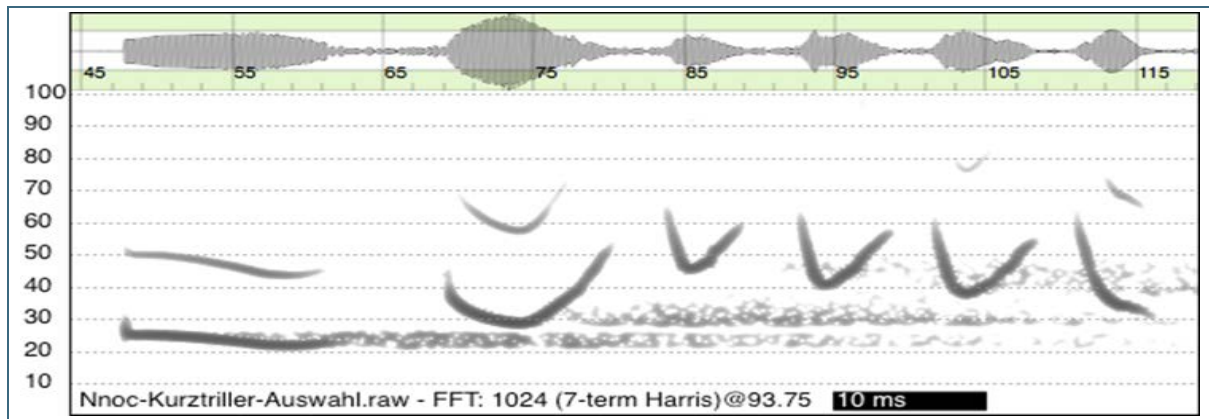


Abb. 24: Typischer Kurztriller des Großen Abendseglers. Weitere Trillertypen siehe Abb. 85 und 86 im Anhang.

Sehr häufig werden vom Großen Abendsegler lange fm-qcf-Laute geäußert, die unterschiedliche Bedeutungen haben können (z. B. Begegnungsrufe oder Erregungsrufe) (Abb. 87 im Anhang). Diese „**ortungsrufähnlichen**“ bis „**bogenförmigen**“ Rufe (Pfalzer 2002) sind extrem variabel und können als Einzelrufe, Doppelrufe oder Rufserien auftreten. Die tiefsten Frequenzen dieser Rufe variieren zwischen 11 und 25 kHz und ihre Länge liegt zwischen 5 und 60 ms. Da die Rufotypen fließend ineinander übergehen können und auch andere Arten ähnliche „bogenförmige“ Rufe nutzen, sollte von einer Bestimmung abgesehen werden.

2.1.4 Unverwechselbare Rufotypen

Unverwechselbar sind alle qcf- und fm-qcf-Rufe, deren Charakteristische Frequenz klar unter 21 kHz liegt. Auch „plip-plop“-Sequenzen, deren tiefe Rufe zwischen 21 und 23 kHz liegen, können vom Kleinabendsegler unterschieden werden, wenn zumindest die höheren Rufe am Anfang frequenzmoduliert sind.

Balzrufe sind charakteristisch, wenn die qcf-Rufe mindestens 35 ms lang sind und am Beginn keinen abwärts gerichteten fm-Teil aufweisen. Auch Kurztriller können bestimmt werden, wenn die mittleren Elemente deutlich u-förmig sind und/oder sie eine Länge von mehr als 6 ms und eine Bandbreite von mehr als 20 kHz aufweisen. Das erste und das letzte Element muss sich deutlich von den mittleren Silben unterscheiden.

2.1.5 Kriterien für den Artnachweis

- es genügt, wenn ein unverwechselbarer Ruf (qcf-Ruf oder Sozialruf) vorliegt,
- bei alternierenden fm-qcf-Rufen („plip-plop“) bei 21 bis 23 kHz müssen mindestens drei Sequenzen mit Rufwechsel vorliegen und es dürfen keine Verwechslungsarten in zeitlicher Nähe auftreten (+/- 2 Min.).

2.2 Der Kleinabendsegler – *Nyctalus leisleri*

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

2.2.1 Übersicht

Der Kleinabendsegler zeigt ein ähnliches Rufrepertoire wie der Große Abendsegler und lässt sich anhand seiner qcf-Rufe bestimmen, seine fm-qcf- und fm-Rufe sind jedoch nicht charakteristisch, da sie starke Überschneidungen im Frequenzbereich mit allen anderen „nyctaloid“ rufenden Arten zeigen. Der Balzruf männlicher Kleinabendsegler und Kurztriller sind arttypisch. Weitere „ortungsrufähnliche“ bis „bogenförmige“ Soziallaute sind sehr variabel und zur Artbestimmung nicht geeignet.

2.2.2 Ortungsrufe

Die Ruftypen sind im Vergleich zum Großen Abendsegler etwas kürzer und hochfrequenter. Außerdem kommen seltener stetig alternierende Rufreihen vor. Der Frequenzunterschied zwischen zwei „**plip-plop**“-Rufen beträgt meistens nur 1 bis 2 kHz (vgl. Abb. 25).

Tab. 3: Bereiche für verschiedene Messgrößen der Ruftypen des Kleinabendseglers; Extremwerte sind in Klammern angegeben.

Ruftyp	F _c (kHz)	F _{Mk} (kHz)	D (ms)	Verwechslungsarten	Bestimmbarkeit
qcf	21–26(27)		(6)8–20	Vmur, Nnoc	charakteristisch
fm-qcf	(24)25–29(31)		(4)5–16(18)	Vmur, Nnoc, Eser, Enil	nicht bestimmbar
fm		(26)28–32	3–5(6)	Vmur, Nnoc, Eser, Enil	nicht bestimmbar

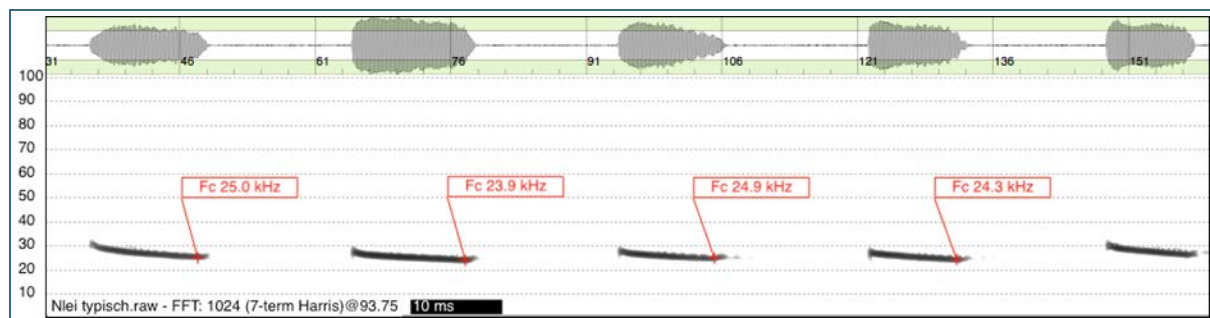


Abb. 25: Typische Sequenz des Kleinabendseglers mit alternierenden qcf-Rufen; die Rufintervalle sind verkürzt dargestellt

Die tiefsten Charakteristischen Frequenzen (F_c) von **qcf-Lauten** liegen bei 21 kHz. Liegt die Charakteristische Frequenz des tieferen Rufs einer „plip-plop“-Abfolge (also das „plop“) im Bereich von 21 bis 23 kHz, sind die beiden alternierenden Rufe immer echte qcf-Rufe. Dies unterscheidet den Kleinabendsegler vom Großen Abendsegler, bei dem in diesem Frequenzbereich der höhere Ruf oder beide Rufe einen deutlich frequenzmodulierten Anfang zeigen. Der Kleinabendsegler nutzt manchmal erstaunlich kurze qcf-Rufe von etwa 6 ms Länge (Abb. 26).

Die **fm-qcf-Laute** sind nicht bestimmbar (Abb. 27). Tendenziell sind sie kürzer und liegen höher in der Frequenz als die des Großen Abendseglers. Die Form dieser Rufe zeigt fast immer ein deutliches Knie, während die des Großen Abendseglers eher gleichmäßig durchgebogen ist. Dabei handelt es sich aber nicht um ein klares Bestimmungskriterium. Hinsichtlich der Form und Frequenz ähneln diese Rufe sehr denen der Zweifarbfledermaus.

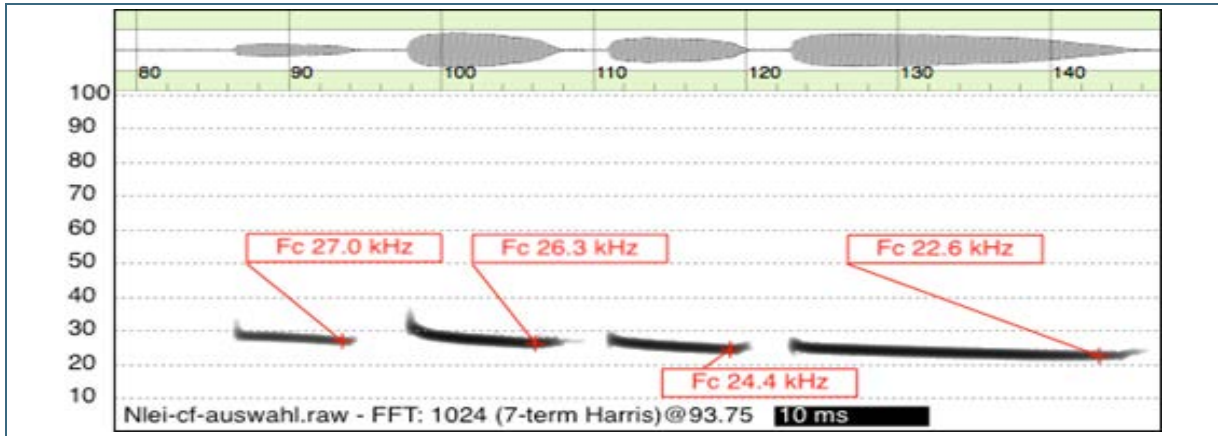


Abb. 26: Auswahl unterschiedlicher qcf-Rufe des Kleinabendseglers

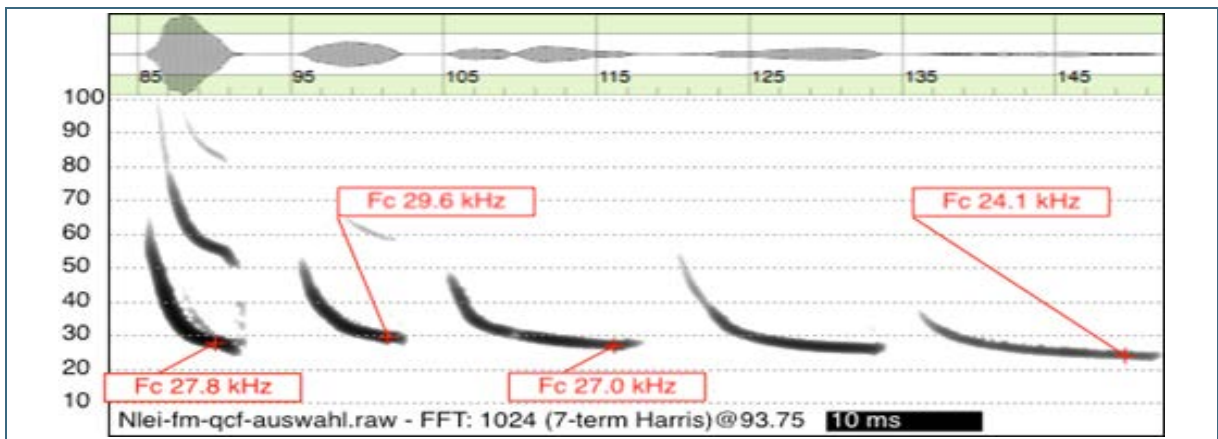


Abb. 27: Auswahl unterschiedlicher fm-qcf-Rufe des Kleinabendseglers

Die **fm-Rufe** des Kleinabendseglers sind auch unbestimmbar (Abb. 28). Alle anderen nyctaloiden Arten können ähnlich rufen. Gerade in Quartiernähe in Wäldern werden häufig nur solche kurzen Nahorungslaute aufgezeichnet. In solchen Fällen ist es sinnvoll, gezielt nach Sozialrufen zu suchen.

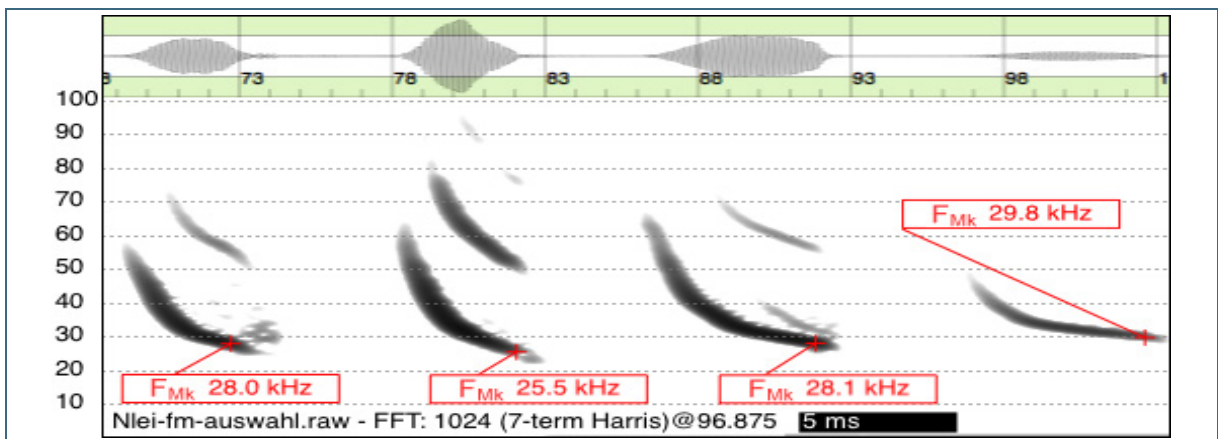


Abb. 28: Auswahl unterschiedlicher fm-Rufe des Kleinabendseglers

2.2.3 Sozialrufe

Der Kleinabendsegler ist genauso ruffreudig wie der Große Abendsegler und nutzt sehr ähnliche Typen von Sozialrufen. Unverwechselbar jedoch sind die **Balzlaute** der Männchen (Abb. 29). Es handelt sich um lange qcf-Laute, die mit 15 bis 35 ms Länge deutlich kürzer sind als die des Großen Abendseglers. Außerdem zeigen sie einen deutlichen Abfall in der Frequenz. Der flache hintere Teil der Rufe liegt bei etwa 13 (10–18) kHz. Die Rufe werden vom Quartier aus oder im Flug in regelmäßigen Abständen (0,5–2 Sek.) geäußert.

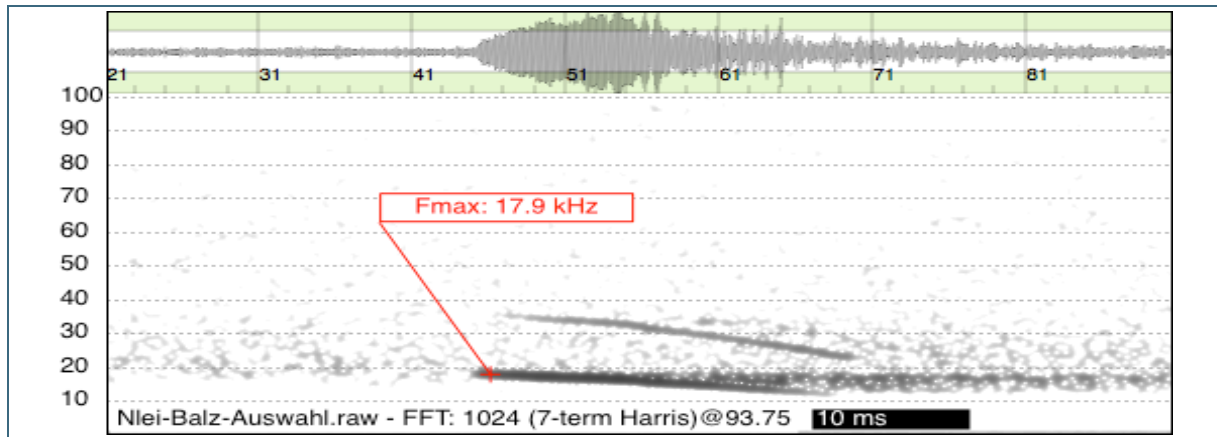


Abb. 29: Typischer Balzruf des Kleinabendseglers

Ein weiterer bestimmbarer Sozialruf ist der **Kurztriller** (Skiba 2009). Dieser aus mehreren Elementen bestehende Ruf wird fliegend im Jagdhabitat und in Quartiernähe geäußert (Abb. 30). Ähnlich wie beim Großen Abendsegler liegen am Anfang und manchmal am Ende deutlich abweichende abwärts modulierte fm-Signale vor. Dazwischen liegen ein bis fünf kürzere Elemente, die entweder nur abwärts frequenzmoduliert oder hakenförmig ausgeprägt sein können. Sie sind im Vergleich zum Großen Abendsegler kürzer und haben eine geringere Bandbreite.

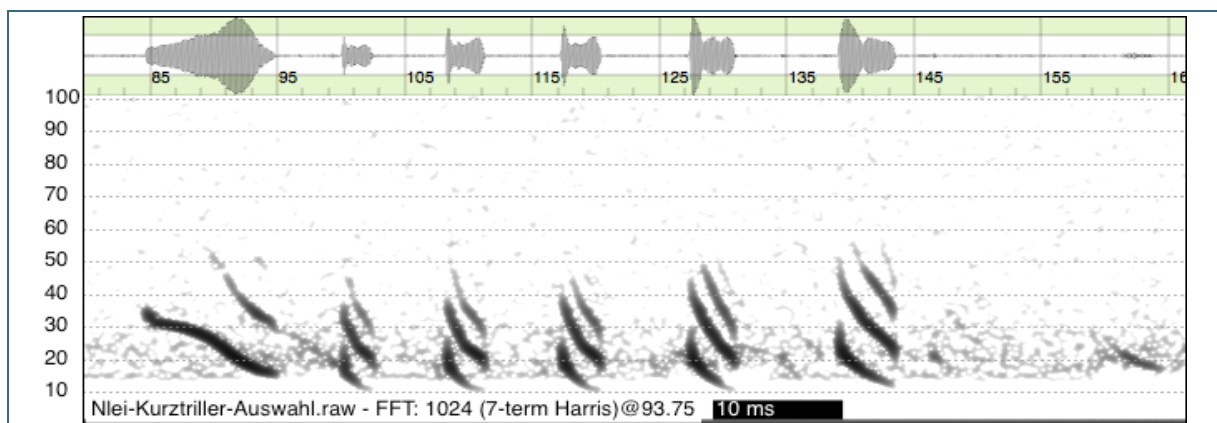


Abb. 30: Typischer Kurztriller des Kleinabendseglers. Weitere Trillertypen siehe Abb. 88 und 89 im Anhang

Wie auch der Große Abendsegler zeigt der Kleinabendsegler ein großes Repertoire an langen fm-qcf-Lauten, die als Begegnungsrufe oder Erregungsrufe interpretiert werden. Diese „**ortungsrufähnlichen**“ bis „**bogenförmigen**“ Rufe (Pfalzer 2002) sind sehr variabel und können als Einzelrufe, Doppelrufe oder Rufserien auftreten (Abb. 90 im Anhang). Die tiefsten Frequenzen dieser Rufe variieren zwischen 11 und 25 (30) kHz und ihre Länge liegt zwischen 5 und 70 ms. Auch ihre Variabilität ist hoch, die Rufotypen können fließend ineinander übergehen. Da auch andere Arten ähnliche „bogenförmige“ Rufe nutzen, sollte von einer Bestimmung abgesehen werden.

2.2.4 Unverwechselbare Ruftypen

Die Art kann nur sicher bestimmt werden, wenn regelmäßige „plip-plop“-Rufe vorliegen. Unverwechselbar sind dann qcf-Rufe, deren Charakteristische Frequenz bei 23 kHz und darüber liegt.

„Plip-plop“-Sequenzen, deren tiefe Rufe zwischen 21 und 23 kHz liegen, können auch dann vom Großen Abendsegler unterschieden werden, wenn beide alternierenden Rufe echte qcf-Rufe sind, also keinen deutlich frequenzmodulierten Anfang aufweisen.

Balzrufe sind charakteristisch, wenn die qcf-Rufe nicht über 35 ms lang sind und am Beginn einen abwärts gerichteten fm-Teil aufweisen. Kurztriller können bestimmt werden, wenn die mittleren Elemente nicht deutlich u-förmig sind und/oder sie eine Länge von weniger als 6 ms und eine Bandbreite von weniger als 20 kHz aufweisen.

2.2.5 Kriterien für den Artnachweis

- Bei „plip-plop“-Rufen müssen mindestens drei Sequenzen mit regelmäßigen Rufwechseln und unverwechselbaren qcf-Rufen vorliegen (zusammen > 10 Rufe) und es dürfen keine Verwechslungsarten in zeitlicher Nähe auftreten (+/- 2 Min.).
- Sozialrufe: entweder ein typischer Kurztriller oder eine Sequenz mit mindestens drei Balzrufen in regelmäßigen Intervallen.

2.3 Die Zweifarbfledermaus – *Vespertilio murinus*

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

2.3.1 Übersicht

Die Art zeigt eine extreme Überlappung im Rufrepertoire mit anderen „nyctaloid“ rufenden Arten. Es gibt keine unverwechselbare Ortungslaute, so dass die Art akustisch nicht sicher nachweisbar ist. Nur die Abwesenheit bestimmter Ruftypen anderer Arten kann bei einer großen Menge von Aufnahmen einen Hinweis auf die Art geben. Die Zweifarbfledermaus äußert relativ selten Sozialrufe. Der männliche Balzruf ist jedoch arttypisch.

2.3.2 Ortungsrufe

In Tab. 4 werden zur Übersicht die Messgrößen der Ruftypen sowie die Verwechslungsmöglichkeiten aufgelistet und in Abb. 31 eine typische, mit viel Erfahrung mitunter bestimmbare Rufsequenz der Zweifarbfledermaus abgebildet.

Tab. 4: Bereiche für verschiedene Messgrößen der Ruftypen der Zweifarbfledermaus; Extremwerte sind in Klammern angegeben.

Ruftyp	F _c (kHz)	F _{Mk} (kHz)	D (ms)	Verwechslungsarten	Bestimmbarkeit
cf u. qcf	21–25(26)		(10)12–26(30)	Nlei, Nnoc	tendenziell bestimmbar
fm-qcf	(22)23–30		4–14(16)	Nlei, Nnoc, Eser, Enil	nicht bestimmbar
fm		(23)25–30	3–5(7)	Nlei, Nnoc, Eser, Enil	nicht bestimmbar

Einzelrufe aller Ruftypen können insbesondere von denen des Kleinabendseglers nicht unterschieden werden. Nur wenn der Kleinabendsegler regelmäßige Rufwechsel zeigt („plip-plop“), kann die Zweifarbfledermaus ausgeschlossen werden. Auch hier ist allerdings Vorsicht geboten, da die Zweifarbfledermaus zwar keine regelmäßigen „plip-plop“-Sequenzen äußert, jedoch innerhalb einer Sequenz sehr unterschiedliche Rufe in unregelmäßiger Abfolge nutzen kann.



Abb. 31: Typische Sequenz der Zweifarbfledermaus mit langen qcf-Rufen; die Rufintervalle sind verkürzt dargestellt.

Relativ typisch für die Zweifarbfledermaus sind **qcf-Laute** zwischen 21 und 25 kHz (Abb. 32), die häufig länger (> 20 ms) als die des Kleinabendseglers sind.

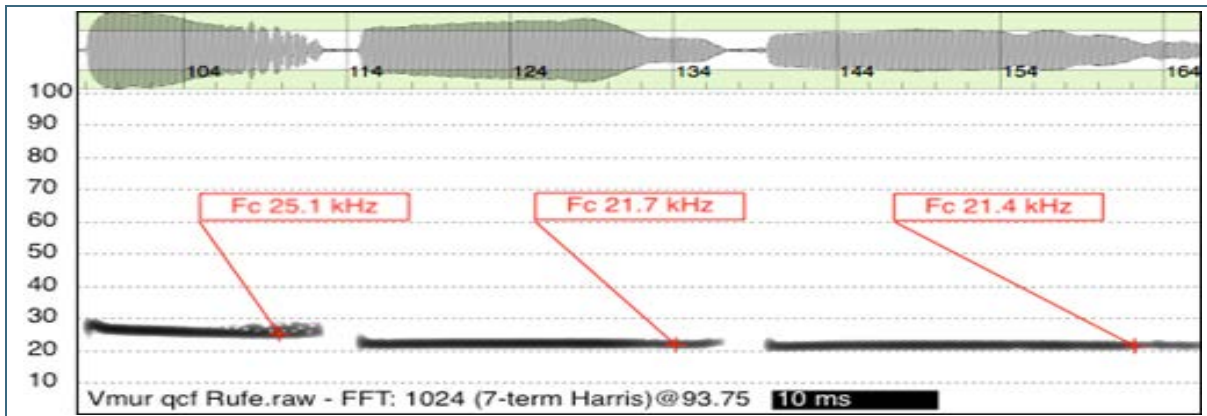


Abb. 32: Auswahl typischer qcf-bis cf-Rufe der Zweifarbfledermaus

Die **fm-qcf-Laute** (Abb. 33) sind sehr variabel und ähneln stark denen des Kleinabendseglers. Ebenso wie bei diesem weisen die Rufe meistens ein deutliches Knie auf. Sie sind unbestimmbar. Das Gleiche gilt auch für die **fm-Laute** (Abb. 34), die meist nur sehr nahe an Strukturen (z. B. vor einem Quartier) geäußert werden.

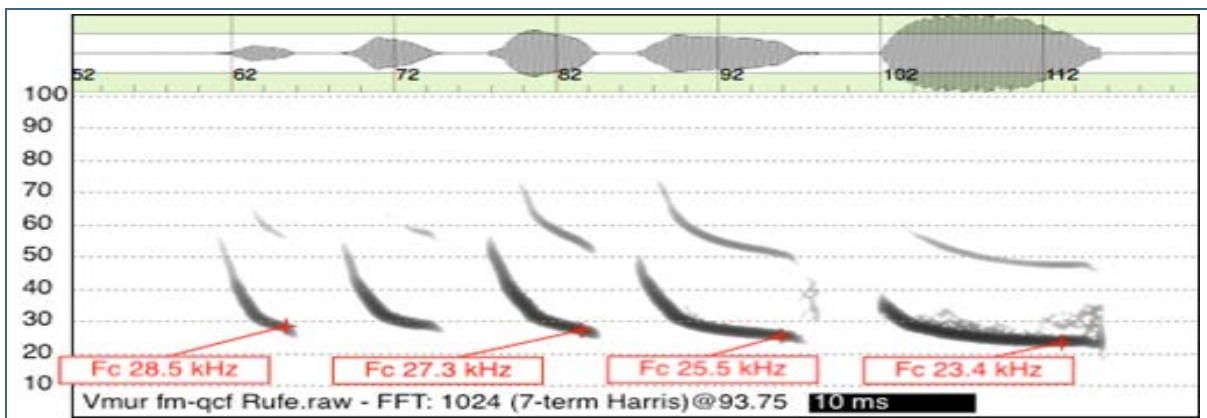


Abb. 33: Auswahl unterschiedlicher fm-qcf-Rufe der Zweifarbfledermaus

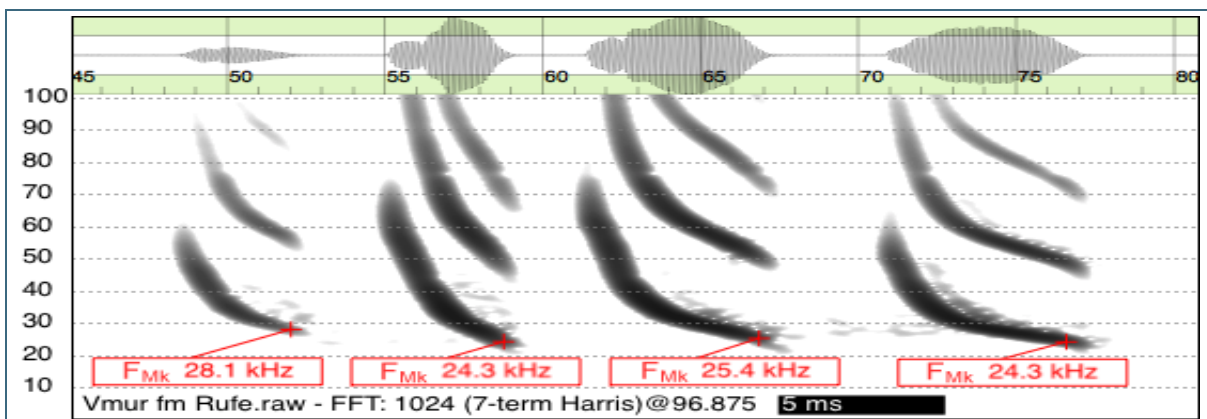


Abb. 34: Auswahl typischer fm-Rufe der Zweifarbfledermaus

2.3.3 Sozialrufe

Die Zweifarbfledermaus äußert sehr viel seltener Soziallaute als die Arten der Gattung *Nyctalus*. Für die Bestimmung relevant ist nur der unverwechselbare **Balzruf** der Männchen (Abb. 35). Nach einigen sehr kurzen und leisen fm-Elementen folgt ein etwa 20 ms langer Ruf, der Bogenrufen anderer Arten ähnelt. Die Kombination der Rufelemente ist jedoch einzigartig. Die Laute werden regelmäßig alle 0,2 Sekunden im Flug geäußert.

