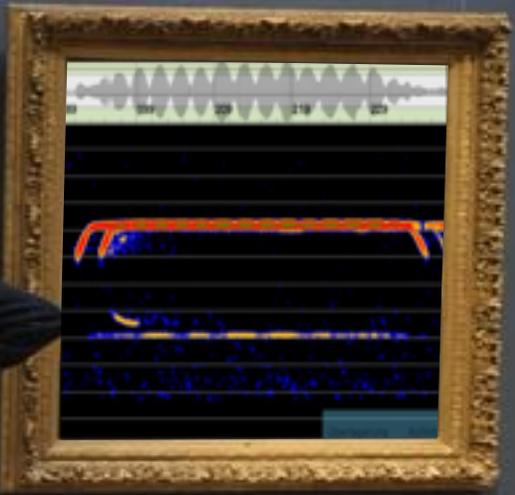
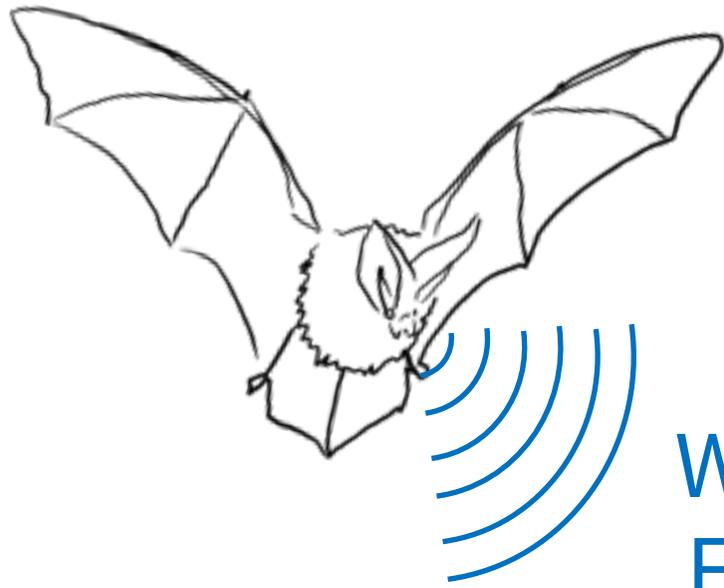


Vm

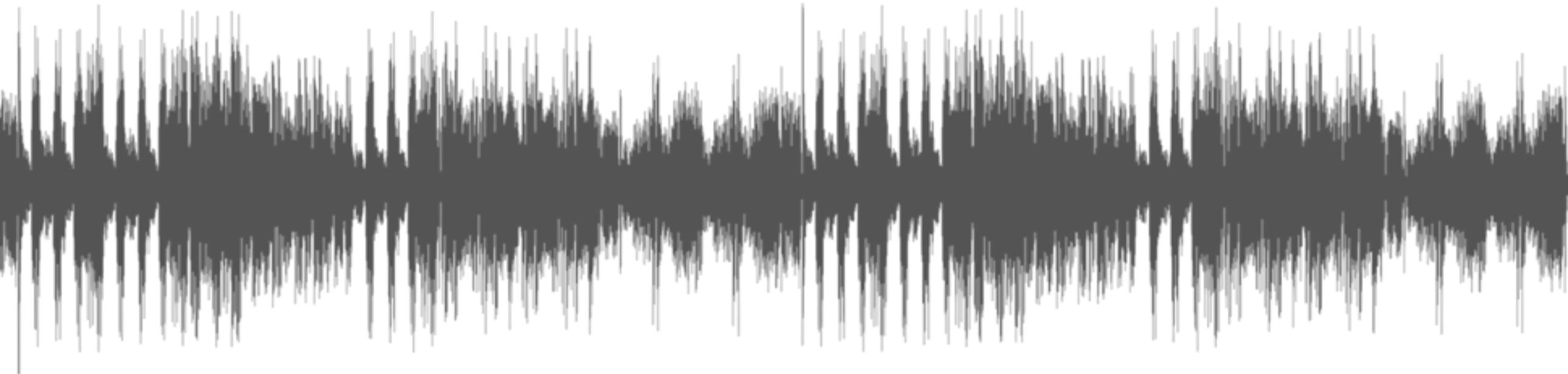


Rfer

*Das 1x1 der akustischen
Fledermausbestimmung*



Warum ist die Bestimmung von Fledermausarten anhand ihrer Echoortungsrufe so schwierig?



Bats are not Birds* – Echolocation is not a Bird Song



Vogelgesang: Anlocken des Brutpartners und Absteckung des Reviers, daher unbedingt artspezifisch.

Echoortung der Fledermäuse: Orientierung im Raum und Nahrungserwerb. Daher **primär** keine Notwendigkeit für Artspezifität.

Es können trotzdem Informationen in Ortungsrufen entstanden sein, die Informationen über den Sender enthalten:

Beispiele: Identität und Geschlecht (Sackflügel-Fledermaus, Harem) und Mutter-Kind-Erkennung (mex. Bulldoggfledm.).

& Ortungsrufe können weitere Informationen u./o. Infos über die Intention des Individuums übermitteln:

Beispiele: Infos über Nahrungsgebiete - Eavesdropping (Belauschen); Beute (Nachtfalter) hört den Räuber (Fledermaus).

Kommunikation ist Informationstransfer, gewollt oder ungewollt, zielgerichtet oder nicht!

* Barclay R.M. (1999). Bats are not birds — a cautionary note on using echolocation calls to identify bats: a comment. *J. Mammal.* 80: 290–296. <https://doi.org/10.2307/1383229>
 Russo D., Ancillotto L. & G. Jones. Bats are still not birds in the digital era: echolocation call variation and why it matters for bat species identification. *Can J Zool.* 2018
 doi: 10.1139/cjz-2017-0089.

Jagdhabitate, Clutterness

clutter: engl. für Unordnung, Stördaten.
Clutterness hier sinngemäß: Echobelastung



Bild von [Gordon Johnson](#) auf [Pixabay](#);
verändert.

Die Fledermausgilden

Ökologische Gilde: Gruppe von Arten, die **(ungeachtet ihres Verwandtschaftsgrades)** in einem Lebensraum vergleichbare natürliche Ressourcen in ähnlicher Weise ausbeuten.

Ähnliche echoakustische Bedingungen im Jagdhabitat und ähnliche Jagdstrategien führten zu einem ähnlichen Design der Ultraschallrufe der im gleichen Habitat jagenden Fledermausarten, ungeachtet ihres Verwandtschaftsgrades.

Die Fledermausgilden

Gilde	Habitat	Jagdweise	Ortungsrufe	Artbeispiele
Open space arial foragers	uncluttered space	arial	weitreichend, schmalbandig, tieffrequent und lang (cf bis qcf)	Großer Abendsegler
Edge space arial foragers	background-cluttered space	arial	Abstand zum Hintergrund mehrere Meter: Bandbreite mittel (fm-qcf)	Zwergfledermaus
			Abstand zum Hintergrund näher: hohe Bandbreite (fm)	Brandtfledermaus
Edge space trawling foragers	background-cluttered space	trawling (gleaning from water surface)	fm-Rufe mittlerer Bandbreite	Wasserfledermaus
Narrow space gleaning foragers	highly cluttered space	active gleaning	fm-Rufe hoher Bandbreite	Fransenfledermaus
		passive gleaning	fm-Rufe mittlerer bis hoher Bandbreite	Großes Mausohr, Bechsteinfledermaus
			spezielle fm-Rufe	Braunes Langohr
Narrow space flutter detecting foragers	highly cluttered space	arial	fm-cf-fm Rufe	Große u. Kleine Hufeisennase

Empfohlener Lesestoff:

Schnitzler, H.-U., Moss, C. F. & A. Denzinger (2003). From spatial orientation to food acquisition in echolocating bats. *TREE* 18 (8), 386-394. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(03\)00185-X](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(03)00185-X)

Schnitzler, H.-U. & E. K. V. Kalko (2001). Echolocation by Insect-Eating bats. *BioScience* 51(7), 557-569. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2001\)051\[0557:EBIEB\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2001)051[0557:EBIEB]2.0.CO;2)

Denzinger, A. & H.-U. Schnitzler (2013). Bat guilds, a concept to classify the highly diverse foraging and echolocation behaviors of microchiropteran bats. *Frontiers in Physiology* 4 (164), 1-15. doi: 10.3389/fphys.2013.00164

Zwischenartliche Ähnlichkeit und innerartliche Variabilität

Arten der gleichen Gilde rufen ähnlich => hohe Überlappung der Rufparameter.

Beispiel: Myotis-Arten, Arten der Nycmi-Gruppe (*Nyctaloid* mittelgroß: Kleinabendsegler, Zweifarb- und Breitflügel-Fledermaus).

Aber auch *Open Space Foragers* müssen sich in einem „engeren“ und damit mehr echobelasteten Raum zurechtfinden und andersherum müssen sich *Narrow Space Foragers* auch im offeneren Luftraum orientieren können (z. B. auf ihrem Weg in die Jagdgebiete).

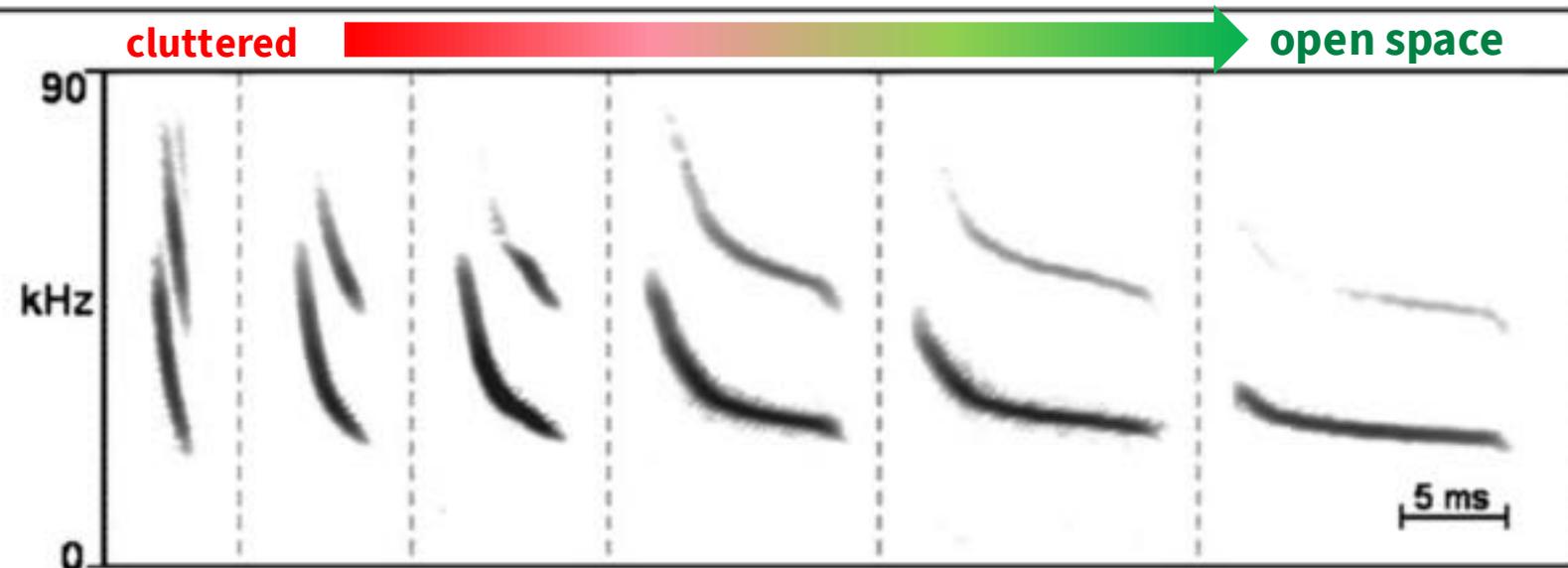
Individuen können ihre Rufe enorm an die jeweilige Situation anpassen.

Beispiel Zweifarbfledermaus:

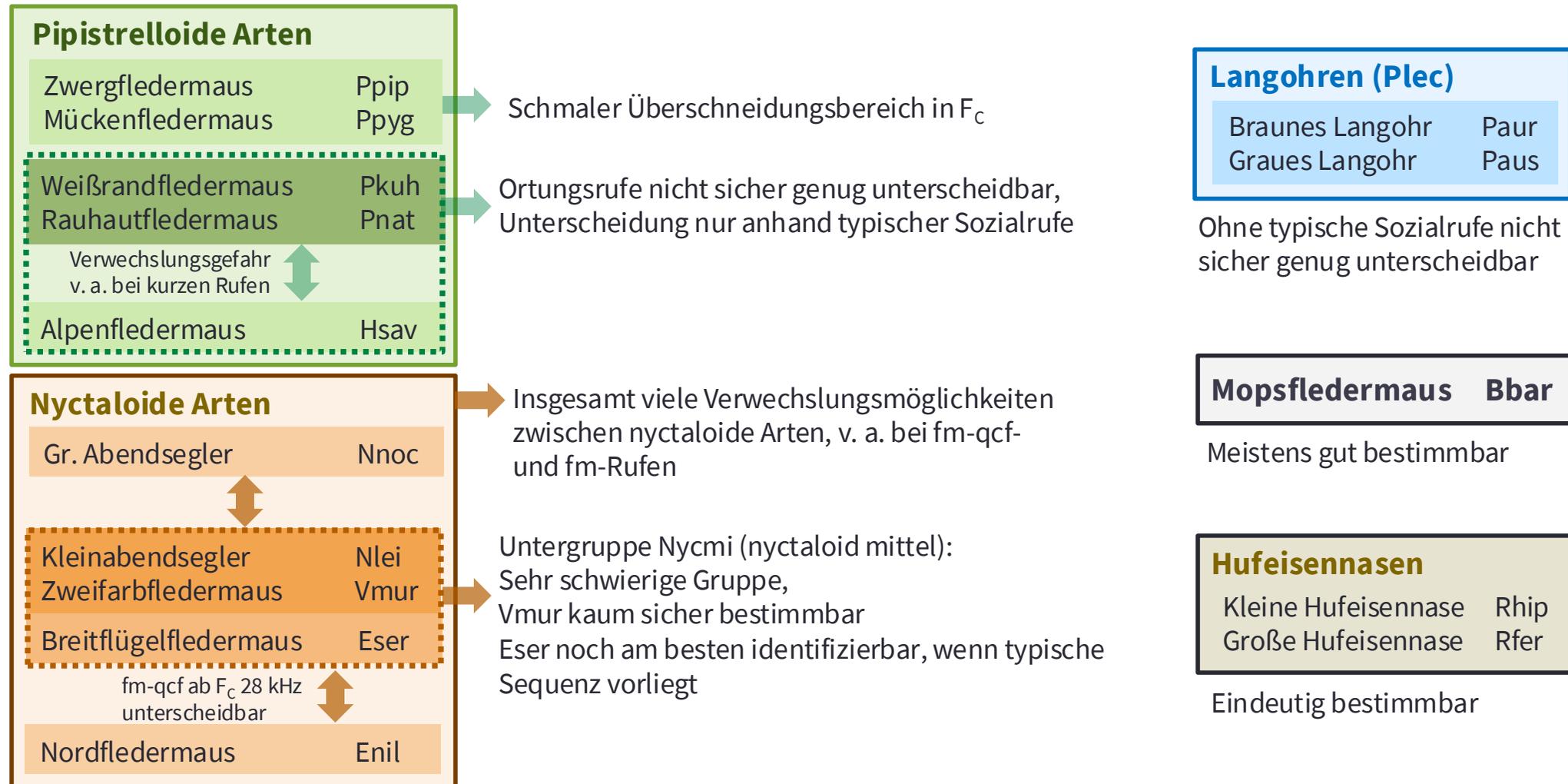
Schaub, A. & H.-U. Schnitzler (2007.) Echolocation behavior of the bat *Vespertilio murinus* reveals the border between the habitat types „edge“ and „open space“. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 61, 513-523. DOI 10.1007/s00265-006-0279-9.



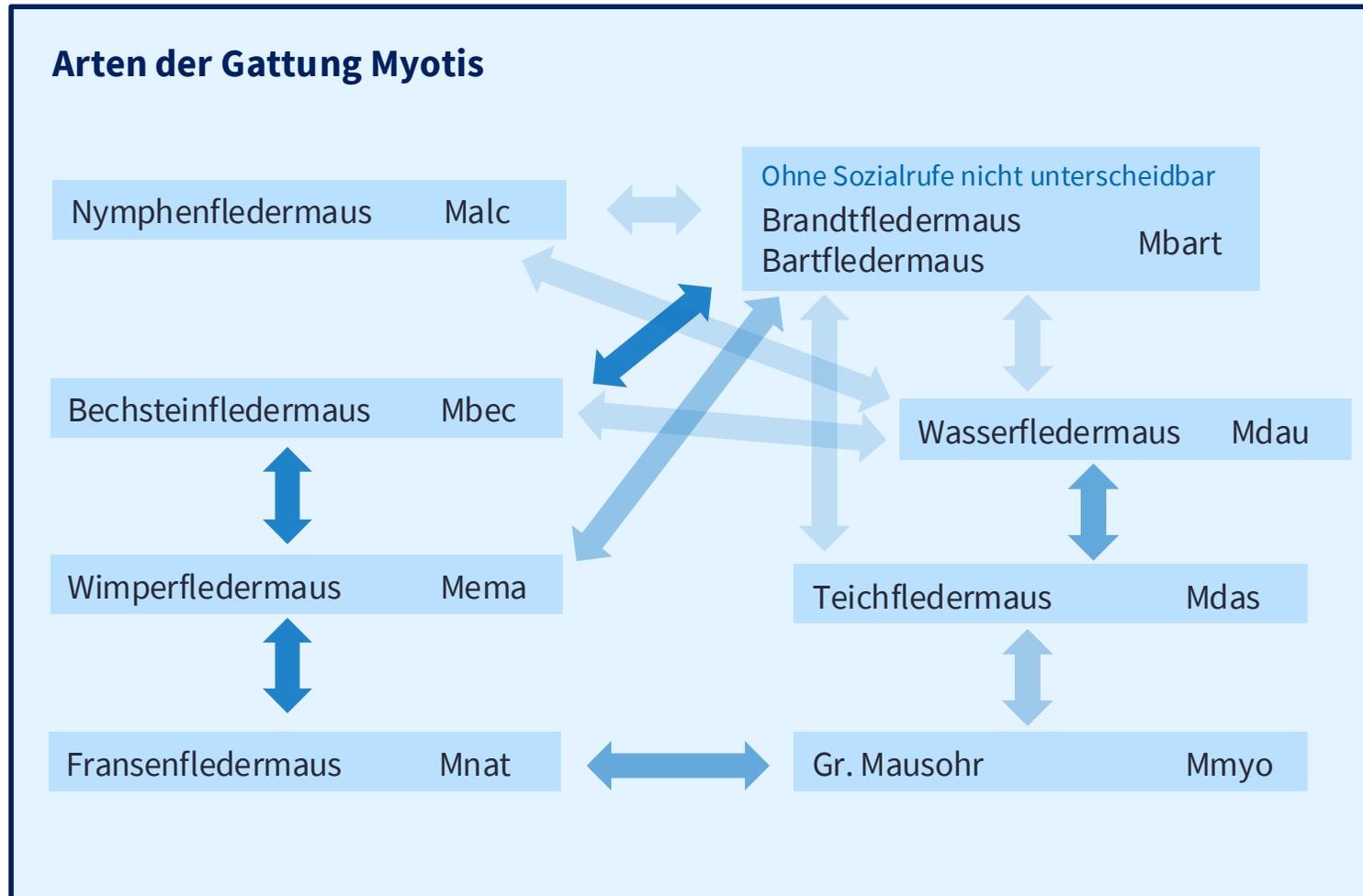
Fig. 1 Echolocation signal repertoire of *Vespertilio murinus*. The sonograms range from short, broadband, steep FM signals emitted close to the background in edge space (four leftmost signals) to narrowband, shallow FM signals emitted in open space (two rightmost signals)



Ähnliche Arten und schwierige Gruppen, Verwechslungsmöglichkeiten



Ähnliche Arten und schwierige Gruppen, Verwechslungsmöglichkeiten



Vielfältige Verwechslungsmöglichkeiten zwischen den Ortungsrufen,

Wichtige Parameter sind F_{start} , F_{Mk}

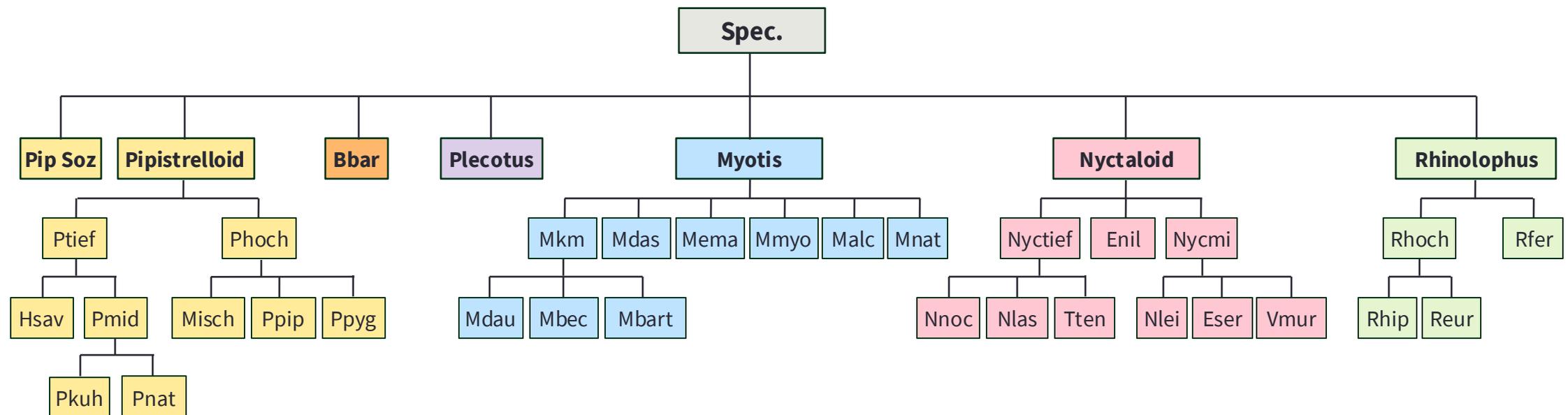
Form der Rufe meistens hilfreich

Sozialrufe können bei Bestimmung helfen, jedoch gibt es auch zwischen ihnen hohe Überschneidungen

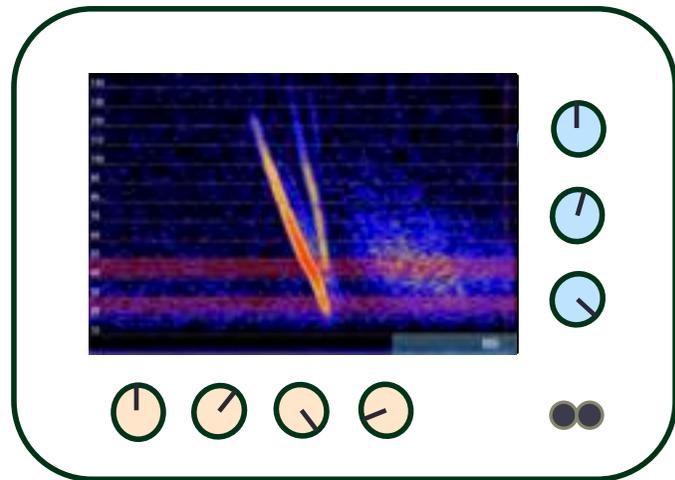
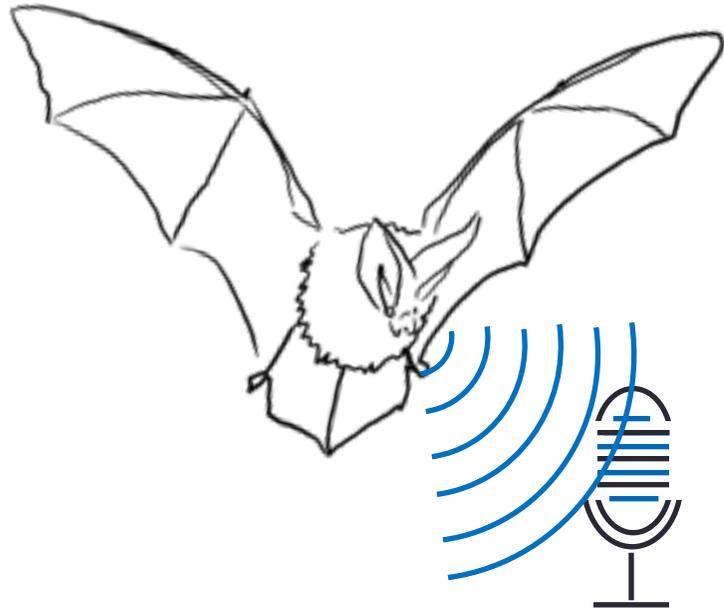
Bestimmungsbaum, Analyseschritte von batIdent (ecoObs GmbH)

Der Bestimmungsbaum des Rufanalyseprogramms der Fa. ecoObs GmbH (Nürnberg) visualisiert die einzelnen Bestimmungsschritte und die zugehörigen Arten bzw. Artengruppen.

Dieses hierarchische System ist aber auch hervorragend für die manuelle Rufbestimmung geeignet, um bei der Entscheidungsfindung strukturiert vorzugehen.

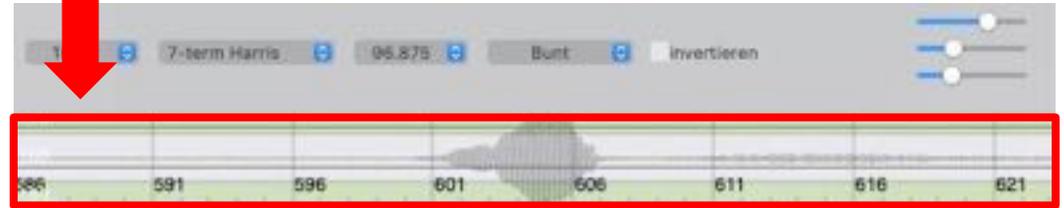


Wie kommen wir zum Sonagramm?



Oszillogramm:

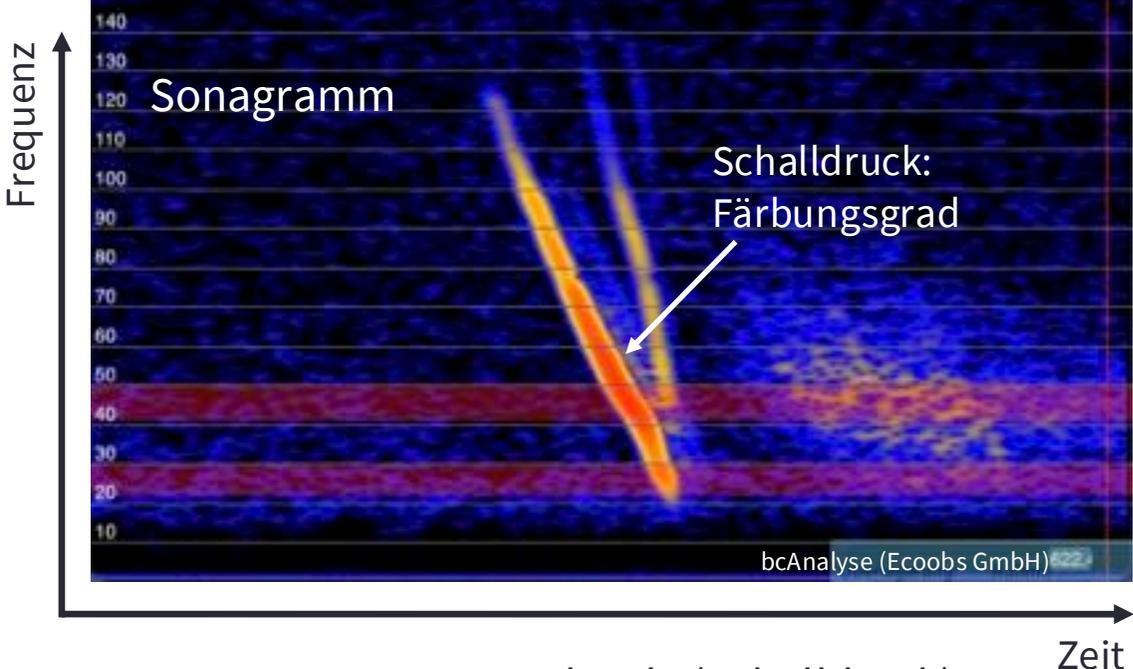
Darstellung der Amplitude (Schalldruck) als Funktion der Zeit



Frequenz

Sonagramm

Schalldruck:
Färbungsgrad



Sonagramm: Amplitude (Schalldruck) als Funktion von Frequenz und Zeit

Ein bisschen Physik und Signalverarbeitung...