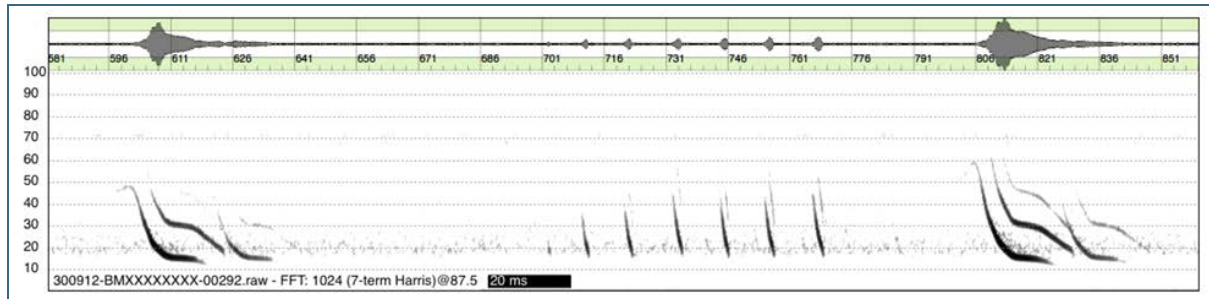


Abb. 35: : Eine Sequenz mit zwei aufeinander folgenden Balzrufen der Zweifarbfledermaus (hinter den Bogenrufen ist jeweils ein Echo zu erkennen). Dazwischen befindet sich eine charakteristische Folge von sehr kurzen und leisen fm-Elementen.

2.3.4 Unverwechselbare Rufe

Die Zweifarbfledermaus kann in der Regel nicht sicher anhand der Ortungslaute bestimmt werden. Ein starker Hinweis auf die Art besteht, wenn qcf-Laute zwischen 21 und 25 kHz mit einer Länge deutlich über 20 ms vorliegen. Die Länge der Rufe kann jedoch schwer messbar sein, falls sie mit einem starken Echo überlappen.

Die Balzlaute sind typisch, wenn die einzelnen Elemente sichtbar sind und der Ruf regelmäßig wiederholt wird.

2.3.5 Kriterien für den Artnachweis

- Ortungslaute: nicht bestimmbar; nur absolute Experten können bei einer großen Anzahl von Aufnahmen und der Abwesenheit von Verwechslungsarten die Art tendenziell ansprechen. Für einen sicheren Artnachweis sind jedoch weitere Methoden notwendig (z. B. Netzfang, Quartiersuche).
- Sozialrufe: mindestens eine typische Abfolge von Balzrufen mit intermediären leisen fm-Lauten (vgl. Abb. 35).

2.4 Die Breitflügelfledermaus – *Eptesicus serotinus*

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

Die Art zeichnet sich dadurch aus, dass sie keinerlei Rufwechsel in den Sequenzen zeigt. Frequenz, Form und Rufabstand sind innerhalb einer Rufabfolge gleichbleibend oder ändern sich nur graduell. Allerdings kann die Art ab und zu Rufe auslassen, wodurch „Lücken“ in den Sequenzen entstehen. Die Art zeigt im Schnitt kürzere Rufe und Rufintervalle als die anderen nyctaloiden Arten. Die Breitflügelfledermaus nutzt hauptsächlich fm-qcf-Rufe. Sozialrufe sind meist nur nahe am Quartier zu hören und sollten nicht zur Artbestimmung herangezogen werden; nur ein Sozialruf, der den Krückstock-Rufen der Wasserfledermaus ähnelt, wird häufiger im Flug geäußert und ist charakteristisch.

2.4.1 Übersicht

In Tab. 5 werden zur Übersicht die Messgrößen der Ruftypen sowie die Verwechslungsmöglichkeiten aufgelistet und in Abb. 36 eine typische Rufsequenz der Breitflügelfledermaus abgebildet.

Tab. 5: Bereiche für verschiedene Messgrößen der Ruftypen der Breitflügelfledermaus; Extremwerte sind in Klammern angegeben.

Ruftyp	F _c (kHz)	F _{Mk} (kHz)	D (ms)	Verwechslungsarten	Bestimmbarkeit
qcf	21-25(26)		10-16(18)	Vmur, Nlei	charakteristisch
fm-qcf	22-31		4-16(18)	Vmur, Nlei, Nnoc, Enil	Charakteristisch unter 26 kHz
fm		(25)26-34	3-7	Vmur, Nlei, Nnoc, Enil	nicht bestimmbar

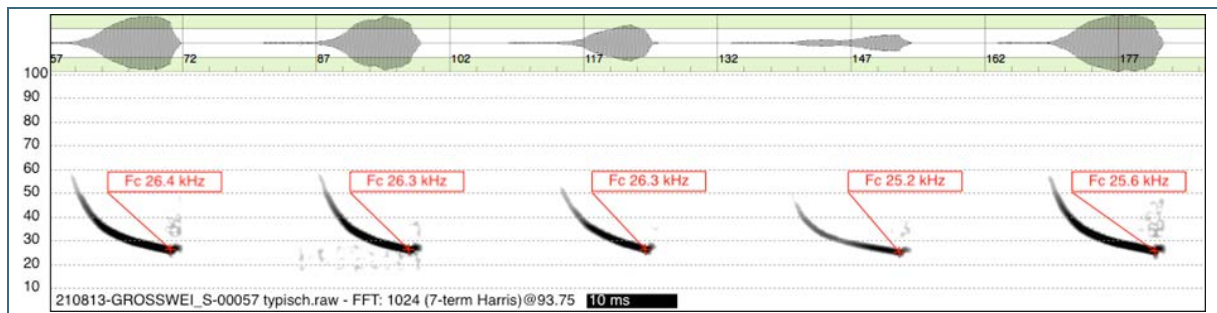


Abb. 36: Typische Sequenz der Breitflügelfledermaus mit fm-qcf-Rufen; die Rufintervalle sind verkürzt dargestellt.

2.4.2 Ortungsrufe

Die ohne Frequenzwechsel genutzten **qcf-Rufe** der Breitflügelfledermaus zeigen immer einen Frequenzabfall von 5 bis 10 kHz über den gesamten Rufverlauf (Abb. 37). Die Rufabstände zwischen qcf-Rufen liegen relativ konstant bei etwa 300 ms. Die qcf-Rufe der Nordfledermaus sind ähnlich geformt (vgl. Abb. 42), jedoch meistens sowohl flacher als auch länger und durch ihre höhere Frequenz von über 25 kHz gut von denen der Breitflügelfledermaus unterscheidbar. Die Zweifarbfledermaus und die Abendseglerarten können unterschieden werden, da sie meistens längere und unregelmäßigere Rufabstände zeigen und die längeren Rufe dieser Arten nahezu konstantfrequent sind.

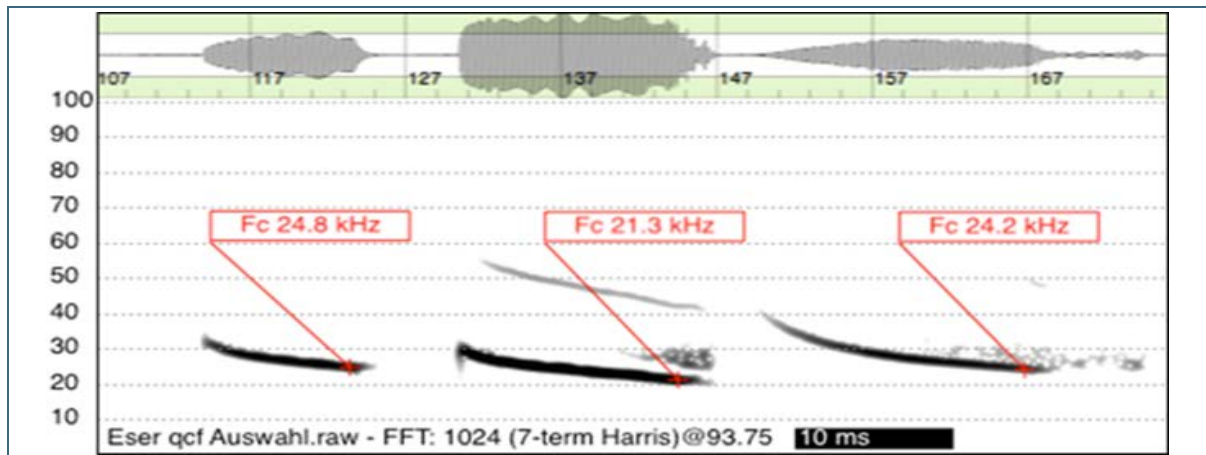


Abb. 37: Auswahl unterschiedlicher qcf-Rufe der Breitflügelfledermaus

fm-qcf Rufe der Breitflügelfledermaus (Abb. 38) sind schwer von reinen fm-Rufen zu trennen, da sie nur ein sehr kurzes Stück vor dem Ende wirklich konstantfrequent werden und gleich danach meist einen kleinen **Haken** nach oben zeigen. Dieser Haken ist fast immer gut zu erkennen und bestimmungsrelevant, da er bei anderen Arten nur sporadisch und weniger ausgeprägt vorkommt.

Die fm-qcf-Rufe liegen im Frequenzbereich verschiedener anderer Arten. Im Vergleich zu Kleinabendsegler und Zweifarbfledermaus zeigen die Rufe jedoch ein nur schwach ausgeprägtes Knie. Meist sind sie gleichmäßig gebogen. Die Nordfledermaus nutzt ähnliche Rufe, die jedoch zum Großteil in der Frequenz höher liegen. Unterhalb von 26 kHz handelt es sich sicher um Breitflügelfledermausrufe. Reine **fm-Laute** (Abb. 39) treten selten auf und sind nicht bestimmbar.

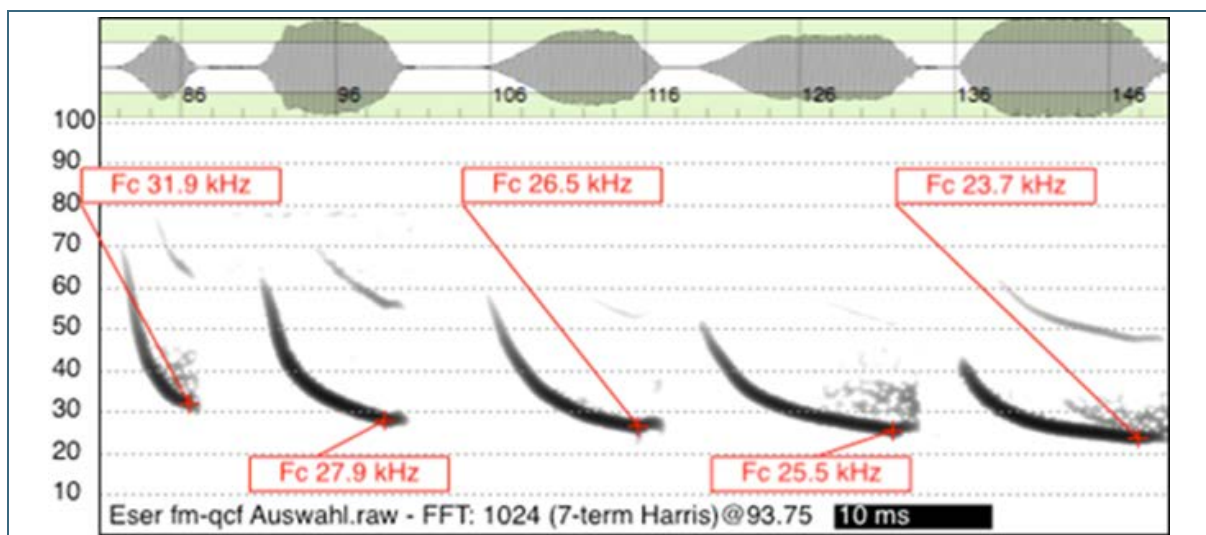


Abb. 38: Auswahl unterschiedlicher fm-qcf-Rufe der Breitflügelfledermaus. Der zweite, dritte und vierte Ruf von rechts zeigt einen deutlichen Aufwärtshaken am Rufende.

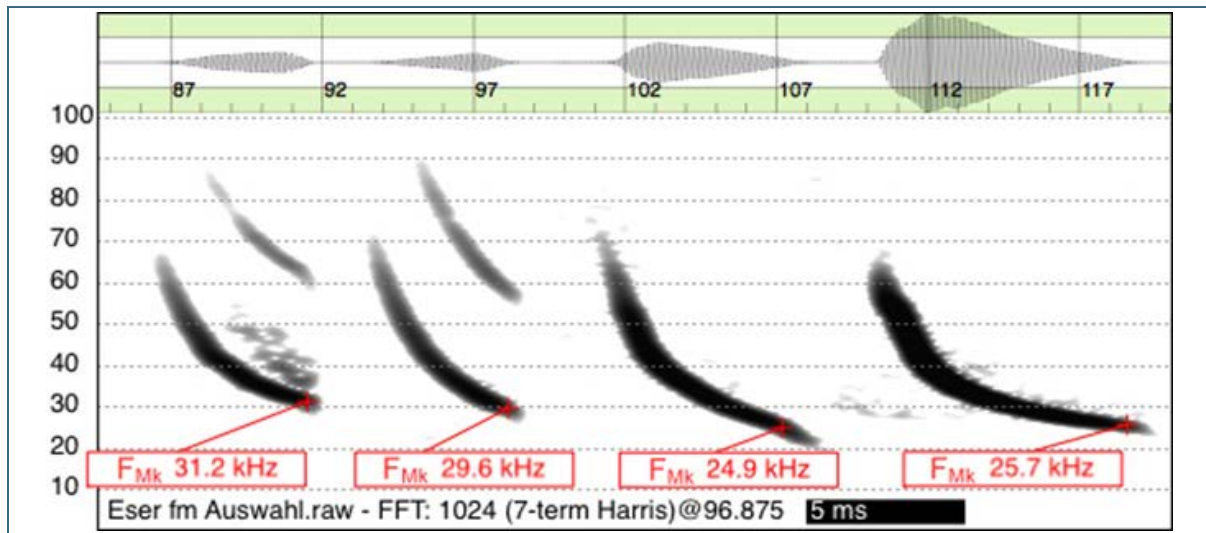


Abb. 39: Auswahl unterschiedlicher fm-Rufe der Breitflügelfledermaus

2.4.3 Sozialrufe

Die Breitflügelfledermaus äußert fliegend im Habitat nur sehr selten Sozialrufe. Bestimmungsrelevant ist nur der nachfolgende Ruf (Abb. 40), der vereinzelt in Ortungslautsequenzen eingestreut wird. Es handelt sich um einen ungewöhnlich hochfrequenten Soziallaut, der mit einem qcf-Teil um 60 kHz beginnt und dann auf 40 bis 35 kHz abfällt. Die Länge beträgt etwa 20 ms. Der Ruf erinnert an die hohen Rufe der Mopsfledermaus sowie an die sogenannten Krückstockrufe der Wasserfledermaus, welche jedoch sehr viel kürzer sind.

Die Breitflügelfledermaus äußert noch eine Reihe weiterer Sozialrufe, die allerdings nicht zur Artbestimmung herangezogen werden sollten. Sie sind in den Abb. 92 bis Abb. 94 im Anhang zu finden.

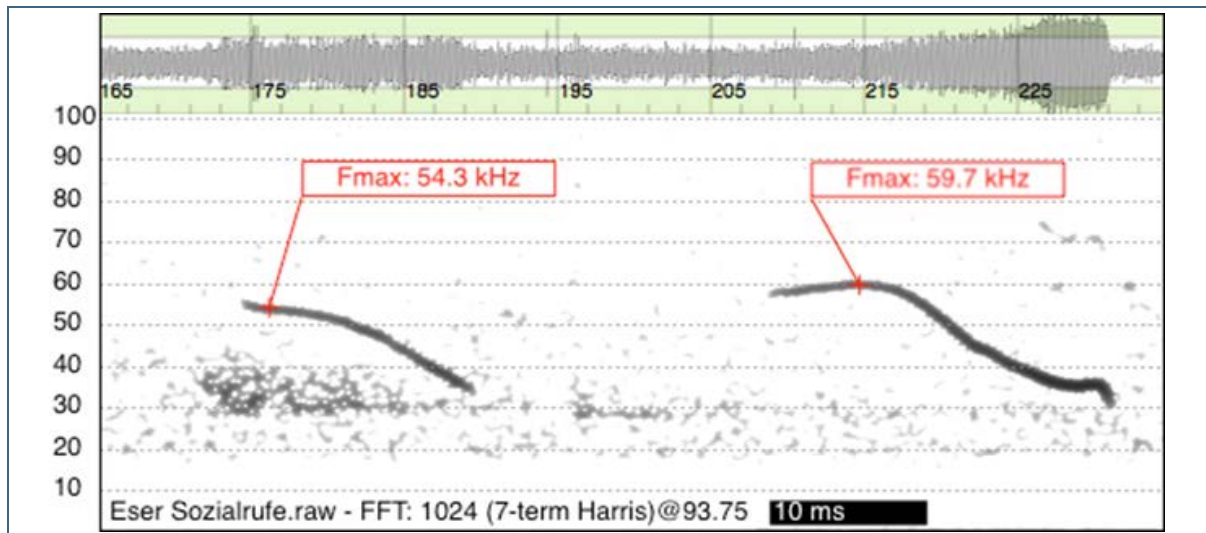


Abb. 40: Zwei Sozialrufe der Breitflügelfledermaus, ähnlich den Krückstock-Rufen der Wasserfledermaus. Weitere Rufe s. Abb. 91 im Anhang.

2.4.4 Unverwechselbare Rufe

Bestimmbar sind Rufsequenzen mit fm-qcf- und qcf-Rufen, wenn keine Rufwechsel auftreten und die Rufe in Hinblick auf Form, Frequenz und Rufintervall sehr uniform sind. Bei qcf-Rufen müssen die Rufabstände etwa 300 ms (200–400 ms) und bei fm-qcf-Rufen zwischen 100 und 300 ms betragen. Bei Letzteren müssen die Aufwärts-Häkchen am Rufende ausgeprägt sein. Die tiefsten Frequenzen der Rufe müssen bei qcf-Rufen zwischen 21 und 25 kHz liegen und dürfen bei fm-qcf-Rufen 26 kHz nicht überschreiten.

2.4.5 Kriterien für den Artnachweis

- Es müssen mindestens drei Sequenzen mit unverwechselbaren Ortungslauten (zusammen mehr als 20 Rufe) vorliegen und es dürfen keine Verwechslungsarten in zeitlicher Nähe (± 2 min) auftreten.
- Sozialrufe: eine Sequenz mit mindestens einem Sozialruf. In der Sequenz müssen auch Ortungslaute vorhanden sein, die zumindest nicht gegen die Art sprechen.

2.5 Die Nordfledermaus – *Eptesicus nilssonii*

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

2.5.1 Übersicht

Die Nordfledermaus nutzt höhere Frequenzbereiche als die anderen nyctaloiden Arten und ist dadurch meist gut von diesen zu unterscheiden. Ihre Rufe liegen schon fast im Frequenzbereich der Alpen- und Teichfledermaus. Form und Rhythmus der verschiedenen Ruftypen der Nordfledermaus ähneln denen der Breitflügelfledermaus. Wie diese zeigt die Nordfledermaus keinen Frequenzwechsel in den Sequenzen. Die Rufrate ist hoch und regelmäßig. Die Nordfledermaus nutzt häufiger qcf-Laute als die Breitflügelfledermaus. Ein Großteil der qcf- und fm-qcf-Rufe ist bestimmbar. Es werden im Flug bogenförmige Sozialrufe geäußert, die in der typischen Ausprägung bestimmt werden können.

2.5.2 Ortungsrufe

In Tab. 6 werden zur Übersicht die Messgrößen der Ruftypen sowie die Verwechslungsmöglichkeiten aufgelistet und in Abb. 41 eine typische Rufsequenz der Nordfledermaus abgebildet.

Tab. 6: Bereiche für verschiedene Messgrößen der Ruftypen der Nordfledermaus; Extremwerte sind in Klammern angegeben.

Ruftyp	F _c (kHz)	F _{Mk} (kHz)	D (ms)	Verwechslungsarten	Bestimmbarkeit
qcf	(25)26–30		10–22(25)	Nlei, Vmur, Eser	charakteristisch
fm-qcf	26–33		(4)5–19	Nlei, Vmur, Eser	charakteristisch
fm		26–35	3–7	Nlei, Vmur, Eser	nicht bestimmbar

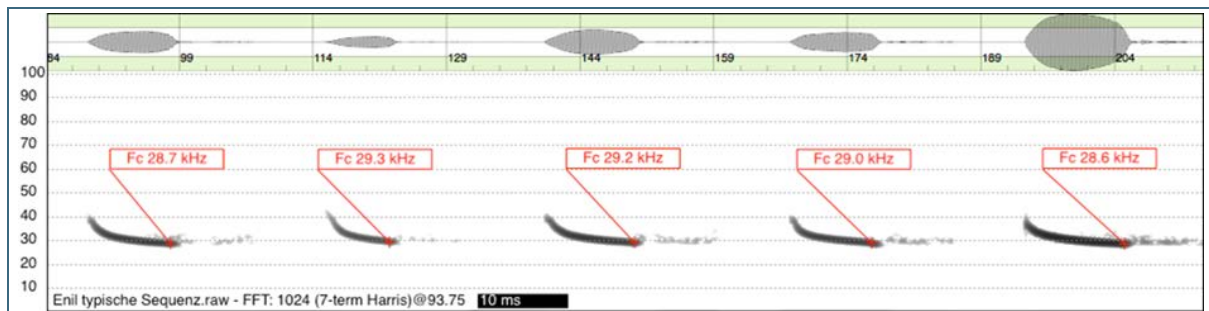


Abb. 41: Typische Sequenz der Nordfledermaus mit relativ flachen fm-qcf-Rufen; die Rufintervalle sind verkürzt dargestellt.

Die **qcf-Rufe** der Nordfledermaus sind im Vergleich zu denen der Breitflügelfledermaus häufig länger (teils > 20 ms) und flacher. Die Charakteristische Frequenz liegt in der Regel bei 27 bis 28 kHz (Abb. 42) und die Intervalle bei 200 bis 400 ms. Solche Rufe sind unverwechselbar. Manchmal erreichen die Rufe jedoch fast 25 kHz. Diese Rufe sind kaum von denen der Breitflügelfledermaus, aber auch von denen des Kleinabendseglers und der Zweifarbfledermaus zu unterscheiden.

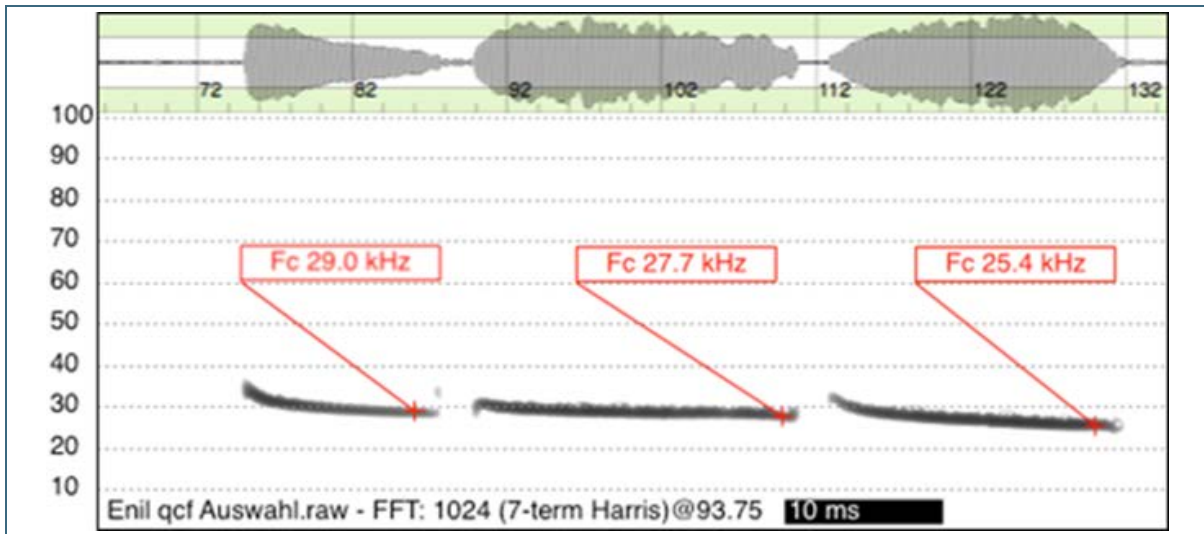


Abb. 42: Auswahl unterschiedlicher qcf-Rufe der Nordfledermaus

Sequenzen mit **fm-qcf-Rufen** sind ebenfalls an den hohen Charakteristischen Frequenzen zu erkennen (Abb. 43). Sie liegen häufig bei 30 kHz. Die anderen Arten erreichen die 30 kHz-Grenze jedoch nur mit sehr kurzen Rufen (< 6ms). Längere fm-qcf-Rufe der Nordfledermaus können auch relativ tiefe Frequenzen, deutlich unter 30 kHz, aufweisen. Dann sind die Sequenzen an den uniformen Rufen und Rufintervallen (Rufabstände liegen zwischen 100 und 300 ms) von denen von Abendseglern und Zweifarbfledermaus zu unterscheiden. Die Breitflügelfledermaus kann dadurch ausgeschlossen werden, dass sie tiefere Frequenzen nutzt. Es gibt jedoch einen Überschneidungsbereich der beiden verwandten Arten, weshalb nur Rufe der Nordfledermaus zugewiesen werden sollten, die mindestens eine Länge von 10 ms und eine Charakteristische Frequenz von 28 kHz und höher aufweisen. **Reine fm-Laute** (Abb. 44) sind kurz und nicht von denen anderer nyctaloider Arten zu unterscheiden.

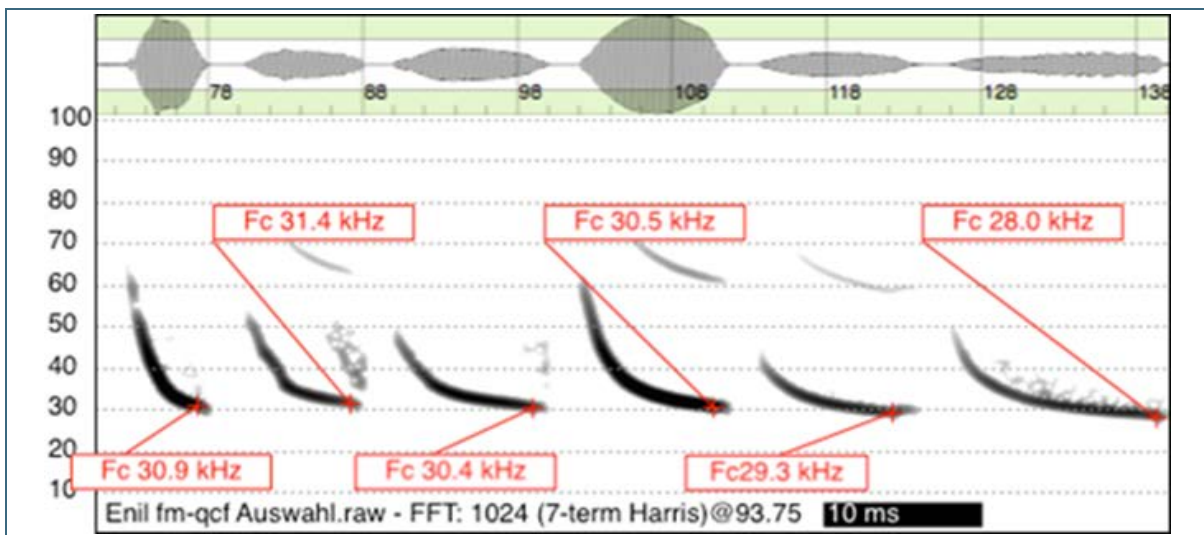


Abb. 43: Auswahl unterschiedlicher fm-qcf-Rufe der Nordfledermaus

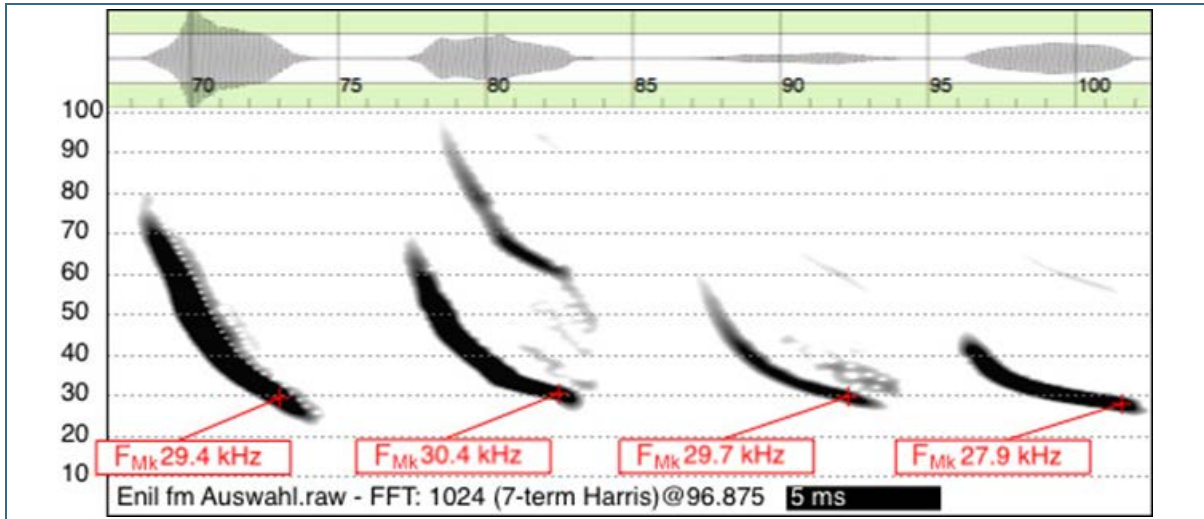


Abb. 44: Auswahl unterschiedlicher fm-Rufe der Nordfledermaus

2.5.3 Sozialrufe

Von der Art können häufiger verschiedene „**ortungsrufähnliche**“ bis „**bogenförmige**“ Rufe aufgezeichnet werden, die sowohl im Habitat, als auch in Quartiernähe geäußert werden. In ihrer häufigsten Ausprägung sind sie relativ uniform und gut bestimmbar (Abb. 45). Diese von Skiba (2009) als Kontaktrufe interpretierten Bogenrufe werden fliegend im Herbst geäußert und häufig einzeln oder in kleinen Gruppen zwischen Ortungsrufe eingestreut, können aber auch regelmäßig in größeren Abständen ohne Ortungslaute geäußert werden. Sie sind relativ kurz (6–20 ms) und enden tief bei etwa 10–15(20) kHz. Ihre Startfrequenz ist relativ niedrig (bei 30–40 kHz) und die Bandbreite somit gering.