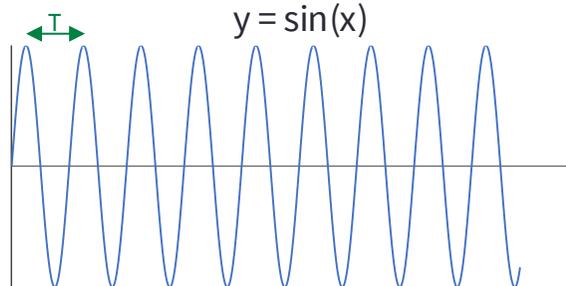


Schall: Ton vs. Klang

Ein Ton ist eine harmonische Schwingung mit nur einer Frequenz.

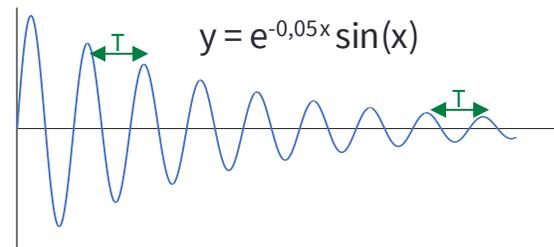
Ein Klang ist eine periodische Schwingung, die aus einer Grundfrequenz und mind. einem Oberton besteht. Für die Beschreibung benötigt es mehr als nur eine Sinusfunktion.

Periodendauer T konstant \Rightarrow F konstant



Harmonische Schwingung, ungedämpft, periodisch

Periodendauer T konstant \Rightarrow F konstant

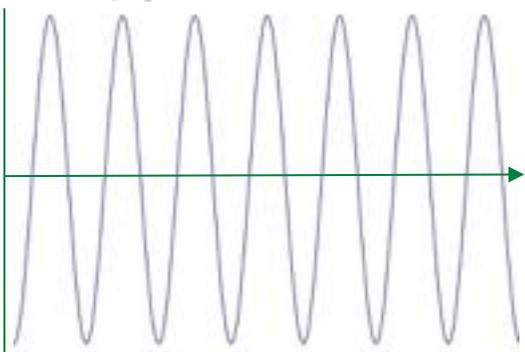


Harmonische Schwingung, gedämpft, periodisch

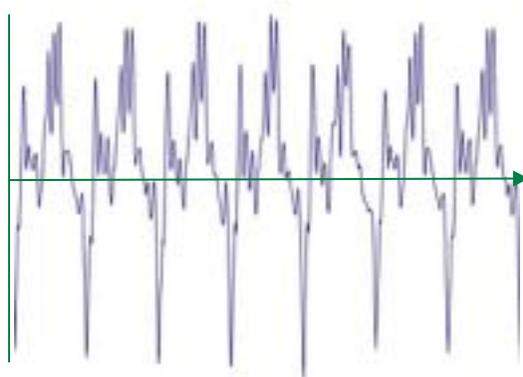
Ungedämpfte Schwingungen kommen in der Natur kaum vor, denn dies setzt einen Oszillator und eine Schwingung ohne jeglichen Reibungsverlust voraus. Sie kann es nur geben, wenn die verbrauchte Energie stetig nachgeführt wird.

Der Kammerton A (440 Hz) Verschiedene Klangfarben

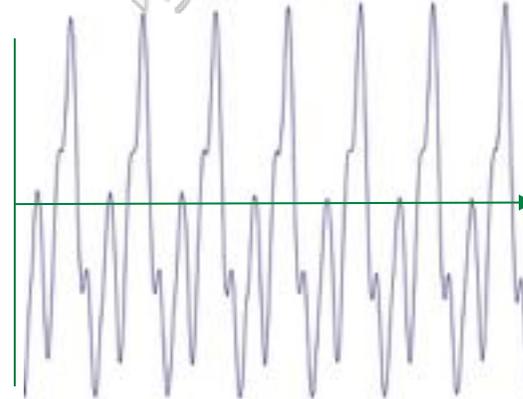
Ton 



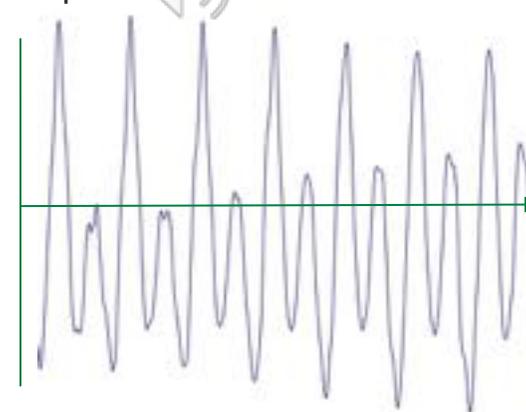
Diatonische Mundharmonika 



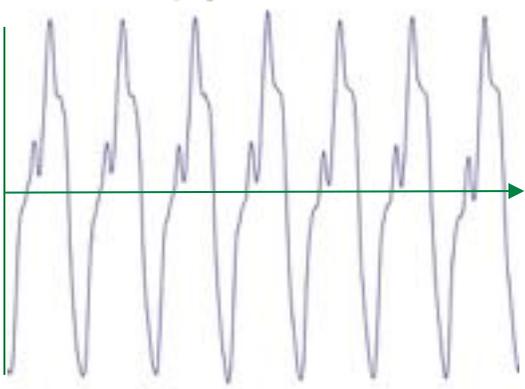
Flöte 



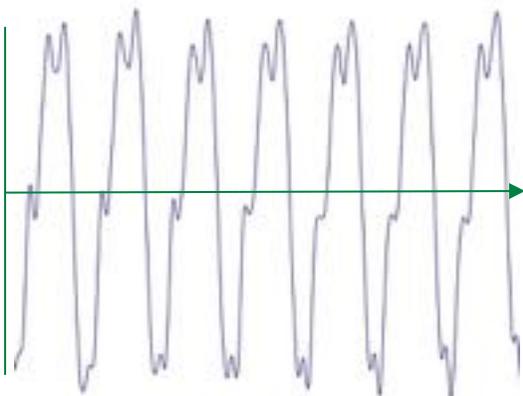
Sopran 



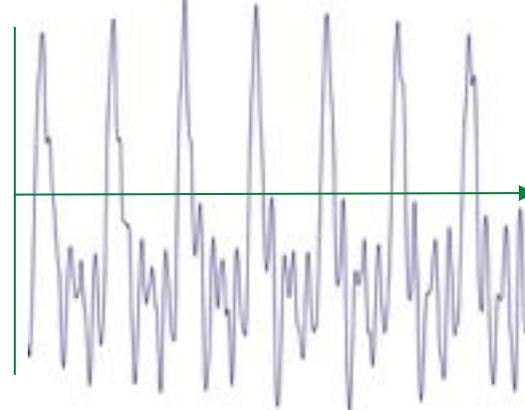
Gitarre 



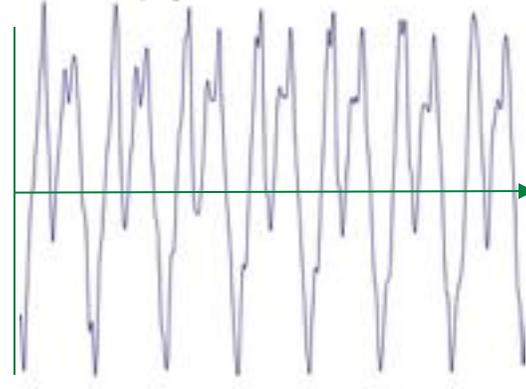
Klavier 



Violine 



Alle 



Klang: Grundfrequenz und Obertöne

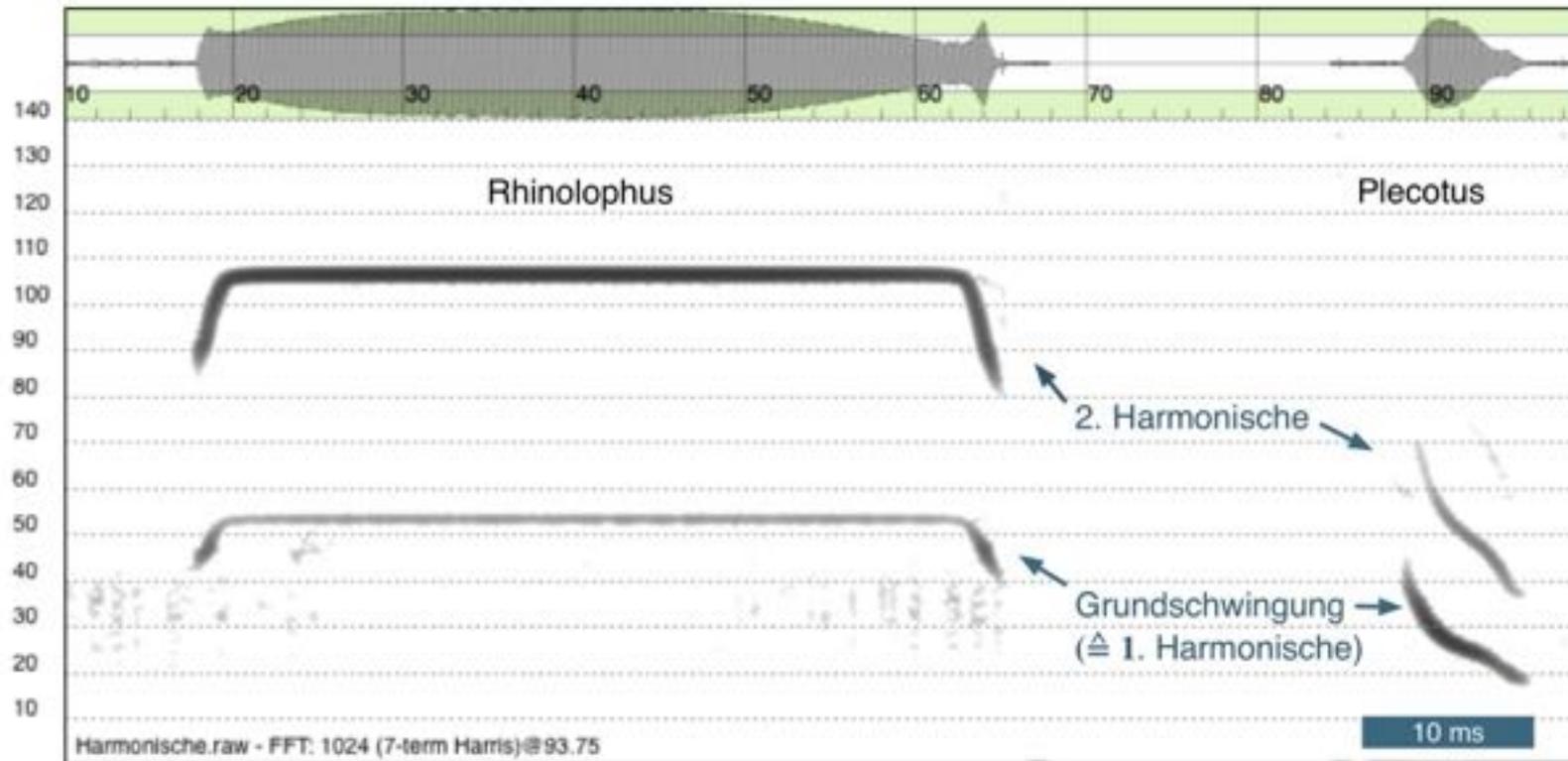
k. Oberton: $f_k = k \cdot f_0$ Hz ; mit $k = 1, 2, 3, \dots$

⋮

5. Harmonische	4. Oberton: $f_4 = 2.200$ Hz
4. Harmonische	3. Oberton: $f_3 = 1.760$ Hz
3. Harmonische	2. Oberton: $f_2 = 1.320$ Hz
2. Harmonische	1. Oberton: $f_1 = 880$ Hz
1. Harmonische	Grundton: $f_0 = 440$ Hz

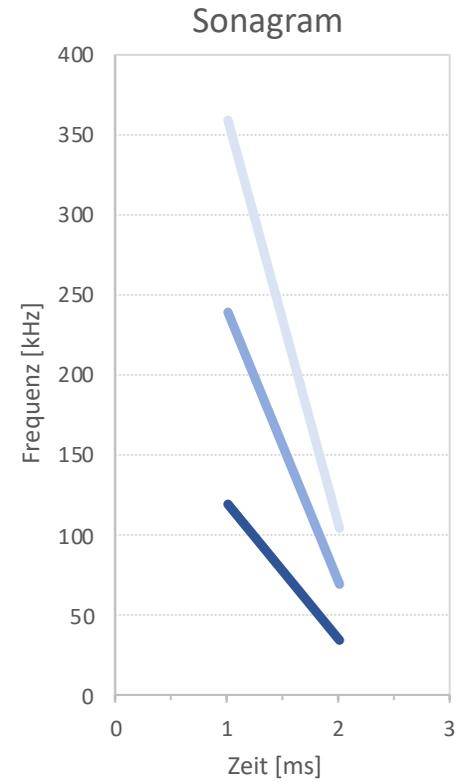
Der tiefste Sinuston entspricht dem vom Spieler des Instruments intendierten und vom Hörer wahrgenommenen Grundton. Die Mischung der Harmonischen Schwingungen bestimmt das Klangbild.

Harmonische bei Fledermausrufenen

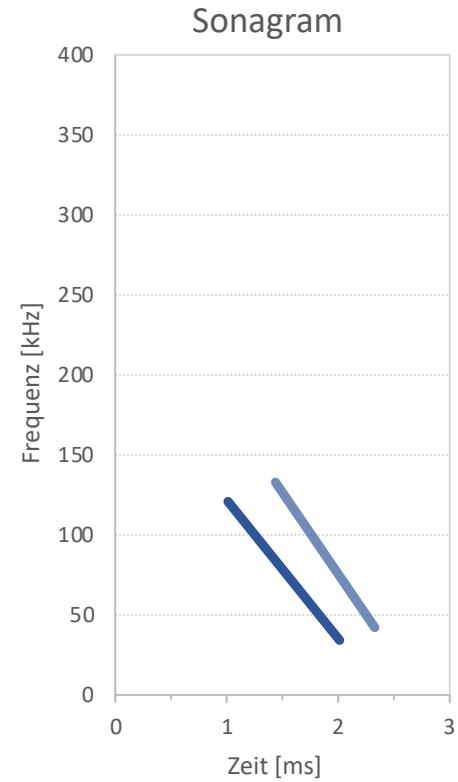


Marckmann, U. & B. Pfeiffer (2000). Bestimmung von Fledermausrufaufnahmen und Kriterien für die Wertung von akustischen Artnachweisen. Teil 1 – Gattungen *Nyctalus*, *Eptesicus*, *Vespertilio*, *Pipistrellus* (nyctaloide und pipistrelloide Arten), Mopsfledermaus, Langohrfledermäuse und Hufeisennasen Bayerns. Hrsg. Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg. Fledermausschutz in Bayern, Umwelt Spezial. *Nachfolgend verkürzt als LFU(2020) referenziert.*

Harmonische versus Echo

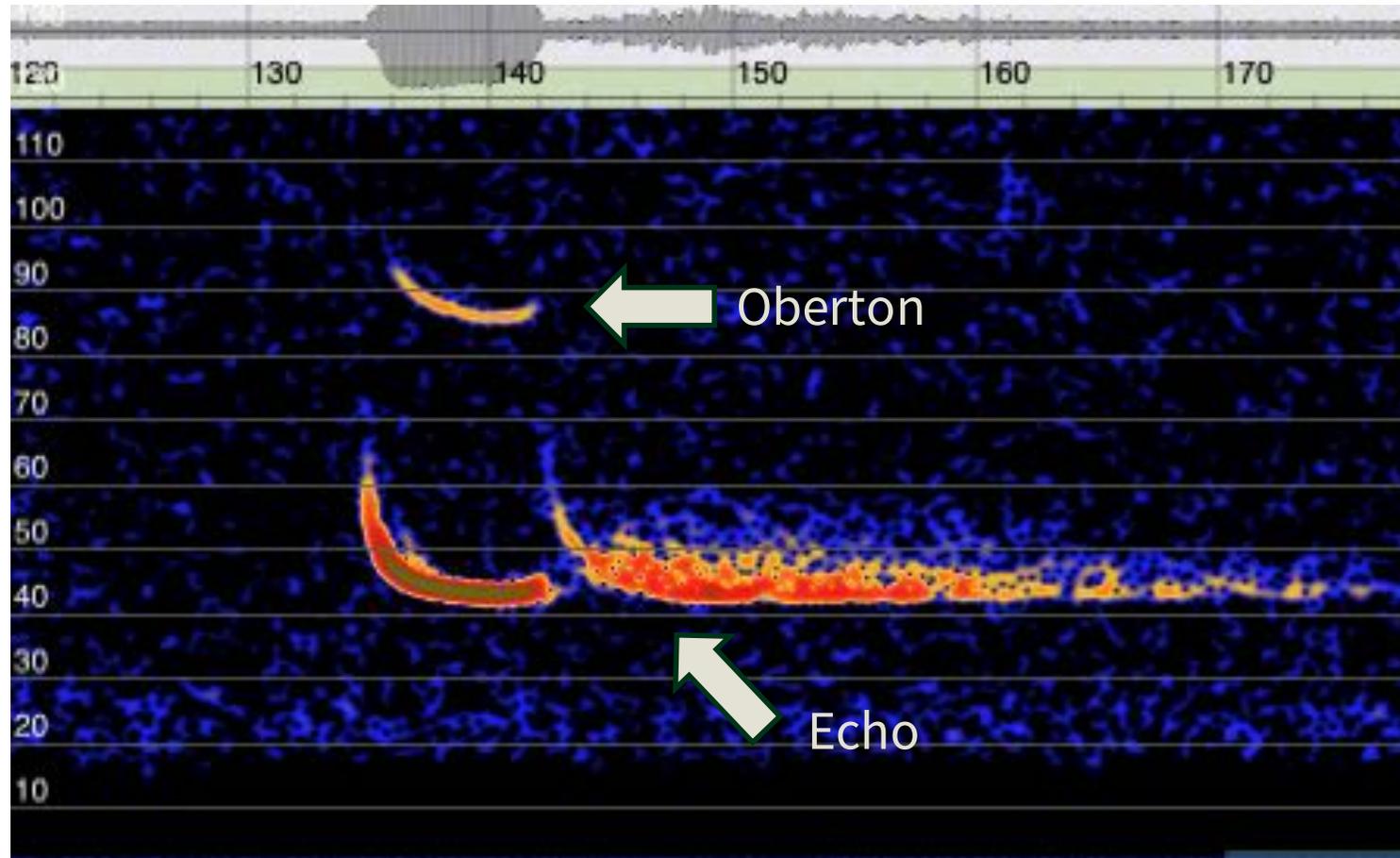


Harmonische

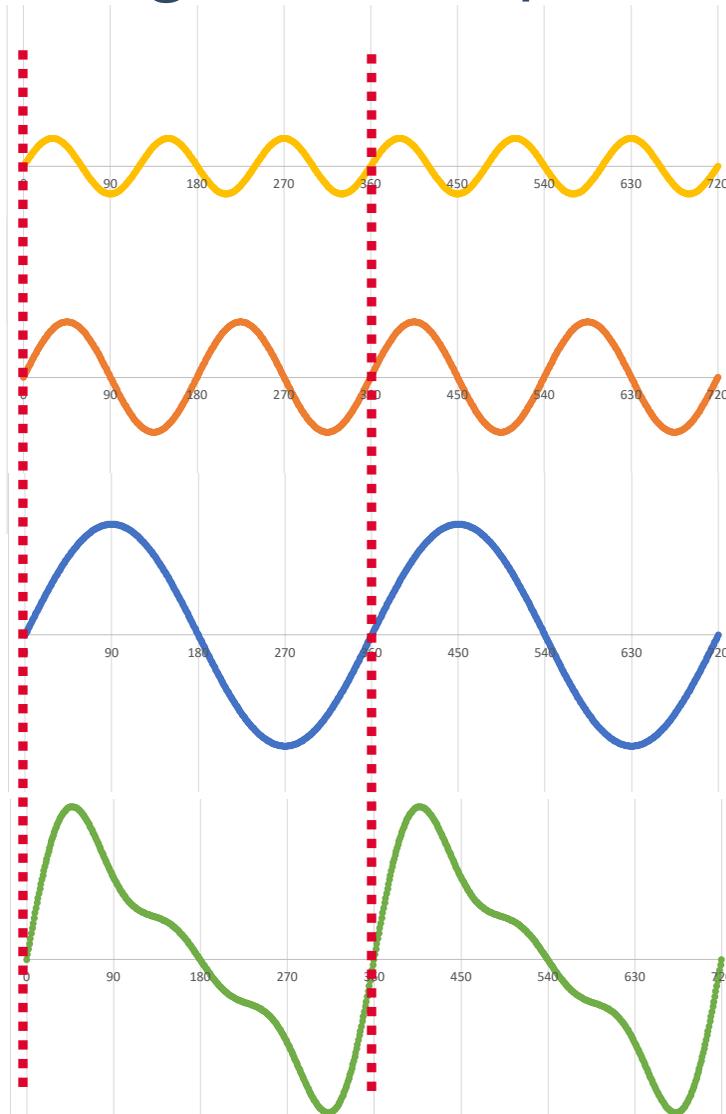


Echo

Ruf einer Zwergfledermaus mit 2. Harmonischen und Echo



Klang: Grundfrequenz und Obertöne



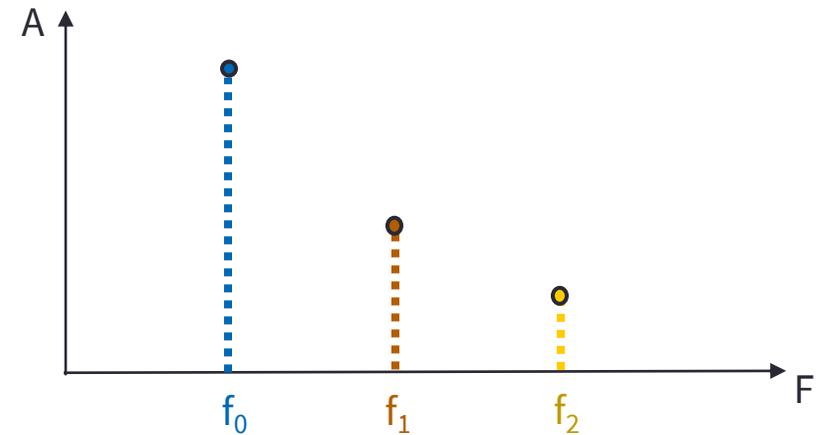
$0,25 \sin(3x)$
2. Oberton mit $f_2 = 3 \cdot f_0$

$0,5 \sin(2x)$
1. Oberton mit $f_1 = 2 \cdot f_0$

$\sin(x)$
Grundton mit f_0

Dieser Klang entsteht durch die Überlagerung von Grundton und den Obertönen
 $\sin(x) + 0,5 \sin(2x) + 0,25 \sin(3x)$
 Klang mit $F = f_0$

Der Klang resultiert aus der Überlagerung (Mathematisch: Addition) von Grundton und den Obertönen und hat die gleiche Frequenz, wie sein Grundton.



Frequenzspektrum des Klangs

Die FFT und Zeit- und Frequenzdomäne

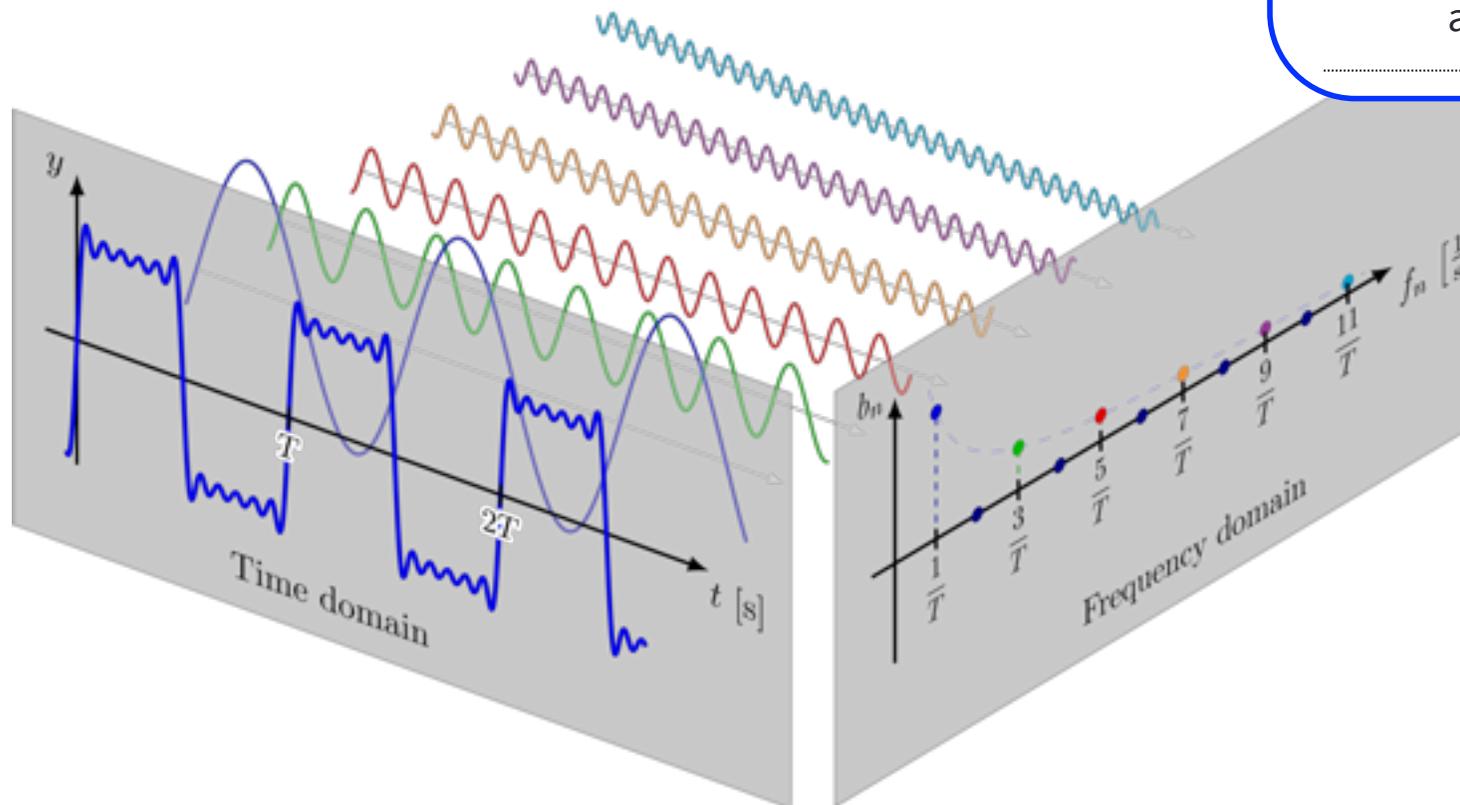
Mit der Fast-Fourier-Transformation lassen sich die Frequenzinformationen eines Signals ermitteln, man erhält das Frequenzspektrum.