Viele Arten können ähnliche Bogenrufe äußern. Große Abendsegler äußern solche Rufe jedoch nie isoliert, sondern immer in Verbindung mit verschiedenen anderen Soziallauten. Die Mopsfledermaus und die Langohrarten zeigen zwar ähnlich Bogenrufe, können aber meistens sicher unterschieden werden (Abb. 46): Die Startfrequenz der Bogenrufe der Langohren ist höher (um 60 kHz) als bei denen der Nordfledermaus, sind mehrfach geknickt und ihnen fehlt meist ein deutliches qcf-Ende. Die Mopsfledermaus dagegen nutzt Rufe mit geringerer Bandbreite und etwas höherer Charakteristischer Frequenz (F_c um 20 kHz). Sie sind auch eher linear, schüsselförmig oder wellig geformt.

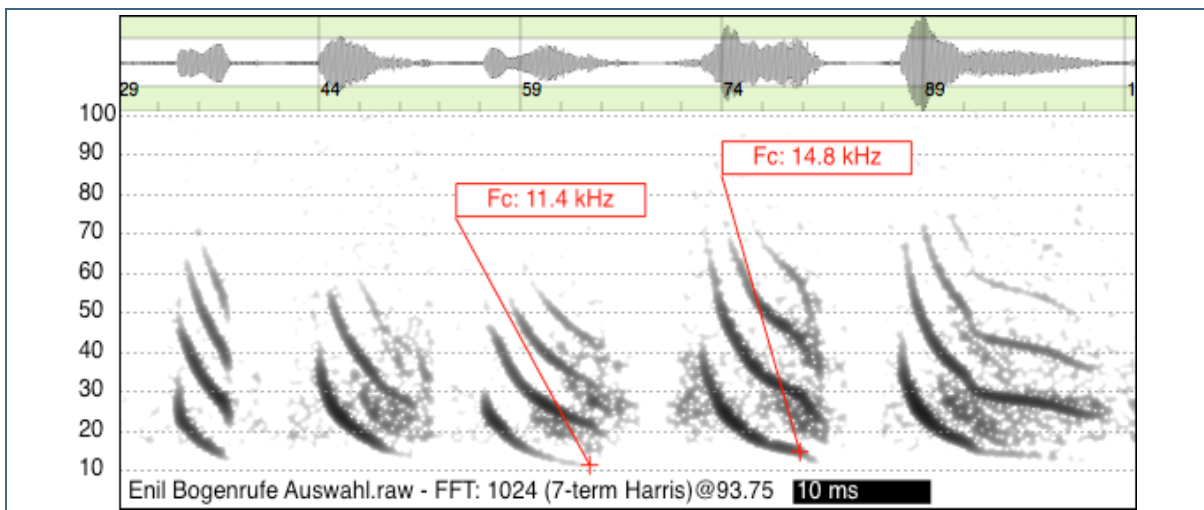


Abb. 45: Auswahl unterschiedlicher „Ortungsrufähnliche“ bis „bogenförmige“ Sozialrufe der Nordfledermaus. Weitere Rufvarianten s. Abb. 95 im Anhang.

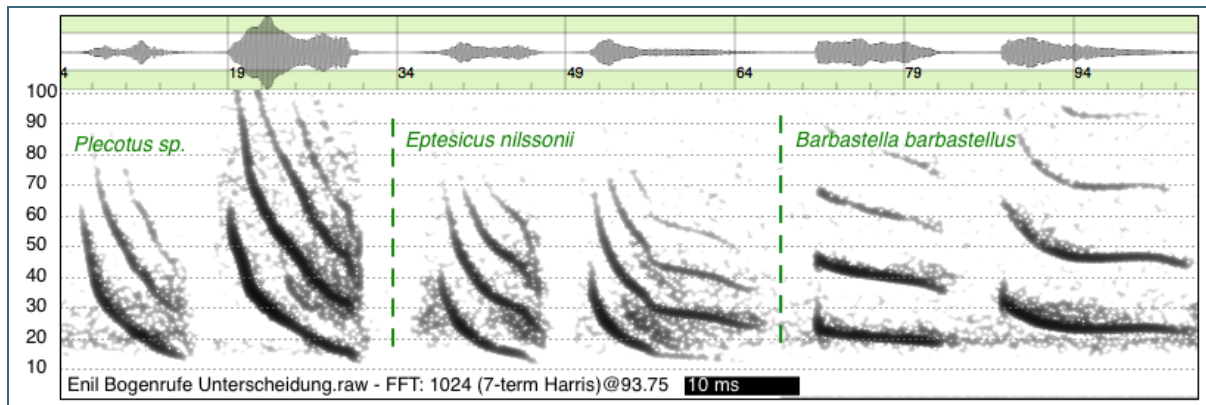


Abb. 46: Typische Bogenrufe der Langohrfledermäuse, der Nordfledermaus und der Mopsfledermaus

Neben den typischen Bogenrufen nutzt die Nordfledermaus auch etwas höher frequente und meist kürzere ortungsrufähnliche Rufe. Sie können auch ohne Bogen linear abfallen (siehe Anhang). Auch Triller kommen vor, die wie die Bogenrufe im Flug geäußert werden können (siehe Abb. 96 im Anhang). An und in Quartieren können noch weitere Soziallaute aufgezeichnet werden, die aber ungenügend untersucht sind. Nur die tieferen Bogenrufe (Abb. 46) sind charakteristisch und können (von Experten) bestimmt werden. Alle anderen Soziallaute sollten nicht zur Bestimmung herangezogen werden.

2.5.4 Unverwechselbare Rufe

Bestimmbar sind qcf-Rufe, wenn keine Rufwechsel auftreten und die tiefsten Frequenzen über 27 kHz liegen. Rufsequenzen mit fm-qcf-Rufen sind bestimmbar, wenn sie mindestens 6 ms lang sind und die Charakteristische Frequenz nicht unter 30 kHz liegt.

Bei Sequenzen mit tieferen fm-qcf-Rufen können Rufe über 10 ms Länge und mit Charakteristischen Frequenzen von 28 kHz und höher bestimmt werden. Diese Sequenzen müssen in Hinblick auf Form, Frequenz und Rufintervall sehr uniform sein und die Rufabstände im Schnitt zwischen 100 bis 300 ms betragen. Sozialrufe sind bestimmbar, wenn mehrere stereotype Bogenrufe vorliegen, die nicht über 40 kHz starten und auf 10 bis 15 kHz abfallen. Andere Soziallaute sind nur mit umfangreichem Expertenwissen sicher bestimmbar.

2.5.5 Kriterien für den Artnachweis

- Eine Sequenz mit mindestens drei qcf-Rufen
- Mindestens drei Sequenzen mit unverwechselbaren fm-qcf-Rufen (zusammen > 20 Rufe); keine Verwechslungsarten in zeitlicher Nähe (+/- 2 min)
- Eine Aufnahme mit mindestens drei typischen Sozialrufen (Bogenrufen) und passenden Ortungslauten in der Rufsequenz; keine Verwechslungsarten in zeitlicher Nähe (+/- 2 min)

2.6 Die Alpenfledermaus – *Hypsugo savii*

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

2.6.1 Übersicht

Die Alpenfledermaus zeigt Ausbreitungstendenzen nach Norden. Die Anzahl von Einzelfunden sowie Rufaufnahmen, insbesondere im Alpenvorland, nimmt zu. Über ein festes Siedlungsgebiet können jedoch momentan keine sicheren Aussagen getroffen werden.

Die Alpenfledermaus nutzt hauptsächlich qcf- und fm-qcf-Rufe, die im Frequenzbereich zwischen denen der Nordfledermaus und der tief rufenden *Pipistrellus*-Arten liegen. Es gibt jedoch speziell bei kürzeren Rufen einen Überlappungsbereich mit der Rauhaut- und Weißrandfledermaus. Die Teichfledermaus ruft im gleichen Frequenzbereich, ihre Rufe sind jedoch anders moduliert. Hinsichtlich Form, Ruflänge und Rufabstand ähneln die Ortungsrufe stark denen der *Pipistrellus*-Arten. Die Rufe der Alpenfledermaus sind jedoch im Durchschnitt etwas länger. Der Rufrhythmus ist regelmäßiger und die Intervalle größer. Die Sozialrufe der Art sind vermutlich charakteristisch, jedoch ist in Mitteleuropa bisher die Datenlage für eine Beurteilung nicht ausreichend. Balztriller, wie sie die *Pipistrellus*-Arten nutzen sind von der Alpenfledermaus (noch?) nicht bekannt.

2.6.2 Ortungsrufe

In Tab. 7 werden zur Übersicht die Messgrößen der Ruftypen sowie die Verwechslungsmöglichkeiten aufgelistet und in Abb. 47 eine typische und gut bestimmbare Rufsequenz der Alpenfledermaus abgebildet.

Tab. 7: Bereiche für verschiedene Messgrößen der Ruftypen sowie Verwechslungsmöglichkeiten der Alpenfledermaus; Extremwerte sind in Klammern angegeben.

Ruftyp	F _c (kHz)	F _{Mk} (kHz)	D (ms)	Verwechslungsarten	Bestimmbarkeit
qcf	(30)31–35(36)		8–15(17)	Pkuh, Pnat, Mdas	charakteristisch
fm-qcf	31–38(42)		(4)5–14	Pkuh, Pnat, Mdas	charakteristisch
fm		34–41	3–5(7)	Pkuh, Pnat, Mdas	nicht bestimmbar

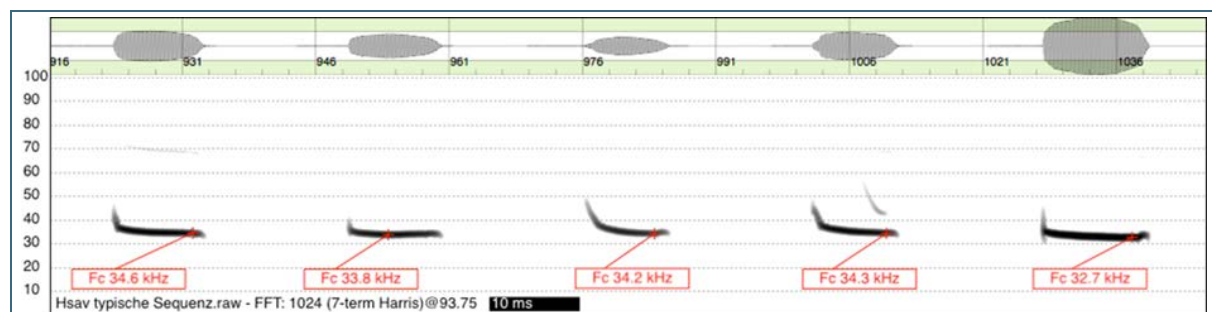


Abb. 47: Typische Sequenz der Alpenfledermaus mit qcf- und fm-qcf-Rufen; die Rufintervalle sind verkürzt dargestellt.

Die Art nutzt häufig **qcf-Rufe**, deren Charakteristische Frequenz zwischen 31 und 35 kHz (in Ausnahmefällen auch 36 kHz) liegt (Abb. 48). Überschneidungen mit der Nordfledermaus gibt es nicht, da deren qcf-Rufe nur maximal 30 kHz erreichen. Ein Überlappungsbereich existiert jedoch mit Weißrand- und Rauhautfledermaus. Diese können in Extremfällen Rufe knapp unter 35 kHz äußern, weshalb nur qcf-Rufe bis 34 kHz sicher der Alpenfledermaus zugerechnet werden dürfen.

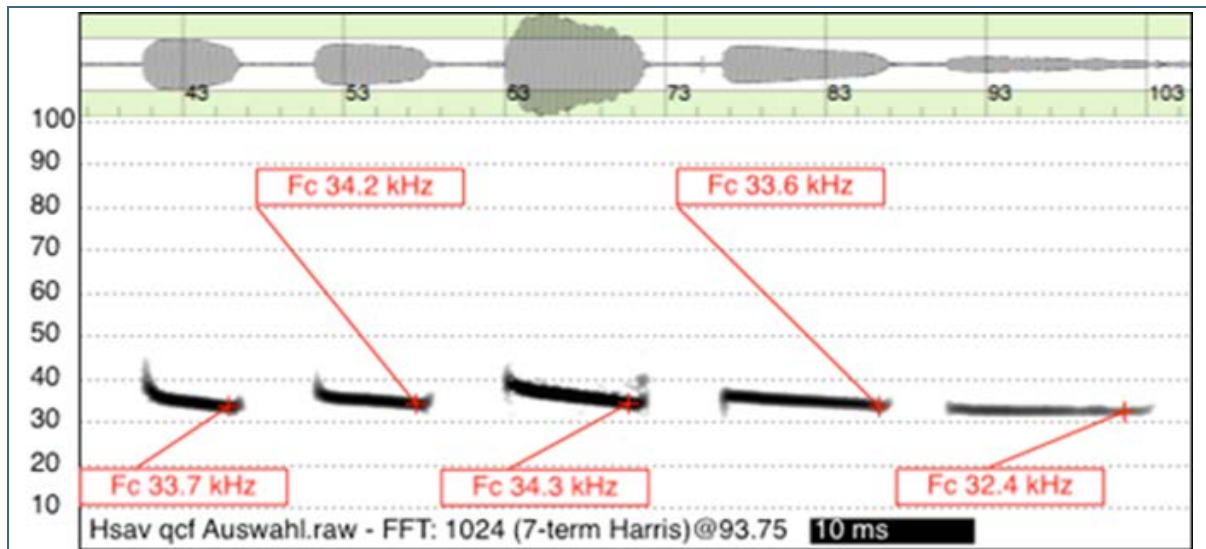


Abb. 48: Auswahl unterschiedlicher qcf-Rufe der Alpenfledermaus

Noch schwieriger ist die Unterscheidung der **fm-qcf-Rufe** (Abb. 49). Einen guten Hinweis kann die Form der Rufe geben, die bei der Alpenfledermaus in der Regel recht charakteristisch ausgeprägt ist. Ihre fm-qcf-Rufe weisen fast immer ein sehr deutlich ausgeprägtes Knie auf. Der nachfolgende qcf-Teil ist nicht gebogen, sondern entweder konstantfrequent oder leicht linear abfallend. Der einleitende fm-Teil der Rufe kann mehrere auffällige Kniee aufweisen. Rauhaut- und Weißrandfledermaus zeigen dagegen einen eher gleichmäßig gerundeten Übergang zwischen fm- und qcf-Teil. Allerdings ist die Variabilität bei allen drei Arten hoch, so dass es sich hier nicht um ein sicheres Unterscheidungskriterium handelt. Als einigermaßen sicher dürfen nur fm-qcf-Rufe mit einer charakteristischen Frequenz unterhalb von 35 kHz der Alpenfledermaus zugeordnet werden.

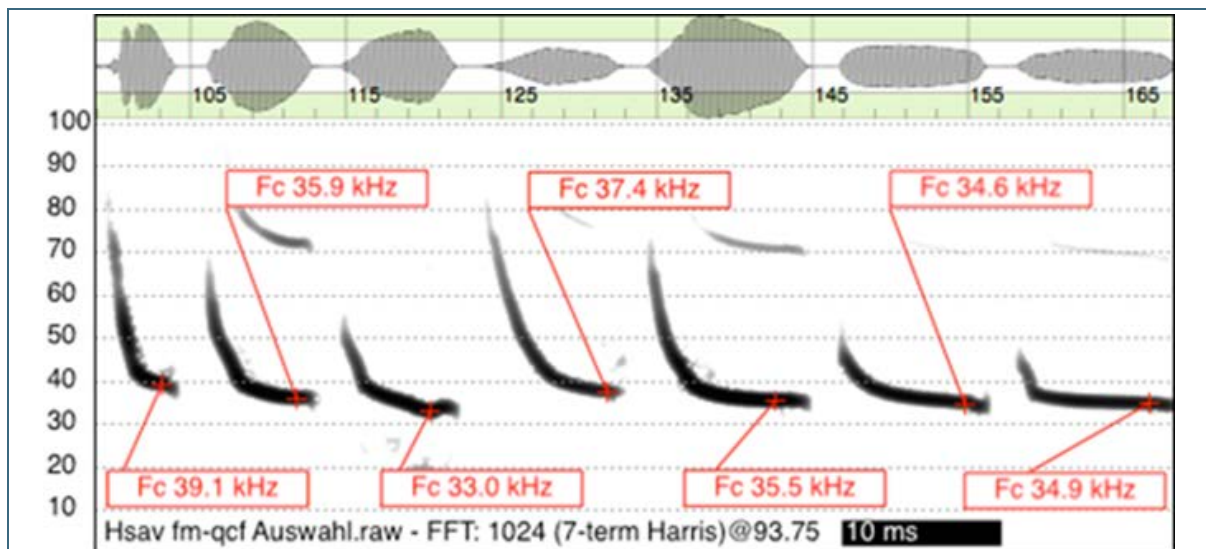


Abb. 49: fm-qcf-Rufe der Alpenfledermaus

Fm-Laute zeigt die Alpenfledermaus recht häufig bei der Nahortung (Abb. 50). Auch diese Rufe zeigen ein deutliches Knie.

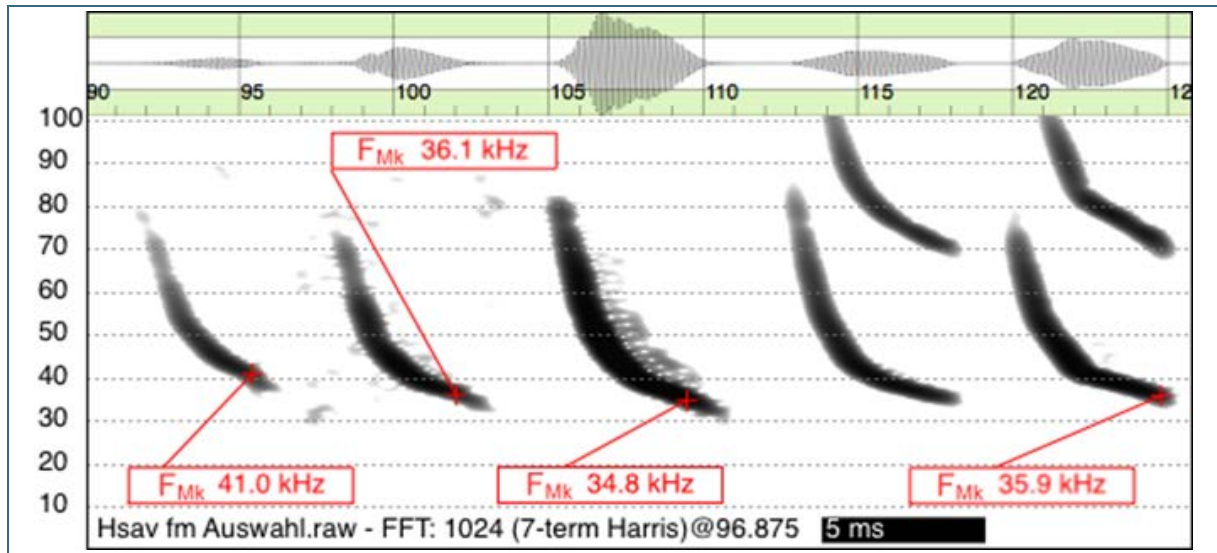


Abb. 50: Auswahl unterschiedlicher fm-Rufe der Alpenfledermaus

Rufe der **Teichfledermaus** können ebenfalls mit fm- und fm-qcf-Rufen der Alpenfledermaus verwechselt werden, da der „Myotisknick“ und die Charakteristische Frequenz in ähnlichen Bereichen liegen. Eine Unterscheidung ist jedoch möglich, wenn die Form der Rufe beachtet wird. Die Rufe der Teichfledermaus sind wesentlich stärker frequenzmoduliert als ähnlich kurze Rufe der Alpenfledermaus. Außerdem ist das Knie bei Rufen der Teichfledermaus nicht scharf ausgeprägt, und danach folgt kein längerer linearer Abschnitt, sondern ein gleichmäßiger Übergang vom fm-Teil in den flacheren Endteil. Erst sehr lange Rufe der Teichfledermaus (≥ 12 ms Länge) besitzen ein längeres qcf-Endstück. Diese Rufe sind jedoch nicht durchgängig flach, sondern zeigen zumindest noch am Anfang einen deutlichen Frequenzabfall. Extrem lange Rufe der Teichfledermaus (etwa 20 ms) können ausnahmsweise als echte qcf-Rufe ausgeprägt sein. In diesem Fall kann man qcf-Rufe der Alpenfledermaus ausschließen, da diese nur maximal 17 ms lang sind.

Ein Problem bei der Bestimmung von Ortungsrufen mit einer $F_c < 34$ bzw. 35 kHz stellen neue Beobachtungen dar, wonach Männchen der **Weißrandfledermaus** bei der Balz offenbar die Frequenz ihrer Ortungsrufe um etwa 5 kHz nach unten verschieben können. Dadurch liegen die Rufe im Frequenzbereich der Alpenfledermaus (vgl. Abb. 56). Die Form dieser Rufe unterscheidet sich jedoch deutlich von denen der Alpenfledermaus (zur Unterscheidung siehe das Kapitel zur Weißrandfledermaus). Häufig ist in solchen Sequenzen der typische Balzruf der Weißrandfledermaus vorhanden. Sicherheitshalber sollten fragliche Sequenzen zur Balzzeit (August–September) von einem Experten überprüft werden.

2.6.3 Sozialrufe

In Deutschland sind unseres Wissens noch keine sicheren Soziallaute der Art aufgenommen worden. Barataud (2015) und Nardone et al. (2017) beschreiben Rufe, die fliegend im Habitat geäußert werden. Es handelt sich hauptsächlich um aus mehreren Silben bestehende komplexe Gesänge. Die beteiligten Ruftypen können Bogenrufe, ortungsrufähnliche Signale und/oder wellenartige Rufe sein. Letztere sind am charakteristischsten und recht lang (12–55 ms). Ihre Hauptfrequenz liegt in der Regel zwischen 20 und 30 kHz. Vermutlich sind diese Rufe sicher bestimmbar. Da uns aber bisher keine vergleichbaren Rufe vorliegen, können wir sie nicht in diesen Kriterien aufnehmen. Kurztriller, wie sie

Pipistrellus-Arten häufig zur Balz und Revierabgrenzung nutzen, sind von der Alpenfledermaus bisher nicht bekannt. Nardone et al. (2017) sehen jedoch Hinweise, dass die Alpenfledermaus ähnliche Triller nutzen kann.

2.6.4 Unverwechselbare Ruftypen

Bestimmbar sind qcf-Rufe, wenn die tiefsten charakteristischen Frequenzen 34 kHz nicht überschreiten. Rufsequenzen mit fm-qcf-Rufen sind bestimmbar, wenn die Charakteristische Frequenz nicht über 35 kHz liegt.

2.6.5 Kriterien für den Artnachweis

- Mindestens drei Sequenzen mit unverwechselbaren qcf- oder fm-qcf-Rufen (zusammen > 20 Rufe); keine Verwechslungsarten in zeitlicher Nähe (+/- 2 min).
- Am Standort dürfen keine Sozialrufe der Weißrandfledermaus auftreten. Auf die charakteristische Form der Rufe der Alpenfledermaus ist zu achten (das scharfe Knie und die Charakteristische Frequenz des Rufes dürfen nicht mehr als 5 kHz auseinanderliegen).

2.7 Die Weißbrand- und die Rauhautfledermaus – *Pipistrellus kuhlii* und *P. nathusii*

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

2.7.1 Übersicht

Das Rufrepertoire der Weißbrandfledermaus überlappt fast vollständig mit dem der Rauhautfledermaus. Beide Arten kommen in Süddeutschland in geeigneten Lebensräumen das ganze Jahr über syn- top vor. Daher werden in diesem Leitfaden diese zwei Arten zusammen behandelt. Die Weißbrandfledermaus nutzt tendenziell seltener qcf-Rufe und häufiger tiefere fm-qcf-Rufe als die Rauhautfledermaus. Die Balzrufe sind jedoch artspezifisch.

Die Weißbrandfledermaus ist eine vermutlich im Rahmen des Klimawandels nach Süddeutschland zugewanderte Fledermausart. Sie wurde in Bayern erstmalig 1996 in München nachgewiesen. Inzwischen tritt sie im Raum München-Dachau sowie in Augsburg häufig auf. Fortpflanzung wurde in den letzten Jahren auch an der Donau (Neu-Ulm, Ingolstadt) und in Südostbayern (Rosenheim) nachgewiesen. Inzwischen wurde sogar ein Vorkommen in Aschaffenburg im äußersten Nordwesten Bayerns anhand von Aufzeichnungen eindeutig identifizierbarer Soziallaute nachgewiesen.

2.7.2 Ortungsrufe

In Tab. 8 werden zur Übersicht die Messgrößen der Ruftypen sowie die Verwechslungsmöglichkeiten aufgelistet und in Abb. 51 eine typische und gutbestimmbare Rufsequenz der Rauhautfledermaus abgebildet.

Tab. 8: Bereiche für verschiedene Messgrößen der Ruftypen der Weißbrand- und Rauhautfledermaus; Extremwerte sind in Klammern angegeben.

Ruftyp	F _c (kHz)	F _{Mk} (kHz)	D (ms)	Verwechslungsarten	Bestimmbarkeit
qcf	(34)35–41(42)		5–10(12)	Hsav, Ppip	charakteristisch
fm-qcf	35–45		(3)4–11	Hsav, Ppip	charakteristisch
fm		36–46	3–5(6)	Hsav, Ppip	nicht bestimmbar

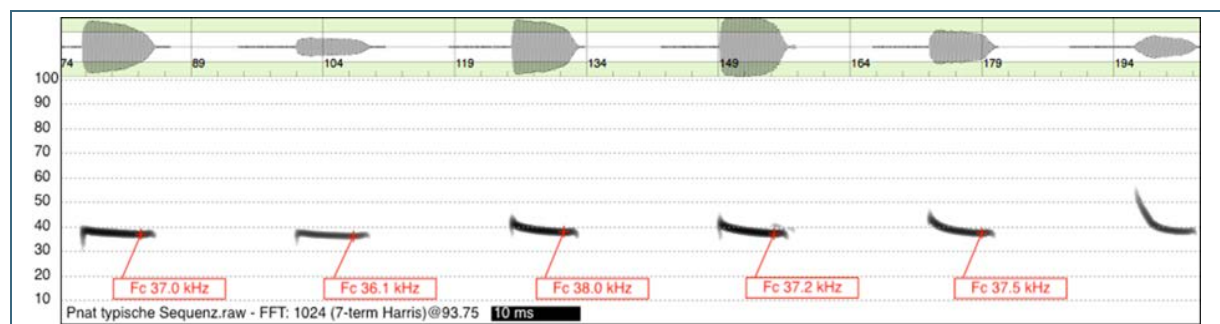


Abb. 51: Typische Sequenz der Rauhautfledermaus mit qcf- und fm-qcf-Rufen; die Rufintervalle sind verkürzt dargestellt.

Die längsten und tiefsten **qcf-Rufe** (Abb. 52) von Weißbrand- und Rauhaufledermaus können bis 12 ms lang sein und mit ihrer Charakteristischen Frequenz knapp unter 35 kHz liegen; es besteht dann eine Überlappung mit der Alpenfledermaus. Die höchsten Charakteristischen Frequenzen bei diesem Ruftyp liegen bei 41 (Weißbrandfledermaus) und 42 kHz (Rauhaufledermaus). Hier gibt es eine Überschneidung mit der Zwergfledermaus, deren tiefste Rufe knapp über 40 kHz liegen. Nur qcf-Rufe zwischen 36 und 40 kHz können sicher dem Artenpaar Weißbrand- und Rauhaufledermaus zugeordnet werden.

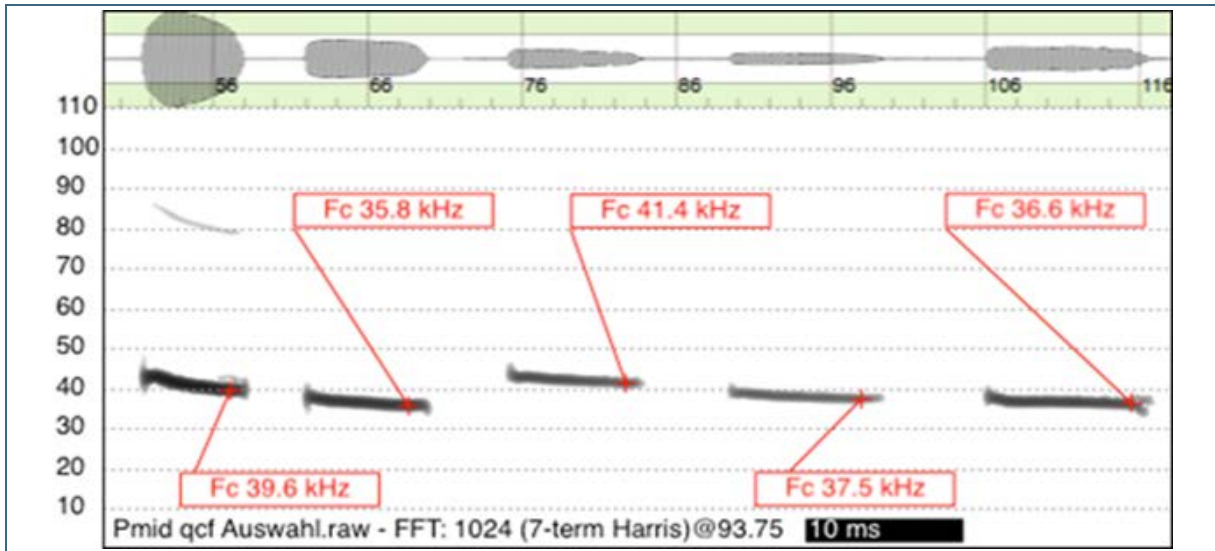


Abb. 52: Auswahl unterschiedlicher qcf-Rufe von Weißbrand-/Rauhaufledermaus

Die **fm-qcf-Rufe** (Abb. 53) zeigen im Frequenzbereich große Überschneidungen mit denen der Alpen- und der Zwergfledermaus. Sicher bestimmbar sind nur Rufe, die mindestens 7 ms lang sind und deren Charakteristische Frequenz zwischen 37 und 40 kHz liegt. Alle kürzeren Rufe sind unbestimmbar. Die Rufe der Alpenfledermaus sind häufig mit dem schärferen Knie und dem manchmal zusätzlich geknieten fm-Teil deutlich anders geformt, während der Übergang zwischen fm- und qcf-Teil bei Weißbrand- und Rauhaufledermaus sanfter gerundet ist. Abweichungen von der Norm treten jedoch auf beiden Seiten auf, so dass es sich bei diesen Merkmalen nur um einen Anhaltspunkt handelt.

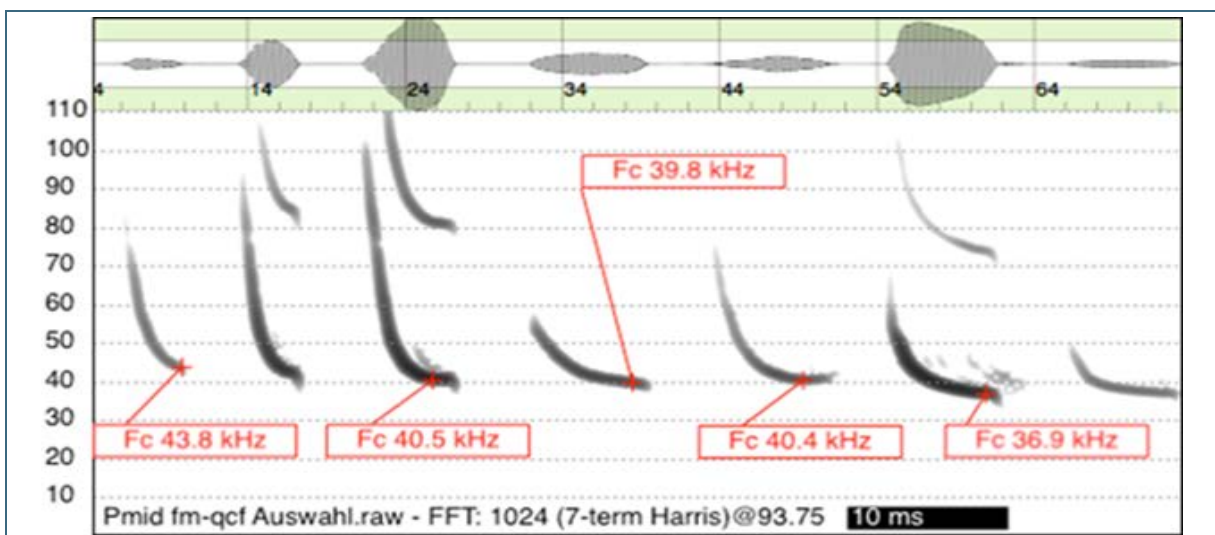


Abb. 53: Auswahl unterschiedlicher fm-qcf-Rufe von Weißbrand-/Rauhaufledermaus

Fm-Laute (Abb. 54) nutzen Weißrand- und Rauhauffledermaus nur selten in der Nahortung. Meist handelt es sich nur um sehr wenige Rufe einer Sequenz. Sie sind nicht bestimmungsrelevant.

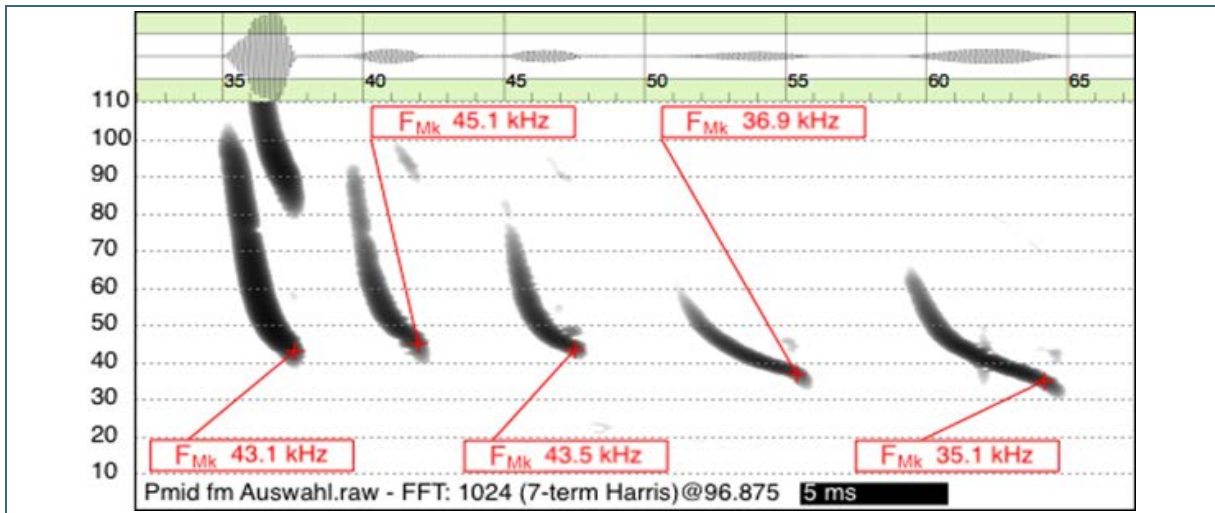


Abb. 54: Auswahl unterschiedlicher fm-Rufe von Weißrand-/Rauhauffledermaus

Ein Phänomen, das erst kürzlich erkannt wurde, stellen **Ortungsrufe balzender Weißrandfledermäuse** dar. Die Männchen können bei ihren Balzflügen Ortungsrufe ausstoßen, die einige kHz tiefer als üblich liegen (Abb. 55). Diese Rufe befinden sich dann im Frequenzbereich der Alpen- und Teichfledermaus (30-36 kHz). Manchmal werden nur einzelne tiefere Rufe in den Sequenzen verwendet (Abb. 56); einige Tiere äußern diese Rufe jedoch durchgehend. Es handelt sich um fm- und fm-qcf-Rufe, die nur ein schwach ausgeprägtes Knie aufweisen und deren hinterer Rufteil nur ganz am Ende einen kurzen qcf-Anteil aufweisen kann. Sie zeigen ein deutliches „Myotisschwänzchen“, weshalb die Rufe eher mit Arten der Gattung *Myotis* (z. B. Teichfledermaus) als mit der Alpenfledermaus verwechselt werden können. Fast immer ist in solchen Sequenzen auch der typische Balzruf der Weißrandfledermaus vorhanden.

Es ist noch nicht genügend über das Phänomen bekannt, um in diesen Kriterien genauere Empfehlungen geben zu können. Sicherheitshalber sollten fragliche Sequenzen zur Balzzeit (hauptsächlich August bis September) von einem Experten überprüft werden.

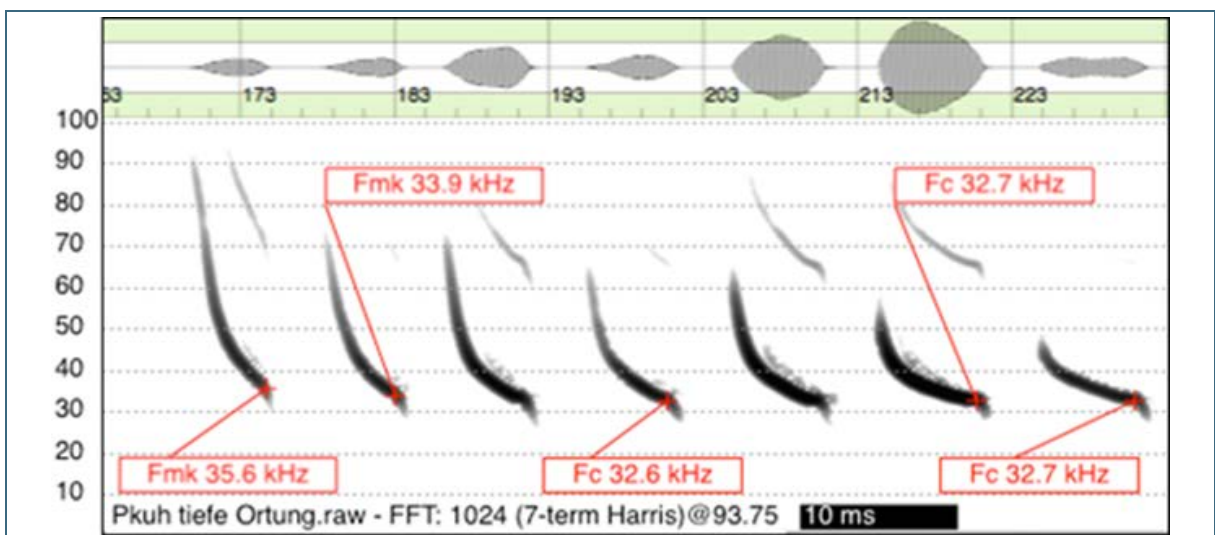


Abb. 55: Tiefe fm- und fm-qcf-Rufe eines Weißrandfledermausmännchens während der Balzzeit; die Rufintervalle sind verkürzt dargestellt.

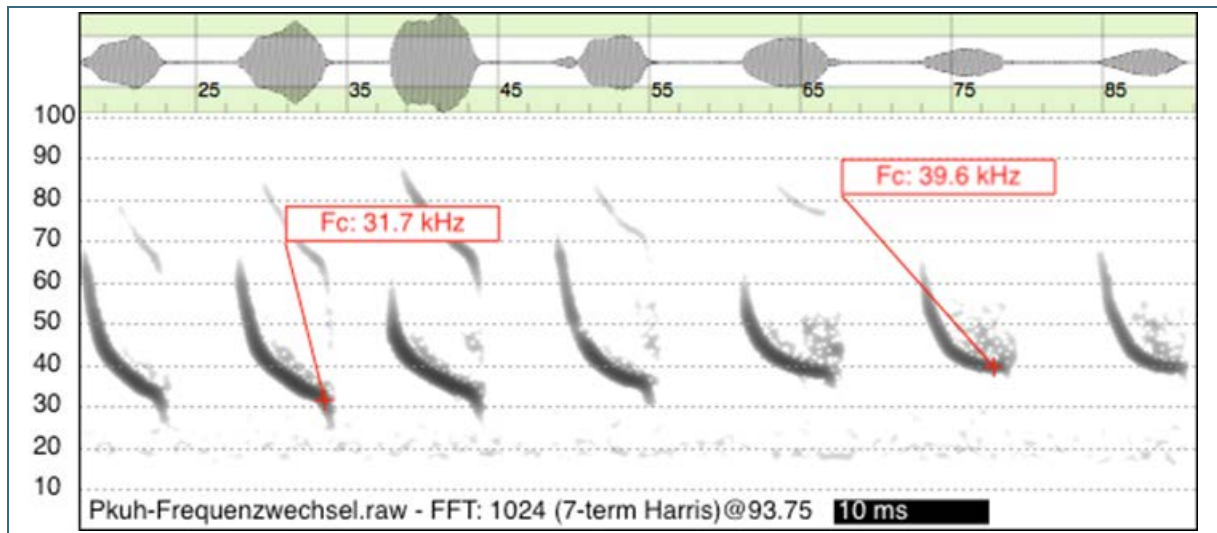


Abb. 56: Ein Weißrandfledermausmännchen wechselt während der Balzzeit von tiefen Rufen zu normalen Ortungsrufen (etwa 8 kHz Unterschied); die Rufintervalle sind verkürzt dargestellt.

2.7.3 Sozialrufe

Weißrand- und Rauhaufledermaus können gut anhand ihrer charakteristischen Sozialrufe unterschieden werden. Die **Rauhaufledermaus** äußert Triller als Balzruf überwiegend im Sommer und Herbst. Bei diesem komplexen Ruf handelt es sich um zwei Triller und einen Zwischenruf (Abb. 57). In dieser Form ist er bei den *Pipistrellus*-Arten einmalig. Der erste Triller ähnelt dem der Zwergfledermaus. Die hakenförmigen Elemente (5–8) reichen jedoch meist etwas tiefer in der Frequenz, bis etwa 14 kHz. Das mittlere Element des Rufes, der „Zwischenruf“, ist ein kurzer fm-Laut, der bei 20 bis 30 kHz endet und den Ortungsrufen der Gattung *Myotis* ähnelt. Der abschließende Triller besteht aus mehreren u-förmigen Elementen. Diese liegen deutlich höher in der Frequenz als die des ersten Trillers (30–70 kHz). Die Ausprägung des hinteren Trillers ist extrem variabel. Häufig werden nur Teilelemente des Rufkomplexes genutzt. So ist der mittlere fm-Ruf nicht immer erkennbar, er fehlt oder er kann isoliert geäußert werden.



Abb. 57: Typischer Balzruf der Rauhaufledermaus bestehend aus zwei Trillern und einem mittleren fm-Element. Weitere Balzrufe s. Abb. 97 im Anhang.

Die **Weißrandfledermaus** nutzt nur einfache Triller, die meistens aus zwei bis vier Elementen bestehen (Abb. 58). Diese zeigen einen fm-qcf-Verlauf. Die tiefste Frequenz der Elemente liegt bei 12 bis 14 kHz. Damit sind die Balzrufe tiefer, als die aller anderen *Pipistrellus*-Arten. Die vorderen Elemente sind auch länger (max. 7–12 ms) als bei anderen Arten. Die einzelnen Silben können wellenförmig verbunden sein.

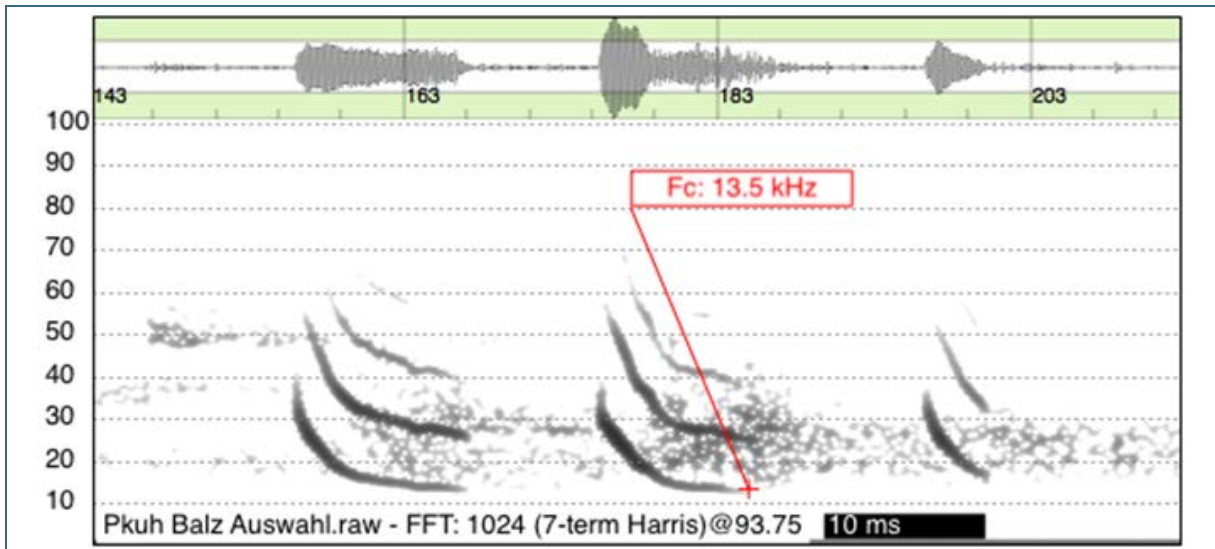


Abb. 58: Typischer Balztriller der Weißrandfledermaus. Weitere Balztriller s. Abb. 98 im Anhang

Die Weißrandfledermaus zeigt im Habitat zudem **Bogenrufe** (Abb. 59). Diese sind durchschnittlich über 10 ms lang und enden bei etwa 23 bis 25 kHz. Der Ruf ist relativ variabel und kann Bogenrufen anderer Arten ähneln. Wird er jedoch in Verbindung mit Ortungsrufen aufgezeichnet, kann er zur Unterscheidung von der Rauhautfledermaus herangezogen werden.

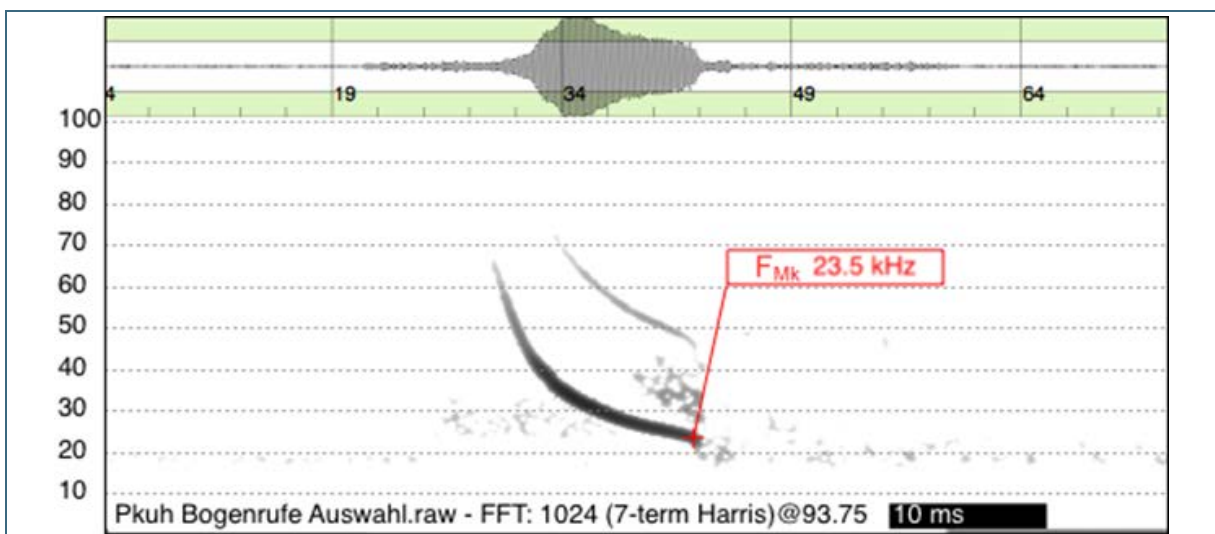


Abb. 59: Typischer Bogenruf (Kontaktruf im Habitat) der Weißrandfledermaus. Weitere Bogenrufe s. Abb. 99 im Anhang.

2.7.4 Unverwechselbare Ruftypen

Bestimmbar sind qcf-Rufe mit einer Charakteristischen Frequenz über 36 bis maximal 40 kHz. Rufsequenzen mit fm-qcf-Rufen sind bestimmbar, wenn die Rufe mindestens 7 ms lang sind und die Charakteristische Frequenz zwischen 37 und 40 kHz liegt.

Die Balzrufe der Weißrand- und Rauhautfledermaus sind artspezifisch. Bei der Rauhautfledermaus sollten zumindest zwei der drei Elemente des Rufkomplexes vorliegen.

Sequenzen mit Bogenrufen der Weißrandfledermaus können zur Abgrenzung von der Rauhautfledermaus genutzt werden, wenn sie etwa 10 ms lang sind und die Frequenz am Knick (F_{Mk}) zwischen 20 und 25 kHz liegt

2.7.5 Kriterien für den Artnachweis

- Gruppenniveau: mindestens eine Sequenz mit unverwechselbaren qcf- oder fm-qcf-Rufen (zusammen > 5 Rufe).
- Artniveau: mindestens ein typischer Balzruf oder eine Sequenz mit Ortungsrufen und einem Bogenruf der Weißrandfledermaus.

2.8 Die Zwergfledermaus – *Pipistrellus pipistrellus*

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

2.8.1 Übersicht

Die Zwergfledermaus ist meist gut anhand ihrer qcf- und fm-qcf-Ortungsrufe bestimmbar, auch wenn Überschneidungsbereiche mit anderen *Pipistrellus*-Arten existieren. Kurze fm-Rufe sind nicht bestimmbar; sie können mit Rufen anderer *Pipistrellus*-Arten und auch Rufen der Nympfenfledermaus verwechselt werden. Die Balzrufe der Männchen sind arttypisch.

2.8.2 Ortungsrufe

Die Ortungsrufe der Zwergfledermaus liegen in einem breiten Frequenzbereich von 40 bis über 50 kHz; im Mittel liegt die Charakteristische Frequenz bei 45 bis 46 kHz. Die Weibchen rufen (wie bei anderen *Pipistrellus*-Arten auch) etwas tiefer als die Männchen. Dies könnte erklären, weshalb an manchen Standorten alle Rufe der Art schwer von der Weißrand-/Rauhautfledermaus zu trennen sind und an anderen Standorten mehr den Rufen der Mückenfledermaus ähneln. In Tab. 9 werden zur Übersicht die Messgrößen der Ruftypen sowie die Verwechslungsmöglichkeiten aufgelistet und in Abb. 60 eine typische und gutbestimmbare Rufsequenz der Zwergfledermaus abgebildet.

Tab. 9: Bereiche für verschiedene Messgrößen der Ruftypen der Zwergfledermaus; Extremwerte sind in Klammern angegeben.

Ruftyp	F _c (kHz)	F _{Mk} (kHz)	D (ms)	Verwechslungsarten	Bestimmbarkeit
qcf	>40–50		5–10(11)	Pnat/Pkuh, Ppyg	charakteristisch
fm-qcf	(41)42–54		3–10	Pnat/Pkuh, Ppyg	charakteristisch
fm		(44)45–55	3–5(6)	Pnat/Pkuh, Ppyg, Malc	nicht bestimmbar

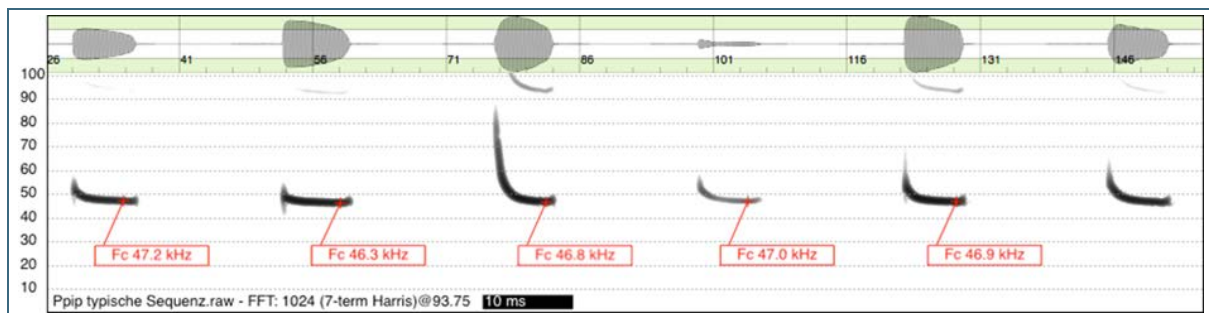


Abb. 60: Typische Sequenz der Zwergfledermaus mit qcf- und fm-qcf Rufen; die Rufintervalle sind verkürzt dargestellt.

Die Art nutzt häufig **qcf-Laute** mit einer Ruflänge bis maximal 11 ms (Abb. 61). Diese Rufe sind bestimmbar, wenn ihre Charakteristische Frequenz zwischen 43 und 50 kHz liegt. Tiefere Rufe können nicht von denen des Artenpaares *Rauhaut-/Weißrandfledermaus* unterschieden werden.

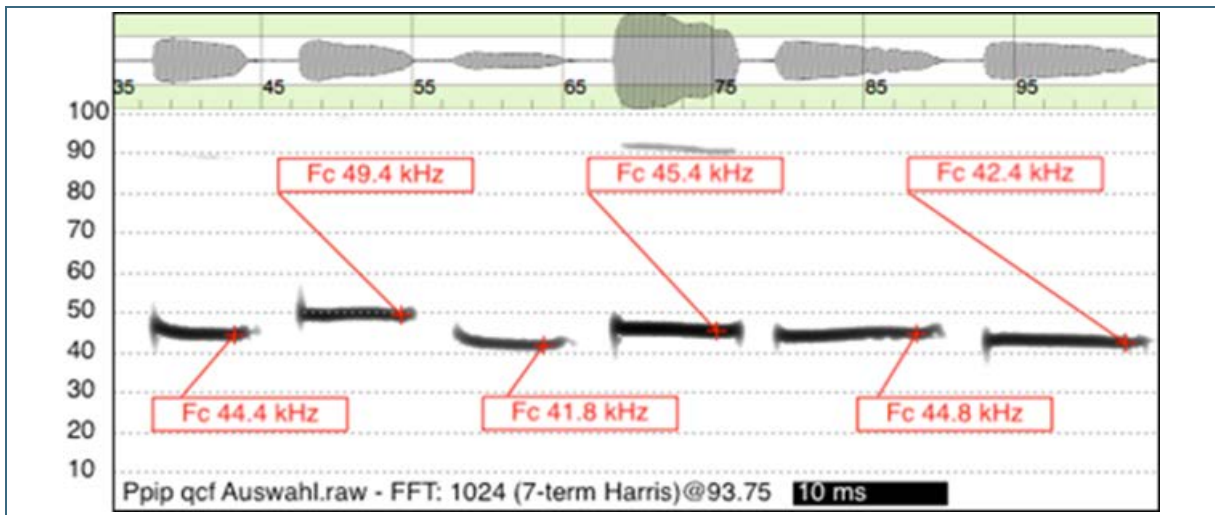


Abb. 61.: qcf-Rufe der Zwergfledermäuse; die Rufintervalle sind verkürzt dargestellt

Fm-qcf-Rufe (Abb. 62) zeigen eine noch größere Überschneidung mit *Rauhaut-* und *Weißrandfledermaus*. Höhere Rufe (bis max. 54 kHz) liegen in einem Bereich, in dem auch die *Mückenfledermaus* ruft. Es lassen sich nur Fm-qcf-Rufe mit einer Länge über 4 ms sicher bestimmen. Wenn solche Rufe eine Charakteristische Frequenz oberhalb von 45 kHz bis maximal 50 kHz aufweisen, können sie der *Zwergfledermaus* zugewiesen werden. Sind die Rufe 7 ms lang, können sie auch bis 43 kHz herunterreichen.