Frequenzdomäne

$$\hat{f} = x(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos(n\omega t) + b_n \sin(n\omega t))$$

$$\text{mit } \omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi \cdot f \quad \text{und} \quad f = \frac{1}{T}$$

a_n, b_n : Fourier Koeffizienten

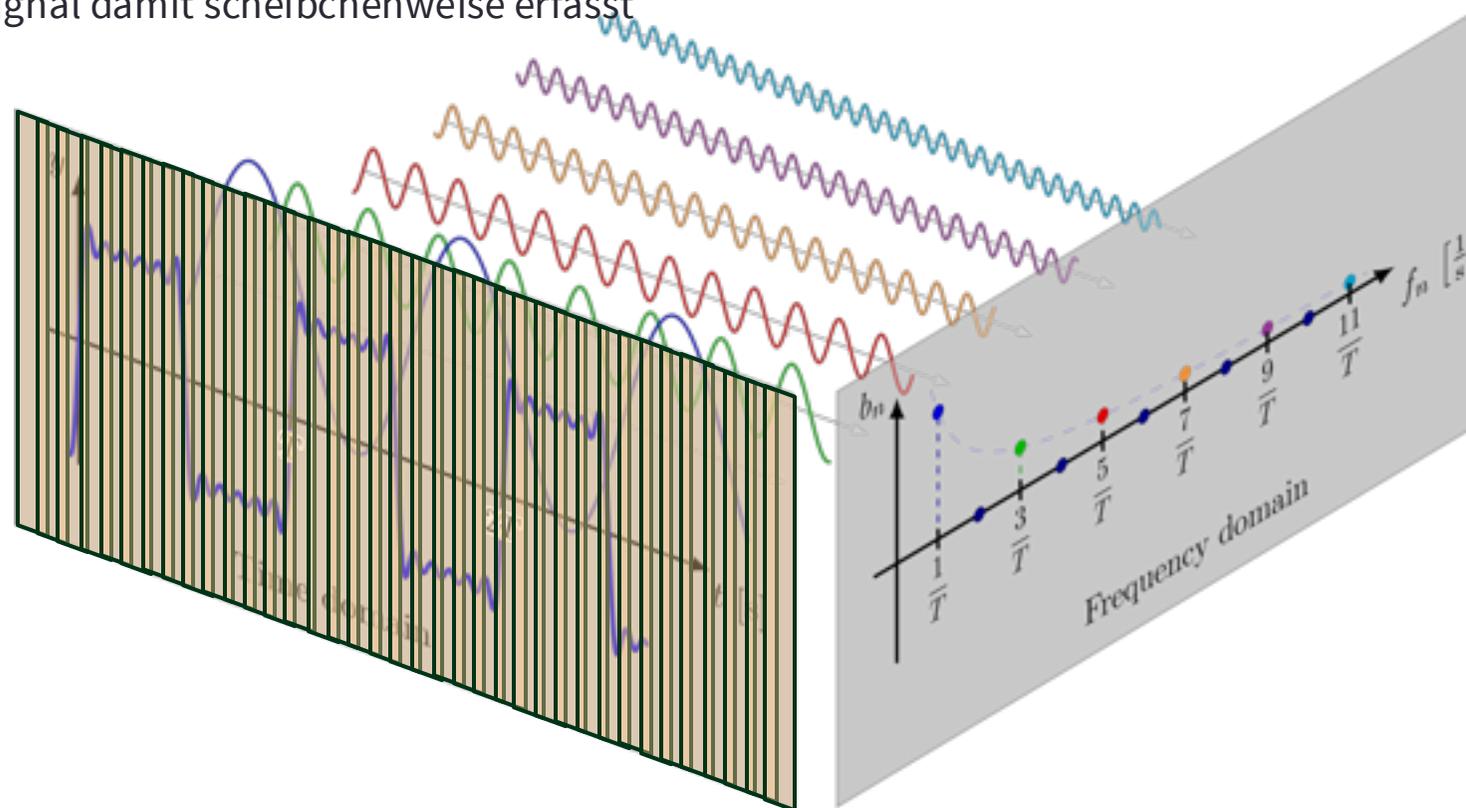


Die FFT, Fensterfunktion und Überlappung

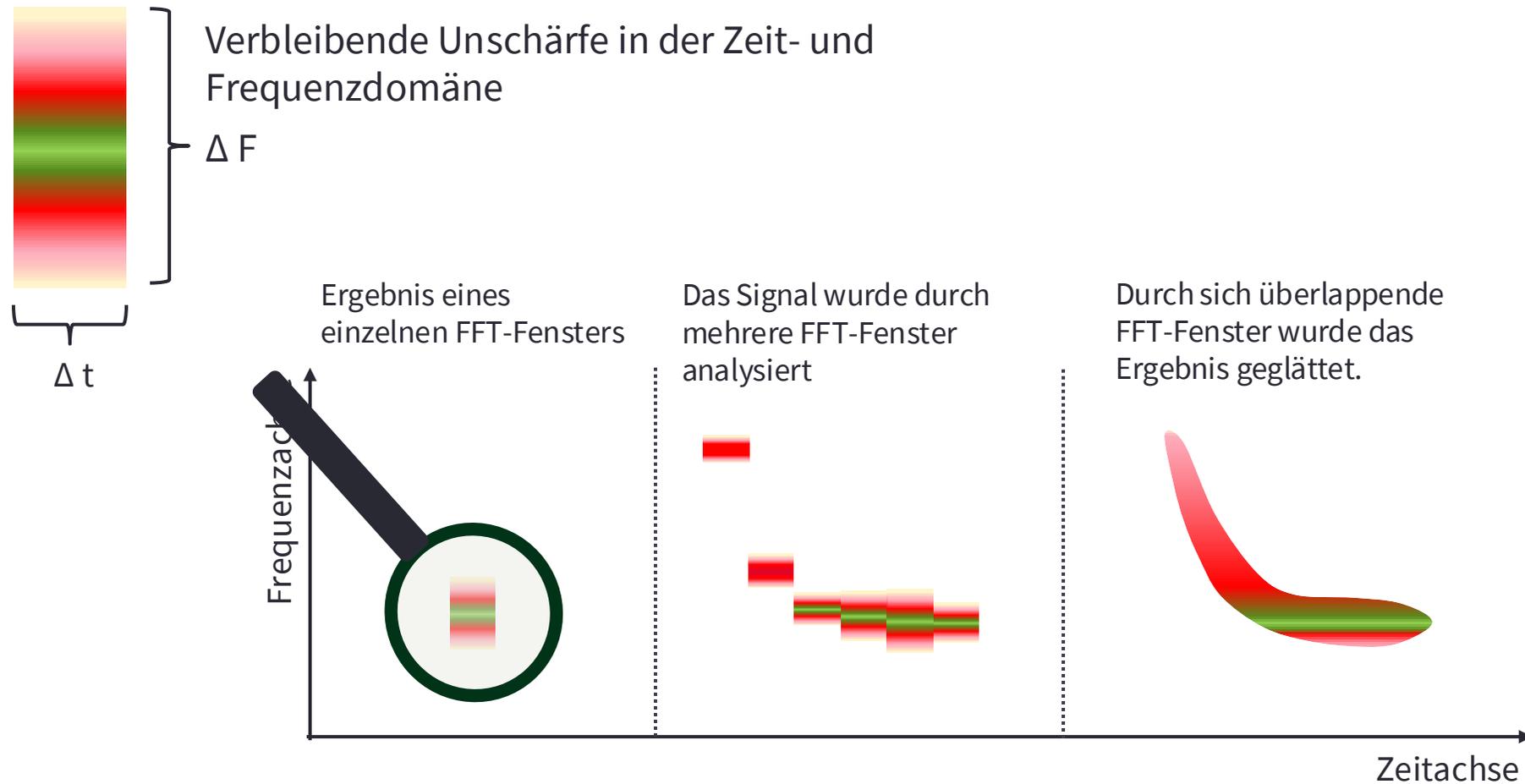
Wenn man das gesamte Signal analysiert, erhält man keine Zeit-Information zu den einzelnen Frequenzen.

Wir haben ein Dilemma: Entweder kennen wir den zeitlichen Verlauf des Signals, aber nicht die einzelnen Frequenzen oder wir kennen die Frequenzen, aber nicht deren zeitlichen Kontext.

Lösung: Man unterteilt das Signal => Sich überlappende „Zeitfenster“ werden über das Signal gelegt (Fensterfunktion) und das Signal damit scheinbarweise erfasst



Die Entstehung des Sonagramms durch eine FFT



Grafik nach: Jon Russ (2021). Bat Calls of Britain and Europe: A Guide to Species Identification. Pelagic Publishing. p 13, Fig. 2.17.
ISBN: 978-78427-225-8

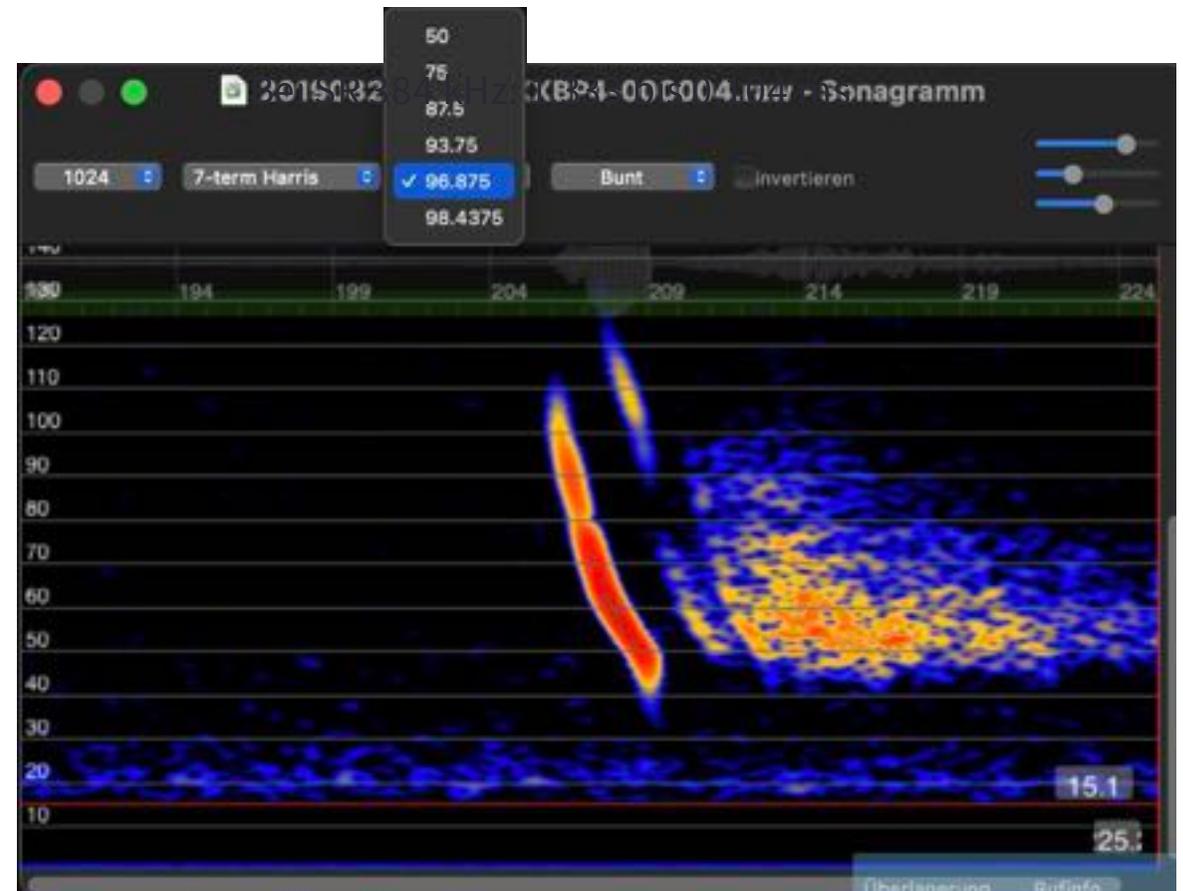
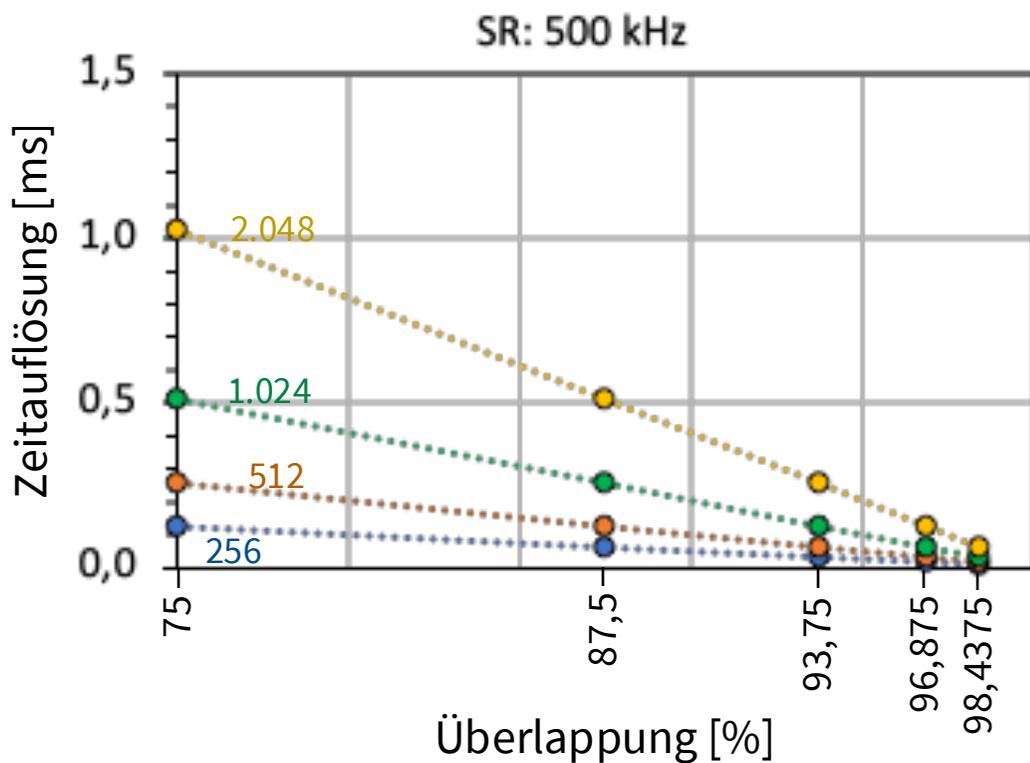
Zeitauflösung in Abhängigkeit der Fenstergröße und Überlappung

Höhere Überlappung & kleines Fenster → bessere zeitliche Auflösung. Vor allem für die Darstellung kurzer fm-Rufen wichtig!

Beispiel: FFT-Fenster: **2.048** (großes Fenster), Überlappung: 75 % → Zeitauflösung 1,024 ms

FFT-Fenster: **256** (kleines Fenster) Überlappung: 98,4375 % → Zeitauflösung 0,008 ms

aber: Kleines Fenster → schlechtere Frequenzauflösung!



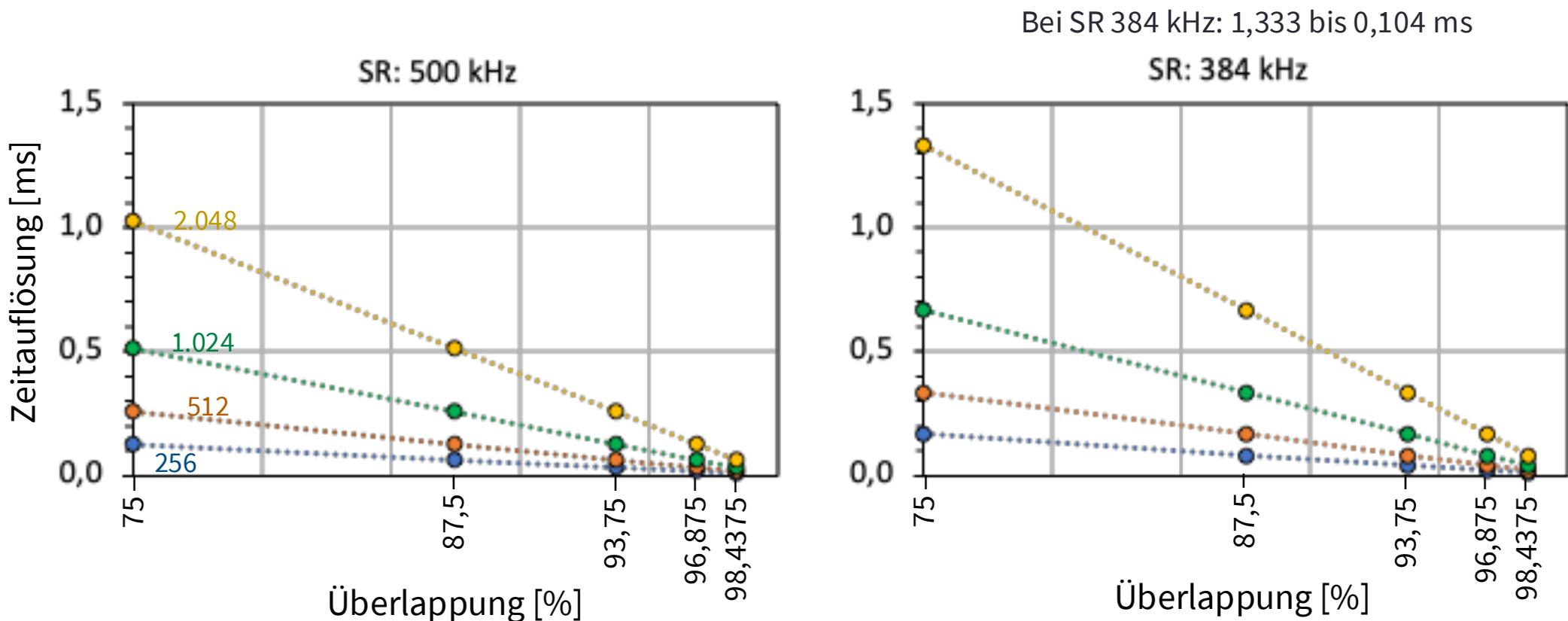
Zeitauflösung in Abhängigkeit der Fenstergröße und Überlappung

Höhere Überlappung & kleines Fenster → bessere zeitliche Auflösung. Vor allem für die Darstellung kurzer fm-Rufen wichtig!

Beispiel: FFT-Fenster: **2.048** (großes Fenster), Überlappung: 75 % → Zeitauflösung 1,024 ms

FFT-Fenster: **256** (kleines Fenster) Überlappung: 98,4375 % → Zeitauflösung 0,008 ms

aber: Kleines Fenster → schlechtere Frequenzauflösung!



Das Unschärfe-Dilemma der FFT

In den einzelnen Fenstern bekommt man keine Zeitinformation zu den darin enthaltenen Frequenzanteilen.

Je kleiner das Fenster, desto genauer die Zeitinformation im gesamten Signal,
aber desto ungenauer die Frequenzinformation,

Je größer das Fenster, desto mehr verschwimmt die Zeitinformation im
gesamten Signal, aber desto genauer wird die Frequenzinformation

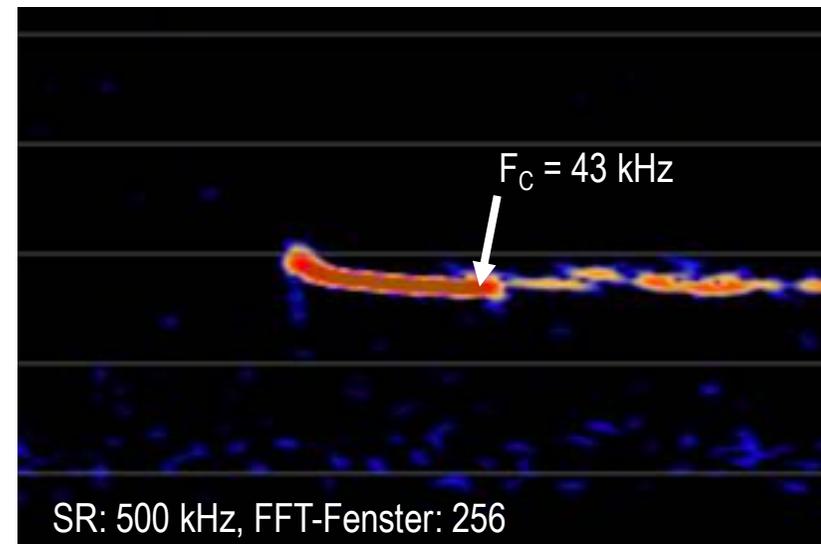
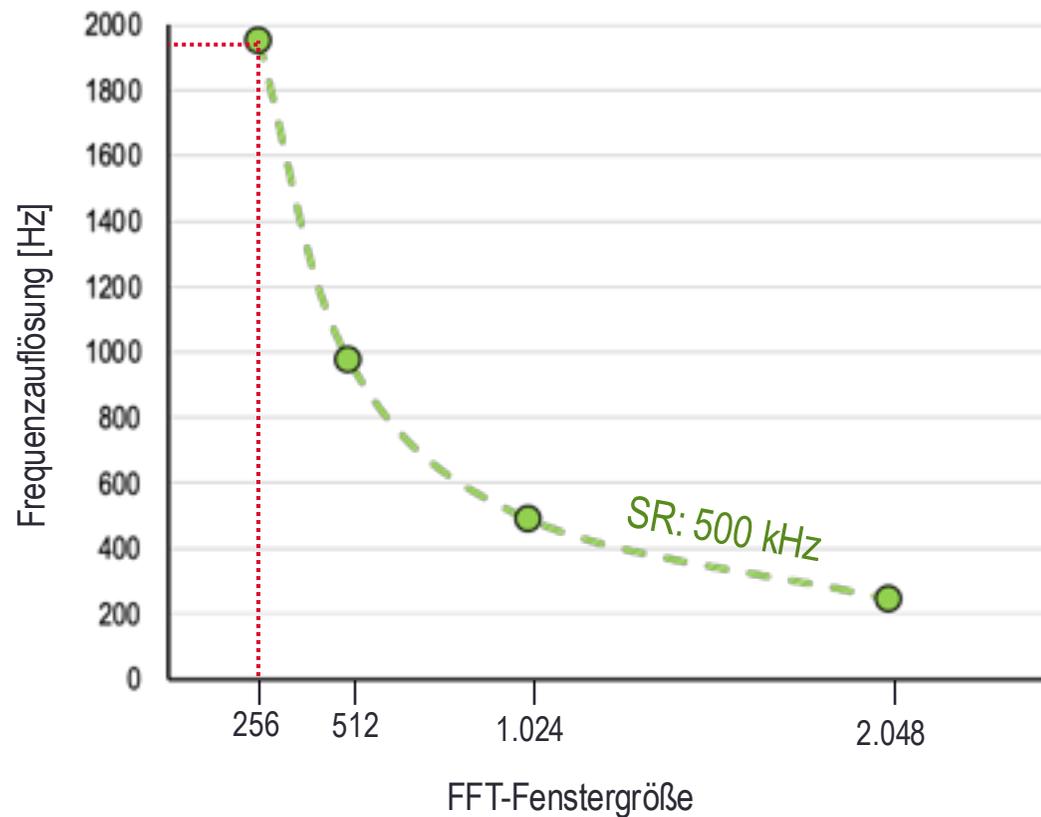
Zu niedrige Frequenzauflösung kann Artbestimmung beeinflussen

nach einem Beispiel aus <https://www.fledermausrufe.de/blog/fft-spektrum-und-sonagramm/> (Dr. Runkel)

Pipistrellus spec.-qcf-Ruf mit abgebildeter F_C von 43 kHz

→ Frequenzauflösung: 1,95 kHz → F_C könnte tatsächlich 42 oder 44 kHz betragen

qcf: $P_{nat} F_{C(max)} = 42 \text{ kHz} \leftrightarrow P_{pip} F_{C(min)} = 40 \text{ kHz} \rightarrow$ Artbestimmung nicht möglich!



Das Unschärfe-Dilemma der FFT

Innerhalb der einzelnen Fenster bekommt man keine Zeitinformation zu den einzelnen, darin enthaltenen Frequenzanteilen.

Je kleiner das Fenster, desto genauer die Zeitinformation im gesamten Signal, aber desto ungenauer die Frequenzinformation,

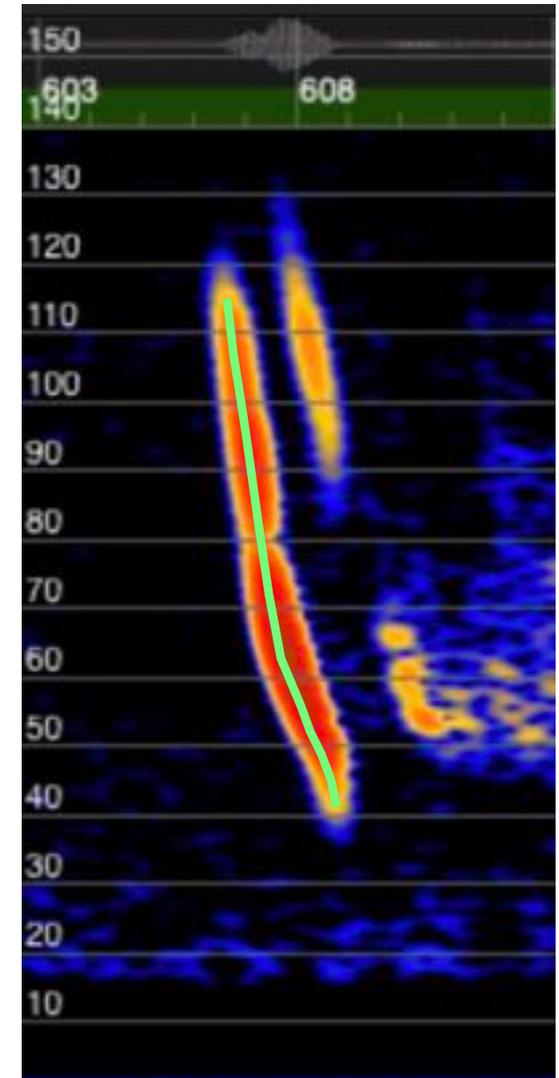
je größer das Fenster, desto mehr verschwimmt die Zeitinformation im gesamten Signal, aber desto genauer wird die Frequenzinformation

Unschärfe-Dilemma: Frequenz- und Zeitinformation kann nicht gleichzeitig mit beliebig hoher Genauigkeit erfasst werden.