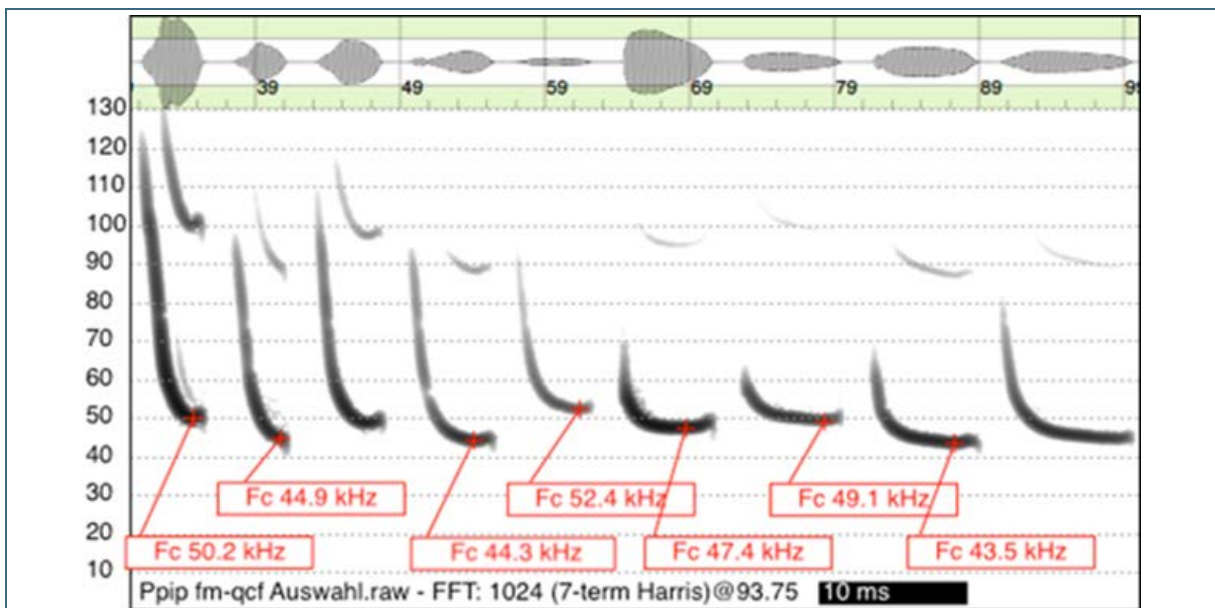


Abb. 62: Auswahl unterschiedlicher fm-qcf-Rufe der Zwergfledermaus

Sehr kurze Rufe in dichter Vegetation und bei der Nahortung können als **fm-Laute** ausgeprägt sein (Abb. 63). Diese Rufe sind nicht zur Bestimmung geeignet. Sie ähneln manchmal den Rufen der *Nymphenfledermaus*. Stammen die Rufe von der *Zwergfledermaus*, kann die *Nymphenfledermaus* sehr

einfach ausgeschlossen werden, da fast immer in derselben Sequenz oder in anderen Aufnahmen kurz davor oder danach auch fm-qcf-Rufe vorliegen. Zur Unterscheidung siehe auch das Kapitel zur Nymphenfledermaus.

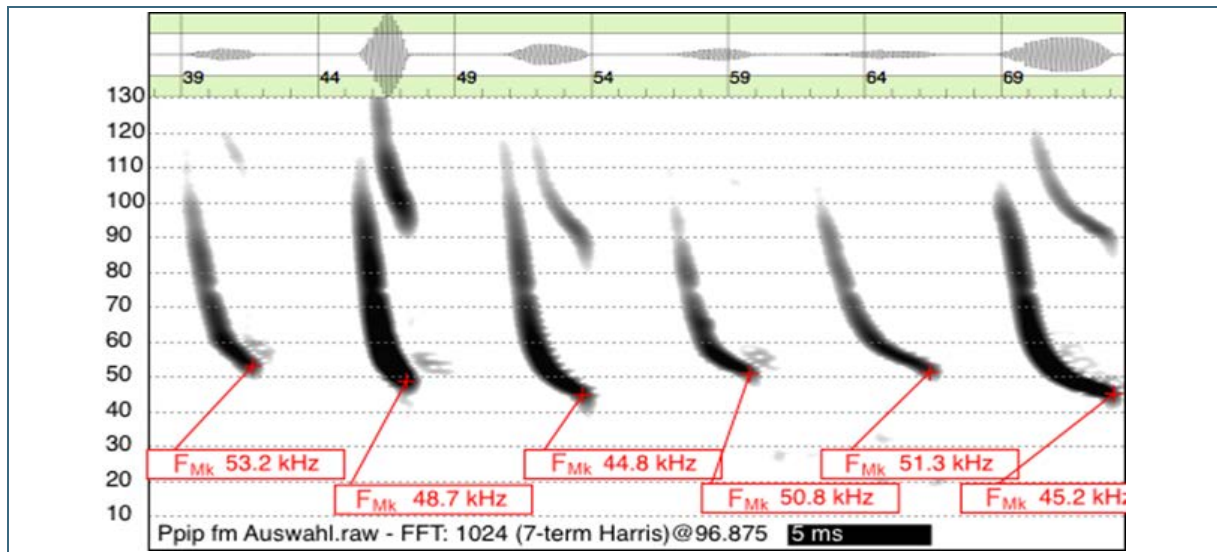


Abb. 63: Auswahl unterschiedlicher fm-Rufe der Zwergfledermaus

2.8.3 Sozialrufe

Wie alle *Pipistrellus*-Arten zeigt die Zwergfledermaus einen **Kurztriller** (Abb. 64), der sowohl zur Balz als auch im Jagdgebiet (dann als Territorialverhalten interpretiert) geäußert wird. Dieser artspezifische Kurztriller besteht aus mehreren Elementen, die zuerst in der Frequenz abfallen und dann einen kurzen quasi-konstantfrequenten oder wieder aufsteigenden Verlauf zeigen. Die einzelnen der zwei bis sechs Elemente sind unter 6 ms lang; nur der letzte Laut ist manchmal länger. Die Bandbreite der einzelnen Pulse ist relativ schmal und meist nicht größer als 15 kHz. Die tiefsten Frequenzen der Elemente liegen zwischen 15 und 20 kHz. Dies unterscheidet sie von Trillern der Weißrandfledermaus, deren Einzelpulse länger und breitbandiger sind und zwischen 11 und 14 kHz enden. Die Trillerpulse der Mückenfledermaus sind ebenfalls breitbandig (um 20 kHz). Ihre minimalen Frequenzen liegen um die 20 kHz. Ihr Anfang ist jeweils als Abwärtshaken ausgebildet.

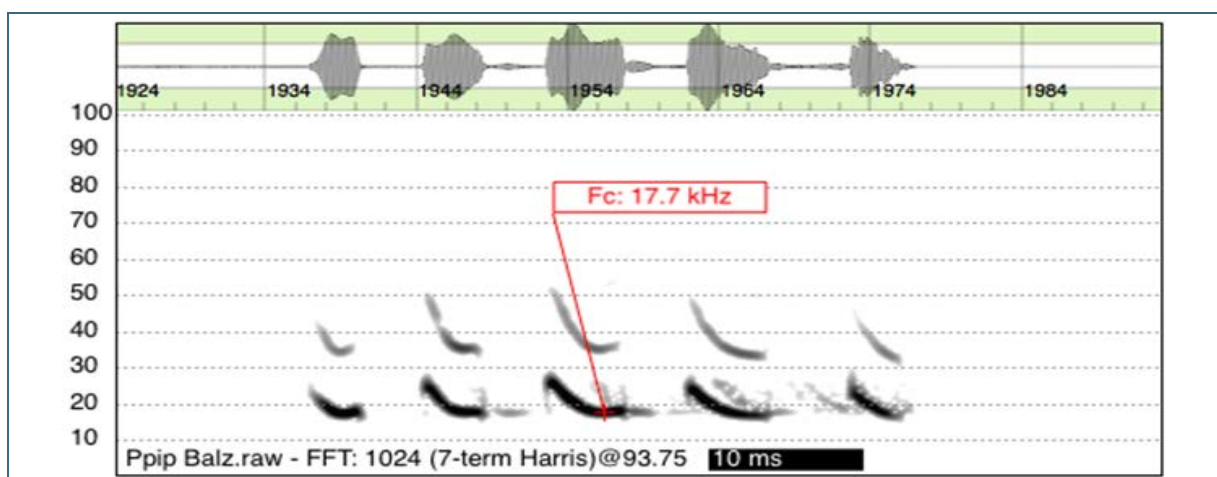


Abb. 64: Balztriller der Zwergfledermaus. Weitere Balztriller s. Abb. 100 im Anhang.

Besonders am Quartier, aber auch im Habitat, werden verschiedene, lange Laute geäußert, die Pfalzer (2002) als **Bogenrufe** und Skiba (2009) als Kontaktrufe bezeichnet (Abb. 65). Diese teils komplex geformten, ortungsrufähnlich bis bogenförmige Laute dienen hauptsächlich der Mutter-Kind-Kommunikation. Während längere, meist etwas wellig ausgeprägte Rufe wahrscheinlich von den Jungtieren stammen, können andere Rufe eventuell auch Lock- oder Führungsrufe der Muttertiere darstellen. Hier sind z. B. die von Pfalzer (2002) erwähnten Doppelrufe zu nennen (Abb. 102). Ihre Variabilität ist groß, weshalb eine Unterteilung und Beschreibung von einzelnen Typen schwierig ist. Eine sichere Artbestimmung ist anhand dieser Rufe bisher nicht möglich, da insbesondere die Mückenfledermaus ähnliche und ebenso variable Rufe äußert. Einzelne Ausprägungen der Laute können auch mit Bogenrufen anderer Arten (z. B. aus der Gattung *Nyctalus* und *Myotis*) verwechselt werden. Da die Rufe fast immer in Quartiernähe aufgezeichnet werden, geben die vielen gleichzeitig aufgenommenen Ortungsrufe einen wichtigen Hinweis für die Artbestimmung.

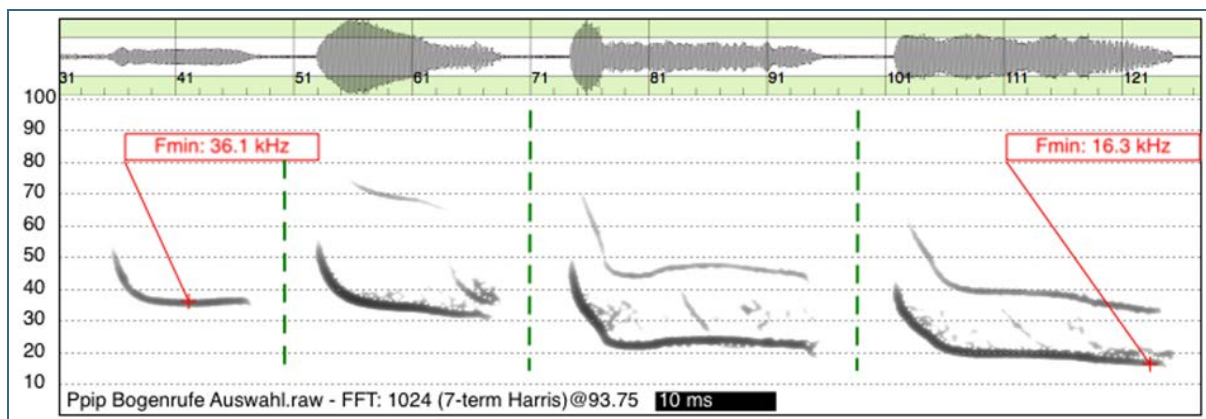


Abb. 65: Verschiedene Bogenrufe der Zwergfledermaus. Weitere Bogenrufe s. Abb. 101 u. Abb. 102 im Anhang.

2.8.4 Unverwechselbare Ruftypen

Bestimmbar sind qcf-Rufe mit einer Charakteristischen Frequenz von 42 bis maximal 50 kHz. Rufsequenzen mit fm-qcf-Rufen sind bestimmbar, wenn die Rufe mindestens 4 ms lang sind und die Charakteristische Frequenz unter 50 kHz liegt. Nach unten darf F_c 45 bzw. 43 kHz bei 7 ms langen oder längeren Rufen nicht unterschreiten.

Die Balzrufe der Zwergfledermaus sind artspezifisch. Der erste Puls muss kürzer als 5 ms sein, die tiefste Frequenz darf nicht unter 14 kHz liegen und die Frequenzbandbreite der Einzelpulse muss kleiner als 16 kHz sein.

2.8.5 Kriterien für den Artnachweis

- Mindestens eine Sequenz mit unverwechselbaren qcf- oder fm-qcf-Rufen (> 3 Rufe)
- Mindestens ein typischer Balzruf der Art

2.9 Die Mückenfledermaus – *Pipistrellus pygmaeus*

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

2.9.1 Übersicht

Die Ortungsrufe der Mückenfledermaus liegen in einem breiten Frequenzbereich von 50 bis über 60 kHz. Es existiert ein kleiner Überschneidungsbereich mit der Zwergfledermaus; mit anderen Arten als der Zwergfledermaus kann die Art in Mitteleuropa nicht verwechselt werden. Ein Kurztriller, der hauptsächlich zur Balz, aber auch zur Revierabgrenzung von Männchen geäußert wird, kann unter bestimmten Voraussetzungen zur Artbestimmung herangezogen werden.

2.9.2 Ortungsrufe

In Tab. 10 werden zur Übersicht die Messgrößen der Ruftypen sowie die Verwechslungsmöglichkeiten aufgelistet und in Abb. 66 eine typische und gutbestimmbare Rufsequenz der Mückenfledermaus abgebildet.

Tab. 10: Bereiche für verschiedene Messgrößen der Ruftypen der Mückenfledermaus; Extremwerte sind in Klammern angegeben

Ruftyp	F _c (kHz)	F _{Mk} (kHz)	D (ms)	Verwechslungsarten	Bestimmbarkeit
qcf	(49)50–56(60)		(4)5–8(10)	Ppip	charakteristisch
fm-qcf	(50)51–64(68)		3–10	Ppip	charakteristisch
fm		56–68	3–5(7)	Ppip	nicht bestimmbar

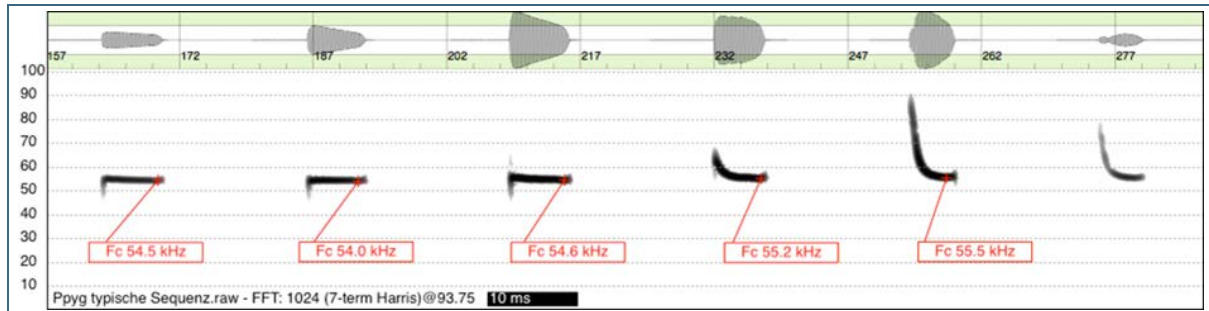


Abb. 66: Typische Sequenz der Mückenfledermaus mit qcf- und fm-qcf-Rufen; die Rufintervalle sind verkürzt dargestellt.

qcf-Laute der Mückenfledermaus (Abb. 67) sind meist nicht länger als 8 ms (in Ausnahmefällen bis 10 ms). Die Charakteristische Frequenz dieser Rufe liegt zwischen 50 und 60 kHz. Bei Rufen mit einer Länge von mehr als 4 ms muss F_c über 51 kHz liegen, um sie eindeutig von der Zwergfledermaus zu unterscheiden. Es gibt Gegenden in Europa (z. B. England, eigene Beobachtungen), in denen die Charakteristische Frequenz der qcf-Rufe unter 50 kHz liegen kann. In Mitteleuropa ist dies jedoch nicht der Fall.

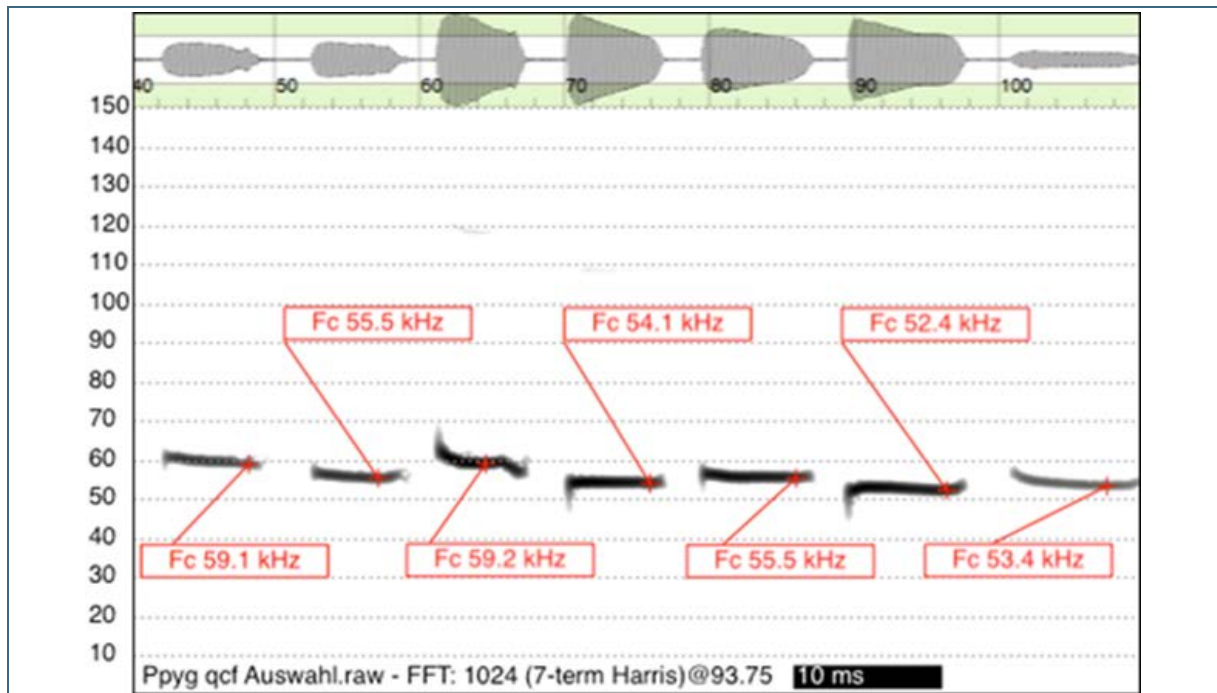


Abb. 67: Auswahl unterschiedlicher qcf-Rufe der Mückenfledermaus

Die Charakteristische Frequenz der **fm-qcf-Rufe** (Abb. 68) kann deutlich über 60 kHz ansteigen. Rufe unter 5 ms Länge sind häufig als reine **fm-Laute** ausgeprägt (Abb. 69). Hier besteht eine gewisse Verwechslungsgefahr mit Rufen der Nymphenfledermaus, bei der jedoch der Knick nicht über 55 kHz liegt.

Da kurze Rufe der Zwergfledermaus ebenfalls Charakteristische Frequenzen bis 55 kHz aufweisen können, dürfen fm-qcf-Rufe der Mückenfledermaus bis 4 ms Länge nur dann bestimmt werden, wenn ihre F_c über 55 kHz liegt. Bei längeren fm-qcf-Rufen muss die F_c oberhalb von 53 kHz liegen. Reine fm-Laute sollten nicht zur Bestimmung herangezogen werden.

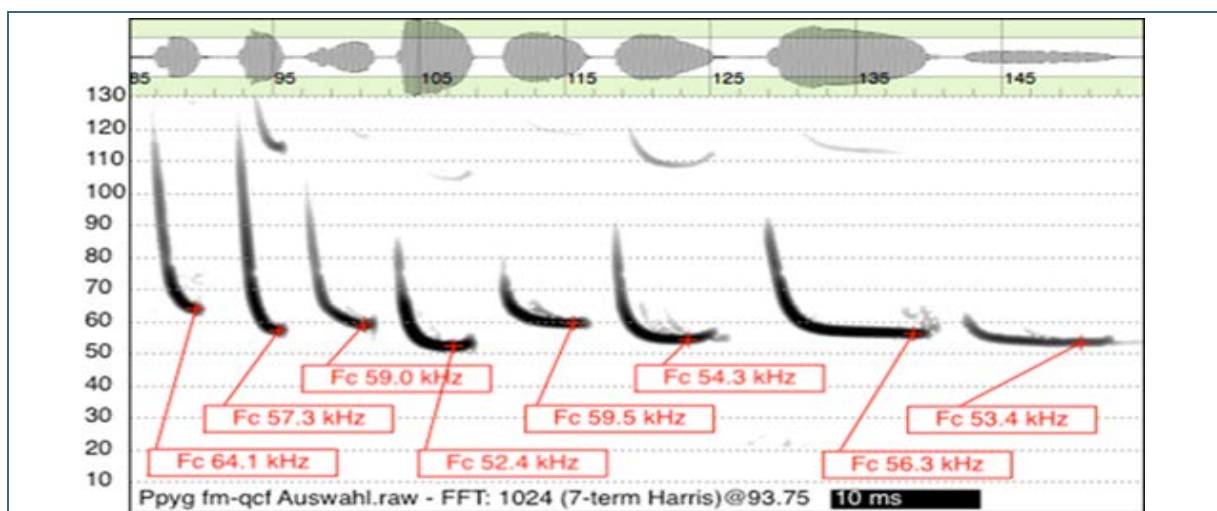


Abb. 68: Auswahl unterschiedlicher fm-qcf-Rufe der Mückenfledermaus

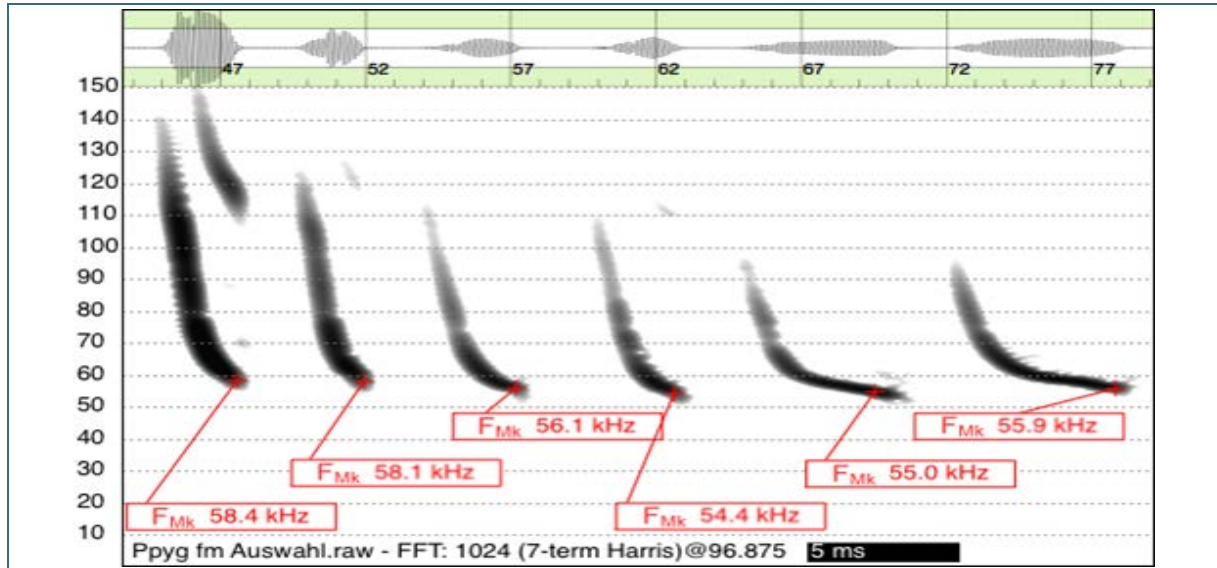


Abb. 69: Auswahl unterschiedlicher fm-Rufe der Mückenfledermaus

2.9.3 Sozialrufe

Die Mückenfledermaus äußert häufig einen artspezifischen **Kurztriller**, der zur Balz, aber auch im Jagdgebiet (dann als Territorialverhalten interpretiert), geäußert wird (Abb. 70). Er besteht aus mehreren Elementen, die zuerst in der Frequenz abfallen und dann einen quasi-konstantfrequenten oder wieder aufsteigenden Verlauf zeigen. Die einzelnen der zwei bis fünf Pulse ähneln denen der Zwergfledermaus; ihre Bandbreite ist jedoch größer (> 15 kHz). Die tiefsten Frequenzen der Elemente liegen um 20 kHz und damit höher als bei der Zwerg- und der Weißrandfledermaus. Außerdem ist am Anfang der Einzellaute jeweils ein deutlicher Abwärtshaken ausgebildet.

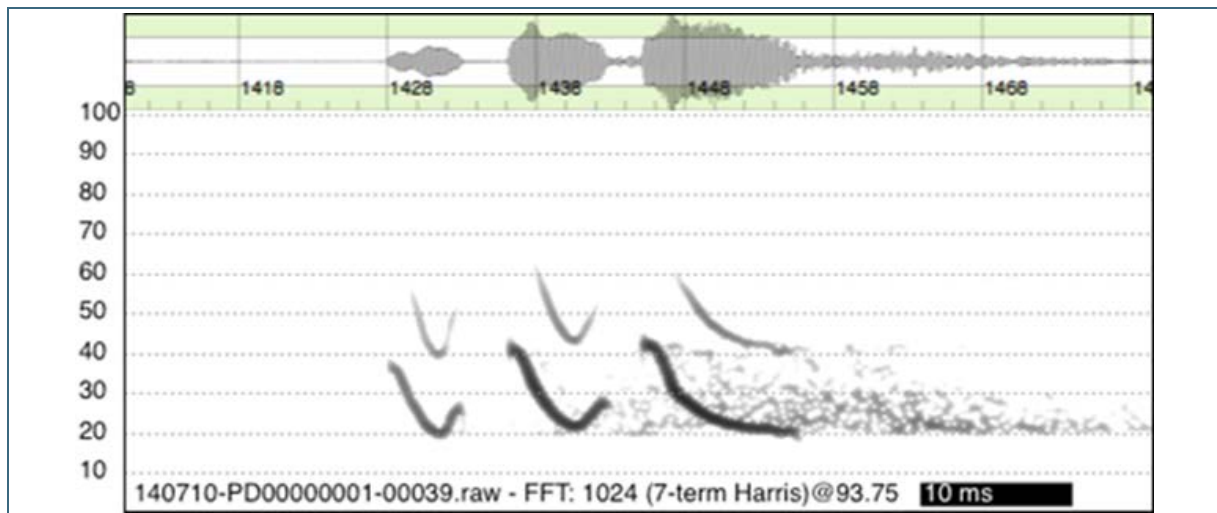


Abb. 70: Typischer Balztriller der Mückenfledermaus. Weitere Balztriller s. Abb. 103 im Anhang.

Besonders am Quartier, aber auch im Habitat, werden verschiedene, lange Laute geäußert, die Pfalzer (2002) als **Bogenrufe** und SKIBA (2009) als Kontaktrufe bezeichnet (Abb. 71). Diese teils komplex geformten ortungsrufähnlichen bis bogenförmigen Laute dienen auch bei der Mückenfledermaus vermutlich der Mutter-Kind-Kommunikation. Sie ähneln den Bogenrufen der Zwergfledermaus. Neben längeren Bogenrufen existieren auch bei der Mückenfledermaus Doppelrufe (s. Abb. 105 im Anhang). Die Variabilität der ortungsrufähnlichen bis bogenförmigen Laute ist so groß, dass eine genaue Unterteilung und Beschreibung von einzelnen Ruftypen schwierig ist.

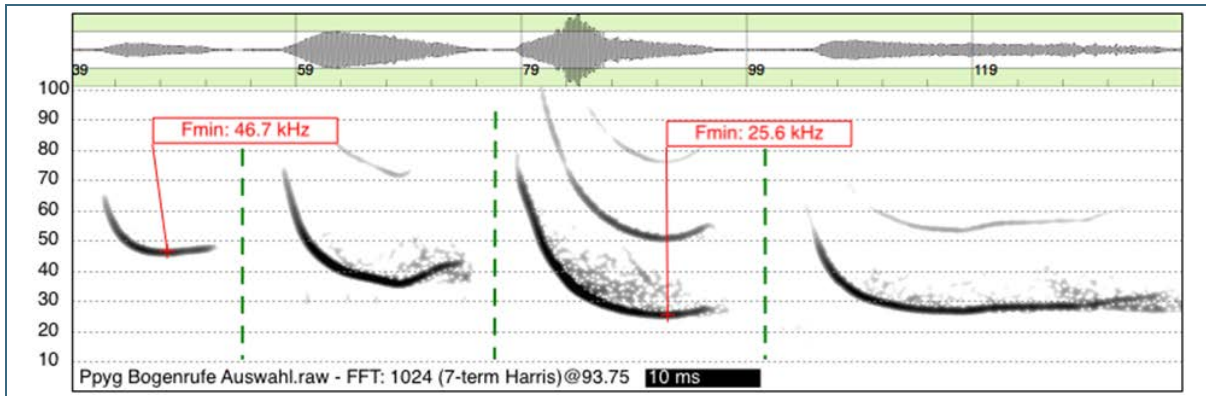


Abb. 71: Verschiedene Bogenrufe der Mückenfledermaus. Weitere Bogenrufe s. Abb. 104 u. 105 im Anhang.

Tendenziell sind die Sozialrufe der Mückenfledermaus etwas hochfrequenter und kürzer als die der Zwergfledermaus. Die Bogenrufe der Mückenfledermaus steigen außerdem zum Ende meistens deutlich in der Frequenz an. Einzelne Ausprägungen der Laute können auch mit Bogenrufen anderer Arten (z. B. den Gattungen *Nyctalus* und *Myotis*) verwechselt werden. Da die Rufe fast immer in Quartiernähe aufgezeichnet werden, geben die vielen, gleichzeitig aufgenommenen Ortungsrufe einen wichtigen Hinweis auf die Urheber. Eine sichere Artbestimmung anhand der ortungsrufähnlichen bis bogenförmigen Laute ist jedoch bisher nicht möglich.

2.9.4 Unverwechselbare Ruftypen

qcf-Rufe sind mit einer Charakteristischen Frequenz oberhalb von 51 kHz bestimmbar.

fm-qcf-Rufe unter 4 ms Länge sind mit einer Charakteristischen Frequenz von mehr als 55 kHz und ab 4 ms Länge mit einer F_c über 53 kHz bestimmbar.

Die Balzrufe der Mückenfledermaus sind artspezifisch, wenn die tiefste Frequenz oberhalb 16 kHz liegt, die Frequenzbandbreite der Einzelpulse größer als 16 kHz und am Anfang der Elemente jeweils ein deutlicher Haken ausgeprägt ist.

2.9.5 Kriterien für den Artnachweis

- Mindestens eine Sequenz mit unverwechselbaren qcf- oder fm-qcf-Rufen (> 3 Rufe)
- Mindestens ein typischer Balzruf der Art

2.10 Das Braune und das Graue Langohr – *Plecotus auritus* und *P. austriacus*

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

2.10.1 Übersicht

Braune und Graue Langohren nutzen sehr ähnliche Ortungsrufe und werden deshalb in diesem Leitfaden nicht unterschieden. Tendenziell rufen Graue Langohren häufig in offeneren Habitaten und nutzen dann längere und lautere Rufe. Beide Arten nutzen leise und eher kurze fm-Laute. Im Vergleich zu den Lauten der *Myotis*-Arten sind die Rufe meist tieffrequenter, haben eine engere Bandbreite und sind anders geformt. Der erste Oberton ist häufig auffällig laut. Typische Ortungsrufe dieser Arten sind gut bestimmbar. Auch die im Flug geäußerten Sozialrufe (Bogenrufe) sind meist auf Gattungsniveau bestimmbar. Ob in Mitteleuropa die Sozialrufe zur Unterscheidung dieser zwei Arten untereinander herangezogen werden können, ist bisher nicht ausreichend untersucht. In Tab. 11 werden zur Übersicht die Messgrößen der Rufe sowie die Verwechslungsmöglichkeiten aufgelistet. Abb. 72 zeigt eine typische Rufsequenz der Langohren, Abbildungen 73 bis 75 zeigen typische und gut bestimmbare Rufe mit unterschiedlicher Ruflänge.

Tab. 11: Bereiche für verschiedene Messgrößen der Rufe der Langohren; Extremwerte sind in Klammern angegeben.

Ruftyp	F _{Start} (kHz)	F _{Mk} (kHz)	D (ms)	Verwechslungsarten	Bestimmbarkeit
fm	35–60; meistens bei etwa 40	(11) 20–35	2–8	Bbar, Nahortung nyctaloid	charakteristisch

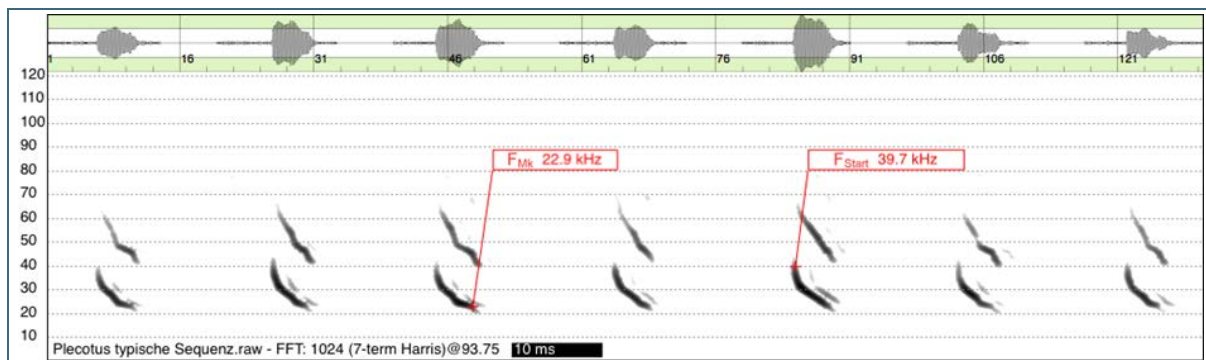


Abb. 72: Typische Sequenz von Braunem/Grauem Langohr; die Rufintervalle sind verkürzt dargestellt.

2.10.2 Ortungsrufe

Bei den Rufen der Langohren handelt es sich um 2 und 8 ms lange **fm-Laute** mit einer betonten zweiten Harmonischen (1. Oberton), die häufig so laut ist wie die Grundschiwingung. Die Arten rufen in einem tiefen Frequenzbereich und zeigen nur eine geringe Frequenzbandbreite von meist knapp über 20 kHz. Diese Merkmale zusammen mit einer einzigartigen Form der Rufe ermöglichen die eindeutige Unterscheidung von fm-Rufen aus der Gattung *Myotis*. Neben einem deutlichen Knie zeigen die Rufe auch einen „Myotiknick“ mit anschließendem Schwänzchen. Dieses läuft häufig in einem qcf-Teil aus, wodurch das Rufende im Sonagramm an eine Treppenstufe erinnert. Unabhängig von der Länge der Rufe kann die Startfrequenz zwischen 35 und 60 kHz, meistens jedoch bei 40 kHz, liegen.

Die Frequenz am Myotisknick steigt bei kürzeren Rufen deutlich an. Bei sehr kurzen Rufen kann F_{Mk} zwischen 25 und 35 kHz liegen. Bei längeren Rufen liegt der Wert zwischen 20 und 25 kHz. Manchmal treten Ortungsrufe auf, die extrem tief liegen (F_{Mk} minimal bei 11 kHz; vgl. Abb. 75 zweiter Ruf von links). Ob solche Rufe schon eine soziale Komponente besitzen, ist unklar.

Sehr kurze Rufe der Langohren (Abb. 73) haben meist keine charakteristische Frequenzmodulation und können mit sehr kurzen Nahortungsrufen und Schwärmlauten nyctaloider Arten verwechselt werden. Diese unterscheiden sich jedoch dadurch, dass sie meist in Sequenzen mit unterschiedlich langen Rufen und Rufabständen eingebettet sind, während die Ruffolge bei Langohren recht uniform ist (Rufabstände meist 100–300 ms). Bei schwärmenden *Nyctalus*-Arten sind außerdem häufig auch Sozialrufe zu finden. Auch der kurze und tiefe Ruftyp der Mopsfledermaus ähnelt kurzen Rufen der Langohren, da er in einem ähnlichen Frequenzbereich liegt und meist auch stark ausgeprägte harmonische Schwingungen aufweist. Die Frequenzbandbreite ist jedoch geringer als bei Langohren. Außerdem nutzt die Mopsfledermaus in der Regel abwechselnd zwei Ruftypen unterschiedlicher Frequenz und Form. Nahortungsrufe der Mopsfledermaus zeigen hingegen diesen Frequenzwechsel nicht und sind zudem breitbandiger. Diese Rufe haben jedoch kürzere Rufabstände von nur etwa 30 ms.

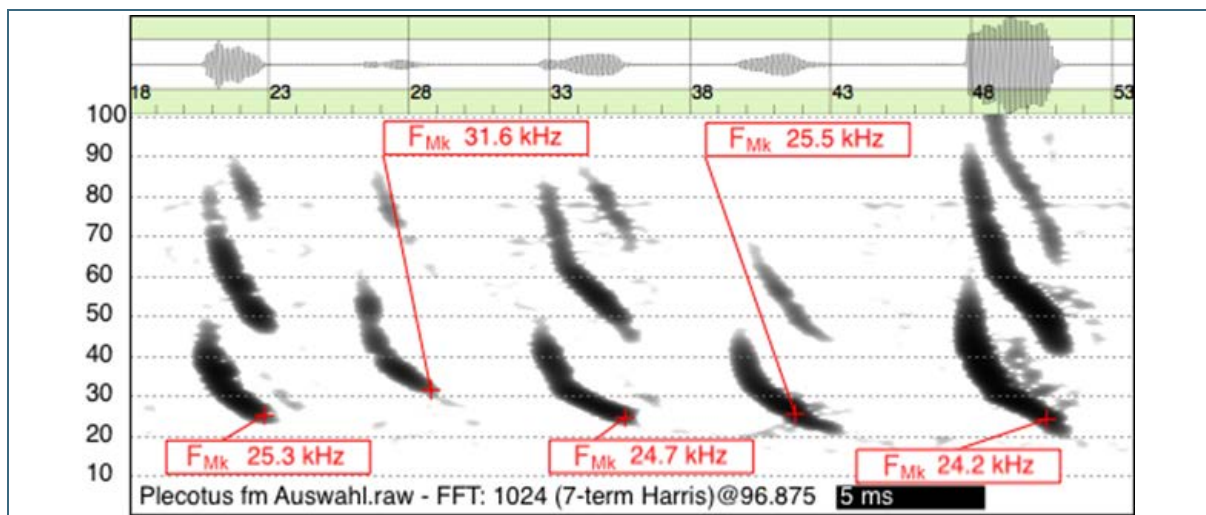


Abb. 73: Auswahl unterschiedlicher kurzer Rufe von Braunen/Grauen Langohren (< 4 ms); ein Sonagramm mit einer FFT-Überlappung von 93,75 % zum Vergleich von unterschiedlich langen Ortungsrufe innerhalb der Langohren findet sich im Anhang (Abb. 106).

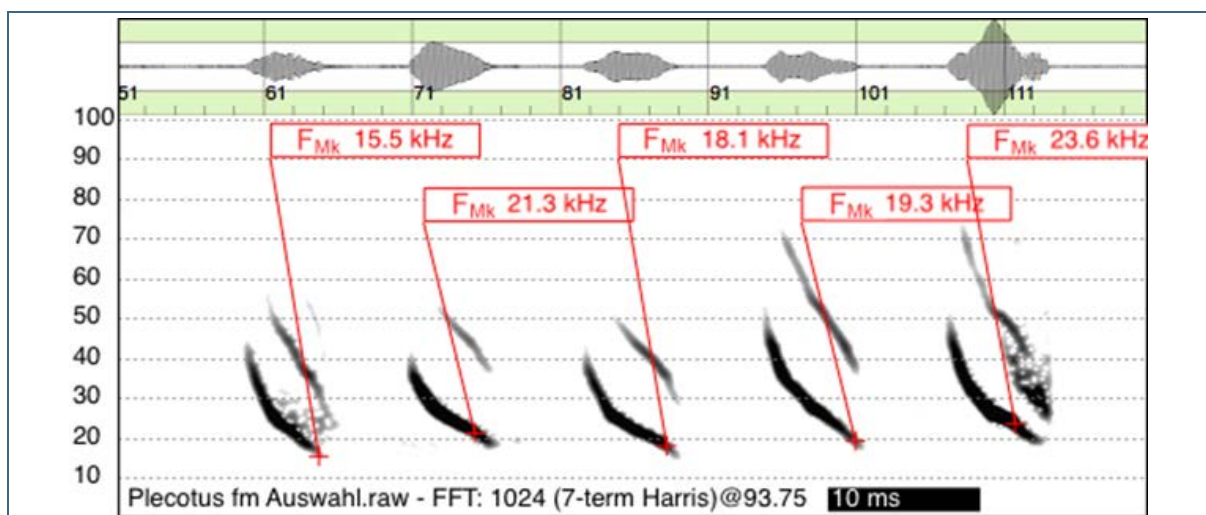


Abb. 74: Auswahl unterschiedlicher mittellanger Rufe von Braunen/Grauen Langohren (4–6 ms).

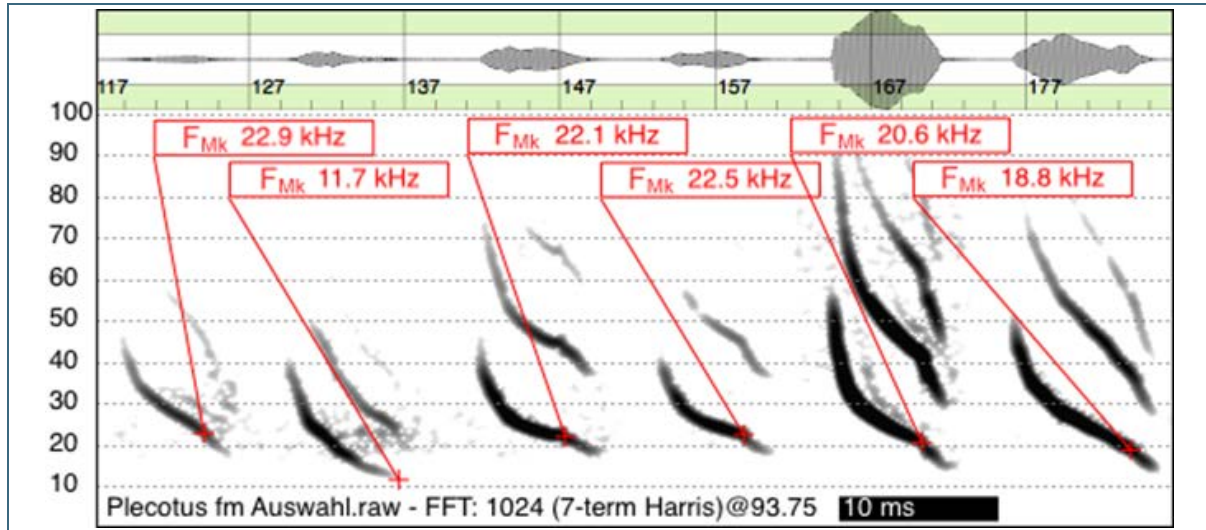


Abb. 75: Auswahl unterschiedlicher langer Rufe von Braunen/Grauen Langohren (6–8 ms).

2.10.3 Sozialrufe

Die häufigste Lautäußerung der Langohren im sozialen Kontext ist ein tiefer fm-Ruf bzw. **Bogenruf** (Abb. 76). Er ist relativ uniform und kann an Sommer- und Winterquartieren sowie im Habitat aufgezeichnet werden. Allgemein wird dieser Ruf als Balzruf gedeutet, der auch territorial im Jagdgebiet genutzt wird. Der Ruf beginnt meist knapp über 50 kHz (50–60 kHz) und endet in einem kurzen qcf-Teil um etwa 14 kHz. Er weist häufig ein oder mehrere Kniee auf und ist meist 10 ms lang. Die Balzlaute des Grauen Langohres weisen vermutlich etwas tiefere Startfrequenzen als die des Braunen Langohrs auf. Für Mitteleuropa ist dies jedoch noch nicht ausreichend untersucht.

Diese Bogenrufe werden entweder allein in längeren Sequenzen mit Rufabständen zwischen 200 bis 300 ms geäußert oder als kurze Pulsfolgen (Pulsintervalle um 35 ms) zwischen Ortungsrufen. Die Rufe können kurzen Bogenrufen anderer Arten ähneln. Hier sind insbesondere die Gattung *Nyctalus* und die Nordfledermaus zu nennen. *Nyctalus*-Arten nutzen jedoch nur selten so kurze und tiefe Bogenrufe. Diese sind speziell beim Schwärmen immer eingerahmt in verschiedene andere Sozial- und Ortungsrufe und werden nie allein in regelmäßigen Abständen geäußert. Das gilt auch für die Sozialrufe der Nordfledermaus, die ähnlich lang und uniform wie die der Langohren sein können. Bei diesen Rufen liegt jedoch entweder die Frequenz im flachen Endteil höher (bei etwa 20 kHz) oder die Startfrequenz liegt deutlich unter 50 kHz.

Es werden an Quartieren noch weitere Typen von Sozialrufen genutzt (Triller, wellen- und hakenförmige Elemente, über deren Bestimmbarkeit derzeit keine Aussagen gemacht werden können).

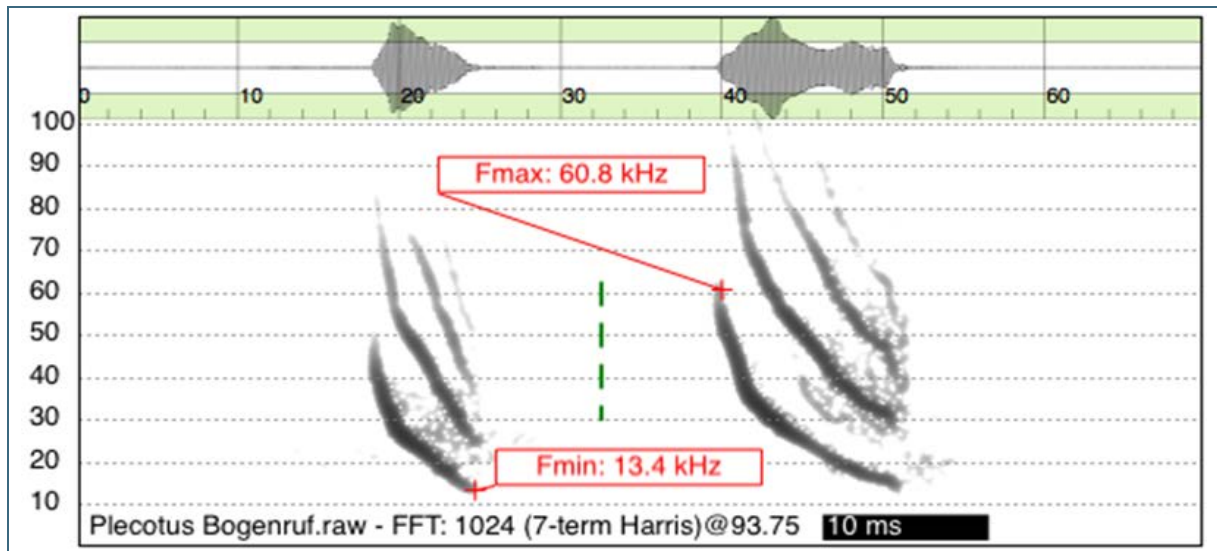


Abb. 76: : Verschiedene Bogenrufe von Braunen/Grauen Langohr. Weitere Rufe s. Abb. 107 im Anhang.

2.10.4 Unverwechselbare Ruftypen

Bestimmbar sind fm-Ortungslaute, wenn eine längere Rufsequenz mit uniformen Rufen und regelmäßigen Rufabständen vorliegt. Ebenso sind Sozialrufe charakteristisch, wenn eine Serie uniformer Rufe mit Endfrequenzen um 14 kHz (13–15) und Startfrequenzen nicht unter 50 kHz eventuell begleitet von Ortungslauten vorliegt.

2.10.5 Kriterien für den Artnachweis

- Mindestens eine Sequenz mit unverwechselbaren fm-Rufen (> 3 Rufe) und keine Verwechslungsarten in zeitlicher Nähe (+/– 2 min).
- Mindestens eine Sequenz mit unverwechselbaren Balzrufen (> 3 Rufe) und keine Verwechslungsarten in zeitlicher Nähe (+/– 2 min). In der Sequenz dürfen keine Ortungslaute anderer Arten enthalten sein (insbesondere auf nyctaloide Arten achten).

2.11 Die Mopsfledermaus – *Barbastella barbastellus*

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

2.11.1 Übersicht

Zur normalen Ortung nutzt die Mopsfledermaus **zwei Ruftypen**, die abwechselnd ausgestoßen werden. Diese Ruftypen unterscheiden sich jeweils in Länge, Frequenzbereich und Frequenzmodulation. Solche Sequenzen, aber auch die Einzelrufe, sind unverwechselbar. Auch die recht monoton geäußerten Sozialrufe (Bogenrufe) sind gut bestimmbar, sofern mehrere vorliegen. In Tab. 12 werden zur Übersicht die Messgrößen der Ruftypen sowie die Verwechslungsmöglichkeiten aufgelistet. Abb. 77 zeigt eine typische und gutbestimmbare Rufsequenz mit alternierenden Ruftypen.

Tab. 12: Bereiche für verschiedene Messgrößen der Rufe der Mopsfledermaus; Extremwerte sind in Klammern angegeben

Ruftyp	F _{Start} (kHz)	F _{End} (kHz)	D (ms)	Verwechslungsarten	Bestimmbarkeit
Typ A	33–36(39)	(27)30–32	<2–3,5(5)		charakteristisch
Typ B	(40)43–46(50)	(29)30–35(37)	2–6(10)	Mdau (sozial)	charakteristisch
Nahortung	(42)46–55	(20)25–30	2–5(6)	Nahortung nyctaloid, Plecotus	teils charakteristisch

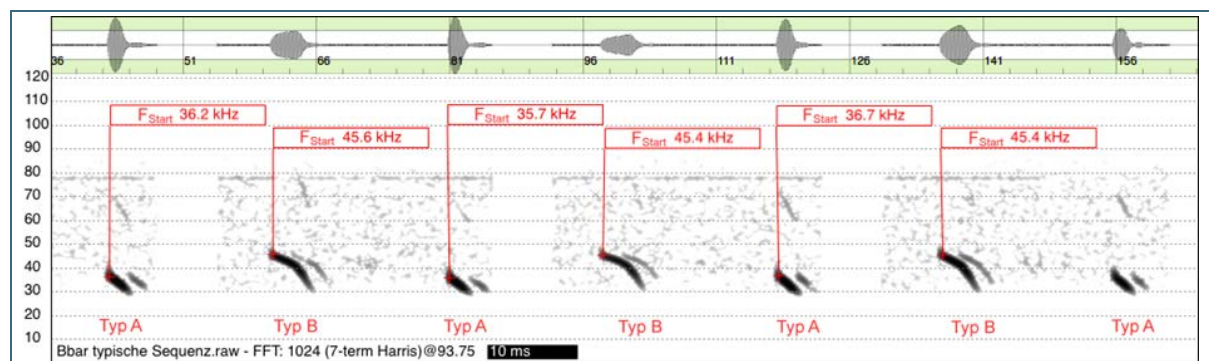


Abb. 77: Typische Sequenz der Mopsfledermaus mit alternierenden Ruftypen A und B; die Rufintervalle sind verkürzt dargestellt.

2.11.2 Ortungsrufe

Der tiefere **Ruftyp A** (Abb. 78) ist ein kurzer, über das Maul ausgestoßener fm-Laut (2–5 ms), der meist bei 36 kHz startet und über einen schmalen Frequenzbereich von etwa 5 bis 10 kHz abfällt. Er ist aufgrund seiner Kürze und geringen Bandbreite unverwechselbar. Der höhere **Ruftyp B** (Abb. 79) startet um die 45 kHz, ist kann länger (bis 10 ms) als Ruftyp A und kann anfangs einen qcf-Teil zeigen. Zum Ende hin fällt der Ruf immer frequenzmoduliert steil ab. Da er vom Tier nach oben gerichtet, durch die Nase ausgestoßen wird (Seibert et al. 2015), wird der Ruftyp B vom Boden aus meist leiser aufgezeichnet und ist manchmal nicht mehr in der Aufnahme zu erkennen. Mit Ortungsrufen anderer mitteleuropäischer Arten kann dieser Ruftyp nicht verwechselt werden. Sozialrufe verschiedener Arten können jedoch ähnlich frequenzmoduliert sein. Hier sind speziell die „Krückstock“-Rufe der Wasserfledermaus zu nennen. Diese variieren stark und können ausnahmsweise auch in einem ähnlichen Frequenzbereich liegen. Der Ruftyp B der Mopsfledermaus unterscheidet sich von ihnen dadurch, dass er

am Anfang nie einen in der Frequenz ansteigenden Teil zeigt. Außerdem wird er nie über längere Zeit ohne den Ruftyp A genutzt.

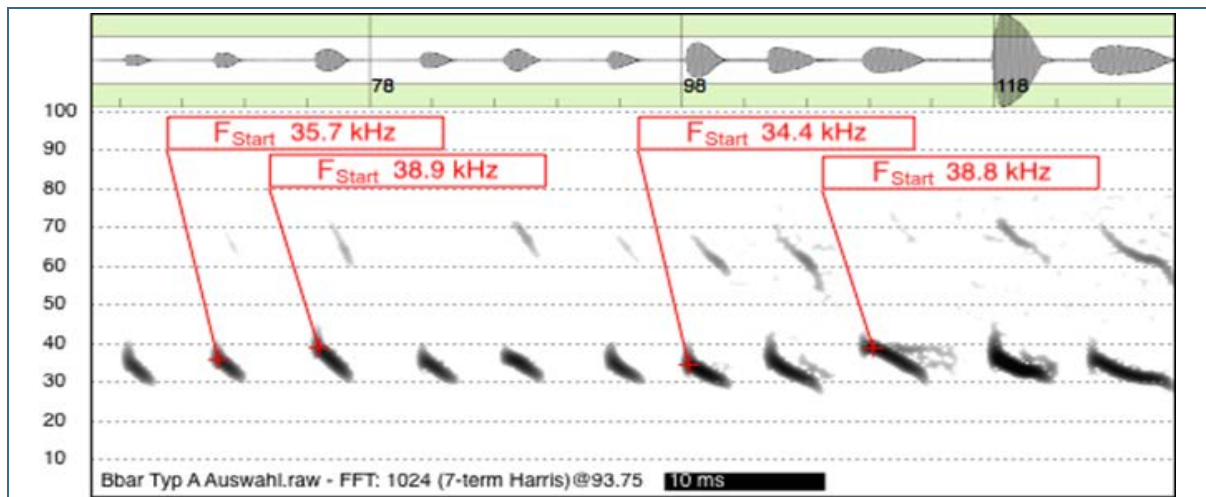


Abb. 78: Auswahl unterschiedlicher fm-Rufe der Mopsfledermaus (Ruftyp A).

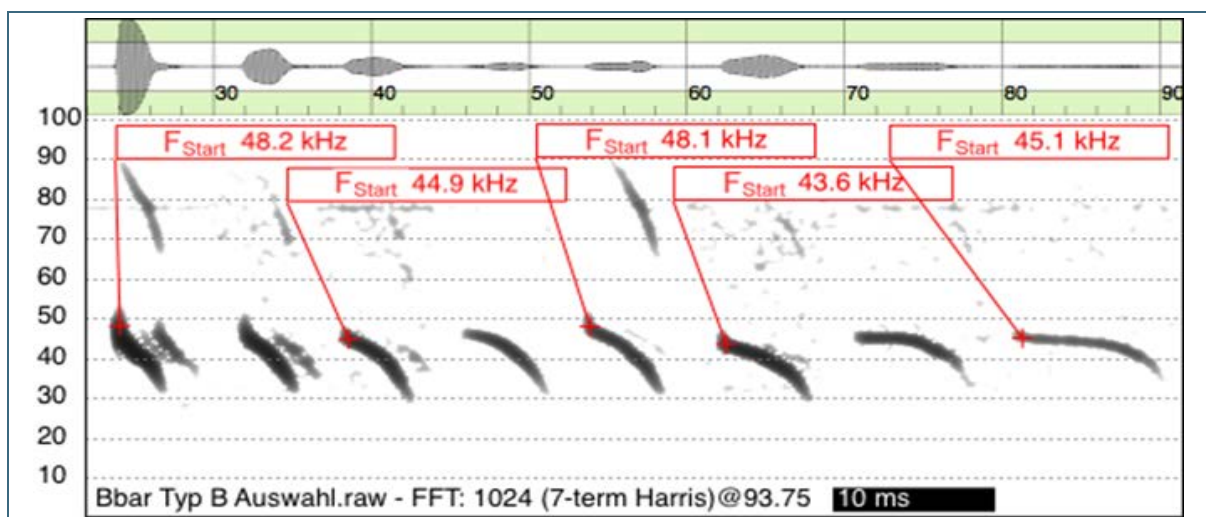


Abb. 79: Auswahl unterschiedlicher fm- bis qcf-fm-Rufe der Mopsfledermaus (Ruftyp B).

Bei der **Nahortung** (Abb. 80) gehen die alternierenden Ruftypen in einen recht uniformen, breitbandigeren fm-Ruf über, der von der Form tendenziell an den Ruftyp B erinnert, aber auch einfach nur linear abfallend sein kann. Diese Rufe werden mit einer hohen Rufrate (30 bis 50 ms Rufabstand) ausgestoßen. Sie sind schwerer zu bestimmen, da kurze Schwärmlaute sowie *feeding buzz*-Sequenzen und trillerartige Soziallaute verschiedener Arten ähnlich aussehen können. Nahortungssequenzen der Mopsfledermaus zeigen jedoch meist auch etwas längere Rufe, die schon stark an den Ruftyp B angelehnt sind und dann eindeutig bestimmbar sind. Sequenzen, die nur aus sehr kurzen (< 2,5 ms) und unspezifischen Nahortungsrufen bestehen, sollten nicht bestimmt werden. Besonders in Quartieren oder direkt am Einflug (Höhlen, Stollen, Dachböden) sind solche Sequenzen fast ausschließlich zu beobachten. In solchen Situationen nutzen sehr viele Arten (z. B. Gattung *Eptesicus* oder *Plecotus*) extrem kurze und unspezifische Rufe im gleichen Frequenzbereich.