Es resultieren „dicke“ (nicht reale) Zeit-Frequenzverläufe im Sonagramm

Bei gleichmäßiger Unschärfe kann man davon ausgehen, dass sich die realen Frequenzen auf einer **Linie** in der Mitte des abgebildeten Rufes befinden

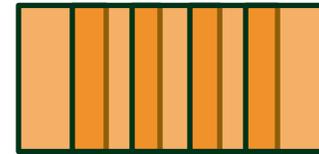
Diese Unschärfe betrifft zu unserem Leidwesen auch Rufbeginn u. Ende



Zusammenfassung

Auswirkung von Fensterüberlappung und Fensterlänge auf:
Zeit- und Frequenzauflösung des Signals

Niedrige Überlappung der FFT-Fenster



Zeitauflösung

Hohe Überlappung der FFT-Fenster



Zeitauflösung

Großes FFT-Fenster



Zeitauflösung
Frequenzauflösung

Kleines FFT-Fenster



Zeitauflösung
Frequenzauflösung

Empfehlungen für FFT-Fenster

Optimales Fenster für **cf bis qcf**: Hanning & Hamming

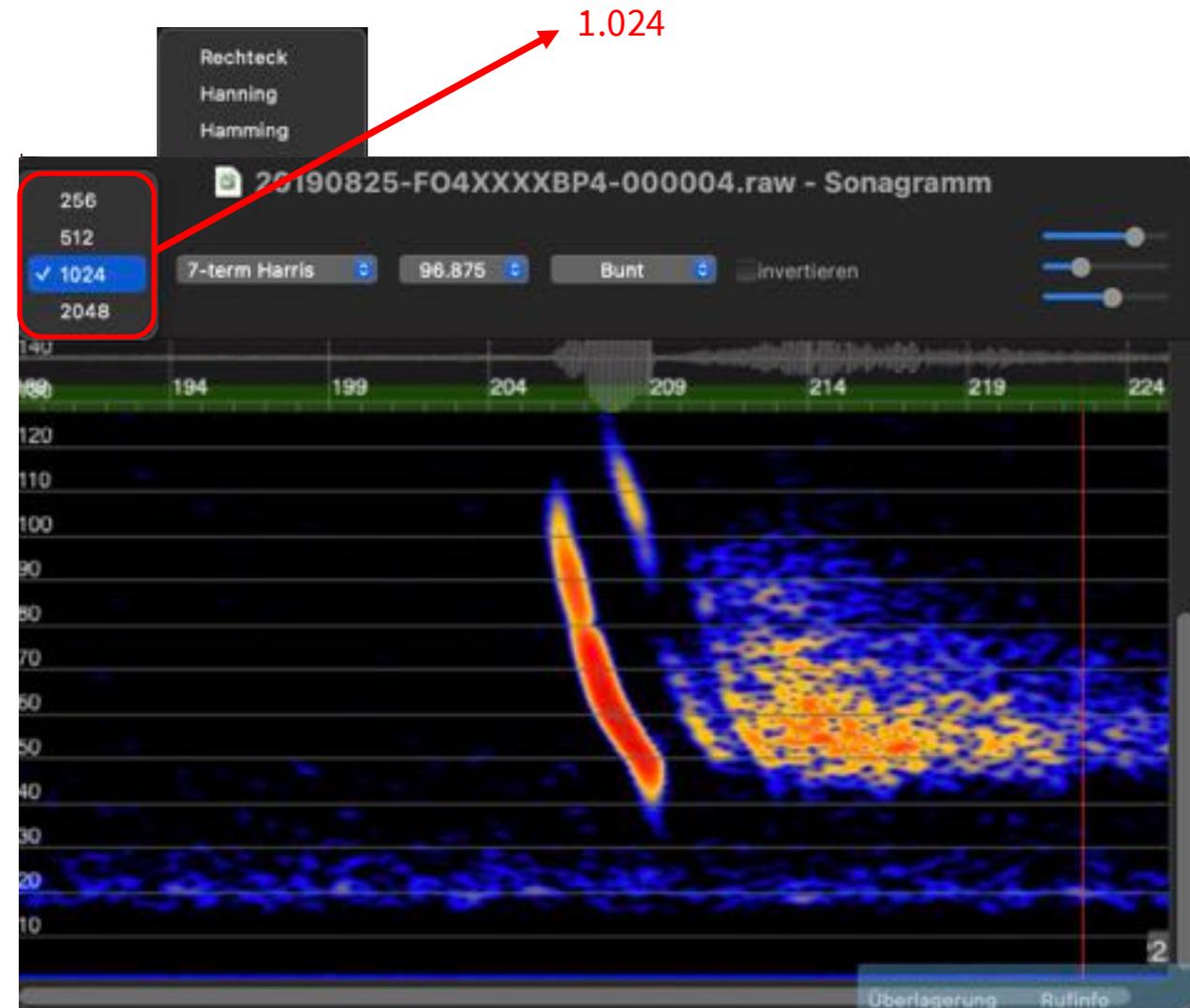
Optimales Fenster für **fm**: Flat Top

Gutes Standard-Fenster: 7-term Harris

FFT-Fenstergröße (Breite):

Je breiter, desto besser die Frequenzauflösung

Je schmaler, desto besser die Zeitauflösung



Empfehlungen für Fensterüberlappung

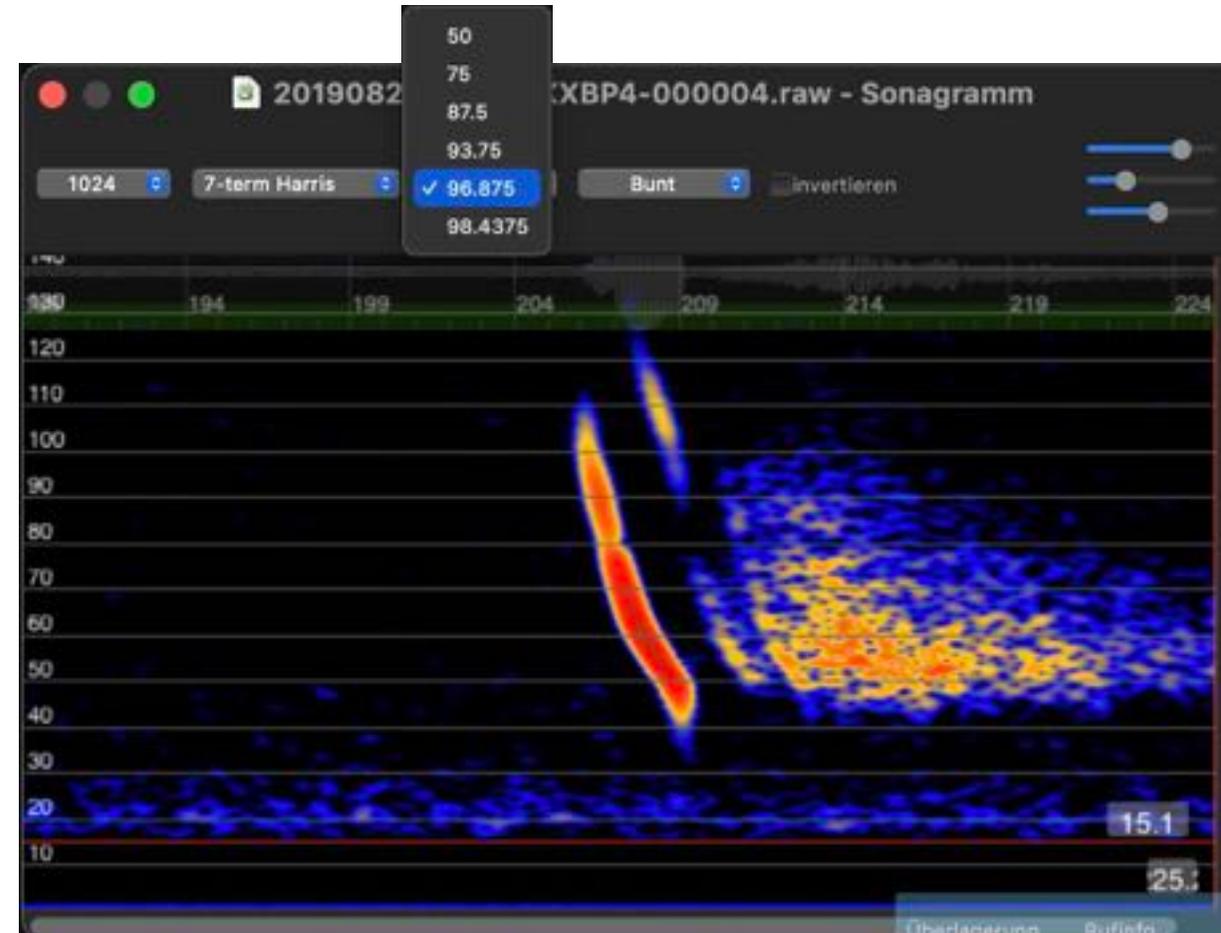
Überlappung in Prozent:

0,5 -- 0,75 -- 0,875 -- 0,96875 -- 0,984375

Mehr Überlappung gibt bessere zeitliche Auflösung

Bei herkömmlichen Einstellungen (Überlappung mind. 75 %) bekommt man zeitliche Auflösungen zwischen 0,008 und 1 ms

Vor allem bei fm-Rufen ist eine hohe Überlappung notwendig, um die Rufe gut im Sonagramm darzustellen



zusammengefasst:

Empfehlung:

Fenstertyp: 7-term Harris

*„verschmiert das Signal wenig und löst ausreichend
Frequenz und Zeit auf“*

Für Rufe unter 10 ms Länge, vor allem fm-Rufe:

Fenstergröße 1.024 (o. auch 2.048)

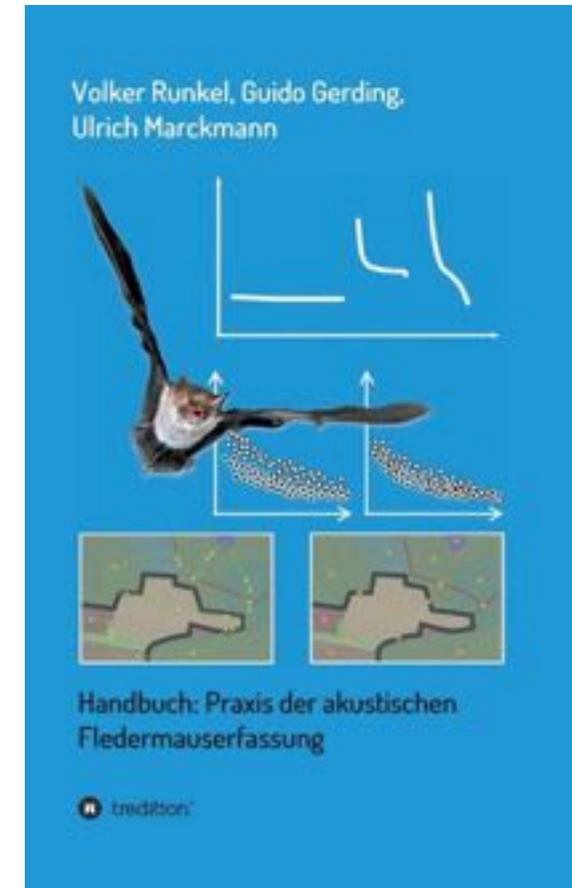
Überlappung zwischen (93,75) 96,875 und 98,4375 %

Für längere Rufe:

Fenstergröße 1.024

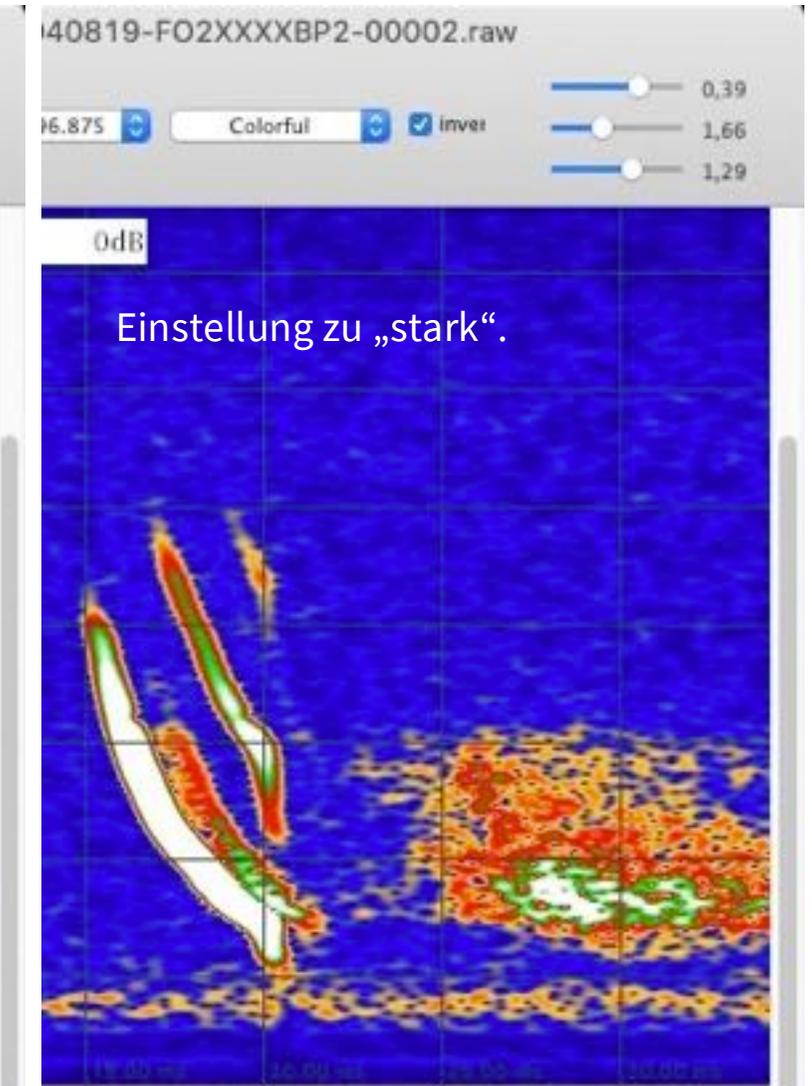
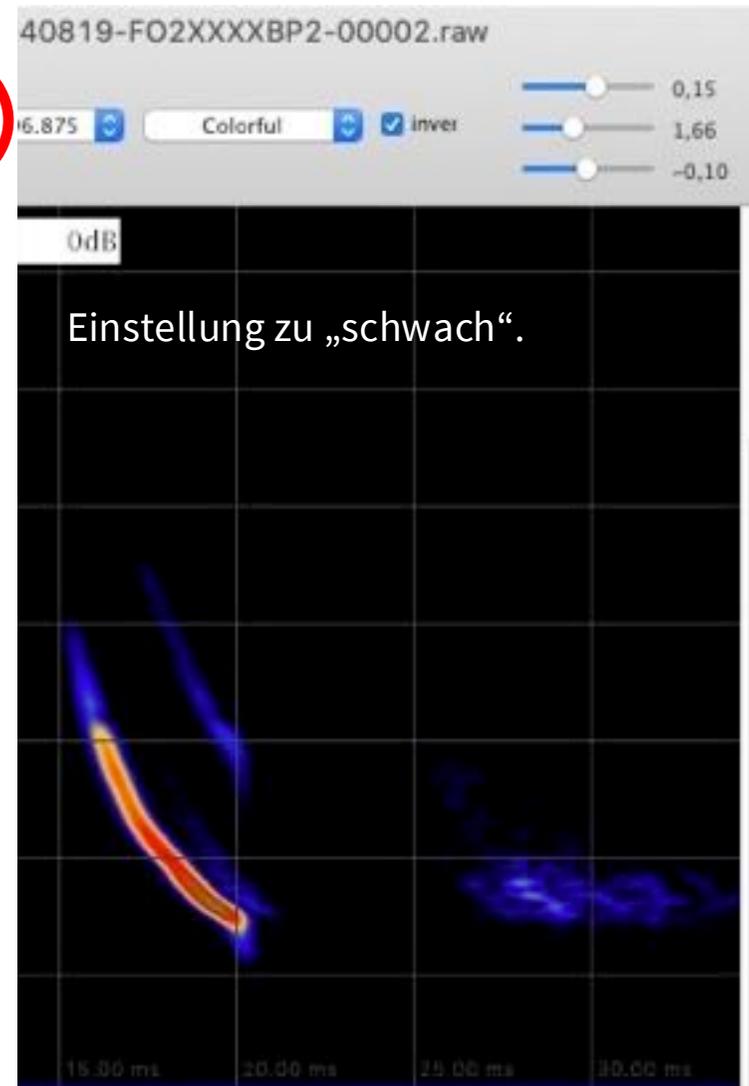
Überlappung zwischen 75 und 96,875 %

Literaturempfehlung:

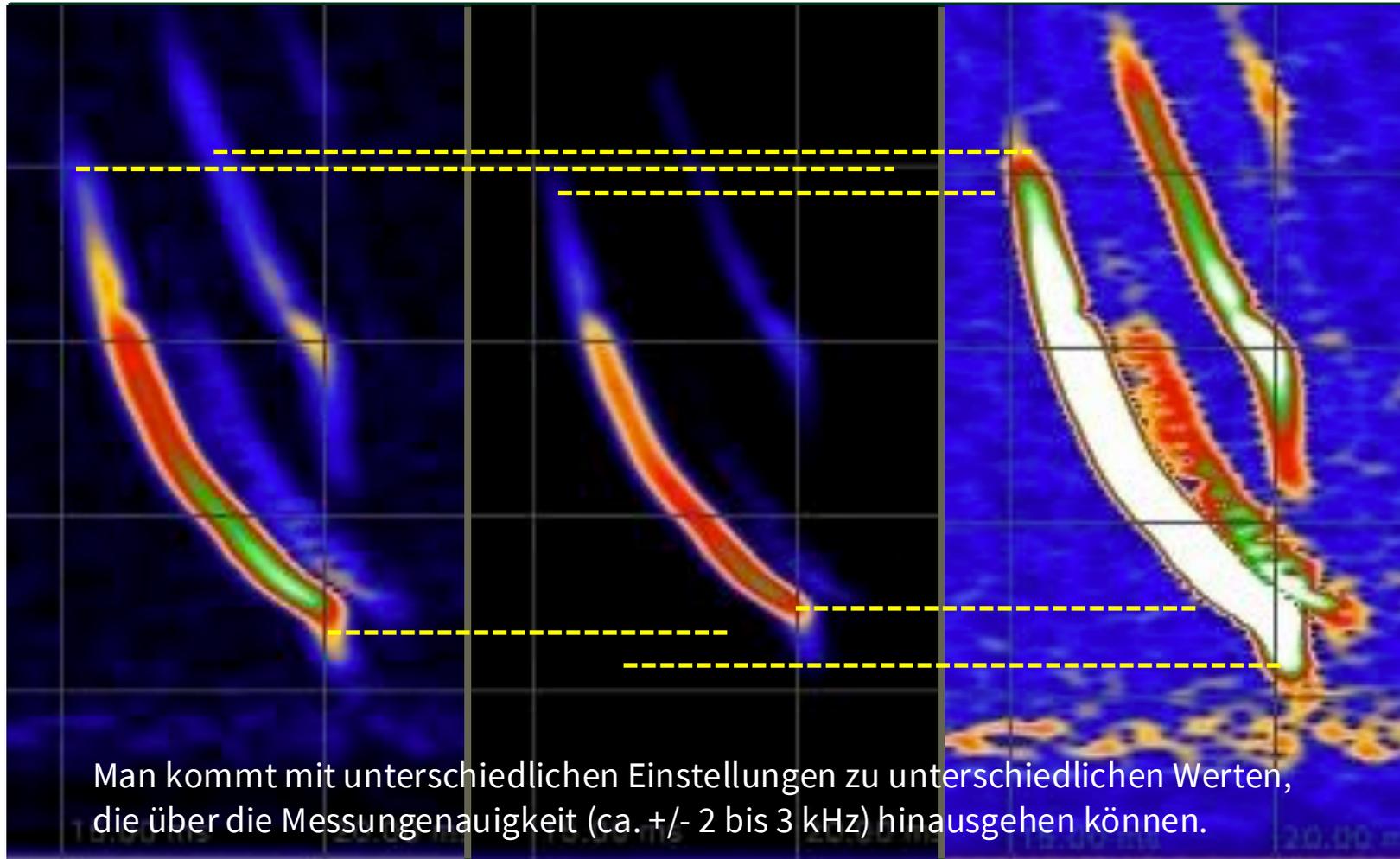


Europäische Fledermausrufe – Aufzeichnen und Bestimmen:
URL www.fledermausrufe.de (by Dr. Volker Runkel)

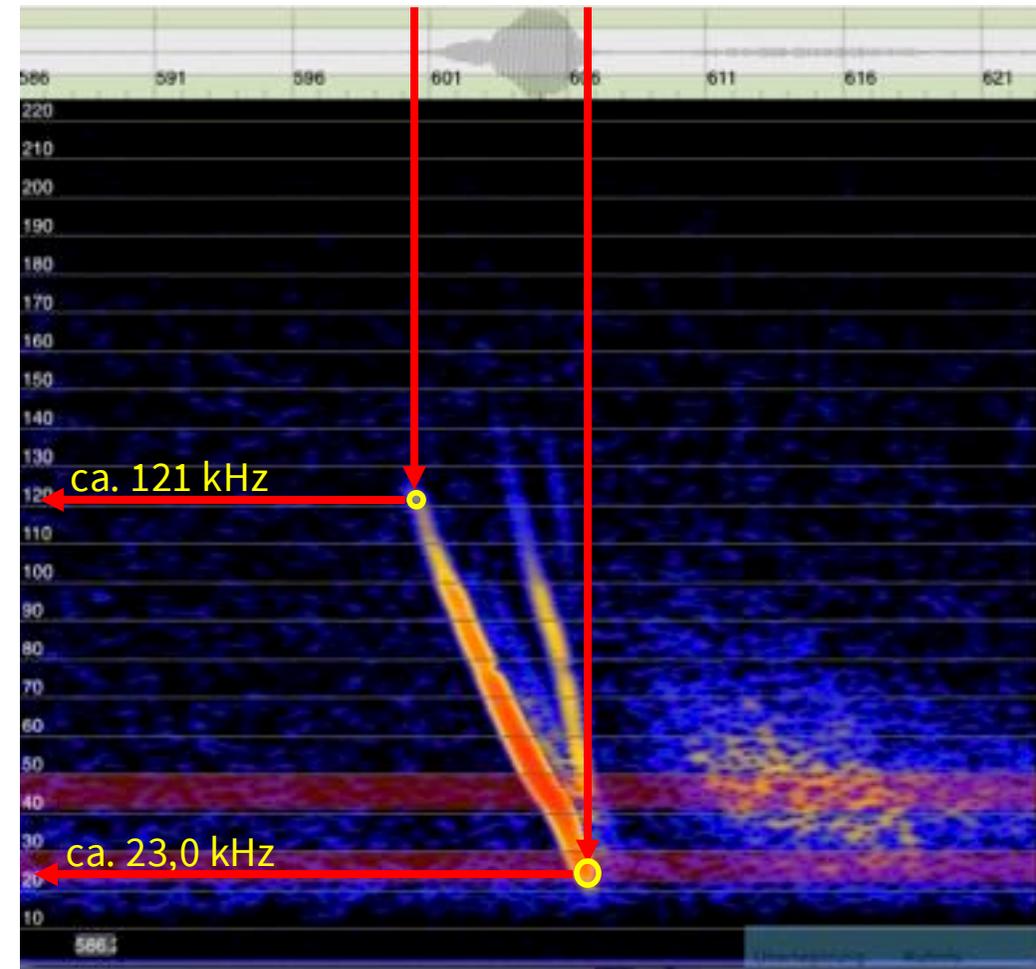
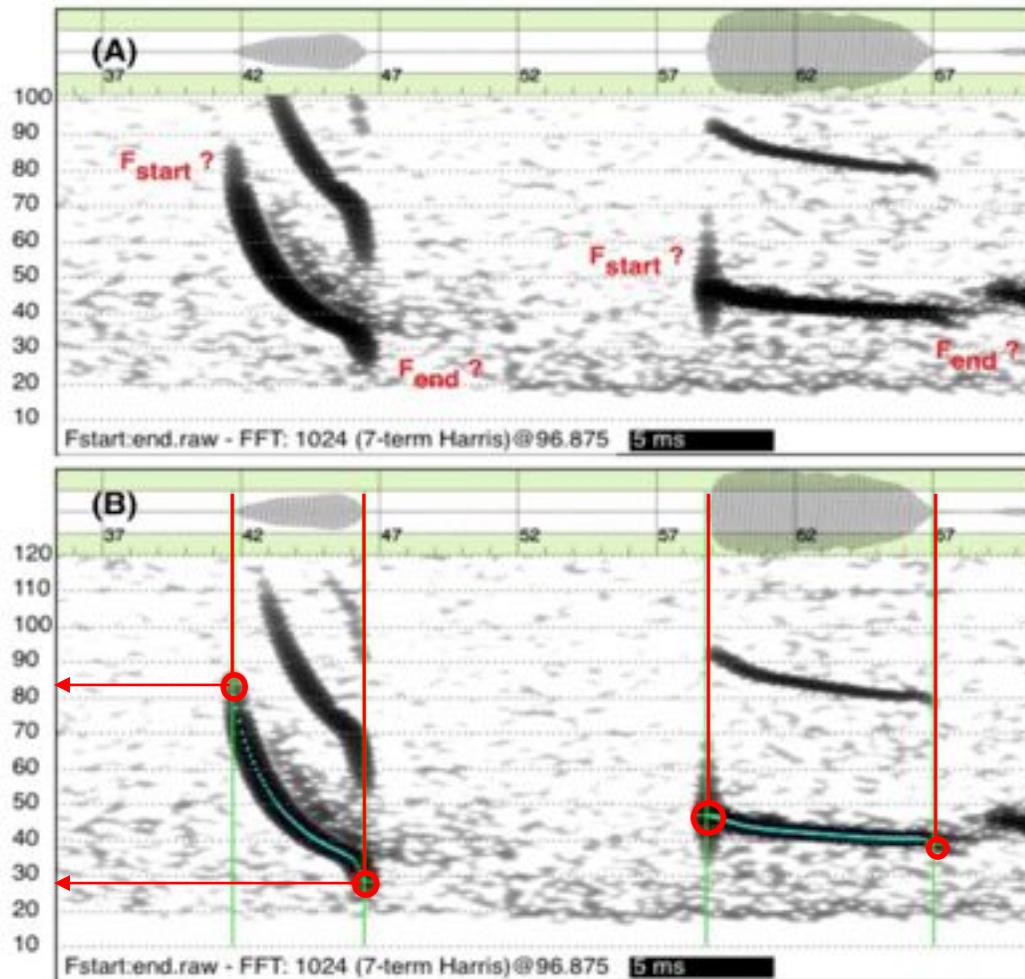
Einstellung am Sonagramm