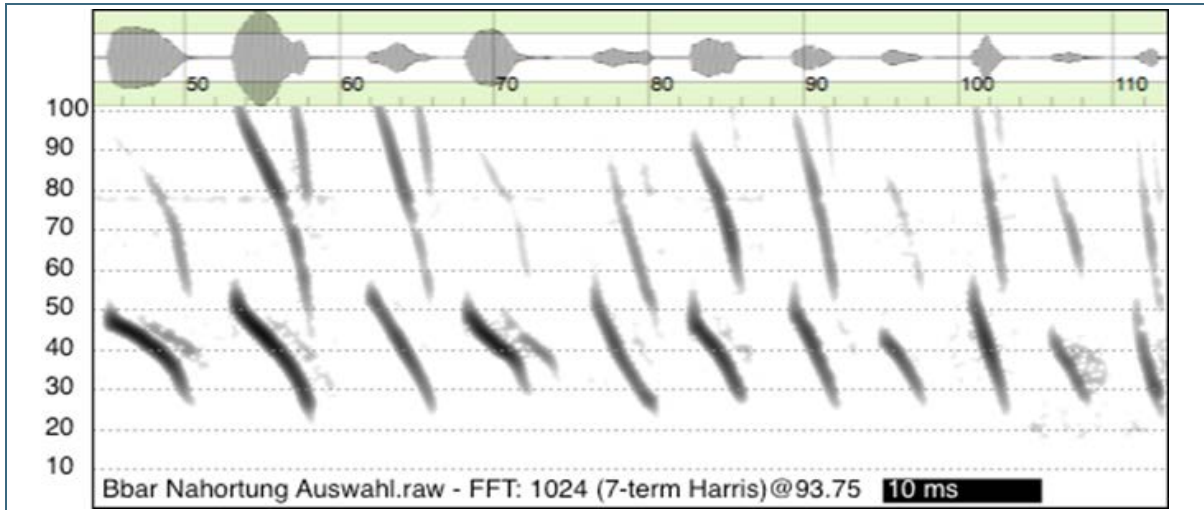


Abb. 80: Auswahl unterschiedlicher kurze fm-Rufe der Mopsfledermaus (Nahortung)

2.11.3 Sozialrufe

Die häufigste Lautäußerung im sozialen Kontext ist ein längerer (5–45 ms), nur wenig modulierter Ruf, der um die 20 kHz endet. Dieser **bogenruffähnliche Sozialruf** (Abb. 81) wird meist in der Nähe von Quartieren aufgezeichnet und zumindest teilweise von fliegenden Tieren als längere Rufreihen ohne weitere Ortungsrufe ausgestoßen. Er ist relativ variabel: kürzere Rufe können linear in der Frequenz abfallen, während längere Rufe entweder bogenruffähnlich oder quasi-konstantfrequent ausgeprägt sind. Manchmal steigt der Ruf zum Ende in der Frequenz wieder leicht an und fällt dann wieder ab. Dennoch ist dieser Ruf aufgrund seiner Länge, des Frequenzbereiches um 20 kHz sowie der geringen Bandbreite meist charakteristisch.

Sehr flache Rufe dieses Typs können auf den ersten Blick jedoch an qcf-Ortungsrufe von nyctaloiden Arten erinnern. Fast immer ist die Form der Sozialrufe innerhalb einer Sequenz recht variabel, und es treten auch ungewöhnlich Frequenzmodulationen auf, die bei Ortungsrufen nyctaloider Arten nicht beobachtet werden. Ein weiterer Unterschied ist, dass die Sozialrufe der Mopsfledermaus eine starke 2. Harmonische aufweisen, die teilweise ebenso laut wie die Grundschiwingung ist. Außerdem beginnen die Rufe sehr abrupt mit voller Lautstärke und werden dann leiser, so dass manchmal das Ende nicht mehr sicher zu erkennen ist. Auch wenn manche Bogenrufe der Abendsegler den bogenruffähnlichen Sozialrufen der Mopsfledermaus ähneln, treten sie jedoch nie als längere Rufreihen auf und liegen immer neben anderen Sozial- oder Ortungslauten vor. Der Balzruf der Kleinabendsegler endet bei tieferen Frequenzen (um 13 kHz).

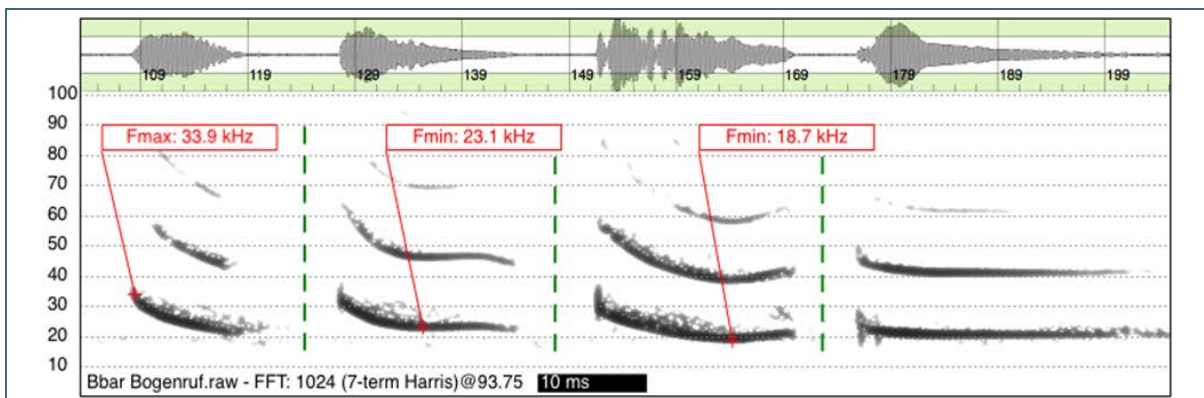


Abb. 81: Häufige bogenruffähnliche Sozialrufe der Mopsfledermaus. Weitere Rufe s. Abb. 108 im Anhang

Besonders an Sommer- und Winterquartieren treten **weitere Sozialrufe** der Art auf (z. B. Triller oder andere komplexe Soziallaute). Ein Beispiel sind „Zwitscher“-Sequenzen an der Wochenstube (Abb. 82). Diese Rufreihen bestehen aus meist recht kurzen, sehr verschiedenartigen Elementen, die dicht aufeinander folgen. Auch Bogenrufe werden eingestreut, die z. B. solchen der Zwergfledermaus ähneln können. Die meisten der einzelnen Elemente sind nicht bestimmbar und ähneln Ruftypen verschiedener Arten. Manchmal sind auch Nahortungsrufe und der Ruftyp B eingestreut, die dann eine Bestimmung ermöglichen. Vermutlich entspricht dieser Sozialruf dem Ruftyp C, den Middleton et al. (2014) für die Art in England beschreiben. Barataud (1996) gibt als weiteren Ruftyp einen tieffrequenten Doppelruf an, der zur Revierabgrenzung und Balz dienen soll. In Deutschland konnten wir diesen Ruf jedoch noch nicht sicher feststellen. An Winterquartieren werden teilweise ähnliche, aber sehr variable Bogenrufe aufgenommen. Diese sind jedoch bisher ungenügend untersucht und sollen hier nicht weiter behandelt werden.

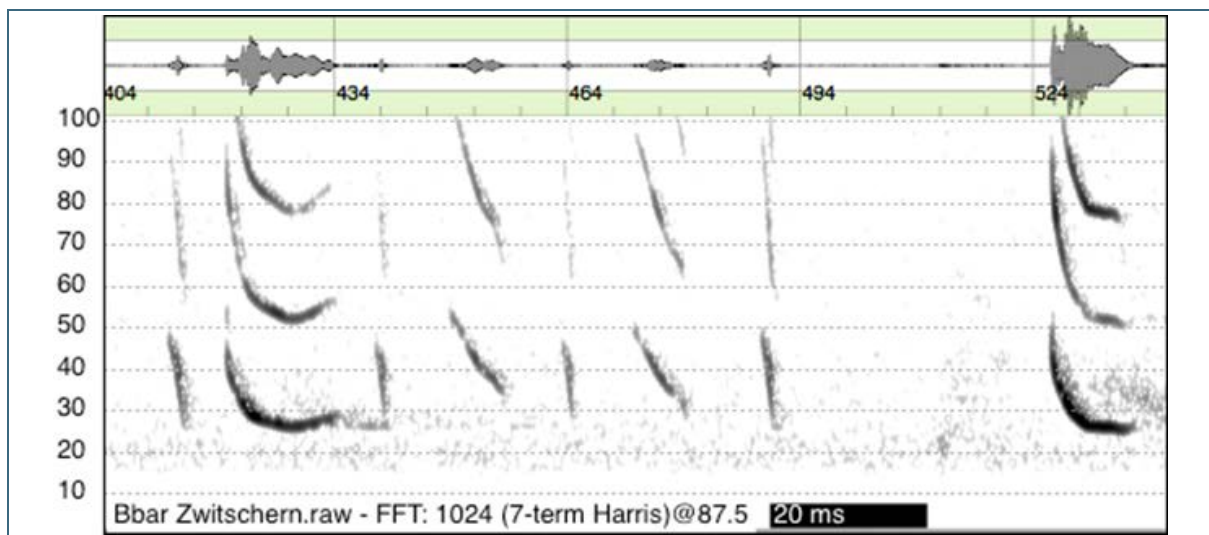


Abb. 82: „Zwitschernde“ Sozialrufsequenz einer Mopsfledermaus beim Quartierausflug; FFT-Überlappung 87,5%.

2.11.4 Unverwechselbare Ruftypen

Bestimmbar sind alle Ortungslautsequenzen, bei denen die beiden Ruftypen A und B alternierend auftreten.

Nahortungsrufe sind bestimmbar, wenn auch längere Rufe (> 3 ms) vorhanden sind, die schon die konvex gebogene Form des Ruftyps B aufweisen.

Die Bogenrufähnlichen Soziallaute der Mopsfledermaus sind bestimmbar, wenn sie nicht über 30 kHz beginnen, um die 20 kHz (18–23) enden sowie eine starke 2. Harmonische aufweisen. Sie müssen als Rufreihe mit mehreren Rufen und regelmäßigen Rufintervallen vorliegen (60–300 ms).

2.11.5 Kriterien für Artnachweis

- Mindestens eine Sequenz mit unverwechselbaren Ortungslauten (Ruftypen A und B)
- Mindestens eine Sequenz mit unverwechselbaren Nahortungslauten (mindestens 5 Rufe) und keine Verwechslungsarten in zeitlicher Nähe (+/– 2 min)
- Mindestens eine Sequenz mit unverwechselbaren Sozialrufen (> 3 Rufe) und keine Verwechslungsarten in zeitlicher Nähe (+/– 2 min). In der Sequenz dürfen keine Ortungs- oder Soziallaute anderer Arten enthalten sein (insbesondere auf nyctaloide Arten achten).

2.12 Die Große Hufeisennase – *Rhinolophus ferrumequinum*

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

2.12.1 Übersicht

Hufeisennasen orton im Gegensatz zu Vertretern der Glattnasen (Vespertilionidae) ausschließlich durch ihren Nasenaufsatz anstelle durch das weit geöffnete Maul. Außerdem unterdrücken sie die Grundschiwingung und betonen die erste Oberschiwingung (2. Harmonische). In Mitteleuropa sind die langen, hochfrequenten Rufe der Art unverwechselbar. Die tieferen Rufe der Großen Hufeisennase sind gut von den höherfrequenten Rufen der Kleinen Hufeisennase getrennt. Bestimmungsrelevante Soziallaute sind nicht bekannt.

2.12.2 Ortungsrufe

Die Ortungsrufe der Hufeisennasen unterscheiden sich von denen aller anderen europäischen Arten durch einen sehr langen, hochfrequenten cf-Teil. In Tab. 13 werden zur Übersicht die Messgrößen der Rufe aufgelistet und Abb. 83 zeigt eine typische Rufsequenz der Großen Hufeisennase.

Tab. 13: Bereiche für verschiedene Messgrößen der Rufe der Großen Hufeisennase; Extremwerte sind in Klammern angegeben

Ruftyp	F _c (kHz)	F _{min} (kHz)	D (ms)	Verwechslungsarten	Bestimmbarkeit
fm-cf-fm	(77)78–83(86)	50–78	(16)30–60(75)		charakteristisch

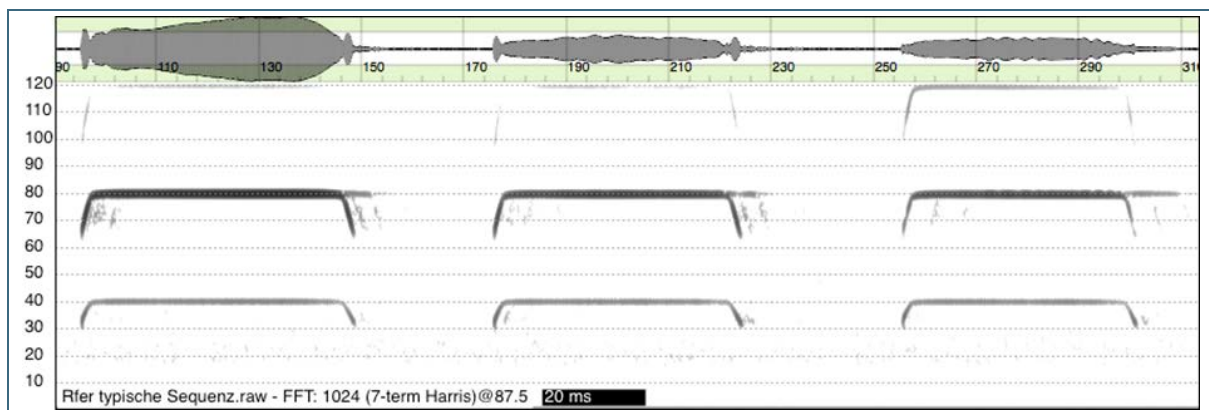


Abb. 83: Typische Sequenz der Großen Hufeisennase; die Rufintervalle sind verkürzt dargestellt. FFT-Überlappung 87,5%.

Die **Ortungsrufe** der Großen Hufeisennase sind durch einen langen hochfrequenten cf-Teil um 80 kHz charakterisiert, der am Anfang und Ende durch einen steil aufwärts- und abwärts gerichtete fm-Teil eingefasst ist. Diese Auf- und Abschwung ist bei leisen Rufen nicht immer gut zu erkennen. Die lauteste Frequenz des Rufes steckt in der 2. Harmonischen, während die Grundschiwingung (1. Harmonische) meist nur schwach ausgeprägt und daher manchmal nicht sichtbar ist. Die Ruflänge liegt durchschnittlich bei 50 ms. Sie kann jedoch erheblich variieren.

2.12.3 Sozialrufe

Die Art äußert eine **Vielzahl von Sozialrufen**, die jedoch fast nur in den Quartieren zu hören sind. Neben geräuschhaften Stresslauten sind vor allem Laute zu finden, die meist eine Abwandlung der Ortungsrufe darstellen und einen längeren, hohen cf- oder qcf-Anteil besitzen. Solche Laute sind jedoch

auf verschiedene Art und Weise „verbogen“ und häufig aus verschiedenen Elementen zusammengesetzt (komplexe Rufe). Sie sind wohl teilweise artspezifisch, werden hier jedoch nicht weiter behandelt, da sie für den Nachweis im Freiland nicht relevant sind.

2.12.4 Unverwechselbare Ruftypen

Die fm-cf-fm-Ortungslaute sind aufgrund ihrer charakteristischen Frequenz im cf-Teil unverwechselbar. Einzig technische Geräte können manchmal ähnliche lange und konstantfrequente Töne produzieren (z. B. hohes Quietschen oder elektromagnetische Einstrahlung). Solche Laute weisen jedoch nicht die typischen fm-Teile am Anfang und Ende des Signals auf.

2.12.5 für den Artnachweis

- Mindestens ein Ruf der Art mit F_c zwischen 77 und 86 kHz und sichtbaren fm-Anteilen am Anfang und Ende.

2.13 Die Kleine Hufeisennase – *Rhinolophus hipposideros*

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

2.13.1 Übersicht

Die Ortungsrufe der Kleinen Hufeisennase sind in Mitteleuropa unverwechselbar. In Südeuropa kommen jedoch weitere Arten der Gattung vor, die dann (regional) in einem ähnlichen Frequenzbereich rufen können und schwer zu trennen sind. Tab. 14 listet zur Übersicht die Messgrößen der Rufe auf und Abb. 84 zeigt eine typische Rufsequenz der Kleinen Hufeisennase.

Tab. 14: Bereiche für verschiedene Messgrößen der Rufe der Kleinen Hufeisennase; Extremwerte sind in Klammern angegeben.

Ruftyp	F _c (kHz)	F _{min} (kHz)	D (ms)	Verwechslungsarten	Bestimmbarkeit
fm-cf-fm	(100)105–114(116)	83–10	(16)20–60(75)		charakteristisch

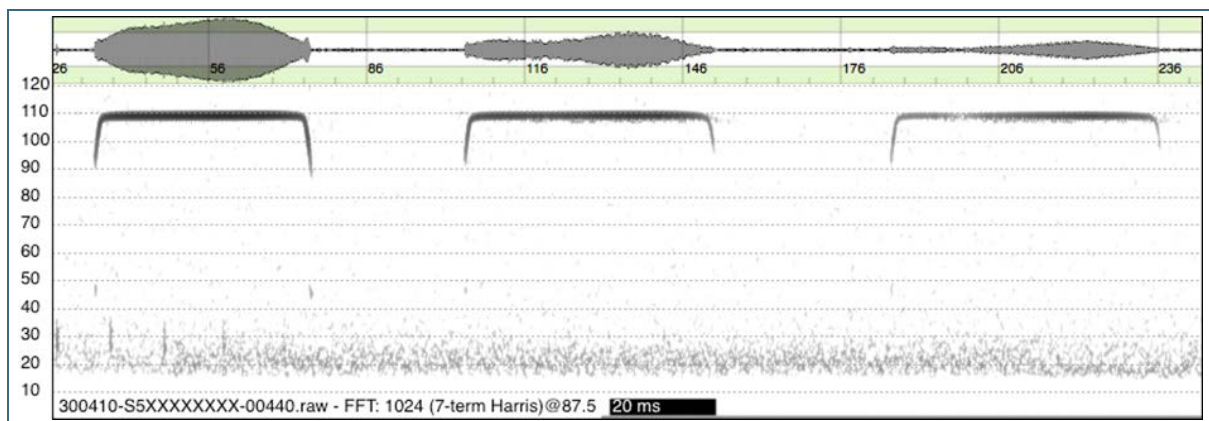


Abb. 84: Typische Sequenz der Kleinen Hufeisennase; die Rufintervalle sind verkürzt dargestellt; FFT-Überlappung 87,5 %.

2.13.2 Ortungsrufe

Die **Ortungsrufe** sind durch einen cf-Teil geprägt, der von einem fm-Auf- und -Abschwung eingeraht ist.

In ihrer Form entsprechen die Ortungsrufe damit denen der Großen Hufeisennase, sind jedoch hochfrequenter und meistens kürzer, womit sich die Kleine eindeutig von der Großen Hufeisennase unterscheiden lässt. Die Charakteristische Frequenz liegt zwischen 105 und 114 kHz und die Länge beträgt mindestens 20–30 ms, variiert jedoch beträchtlich. In Tab. 14 sind die Extremwerte angegeben, die in verschiedenen europäischen Veröffentlichungen zu finden sind. Hierbei ist zu betonen, dass die Charakteristische Frequenz bei dieser Art offenbar innerhalb ihres europäischen Verbreitungsgebiets variiert. So ruft die Art z. B. in England relativ hochfrequent (107–114 kHz). In Deutschland wurden hingegen bisher etwas tiefere Rufe aufgezeichnet. Wimmer und Kugelschaffer (2017) konnten an einem Winterquartier Frequenzen von 100 bis 110 kHz messen. Adulte Weibchen senden im Schnitt etwas höhere Frequenzen (in Süddeutschland meist > 107 kHz) aus als adulte Männchen (meist < 107 kHz), es existiert jedoch ein gewisser Überschneidungsbereich, in den auch die Rufe subadulter Männchen zuzuordnen sind (Frühstück 2005). Zu beachten ist jedoch, dass im Herbst auch fliegende Jungtiere Rufe über 107 kHz äußern (Wimmer pers. Mitteilung).

2.13.3 Sozialrufe

Die Art kann wie die Große Hufeisennase eine Vielzahl von Sozialrufen äußern. Sie sind fast nur in den Quartieren zu hören. Wie bei der Großen Hufeisennase treten neben geräuschhaften Stresslauten vor allem Laute auf, die eine Abwandlung der Ortungslaute darstellen und einen längeren hohen cf- oder qcf-Anteil besitzen. Sie sind wohl teilweise artspezifisch (meist deutlich höher als die Laute der Großen Hufeisennase), werden hier jedoch nicht weiter behandelt, da sie für den Nachweis im Freiland nicht relevant sind.

2.13.4 Unverwechselbare Ruftypen

Die cf-Ortungslaute sind aufgrund ihrer charakteristischen Frequenz sicher von denen der Großen Hufeisennase unterscheidbar. Einzig technische Geräte können manchmal ähnliche lange und konstantfrequente Töne produzieren (z. B. hohes Quietschen oder elektromagnetische Einstrahlung). Solche Signale weisen jedoch nicht die typischen fm-Teile am Anfang und Ende des Signals auf.

In Südeuropa ist die Art nicht bestimmbar, da die Rufe der Art von denen der Mehely- und Mittelmeershufeisennase im Normalfall nicht sicher zu trennen sind.

2.13.5 Kriterien für den Artnachweis

- Mindestens ein Ruf der Art mit F_c zwischen 100 und 116 kHz und mit sichtbaren fm-Anteilen am Anfang und Ende.

3 Abschließende Bemerkungen

Um das Risiko von Fehlbestimmungen zu minimieren, wurden die Kriterien für die Wertung von akustischen Nachweisen der einzelnen Arten in diesem Leitfaden relativ konservativ formuliert. Er soll aber auch Personen mit wenigen Erfahrungen in der Bestimmung von Fledermausrufen helfen, sich in das Thema einzuarbeiten und verlässliche Analyseergebnisse zu erzielen. Generell sollte man bei bestehender Unsicherheit in der Rufbestimmung das Analyseergebnis eher auf einem höheren Gruppenniveau belassen. Eine gute Kenntnis der Biologie und Verbreitung der Arten hilft bei der Rufbestimmung. So lassen sich beispielsweise bestimmte Artvorkommen in manchen Regionen Bayerns aufgrund ihrer Verbreitung oder einer unpassenden Lebensraumausstattung mit hoher Sicherheit ausschließen. Jedoch zeigen die Beispiele der in Ausbreitung befindlichen Weißbrand- und Alpenfledermaus, dass solche Ausschlussverfahren mit Bedacht anzuwenden sind.

4 Literatur

Barataud, M. (1996). The inaudible world & The World of Bats: acoustic identification of French Bats. 2 CDs + booklet 47p. Sittelle publisher, Mens (France)

Barataud, M. (2015). Acoustic ecology of European bats. Species Identification and Studies of Their Habitats and Foraging Behaviour. Biotope Editions, Mèze; National Museum of Natural History, Paris. ISBN 978-2-36662-144-0

ecoObs (2020). Batident-Handbuch. <http://www.batident.eu/Manual-batIdent.pdf>

Frühstück, K. (2005). Quartierökologie und Populationsdynamik der Kleinen Hufeisennase (*Rhinolophus hipposideros*) im Sommer. Diplomarbeit am Institut für Zoologie, Karl-Franzens-Univ., Graz

Gannon, W. L., O'Farrell M. J., Corben, C. & Bedrick, E. J. (2004). Call character lexicon and analysis of field recorded bat echolocation calls. Pp. 478–484, in Echolocation in bats and dolphins (J. Thomas, C. Moss, and M. Vater, eds.). University of Chicago Press, Chicago, IL. 604 pp.

Hammer, M., Zahn, A. und Marckmann, U. (2009): Kriterien für die Wertung von Artnachweisen basierend auf Lautaufnahmen. Version 1 – Oktober 2009. Koordinationsstellen für Fledermausschutz in Bayern

Jakobsen, L. & Surlykke, A. (2010). Vespertilionid bats control the width of their biosonar sound beam dynamically during prey pursuit. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 107, 13930–13935. DOI: 10.1073/pnas.1006630107

Kopsinis, Y., Aboutanios, E., Waters, D. A. & McLaughlin, S. (2010). Time-frequency and advanced frequency estimation techniques for the investigation of bat echolocation calls. J. Acoust. Soc. Am. 127 (2), 1124–1134. DOI: 10.1121/1.3283017

Middleton, N., Froud, A. & French, K. (2014). Social Calls of Bats of Britain and Ireland. Exeter: Pelagic Publishing

Nardone, V. A. L. & Russo, D. (2017). A flexible communicator: Social repertoire of Savi's pipistrelle, *Hypsugo savii*. Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy 28(1), 68–72. DOI:10.4404/hystrix-28.1-11825

Pfalzer, G. & Kusch, J. (2003). Structure and variability of bat social calls: implications for specificity and individual recognition. *J. Zool. Lond.* 261, 21–33.

Pfalzer, G. (2002). Inter- und Intraspezifische Variabilität der Soziallaute heimischer Fledermausarten (Chiroptera: Vespertilionidae). Dissertation Universität Kaiserslautern. 251 S.

Runkel, V. & Gerding, G. (2016). Akustische Erfassung, Bestimmung und Bewertung von Fledermausaktivität. Verlagshaus Monsenstein und Vannerdat OHG, Münster

Schnitzler, H.-U. & Kalko E. K. V. (1998). How echolocating bats search and find food. Pages 183–196 in Kunz TH, Racey PA, eds. *Bat Biology and Conservation*. Washington (DC): Smithsonian Institution Press.

Seibert, A.-M., Koblitz, J. C., Denzinger, A. & Schnitzler, H.-U. (2015). Bidirectional Echolocation in the Bat *Barbastella barbastellus*: Different Signals of Low Source Level are emitted upward through the Nose and downward through the Mouth. *Plos One* 10(9): e0135590.doi:10.1371/journal.pone.0135590

Skiba, R. (2009). Europäische Fledermäuse. Kennzeichen, Echoortung und Detektoranwendung. Wolf, VerlagsKG.