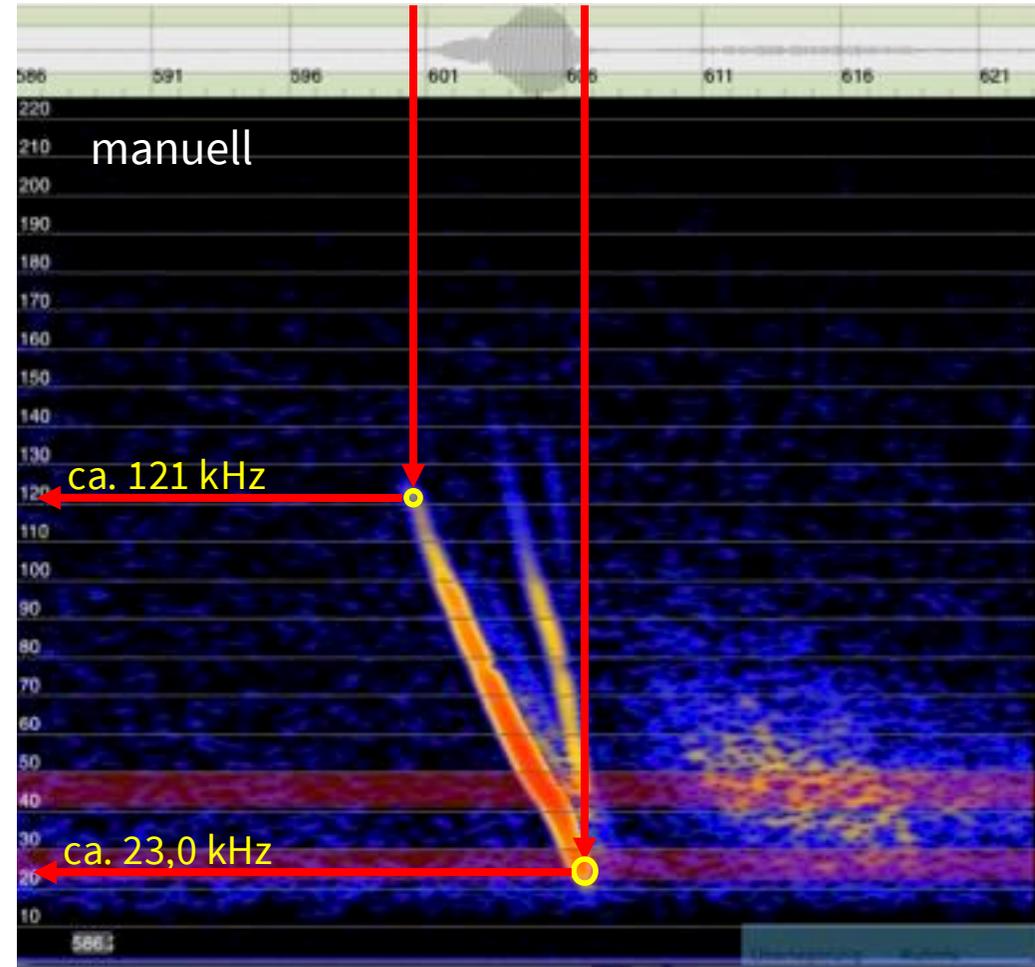
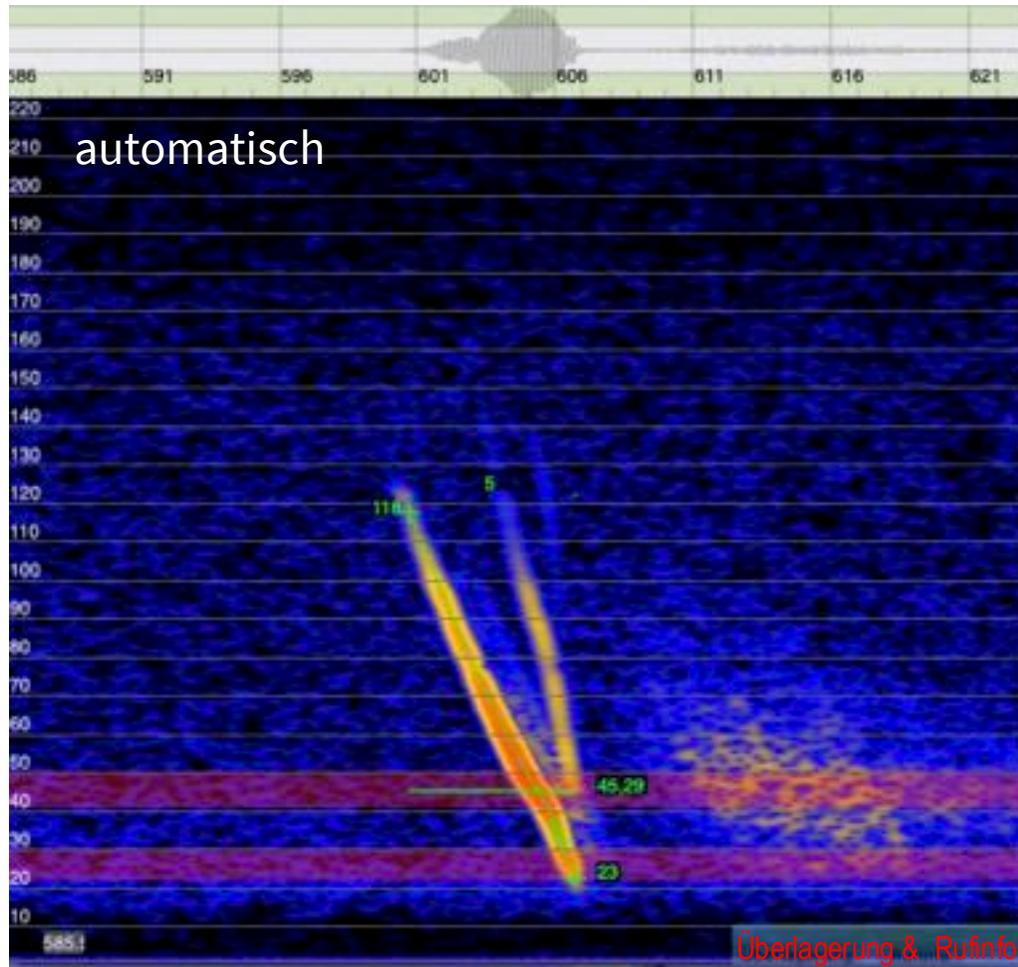
Start- und Endfrequenz ermitteln: Fehlvermessung bei falschen Einstellungen



Start- und Endfrequenz ermitteln: Das Oszi kann helfen



Automatische vs. manuelle Vermessung

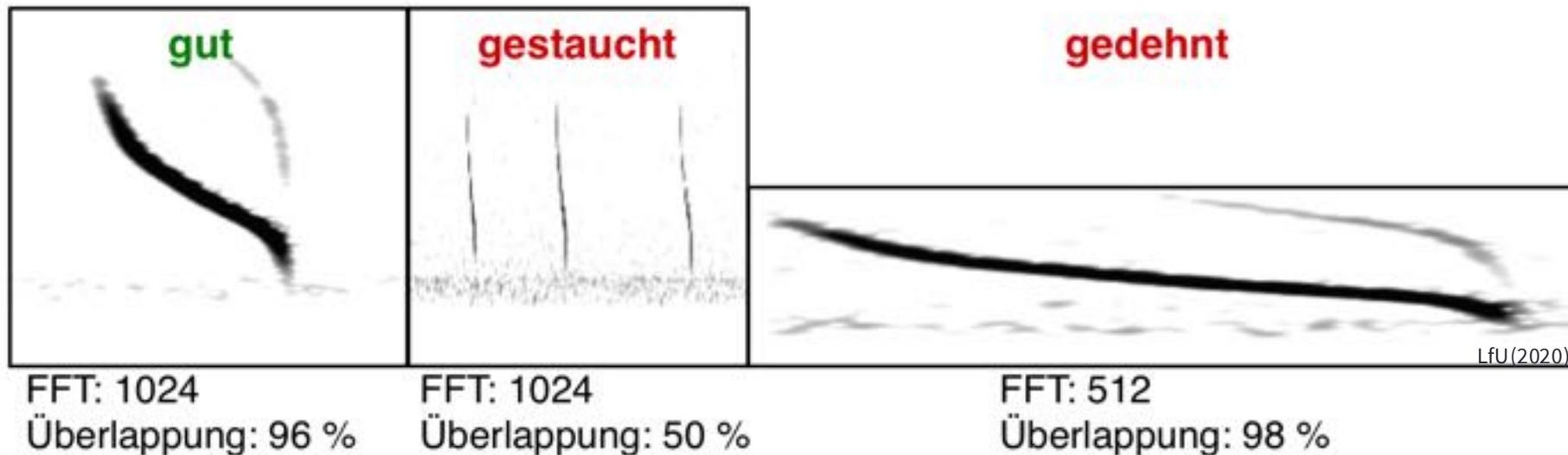


Rufform: Geeignete Sonagrammeinstellung

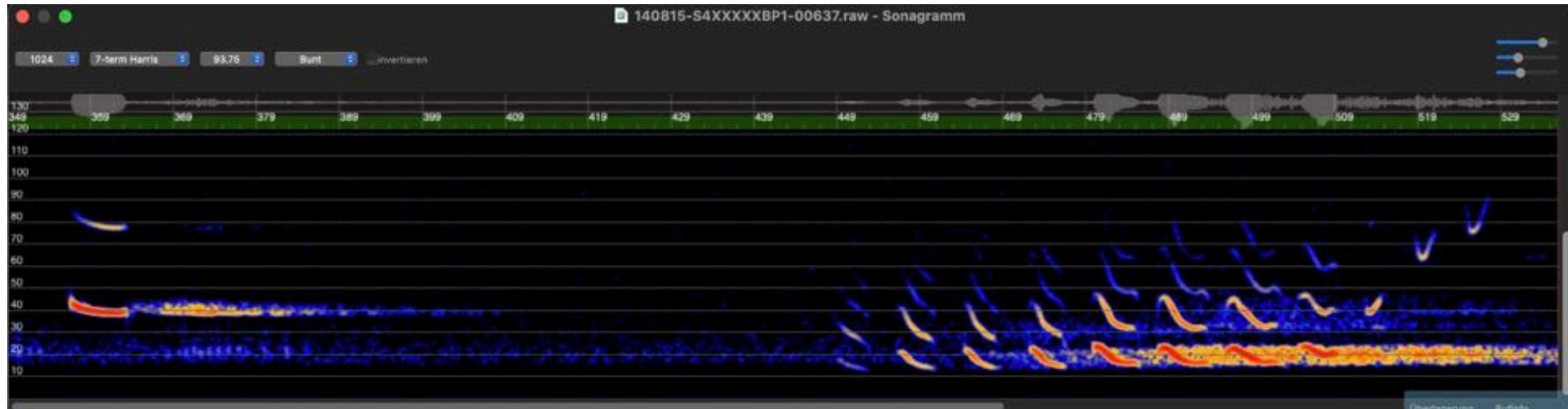
Das FFT-Fenster und die Überlappung sollte so gewählt werden, dass die Form des Rufes gut zu erkennen ist.

Der Ruf sollte weder zu sehr gestaucht, noch zu sehr gedehnt abgebildet werden, da dann die Form schlecht erkennbar ist und sich die Formparameter schlecht ablesen lassen.

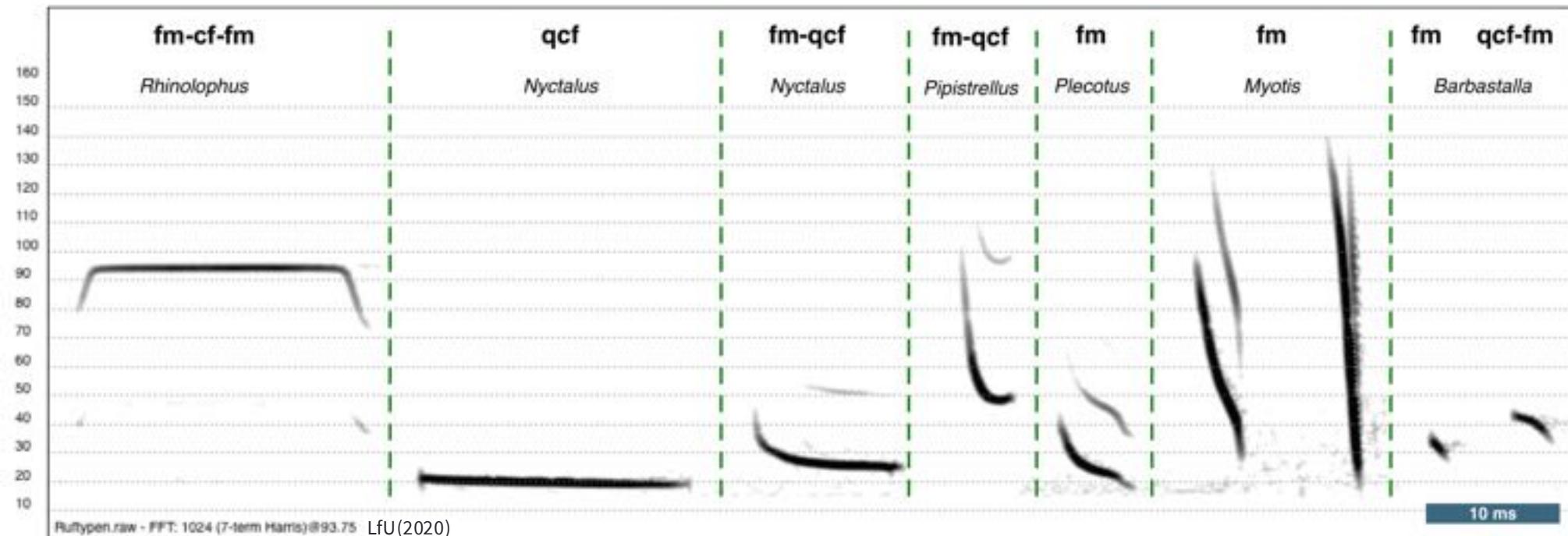
Die jeweilige Einstellung sollte beibehalten werden, wenn man die Form der Rufe bei der Bestimmung berücksichtigt, da sich ansonsten kein Formengedächtnis im Lernprozess ausbilden kann.



Rufe, Rufparameter, Rufvermessung, Vorgehensweise, Empfehlungen



Ortungsrufe: Unterschiedliche Typen



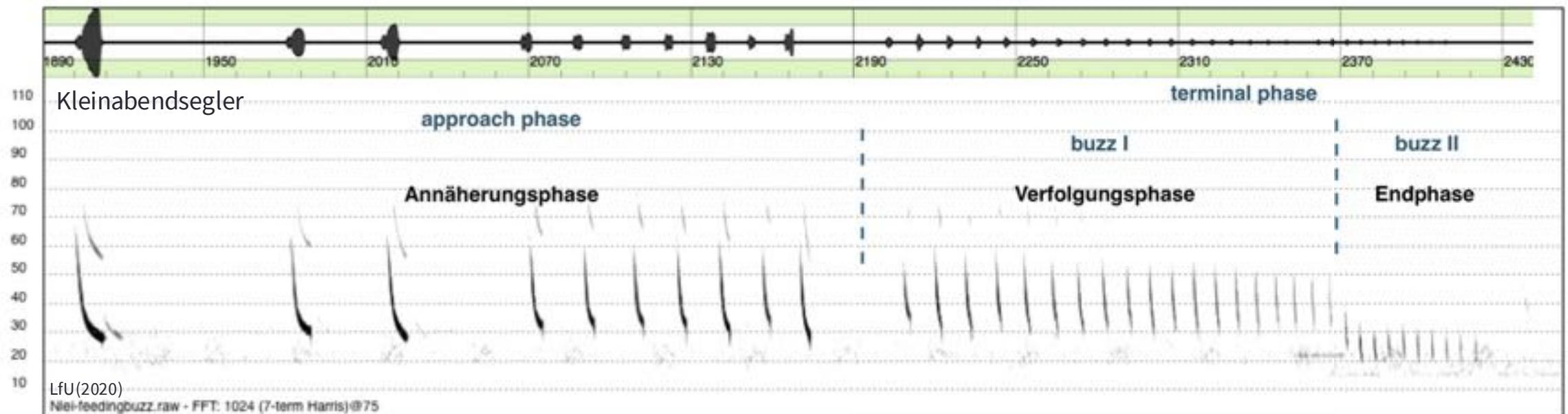
Fanglaute, *feeding buzzes*

Annäherungsphase: Rufe werden steiler frequenzmoduliert und kürzer, die Rufabstände verringern sich. Diese Rufe entsprechen noch den Rufen der Art sehr nahe an Strukturen.

Verfolgungsphase: Sehr kurze und steile Rufe, Rufabstände nehmen weiter ab, meistens verringert sich auch die Bandbreite.

Endphase: Sehr kurze und steile Rufe, Rufabstände können noch kleiner werden und die Bandbreite verringert sich weiter. Die Frequenzen sinken, womit die Schallkeule im letzten Moment des Beutefangs verbreitert wird, um einem möglichen Ausweichmanöver des Insekts zu begegnen und die genaue Position der Beute zu bestimmen.

Fangrufe eignen sich nicht zur Artbestimmung.



Sozialrufe und Soziallaute

Bislang geringer Kenntnisstand.

Werden eher sporadisch aufgenommen, da sie im Habitat selten geäußert werden, außer z. B. bei *Pipistrellen*: Balzflüge im Sommer.

Viele Arten nutzen ähnliche Typen von Sozialrufen (z. B. Bogenrufe).

Hohe Variabilität innerhalb der Arten und individuelle Prägung.

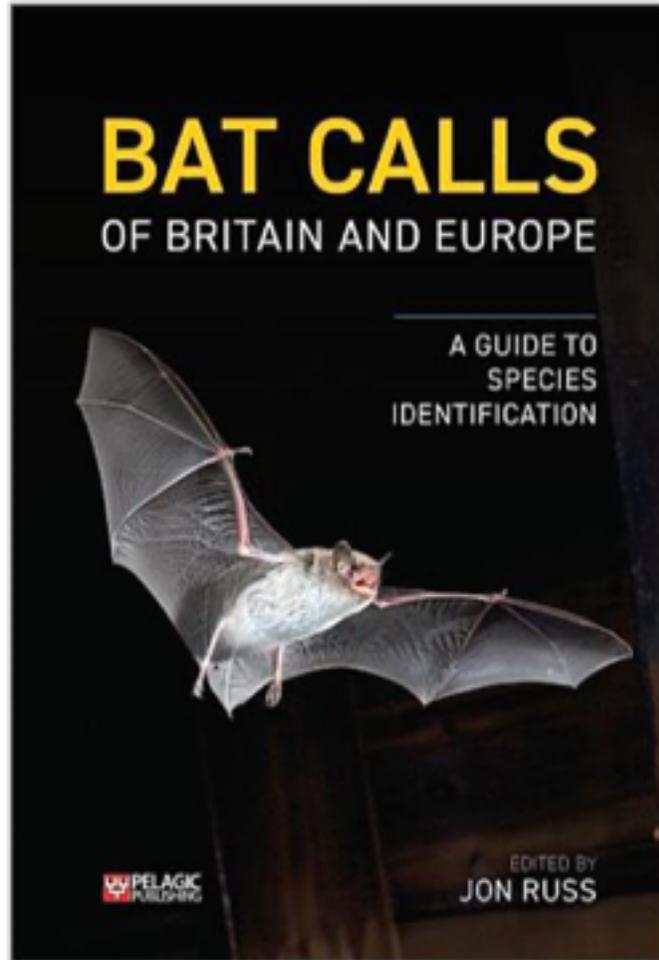
Sozialrufe sind nur zu einem kleinen Teil bestimmungsrelevant, jedoch bei den anhand von Ortungsrufen kaum bis gar nicht unterscheidbaren Artpaaren Rauhaut- und Weißrandfledermaus, Braunes und Graues Langohr sowie bei Brandt- und Bartfledermaus zur Bestimmung geeignet.

Sozialrufe sind meistens gut von Ortungsrufen zu unterscheiden, da:

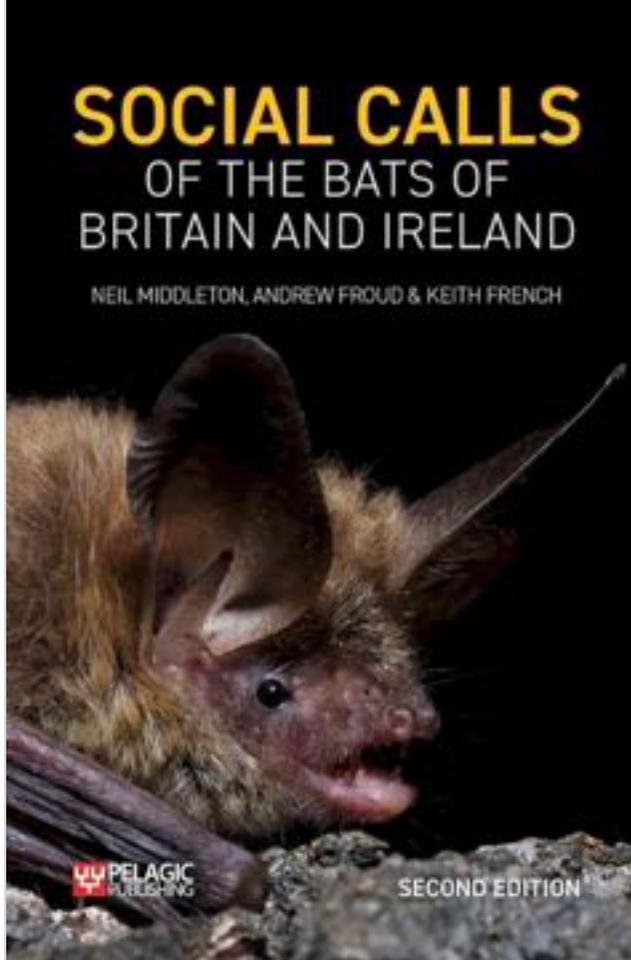
- tieffrequenter, länger,
- ungewöhnliche Form im Sonagramm,
- häufig bestehen sie aus mehreren Elementen,
- multiharmonisch oder atonal,
- keine regelmäßige Wiederholung wie bei Ortungsrufen.

Sozialrufe und Soziallaute: Literaturempfehlung

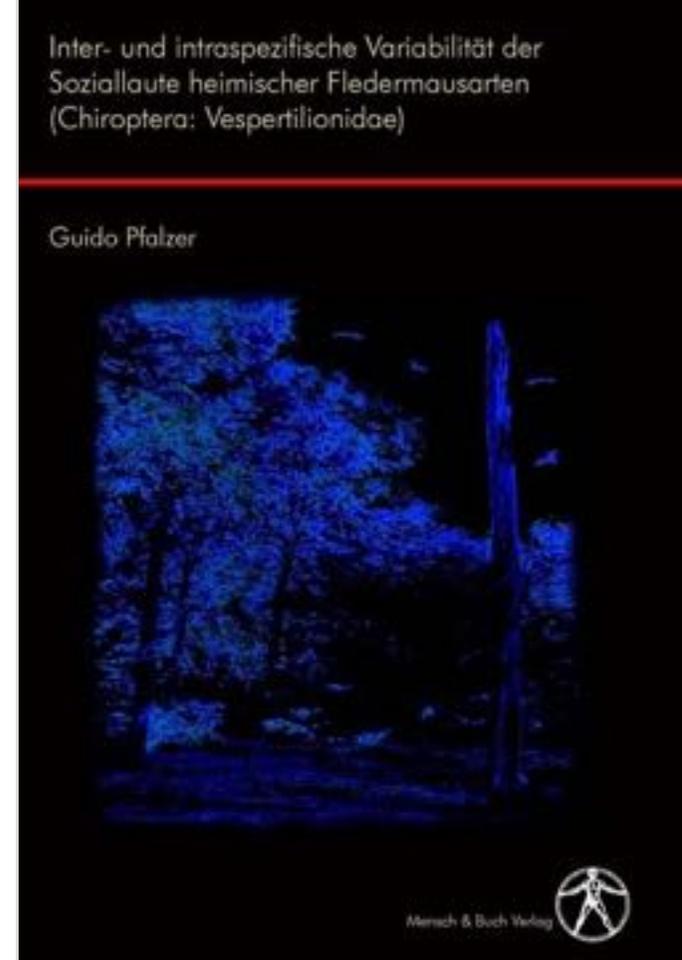
Primärliteratur und



ISBN 978-1-78427-225-8

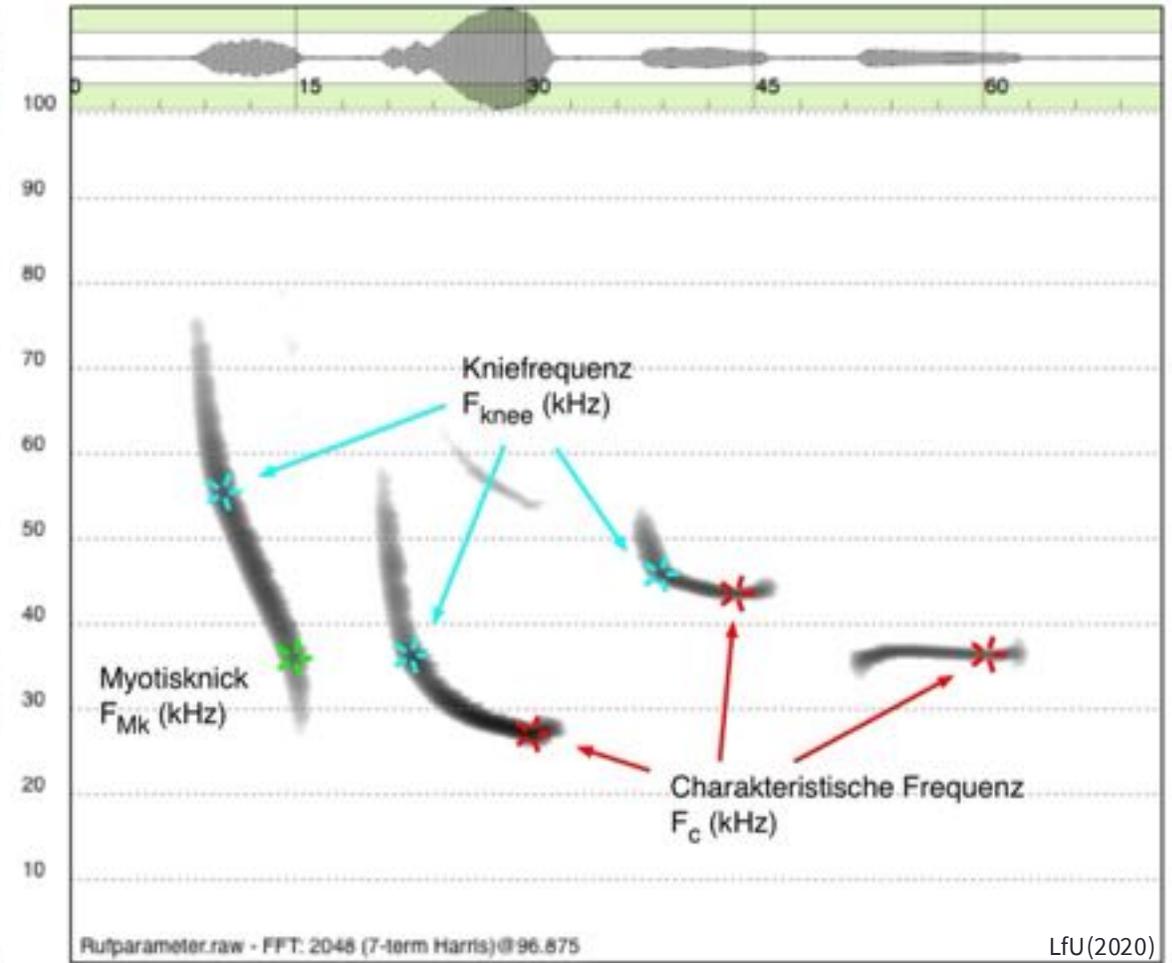
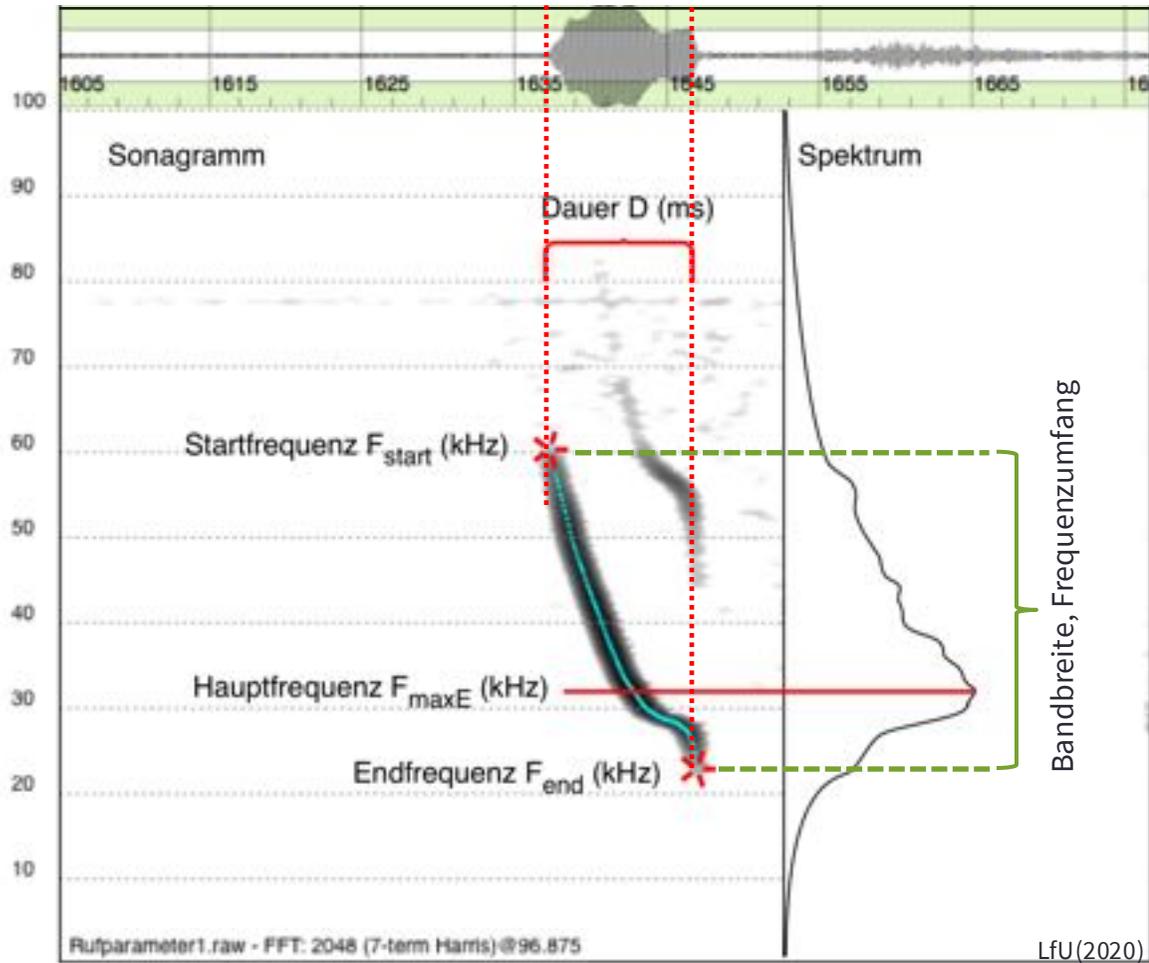


ISBN 978-1-78427-378-1



ISBN 978-3-89820-353-1

Rufmerkmale, Rufparameter, Messwerte



Hauptfrequenz, Charakteristische Frequenz

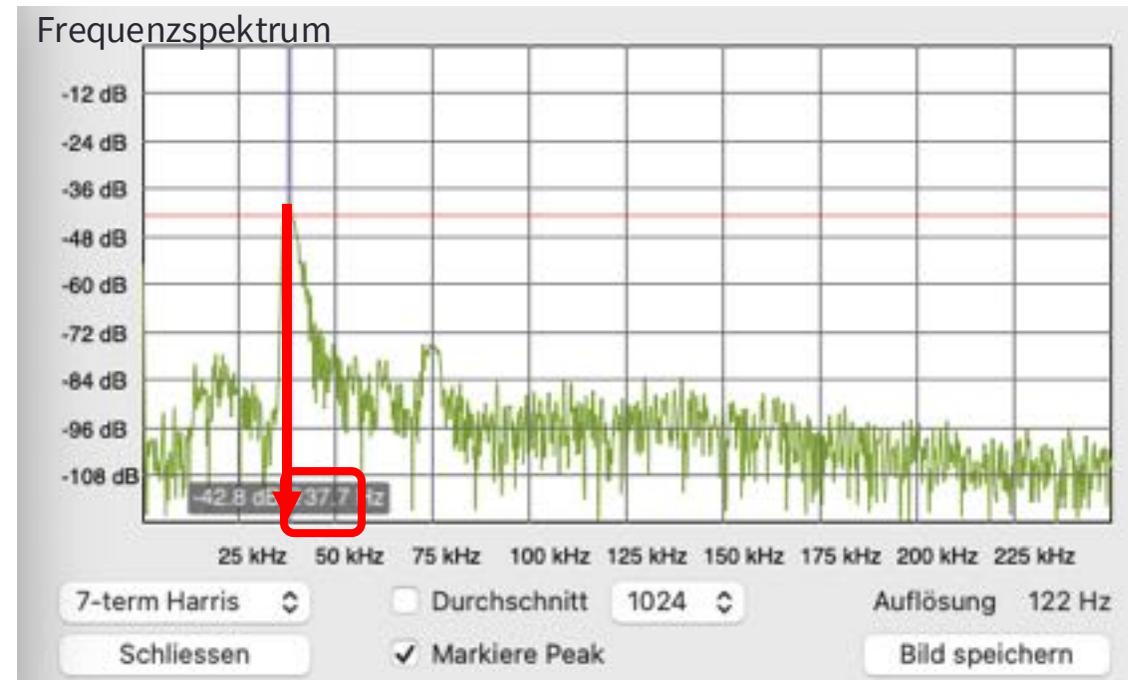
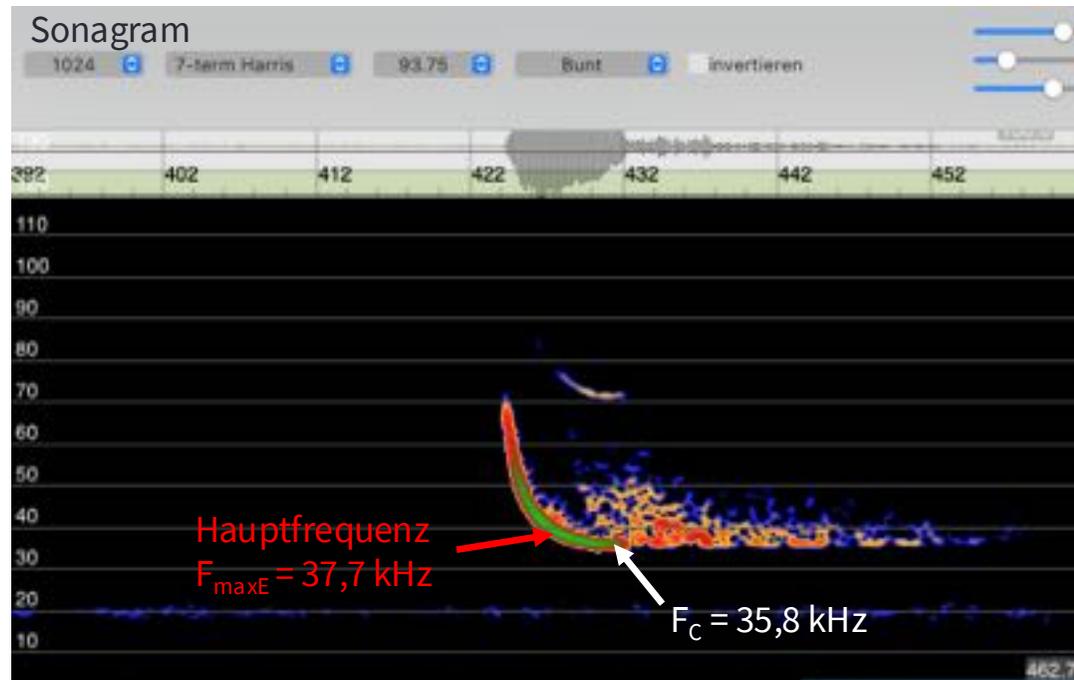
Hauptfrequenz $F_{\max E}$

Frequenz (oder Frequenzbereich) im Rufverlauf mit der höchsten Energie.

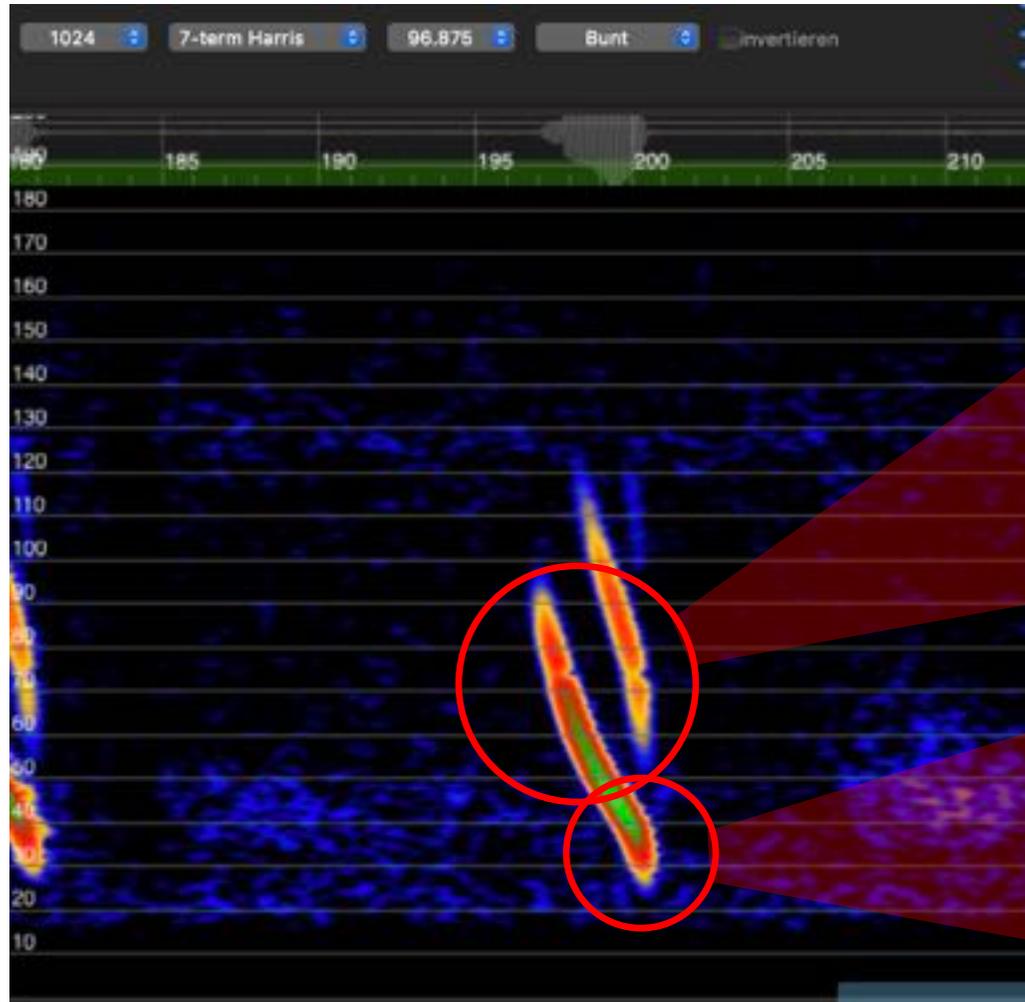
Charakteristische Frequenz F_C

Die niedrigste Frequenz im flachen Hauptteil von qcf- und fm-qcf-Rufen (Steigung ist Null). Falls am Rufende ein Auf- oder Abwärtshaken anschließt, liegt F_C immer davor.

Bei qcf und fm-qcf-Rufen entspricht $F_{\max E}$ häufig (aber nicht immer!) der F_C

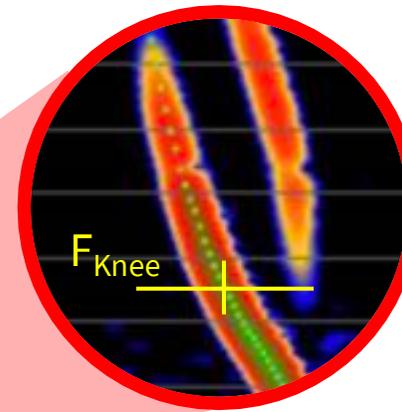


Knie, Knick und Schwänzchen

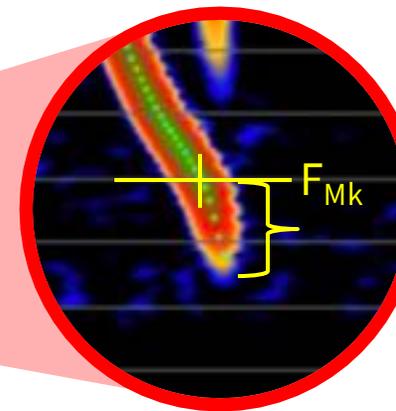


Der Knick ist besonders bei *Myotis*-Rufen bestimmungsrelevant, da er konstanter als das Rufende ausgeprägt ist.

Das Rufende klingt zudem oft schleichend aus, weshalb es schwierig zu bemessen ist.



Knie bei Steigungsänderung
Kniefrequenz F_{Knee}



Myotisknick bei Steigungsänderung
Knickfrequenz F_{Mk}
Myotisschwänzchen

Empfehlungen und Vorgehensweise

Aufnahmesituation kennen! => Clutterness, Jahreszeit, Habitat.

Aufnahmeort und potenzielles Artenspektrum kennen (Kenntnis der Biologie und Verbreitungsgebiete der Arten).

Sonagram-Einstellungen überprüfen (FFT-Fenster, Überlappung).

Die Form der Rufe kann sehr bei der Bestimmung helfen. Daher ist es wichtig, diese Einstellungen bei der Betrachtung der Rufe einheitlich zu handhaben.

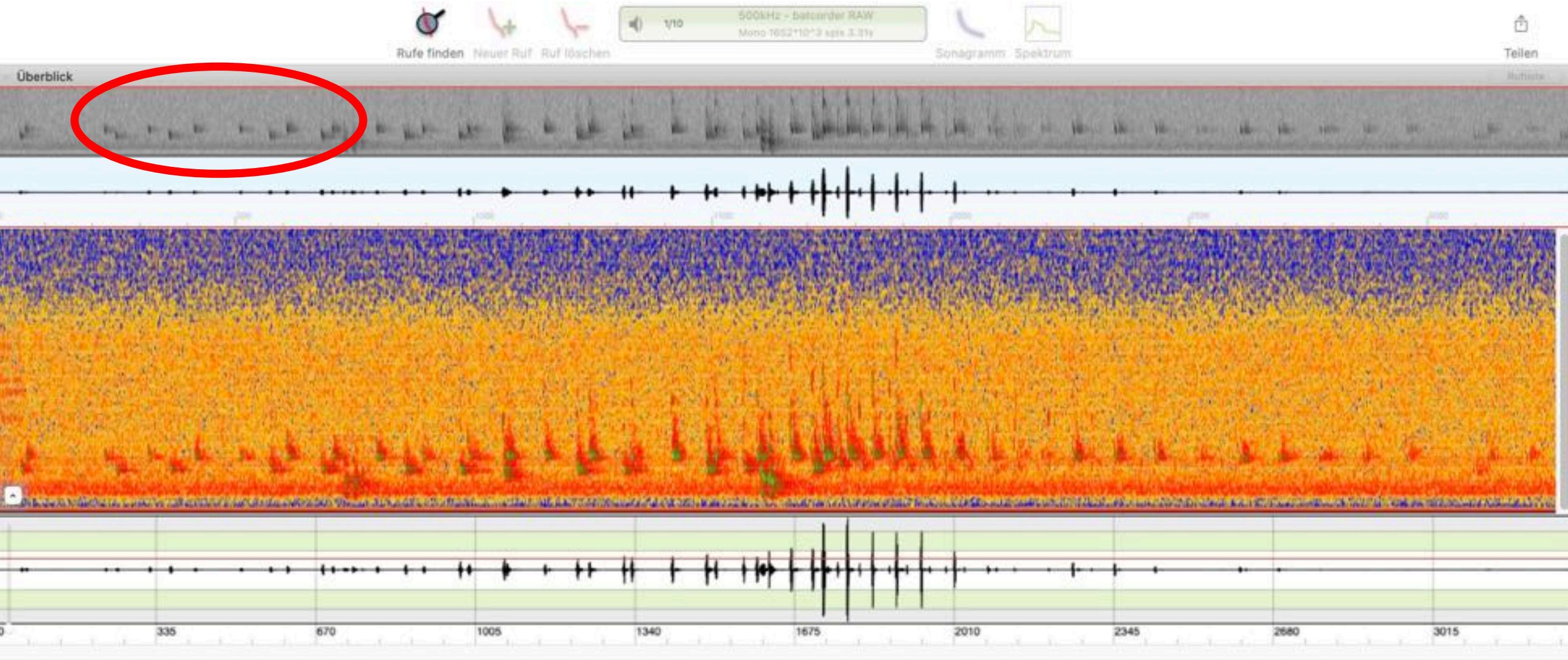
Sich immer zuerst einen Überblick über die gesamte Aufnahme verschaffen:

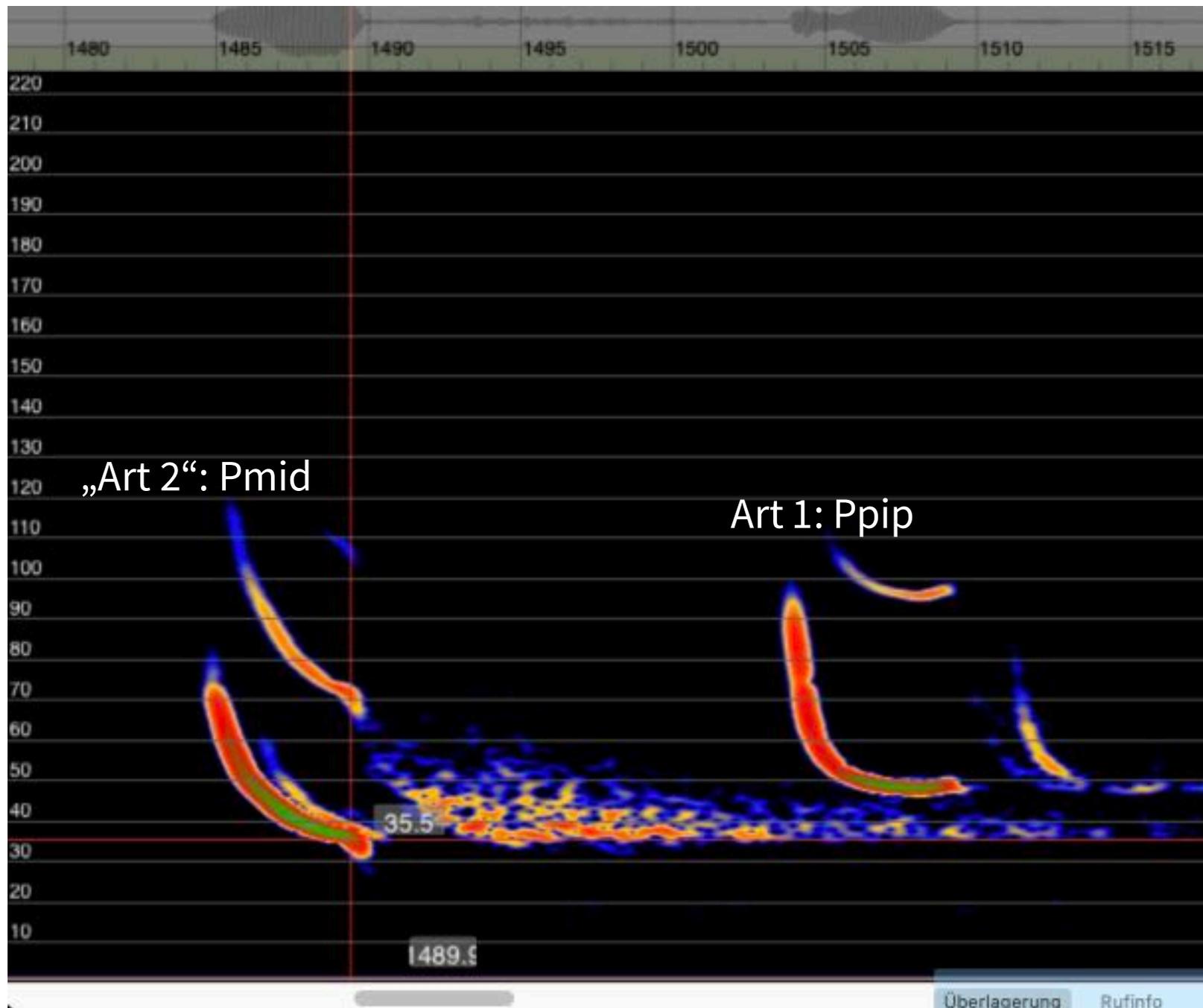
- mehrere Arten und/oder mehrere Individuen der gleichen Art aufgenommen?
- wie ist die Aufnahmequalität?
 - Abstand: Ruf \leftrightarrow Hintergrundrauschen
 - Ruflautstärke
 - Bruchstücke, Fragmente, Artefakte (wie z. B. Auslöschungen)?
- Besonderheiten? => Final Buzz, Sozialrufe?

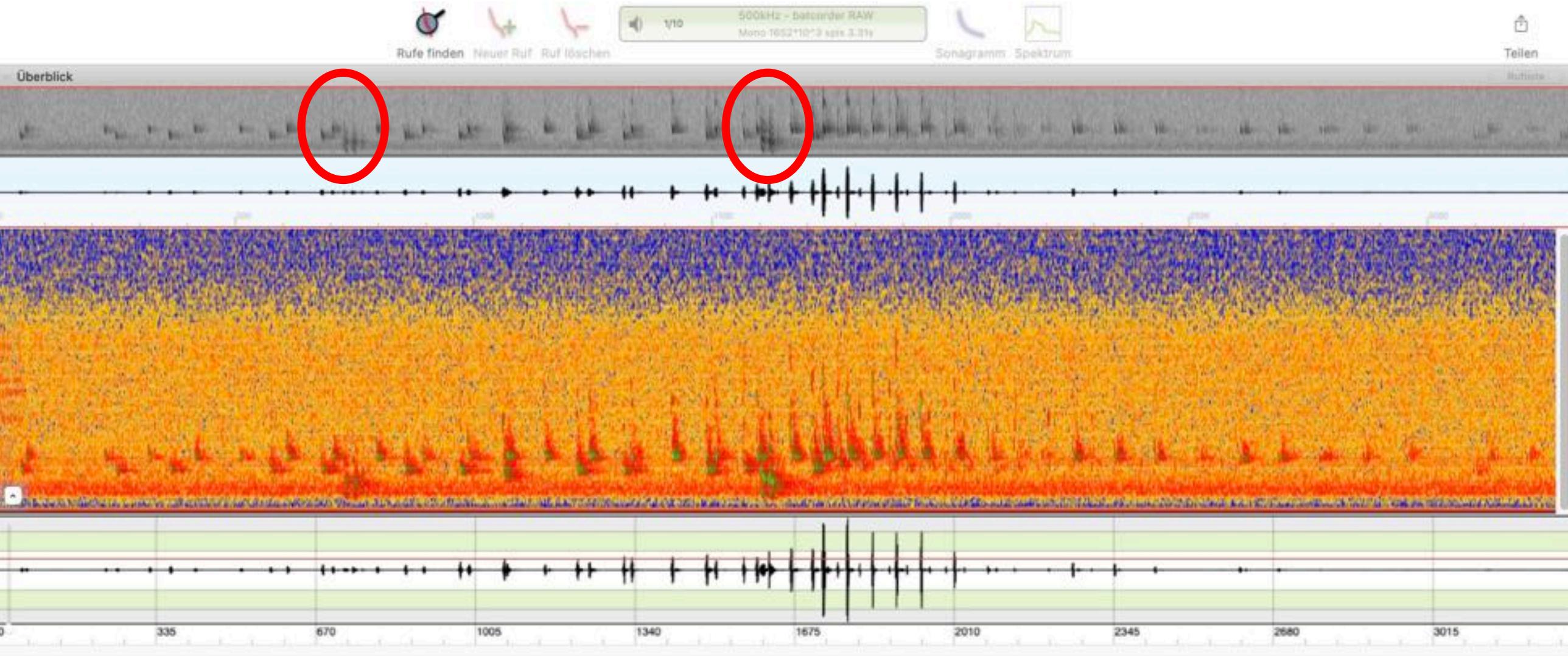
Nur Rufe mit guter Aufnahmequalität vermessen, keine Entscheidung anhand von Einzelrufen.

Bei der Messung der Rufparameter (z. B. Startfrequenz) immer die „besten Rufe“ verwenden.