Wimmer, B. & Kugelschafter, K. (2017). Akustische Erfassung von Fledermäusen in unterirdischen Quartieren. GRIN Verlag, München. <https://www.grin.com/document/500418>

5 Anhang

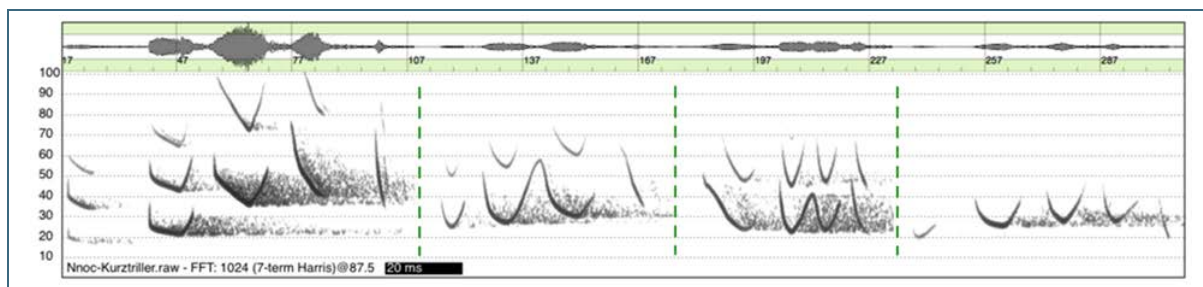


Abb. 85: Verschiedene Kurztriller des Großen Abendseglers

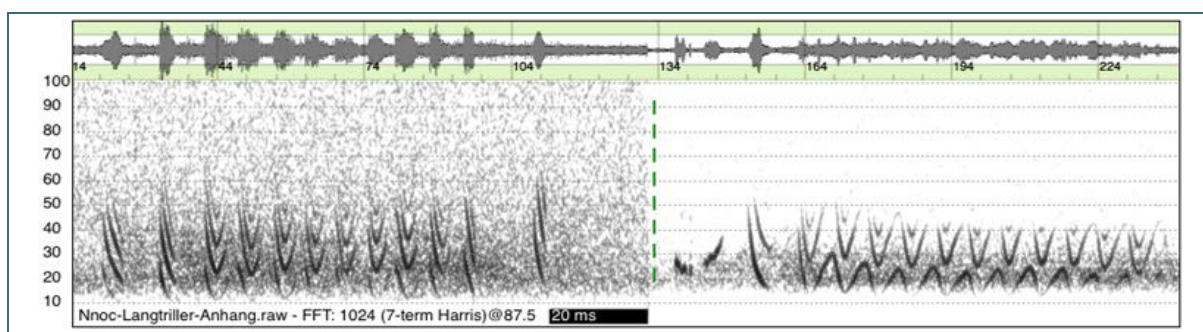


Abb. 86: Verschiedene Langtriller des Großen Abendseglers

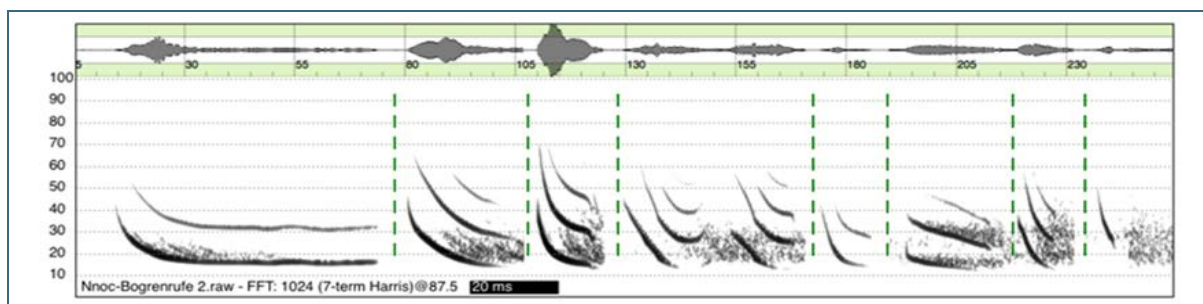


Abb. 87: Verschiedene Langtriller des Großen Abendseglers

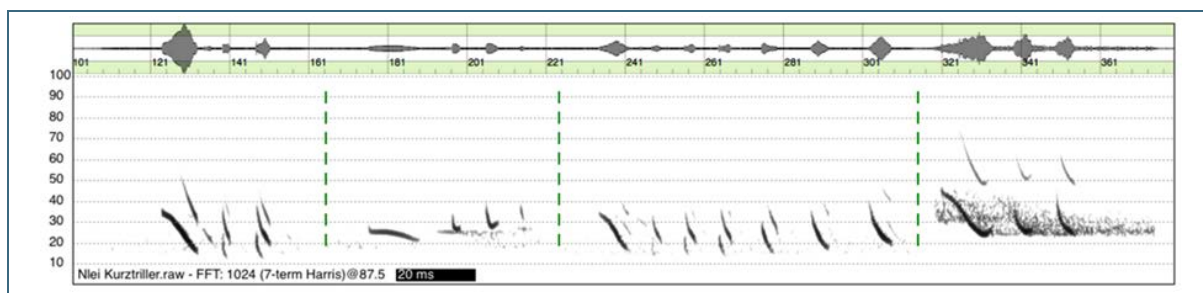


Abb. 88: Verschiedene Kurztriller des Kleinabendseglers

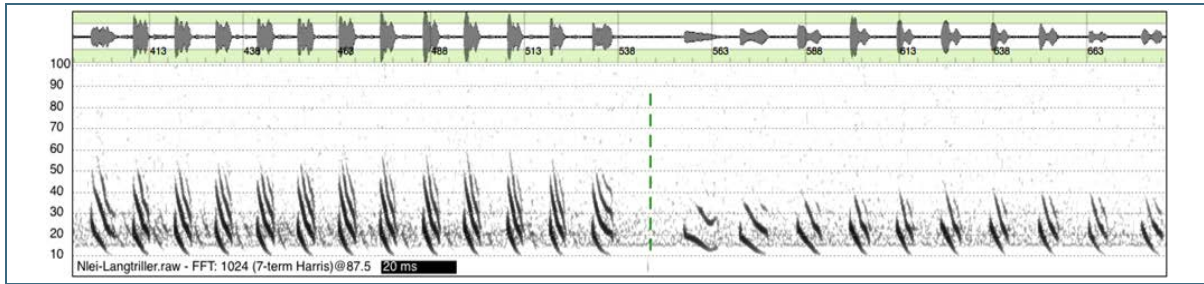


Abb. 89: Verschiedene Langtriller des Kleinabendseglers

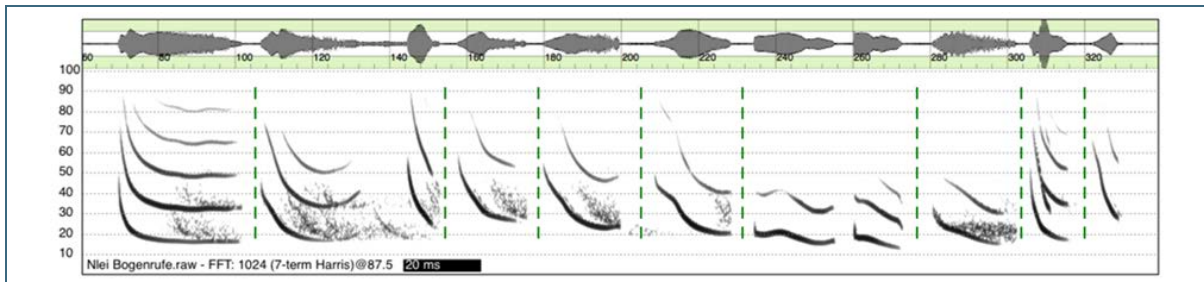


Abb. 90: Verschiedene „ortungsrufähnliche“ bis „bogenförmige“ Sozialrufe des Kleinabendseglers

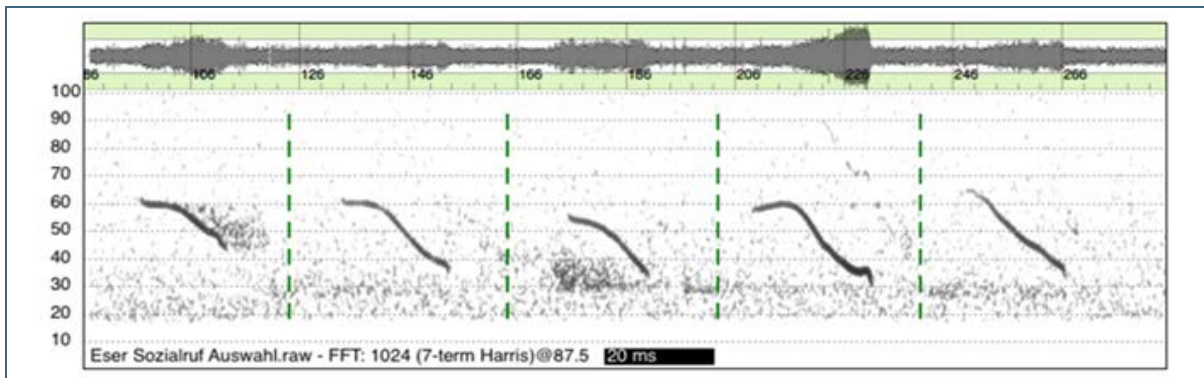


Abb. 91: Sozialrufe der Breitflügelfledermaus, ähnlich den Krückstock-Rufen der Wasserfledermaus

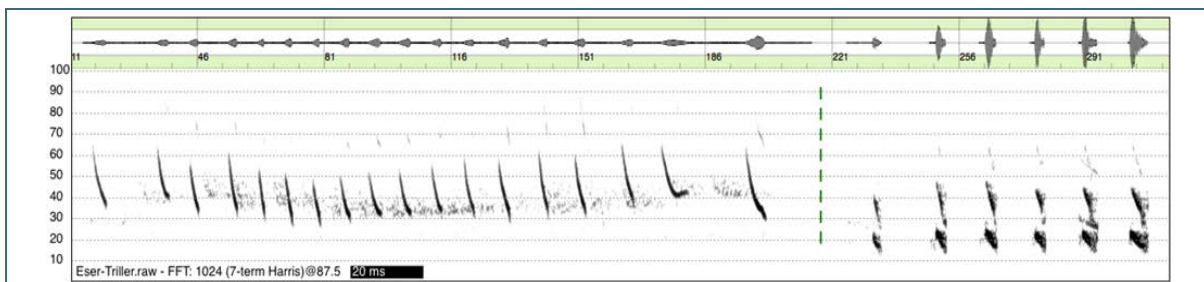


Abb. 92: Verschiedene Triller der Breitflügelfledermaus im Habitat und am Quartier

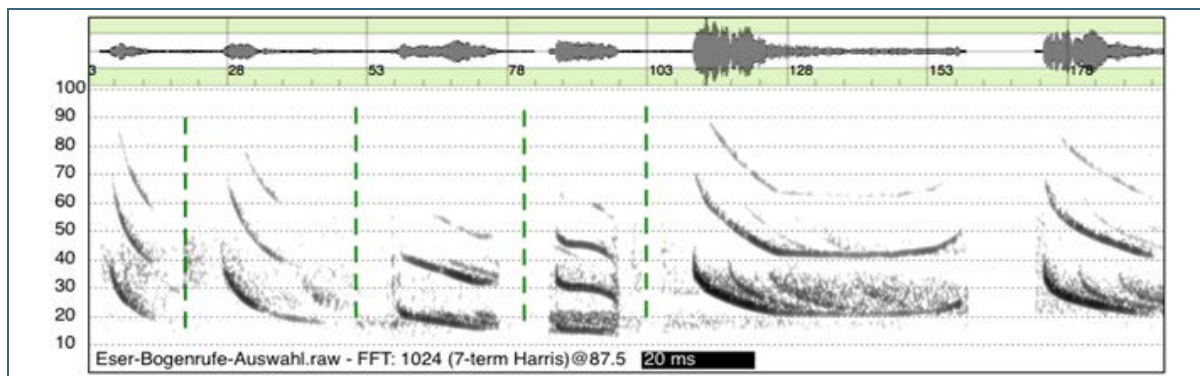


Abb. 93: Verschiedene „ortungsrufähnliche“ bis „bogenförmige“ Sozialrufe der Breitflügelfledermaus sowie ein Doppelruf im/am Quartier

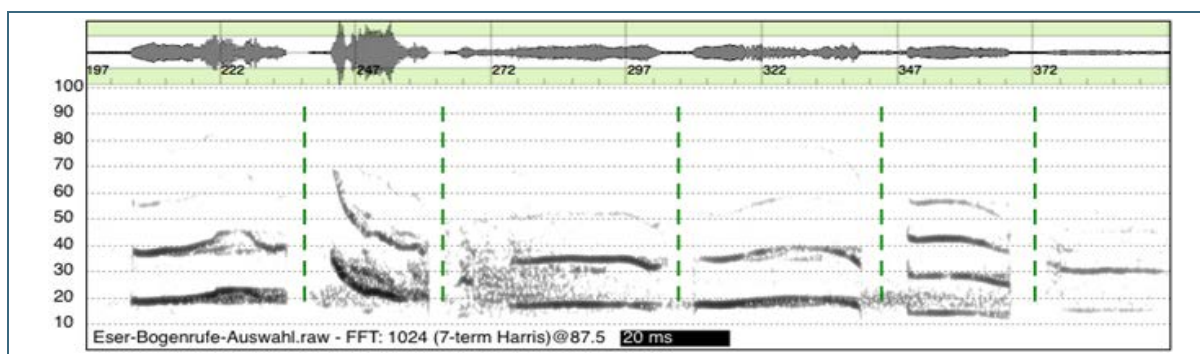


Abb. 94: Verschiedene multiharmonische qcf-Rufe bzw. wellige Rufe der Breitflügelfledermaus im/am Quartier

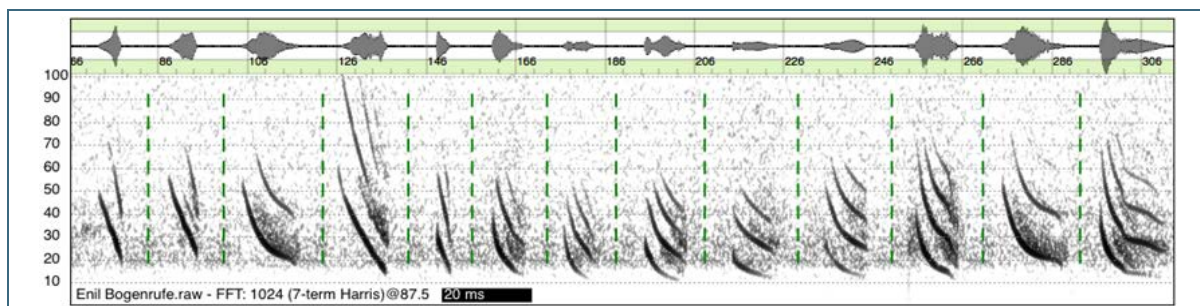


Abb. 95: Verschiedene „ortungsrufähnliche“ bis „bogenförmige“ Sozialrufe der Nordfledermaus im Jagdhabitat

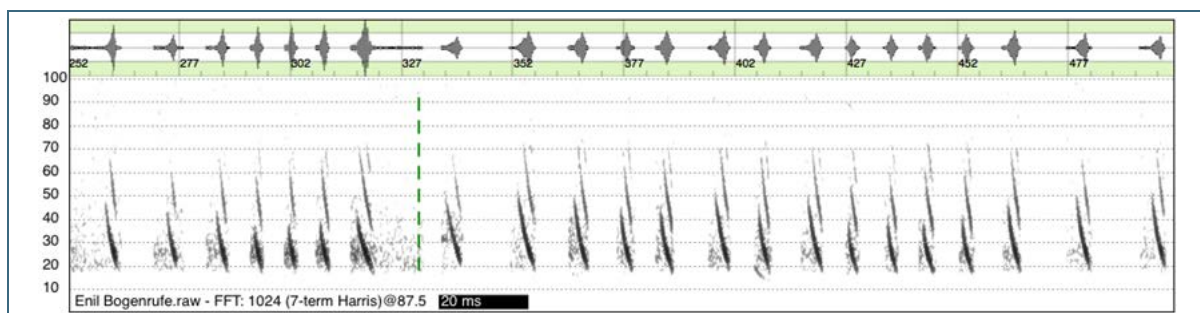


Abb. 96: Verschiedene Triller der Nordfledermaus (im Flug ausgestoßen)

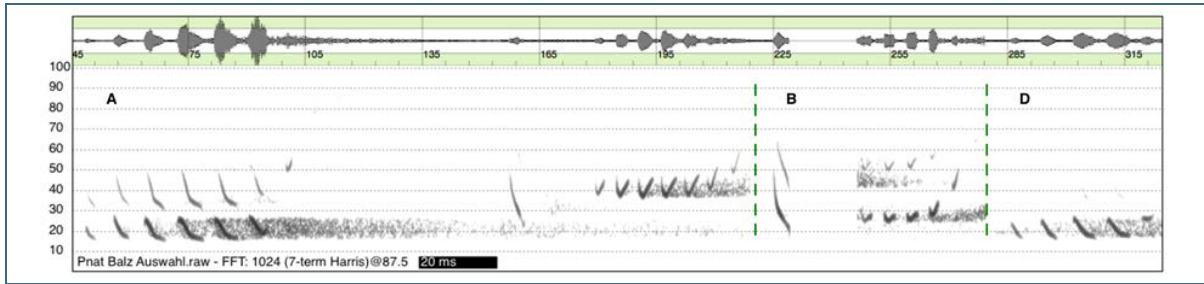


Abb. 97: Mehrteilige Balztriller der Rauhauffledermaus; manchmal werden nur Teile des Rufkomplexes geäußert (B und C).

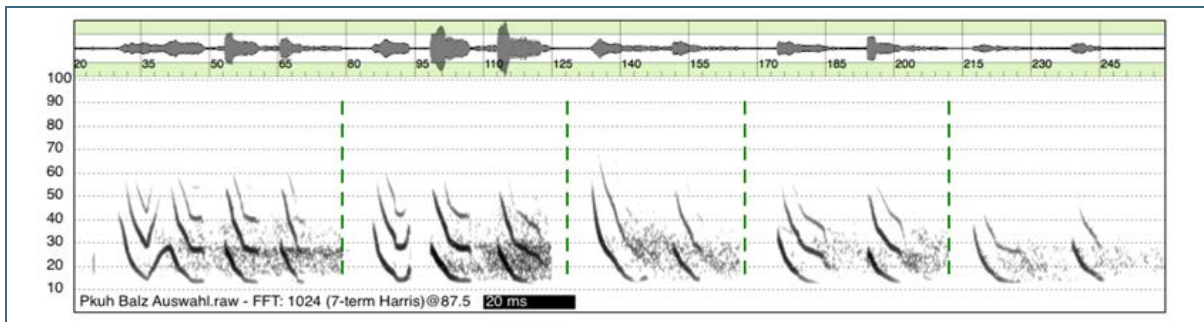


Abb. 98: Verschiedene Balztriller der Weißrandfledermaus

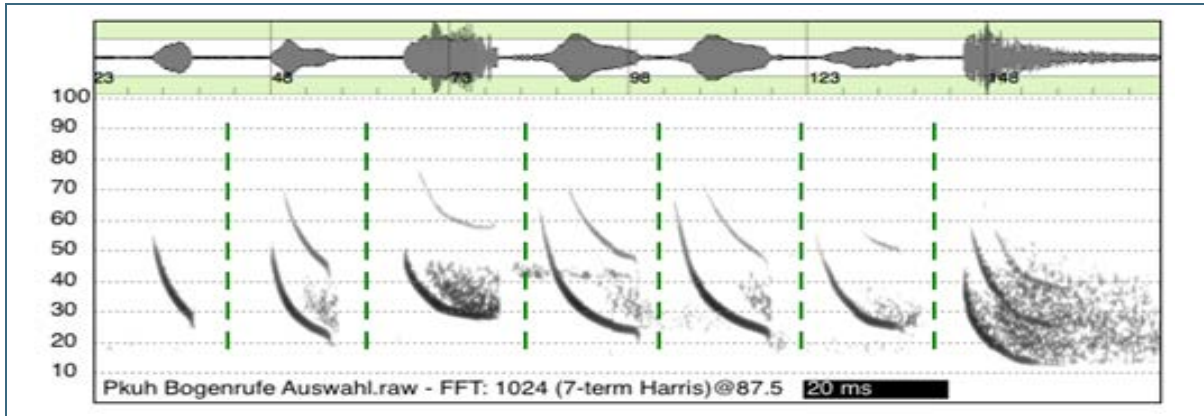


Abb. 99: Verschiedene Bogenrufe der Weißrandfledermaus im Jagdhabitat

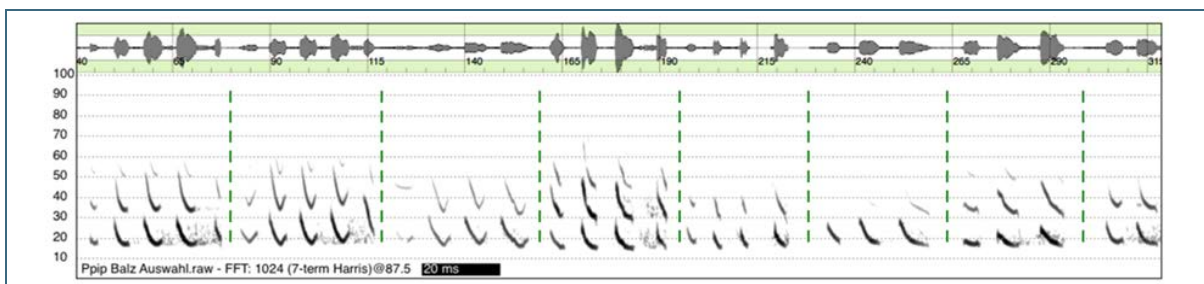


Abb. 100: Verschiedene Balztriller der Zwergfledermaus

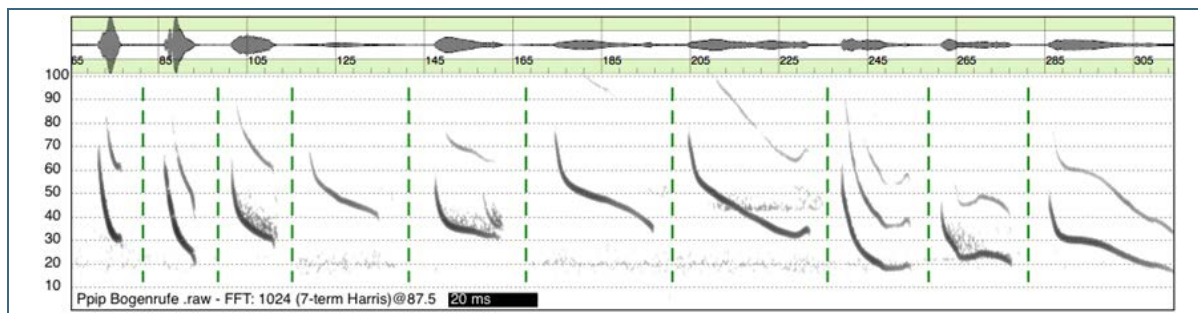


Abb. 101: Verschiedene Bogenrufe der Zwergfledermaus

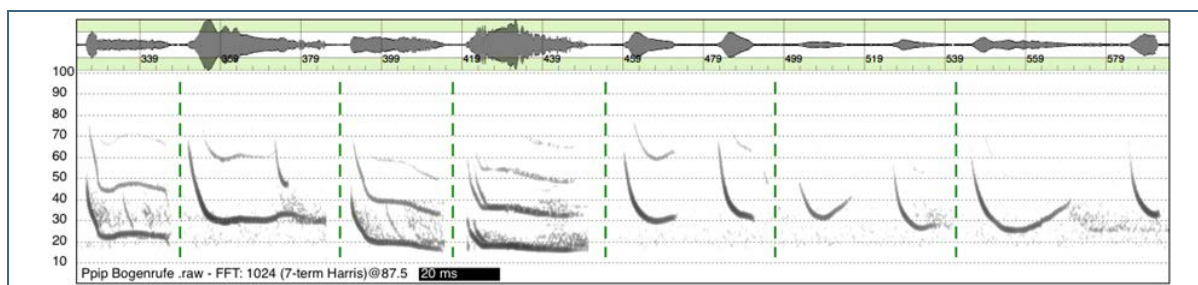


Abb. 102: Verschiedene Bogenrufe der Zwergfledermaus (die letzten drei sind Doppelrufe)

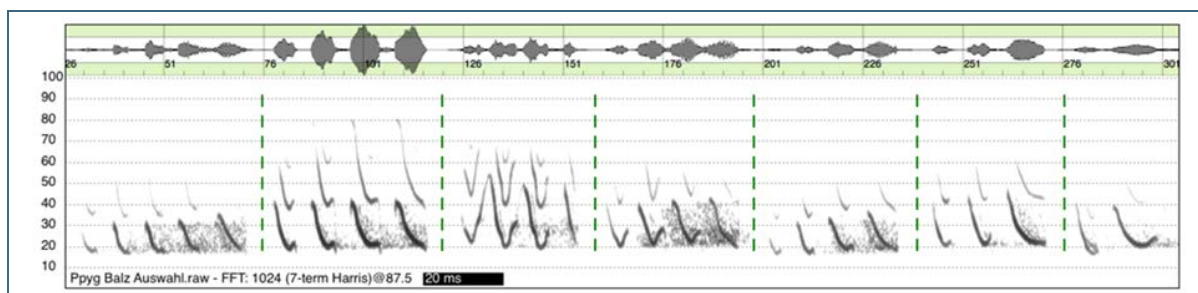


Abb. 103: Verschiedene Balztriller der Mückenfledermaus

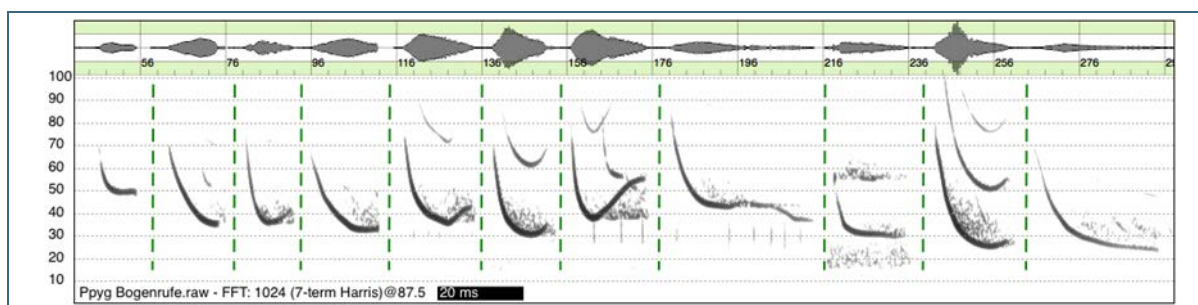


Abb. 104: Verschiedene Bogenrufe der Mückenfledermaus

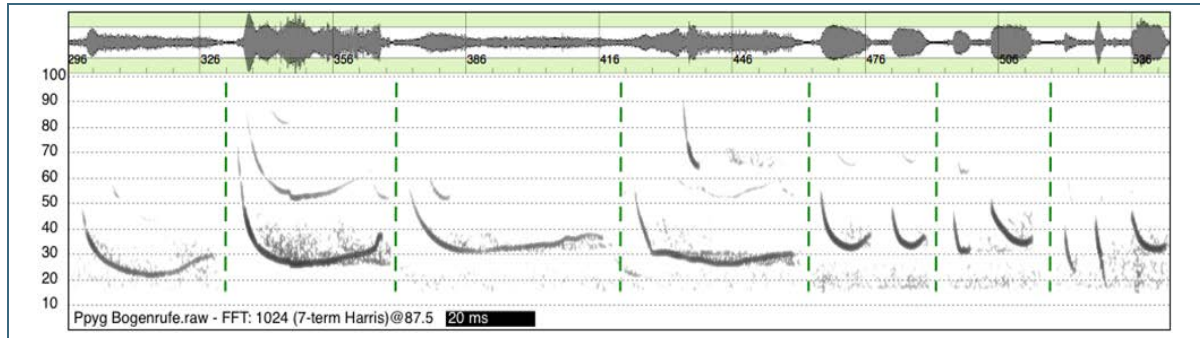


Abb. 105: Verschiedene Bogenrufe der Mückenfledermaus (die letzten drei sind Doppelrufe)

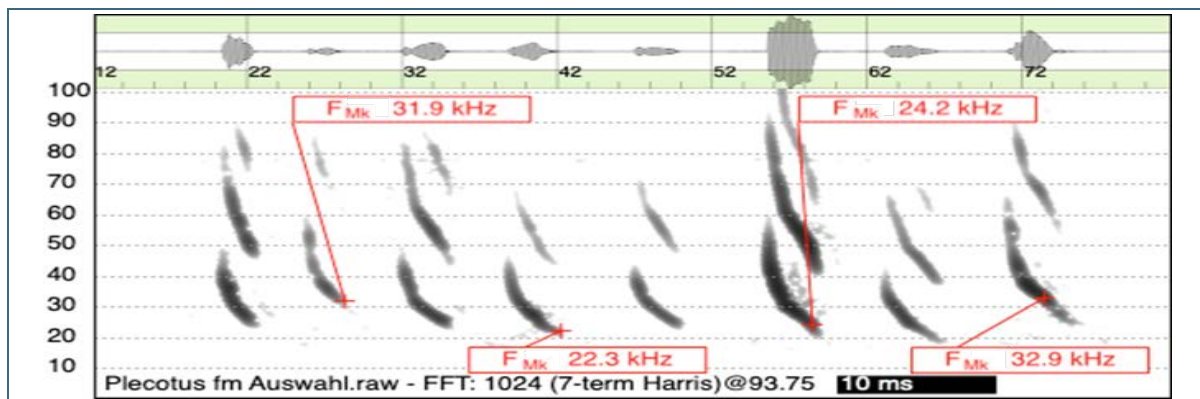


Abb. 106: Auswahl unterschiedlicher kurzer Rufe von Braunen/Grauen Langohren (< 4 ms); Überlappung des FFT-Fensters 93,75 % (vgl. Abb. 73: FFT-Fenster 96,875 %).

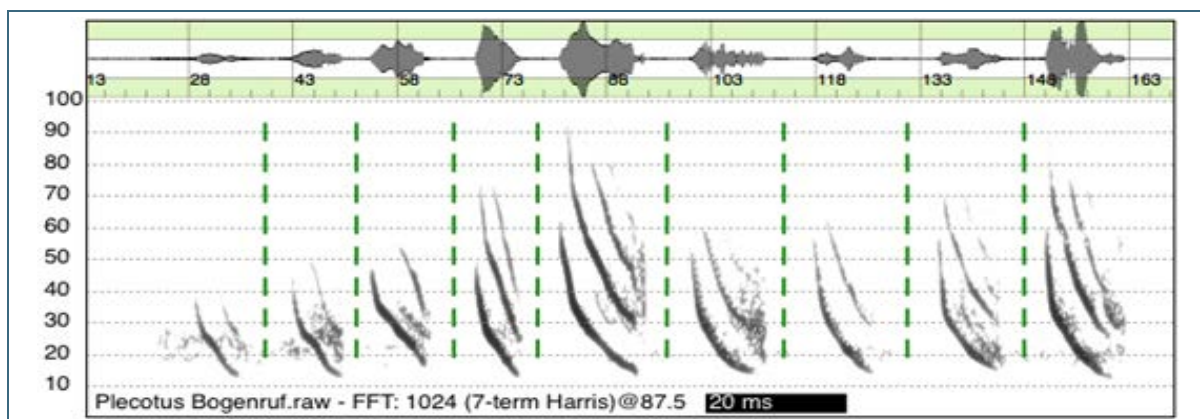


Abb. 107: Verschiedene Balz-/ Bogenrufe der Langohren

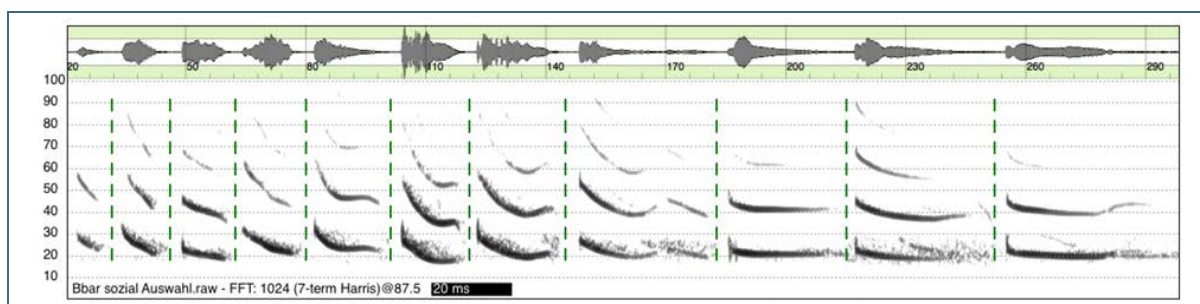


Abb. 108: Verschiedene Sozialrufe der Mopsfledermaus; kürzere Rufe sind meist fm-Laute, während längere als Bogenrufe oder qcf-Rufe ausgeprägt sein können.



Eine Behörde im Geschäftsbereich
Bayerisches Staatsministerium für
Umwelt und Verbraucherschutz