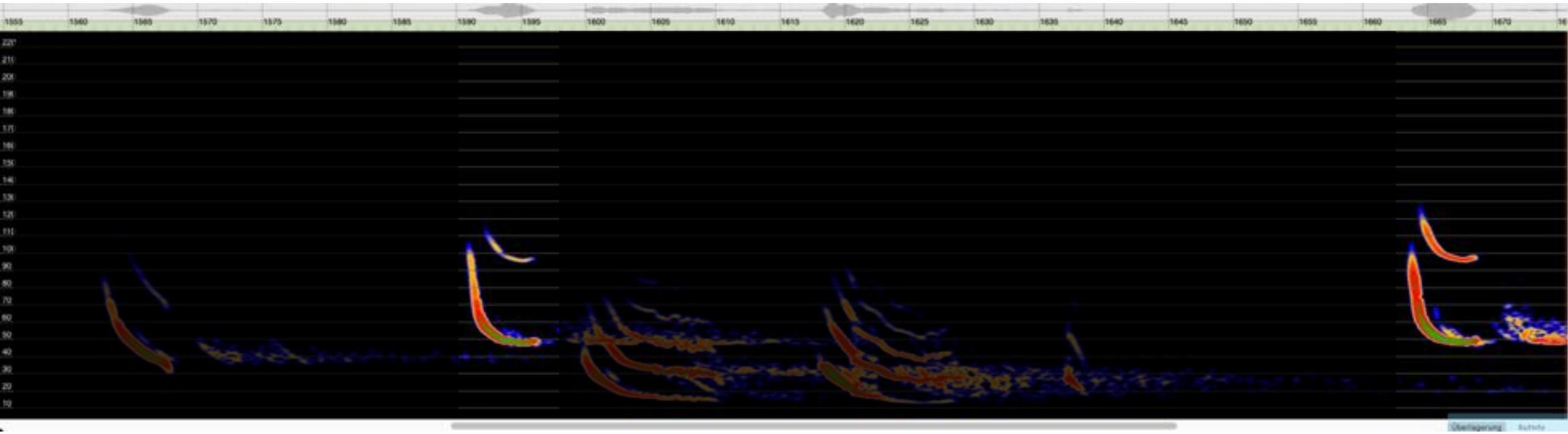
Beispiel 1: Mehrere Arten



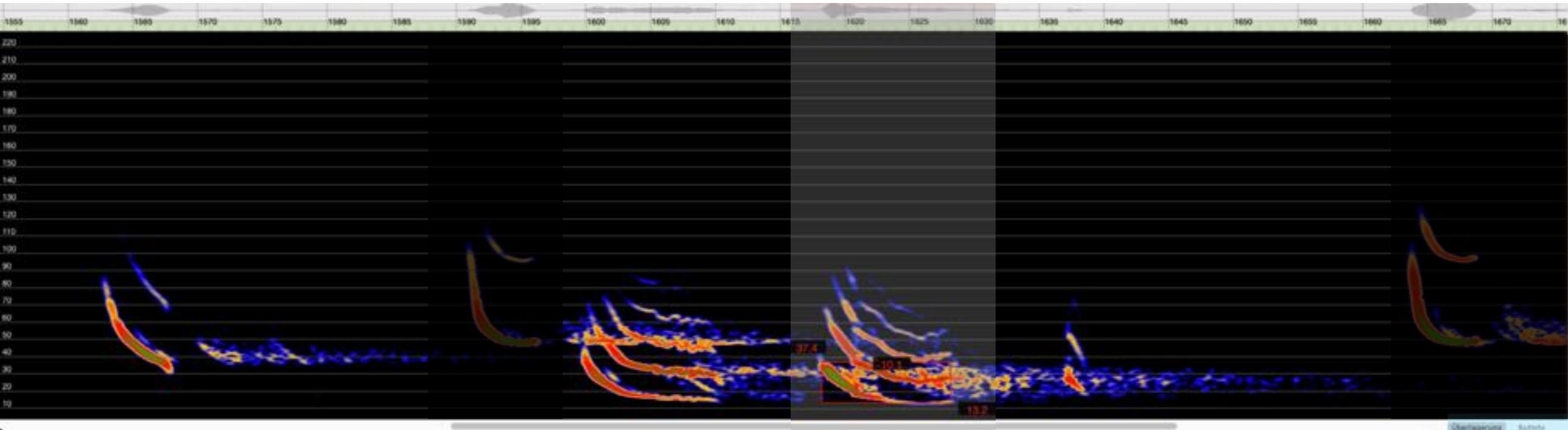




Zwergfledermaus

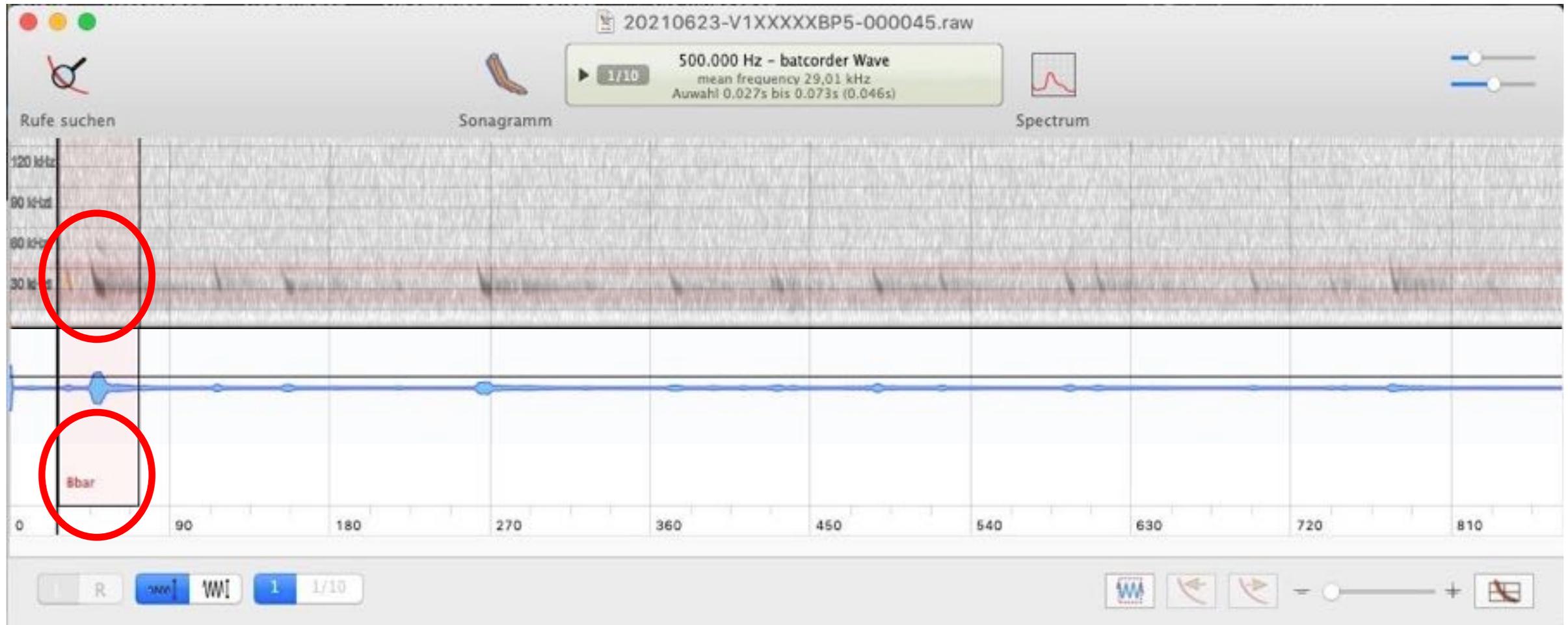


Pmid-Ortungsrufe mit artspezifischem Balztriller → Weißrandfledermaus

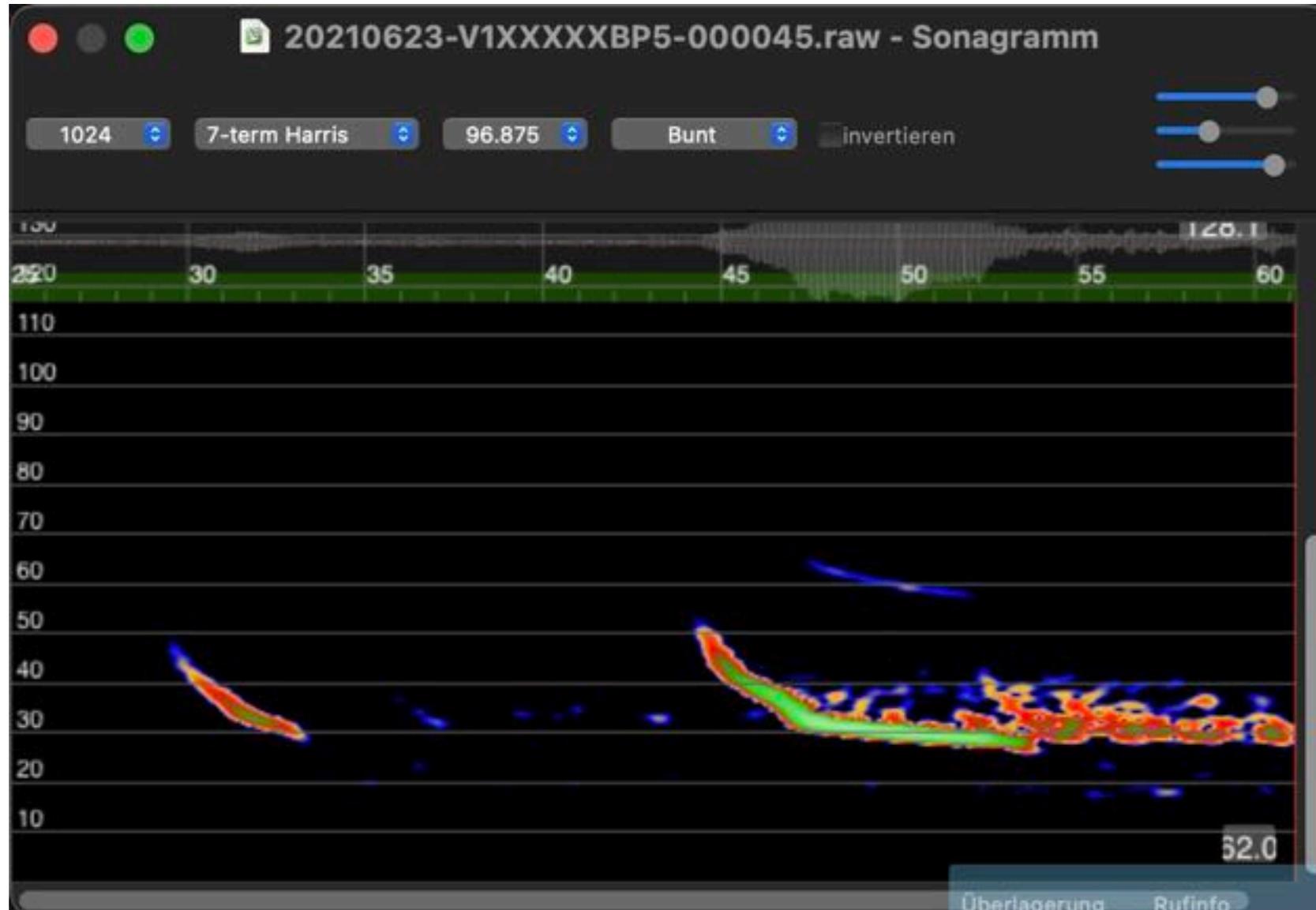


Beispiel 2: Fehlbestimmung der automatischen Analyse

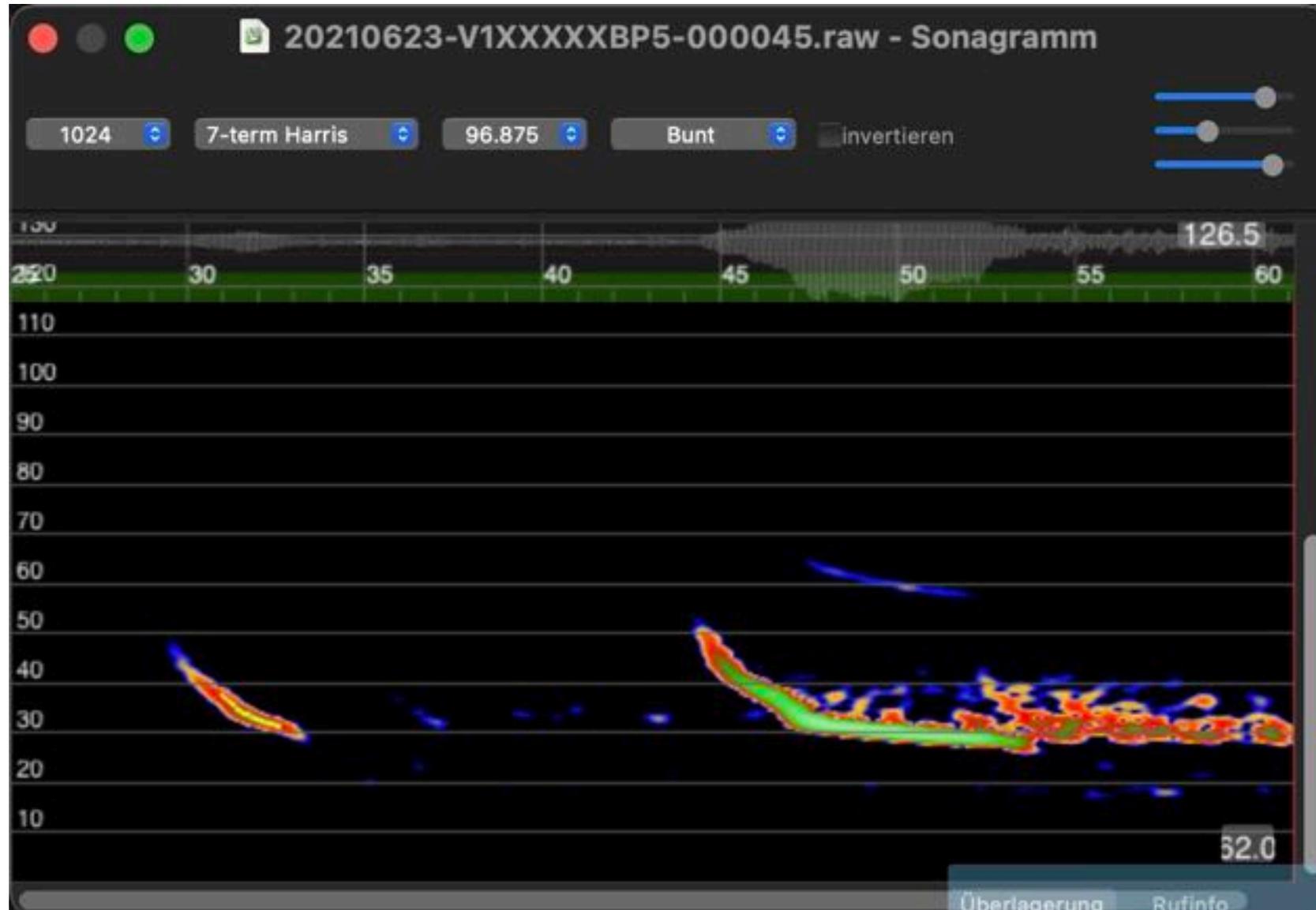
Rufaufnahme beim Ausflug einer Wochenstube der Nordfledermaus: Rufsequenz von zwei Individuen.
Vom Programm wurde nur der erste Ruf vermessen und als Mopsfledermaus fehlbestimmt.



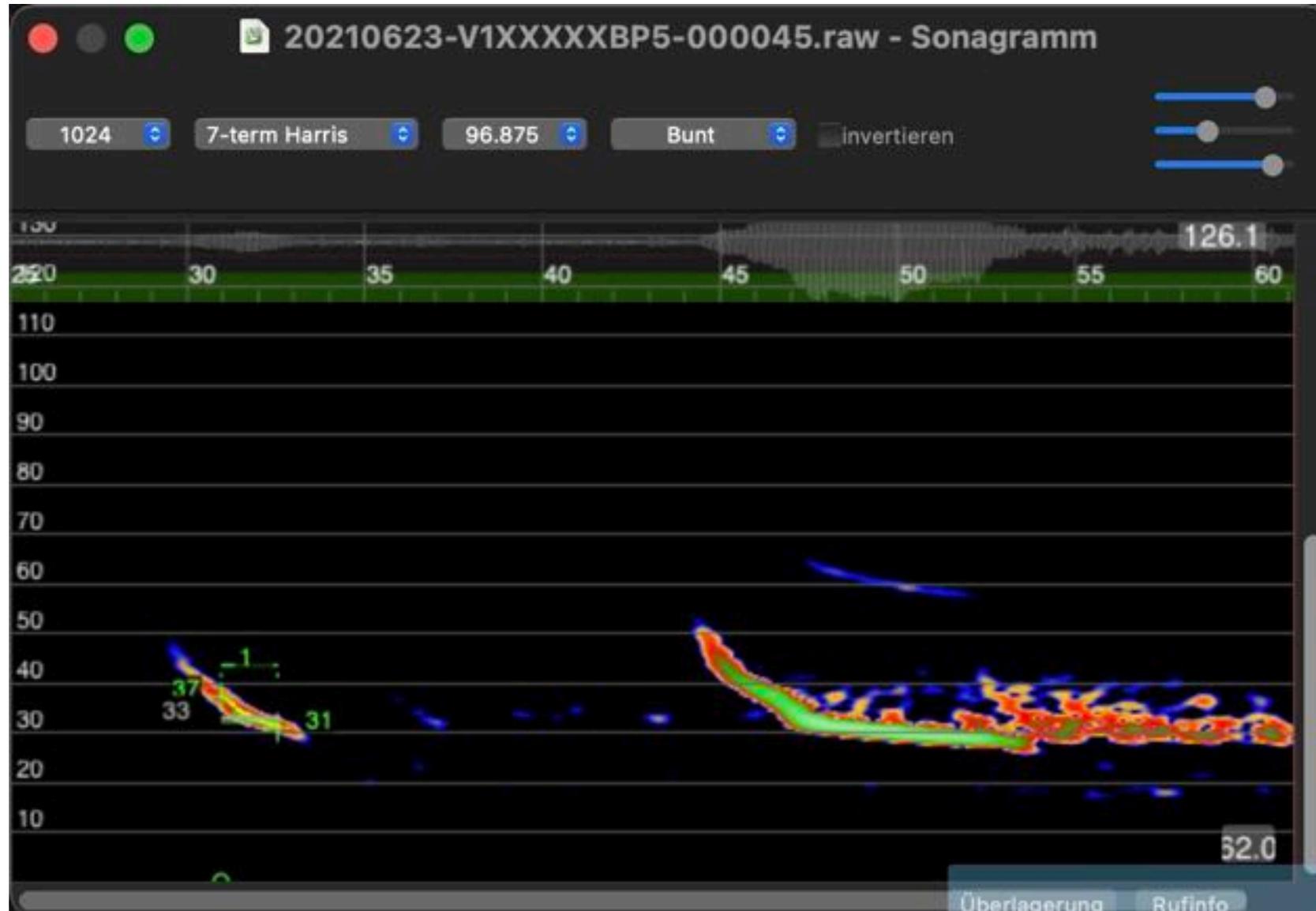
Die ersten zwei Rufe in der Sequenz, unterschiedliche Individuen, gleiche Art.



Nur der erste Ruf wurde unvollständig vermessen.



Nur der erste Ruf wurde unvollständig vermessen und als Bbar bestimmt.



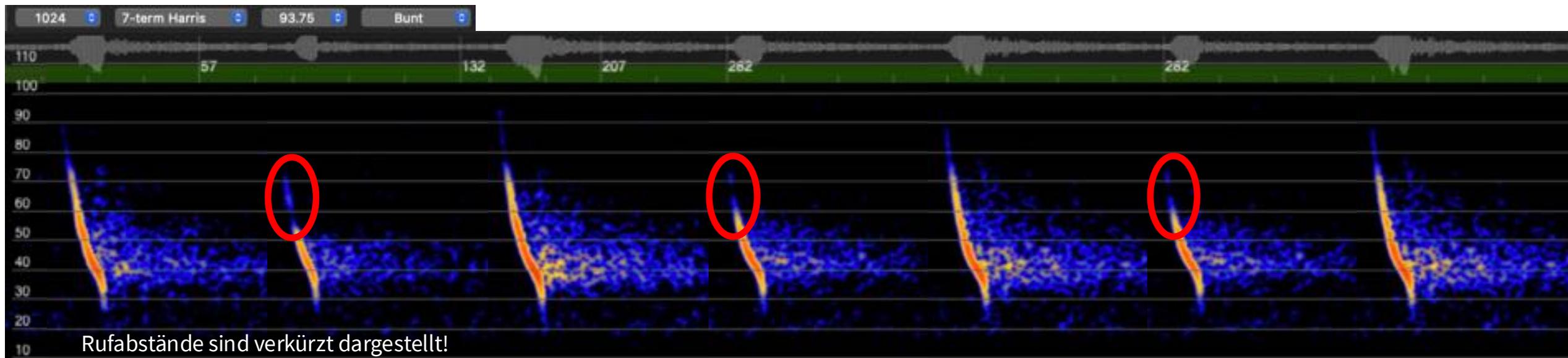
Beispiel 3: Nicht aufgenommener Rufbeginn

Rufabstände in Originalaufnahme konstant bei 77 ms.

Keine stochastischen Abstände → Rufe eines Individuums.

Kopfbewegung der Fledermaus → Bei jedem zweiten Ruf, „gehen“ die höheren Frequenzanteile am Mikro „vorbei“, da sie enger in der Schallkeule gebündelt sind.

Potenzielle Quelle für Fehlbestimmung, vor allem für die automatische Rufanalyse!

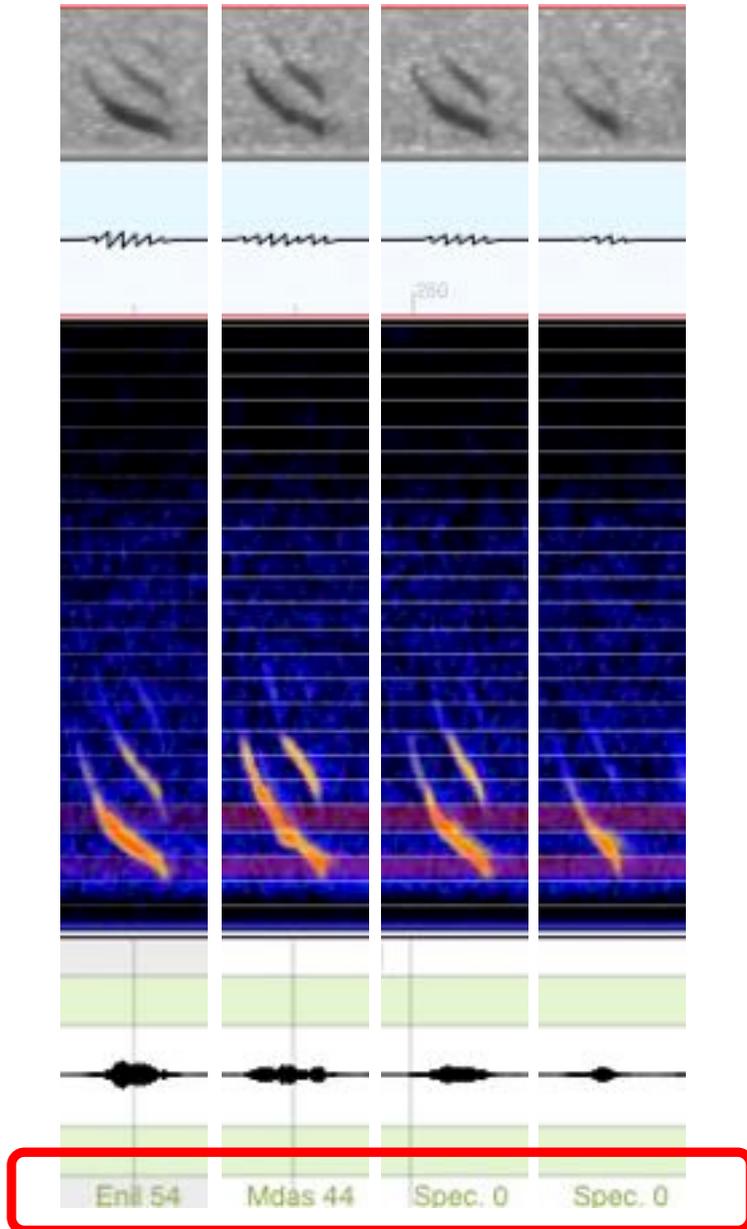


Beispiel 4: Unvollständig vermessene Rufe, Ruf-Fragmente

In der ersten Sequenz wurden die Rufe nur unvollständig vermessen. Ruffragmente sind hier Grundlage der automatischen Bestimmung. In der zweiten Sequenz sieht das besser aus.

Beide Aufnahmen wurden der Artengruppe „Nyctaloid“ zugeordnet.





Ruf 1 wurde als Nordfledermaus bestimmt,
 Ruf 2 wurde als Teichfledermaus bestimmt,
 Ruf 3 und 4 wurden lediglich als Fledermausruf erkannt.

Alle Rufe stammen vom Großen Mausohr, auch bei der Sequenz mit den 10 gut vermessenen Rufen (die auch als „nyctaloid“ bestimmt wurden)!

Alle Rufe über 6 ms lang Verwechslungsarten

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

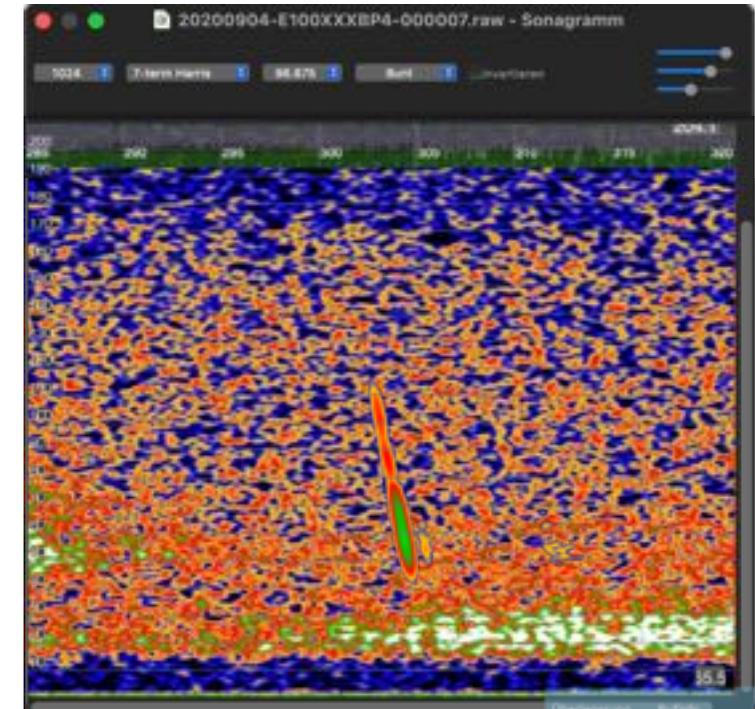
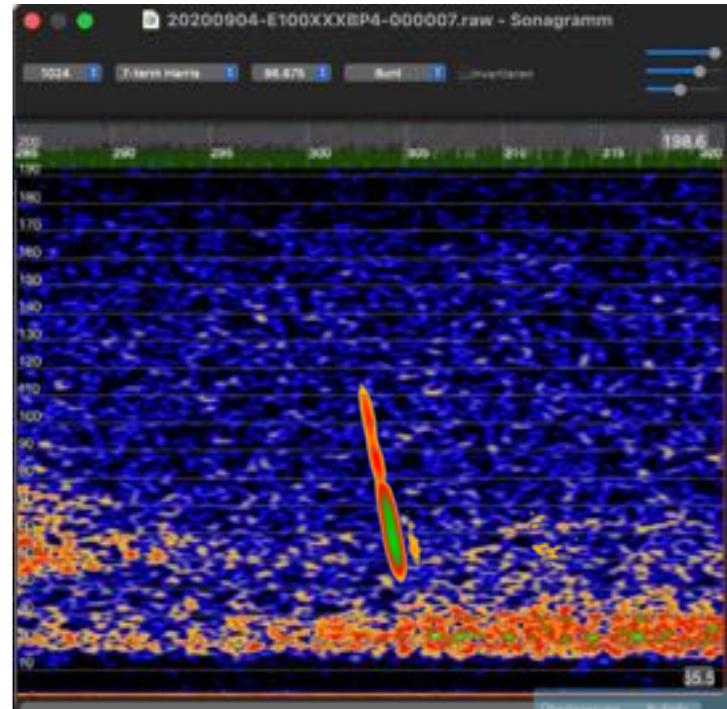
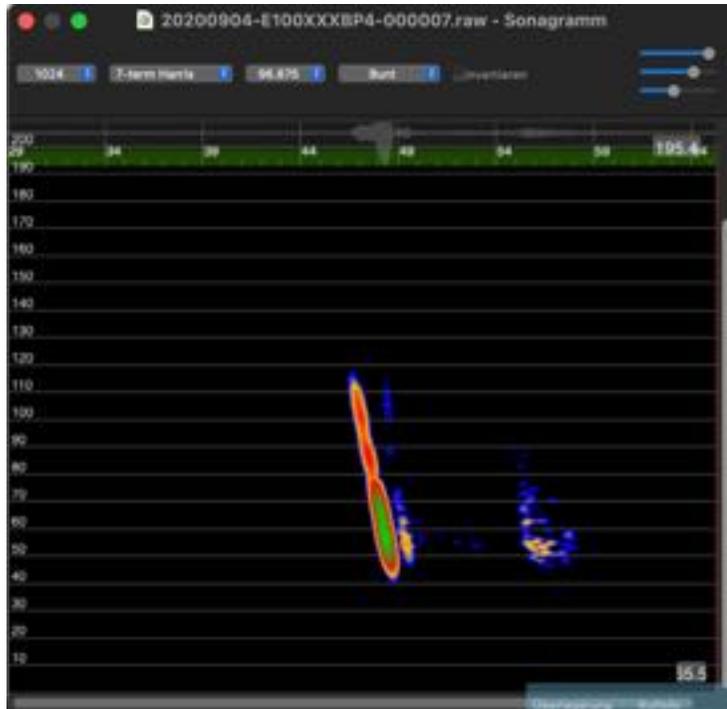
Ruftyp	F _{Start} (kHz)	F _{End} (kHz)	F _{Mk} (kHz) falls vorhanden	D (ms)	Verwechslungsarten	Bestimmbarkeit
fm kurz	(90)94–110(120)	(17)20–27(32)	–	2,5–3,5	Mdau	bestimmbar
fm mittel-lang	(70)90–105(120)	(16)23–25(27)	27–35(38)	>3,5–6	Mdau, Mdas, Mnat	bestimmbar
fm lang	(52)70–90(110)	17–25(27)	27–30(32)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

→ Kritisch bleiben!

→ Verwechslungsarten kennen.

Beispiel 5: Ungünstiger SNR

SNR: Signal to Noise Ratio (Signal-Rausch-Abstand)



hoher Signal-Rausch-Abstand

moderater Signal-Rausch-Abstand

niedriger Signal-Rausch-Abstand

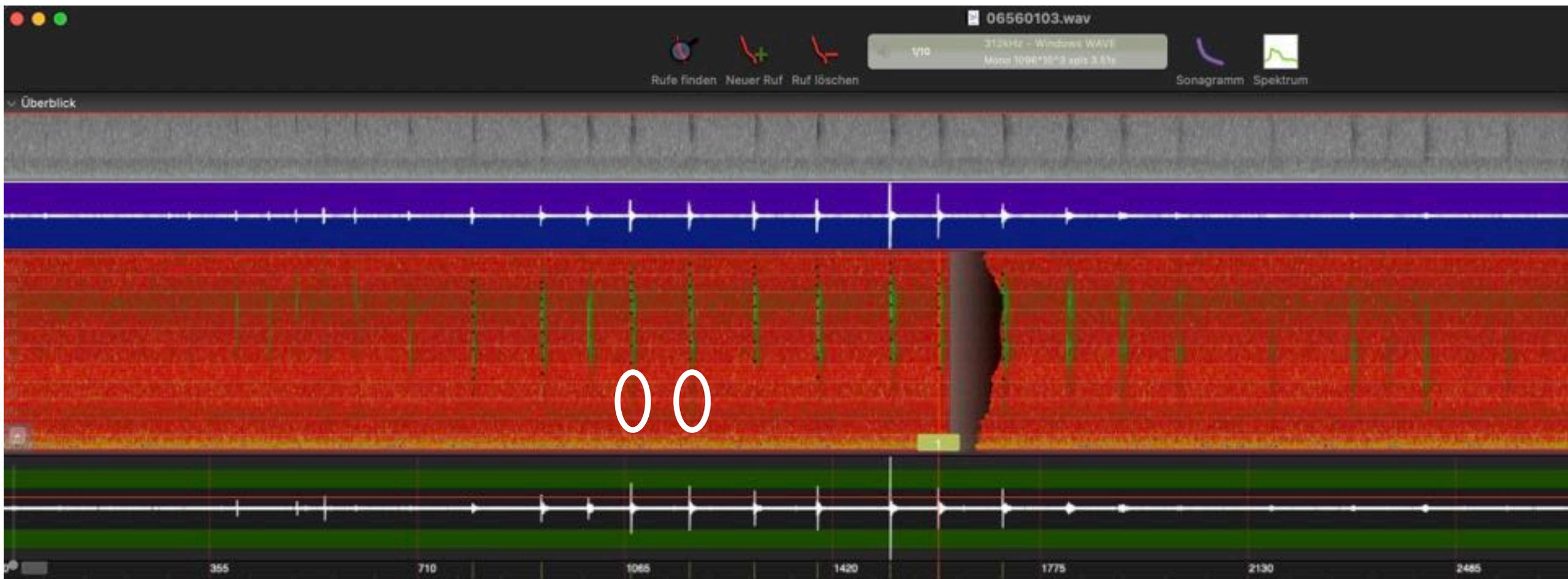
Ein zu geringer Signal-Rausch-Abstand kann dazu führen, dass „das Signal im Rauschen untergeht“.

Es kann vom System nicht mehr vom Rauschen getrennt werden und damit für die automatische Analyse nicht vermessen werden. Auch die manuelle Vermessung wird schwierig.

Beispiel 5: Ungünstiger SNR und nicht vermessene Rufanfänge und Rufenden

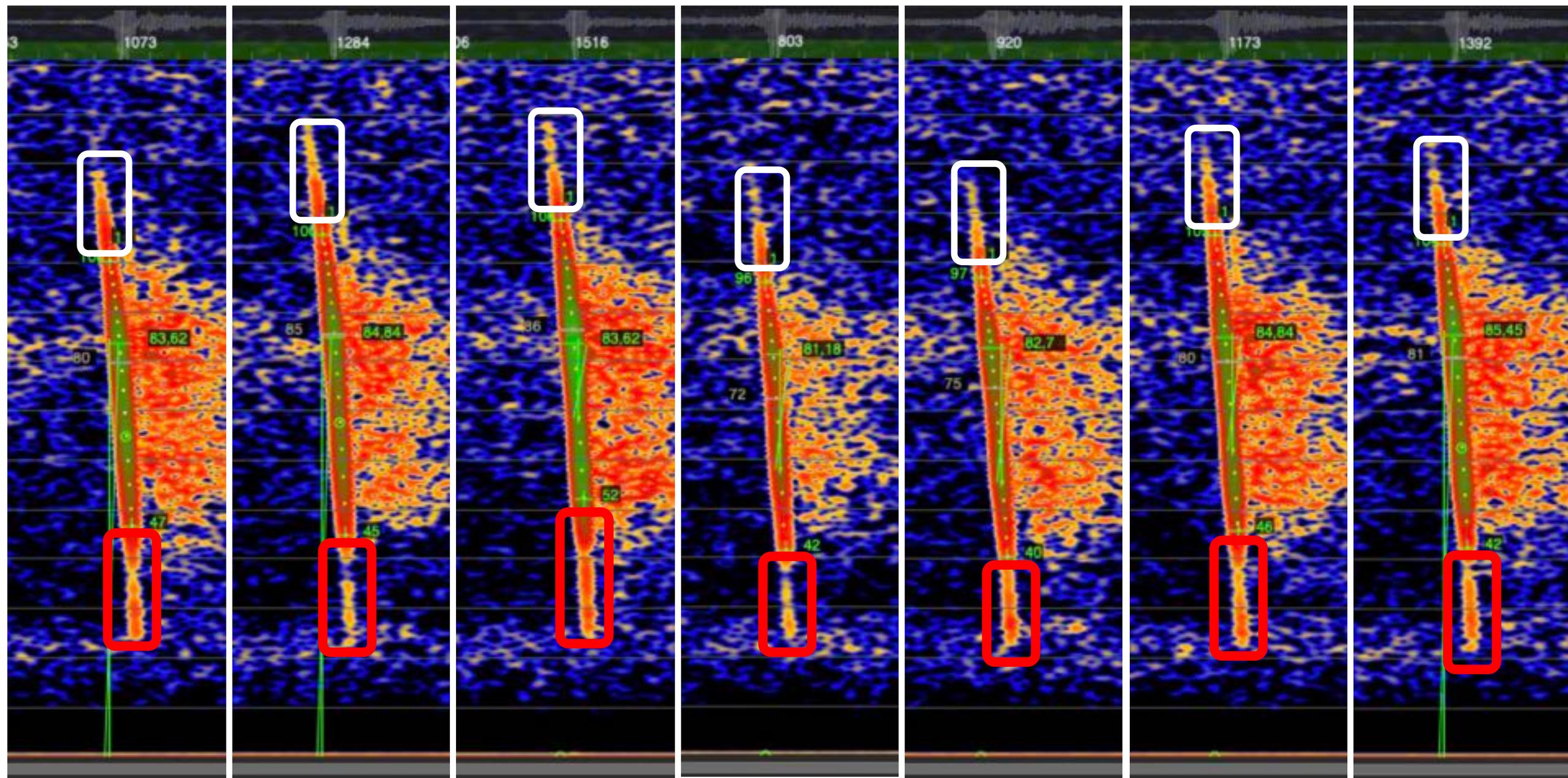
Sequenz wurde in der automatischen Analyse mit hoher Sicherheit als Wimperfledermaus bestimmt.

Doch schon in der Sonagramm-Vorschau lässt sich erahnen, dass Rufe nicht vollständig vermessen wurden!

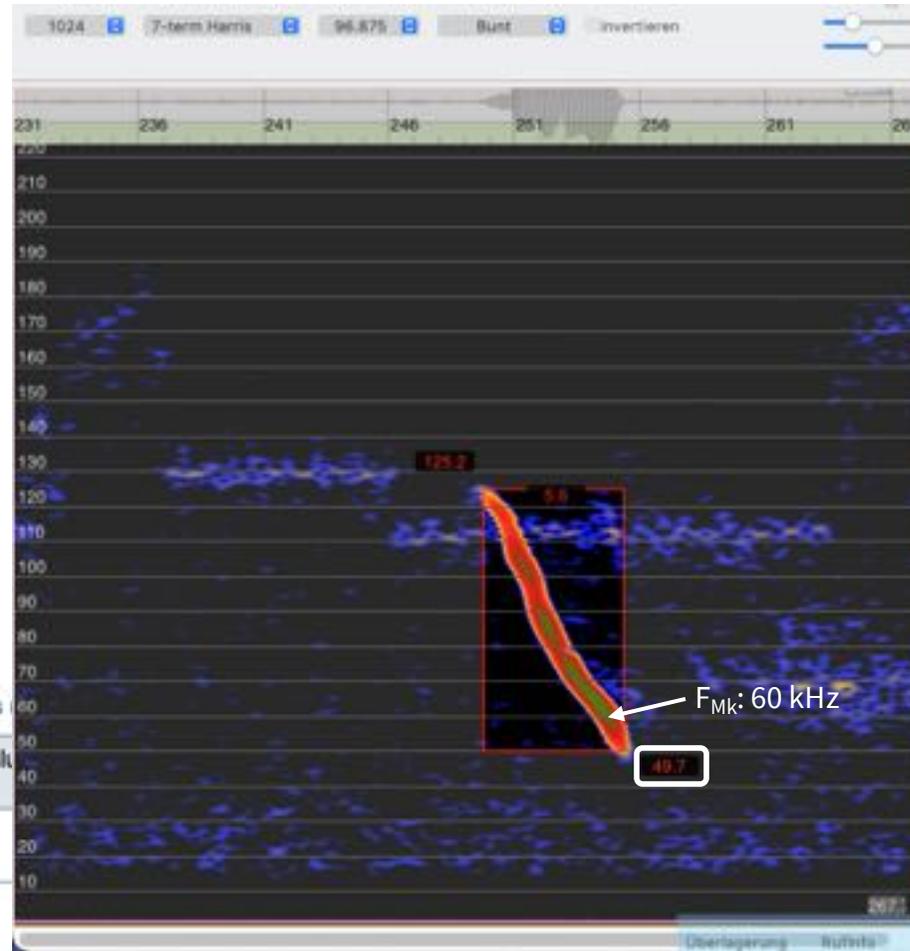


Nicht vermessene Rufanfänge und Rufenden.

Nicht vermessene Rufenden sind verantwortlich für die Fehlbestimmung. Es handelt sich um eine Fransenfledermaus.



Doch Vorsicht: Die Tiere halten sich nicht immer an die Vorgaben...



Fransenfledermaus:
 Ruflänge 5,6 ms
 Rufende: 49,7 kHz!
 F_{Mk} : 60 kHz

Tab. 8: Bereiche verschiedener Messgrößen der Ruftypen der Fransenfledermaus

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

Empfehlungen und Vorgehensweise

Bei Aufnahmen von stark echobelasteten Standorten (Höhle, Keller, Dachstuhl, Kuhstall und Ähnlichen) besondere Vorsicht walten lassen, da die Rufe oft „untypisch“ sind (Nahortung) und technische Artefakte auftreten können. Im Zweifel solche Rufe nicht zur alleinigen Artbestimmung heranziehen.

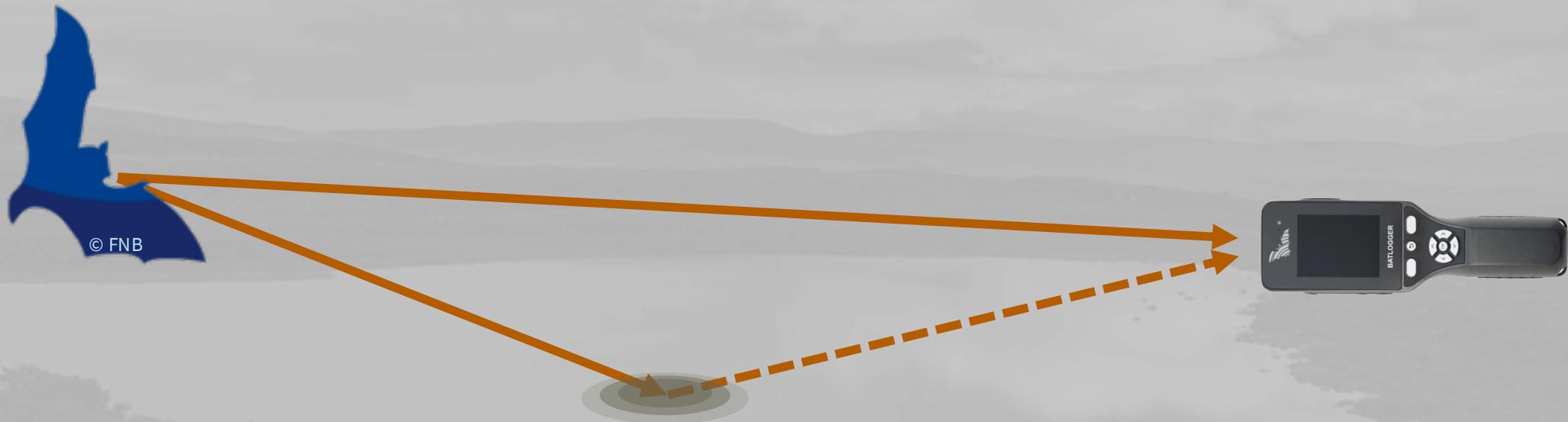
Beispiel 6: Artefakte – Auslöschungen

Eine Wasserfledermaus jagt knapp über der Wasseroberfläche.

Der Ruf wird direkt aufgenommen, aber auch das an der Wasseroberfläche reflektierte Signal

Das reflektierte Signal hat einen längeren Weg zum Mikrofon und trifft dort mit einer zeitlichen Verzögerung ein

→ Phasenverschiebung → Interferenzen zwischen direkt aufgenommenem und reflektiertem Signal

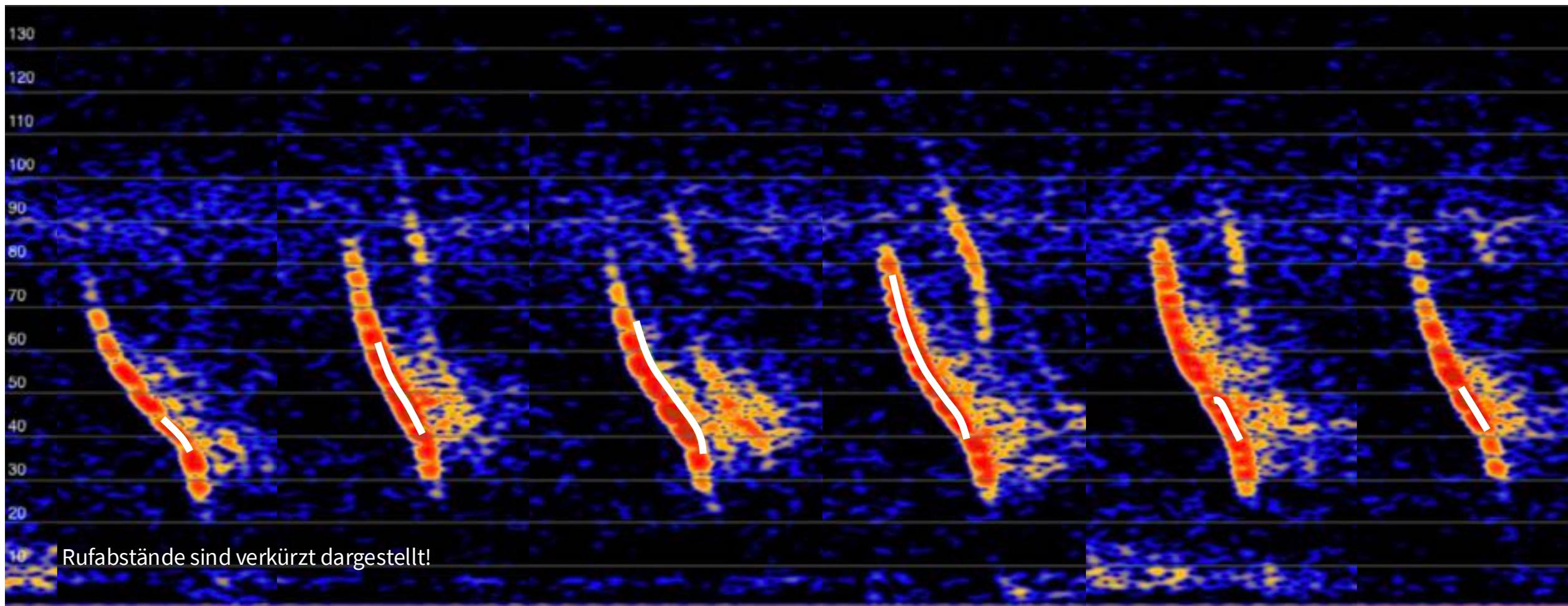


Beispiel 6: Artefakte – Auslöschungen

Wasserfledermaus jagend knapp über Wasseroberfläche:

Auslöschungen im aufgenommenen Ruf durch gleichzeitige Aufnahme des von der Wasseroberfläche reflektierten Rufes.

Unvollständige Rufvermessung durch das Programm.



Empfehlungen und Vorgehensweise

Zeitnahe Aufnahmen in Betrachtung einbeziehen, um Bestimmung abzusichern und um Verwechslungsarten zu identifizieren.

Verwechslungsarten kennen und im Hinterkopf haben.

Selbstkritisch bleiben, sich nicht überschätzen.

Im Zweifel auf höherem Bestimmungsniveau verbleiben: Konservativ entscheiden.

Auf höherem Bestimmungsniveau begeht man keinen Fehler.

Eine Art bestimmen, die gar nicht vorkommt, ist dagegen ein Fehler!



Take Home Message

Die Fledermaus möchte sich mit ihren Echoortungsrufen primär im Raum orientieren und Beute finden. Ihr liegt wenig daran, genau Ihnen ihre Artzugehörigkeit mitzuteilen.

Aufnahmesituation kennen: *Wie siehts dort aus?* (Lebensraum, Ort und Datum, Witterung, Clutterness).

Zwischenartliche und innerartliche Variabilität (Flexibilität) bedenken.

Verwechslungsarten kennen; Sich der physikalischen Gesetze bewusst sein.

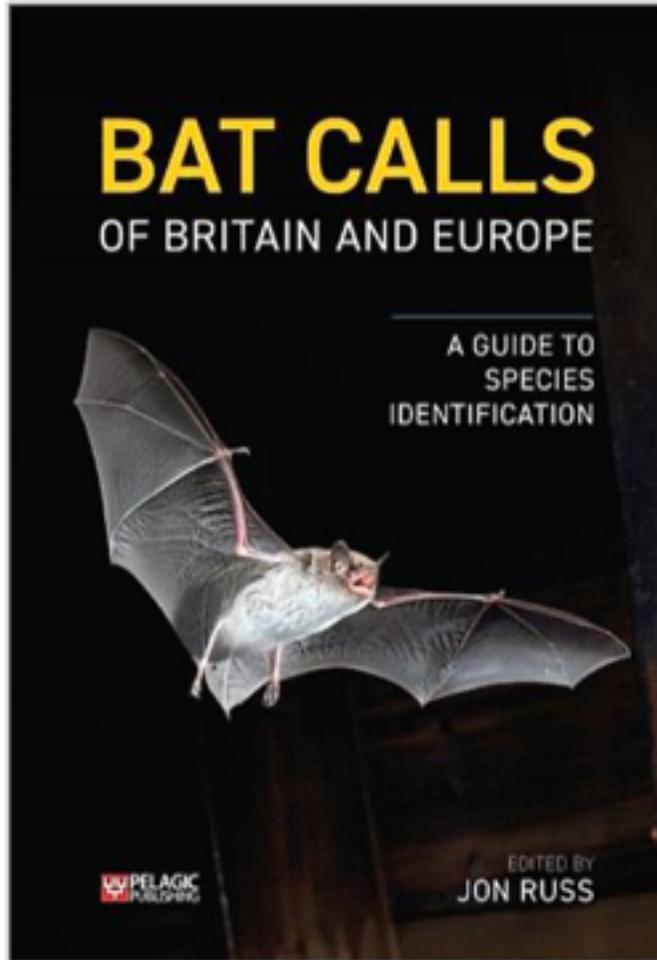
Das Sonagramm ist „lediglich“ ein Abbild der Wirklichkeit und durch die Übersetzung des Signals aus der analogen in die digitale Welt mit Ungenauigkeiten behaftet.

Richtige Einstellungen des Sonagramms wählen: FFT-Fenster (Typ, Breite) und Überlappung.

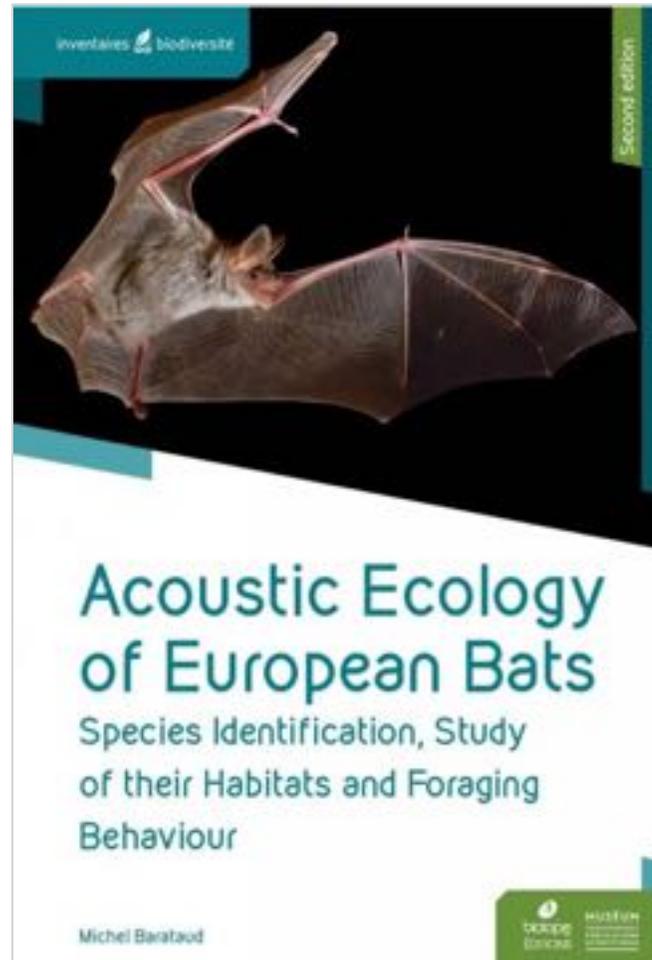
Vorsicht bei qualitativ minderwertigen Aufnahmen.

Bleiben Sie sich selbst gegenüber kritisch, aber auch gegenüber automatischen Bestimmungsergebnissen.

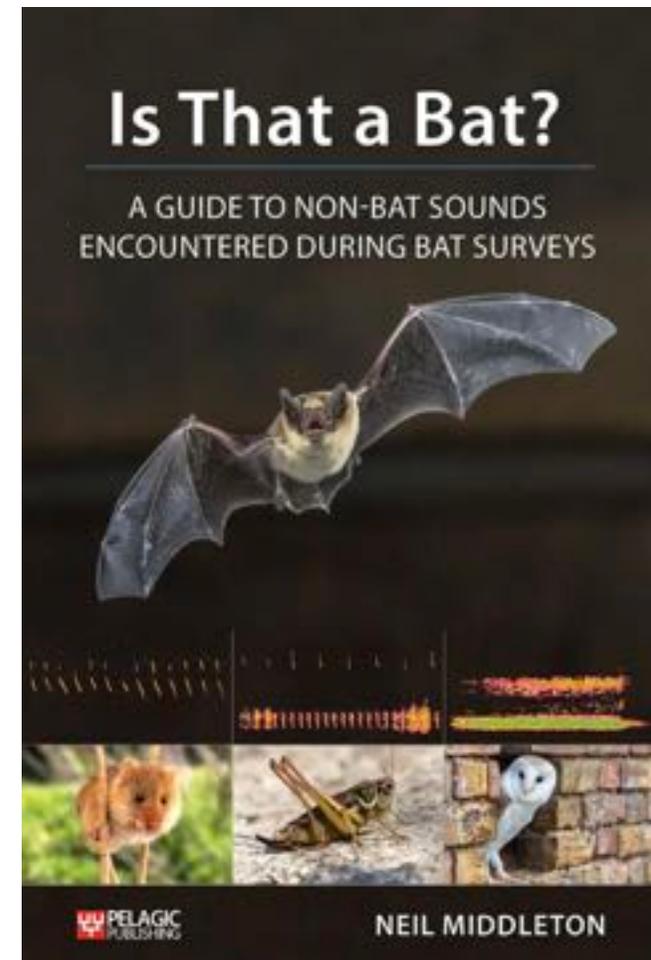
Weitere Literatur



ISBN 978-1-78427-225-8



ISBN: 978-2-36662-244-7



ISBN: 978-1-78427-197-8

Weitere Literatur

<https://www.lfu.bayern.de/natur/fledermausschutz/lautaufzeichnungen/index.htm>

**Akustische Erfassung von Fledermäusen
in unterirdischen Quartieren**

B. Wimmer¹, K. Kugelschafer²

¹ Burgstr. 65a, 82467 Garmisch-Partenkirchen
² Hollensgraben 27, 35102 Lohra

Zusammenfassung:
Die akustische Langzeit-Erfassung von Fledermäusen wurde in den letzten Jahren technisch enorm weiterentwickelt und stellt auch an unterirdischen Quartieren je nach Fragestellung eine sinnvolle Ergänzung oder sogar Alternative zu herkömmlichen Methoden dar. Um neben der Aktivität auch die Artzusammensetzung erfassen zu können, ist jedoch eine intensivere Kenntnis der Rufe der verschiedenen Fledermausarten an diesen Quartieren Voraussetzung. In der vorliegenden Untersuchung wurden bei Fotomonitoring-Untersuchungen akustische Referenzaufnahmen verschiedener Arten gewonnen und Rufparameter vermessen. Ziel war es, eine brauchbare Bestimmungshilfe für Rufe an unterirdischen Quartieren zu schaffen. Es werden Chancen und Grenzen akustischer Erhebungen an unterirdischen Quartieren aufgezeigt und Empfehlungen für das Untersuchungsdesign gegeben.

1. Einleitung

Akustische Dauerbeobachtungsmethoden können an unterirdischen Quartieren rel. effizient und störungsarm eingesetzt werden. Der gleichzeitige Vergleich der Intensität sowie des jahreszeitlichen Verlaufes der Aktivität ermöglicht Aussagen zur Funktion und Bedeutung der Quartiere in einem Untersuchungsraum. Dabei stehen den Vorteilen der Methodik aber auch Nachteile gegenüber:

Vorteile:	Nachteile:
– nahezu störungsfreie Methode	– Diebstahlgefahr für die Geräte
– ermöglicht Erkenntnisse auch über nicht betretbare Hohlräume	– Technik leidet durch Nässe
– keine Begehungen in gefährlichen Bereichen notwendig	– hoher Aufwand für die manuelle Lautanalyse
– Aussagen zur Quartierfunktion möglich	– Unterscheidbarkeit mancher Arten schwierig oder unmöglich
– Vergleich der Aktivität an verschiedenen Quartieren möglich	– keine Aussagen zu Individuenzahlen möglich

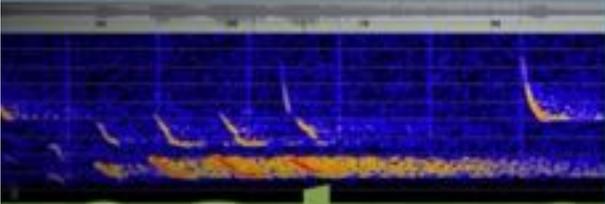
Um Aussagen über die Artenzusammensetzung an den Quartieren treffen zu können, ist eine detaillierte Kenntnis von Ortungs- und Sozialrufen erforderlich. Die vorliegende Arbeit hat deshalb das Ziel, eine für Freilanduntersuchungen brauchbare Bestimmungshilfe zu schaffen.

1.1 Ortungsrufe
Aufgrund der spezifischen akustischen Erfordernisse nutzen Fledermäuse zur Nahorientierung meist kürzere Rufe in kürzeren Rufabständen und häufig in etwas höheren Frequenzbereichen als im freien Flug (z. B. Skiba, 2003). In der echoreichen Umgebung von Quartieren kommt hinzu, dass die Rufe oft relativ leise sind, vielleicht um lautstarke Echos von den Wänden zu vermeiden. Bei der Artbestimmung der Ortungsrufe an unterirdischen Quartieren erscheinen zunächst die *Myotis*-Arten besonders problematisch. Zur Nahorientierung nutzen *Myotis*-Arten extrem kurze, oft in einem höheren Frequenzbereich

Bayerisches Landesamt für
Umwelt 

**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*

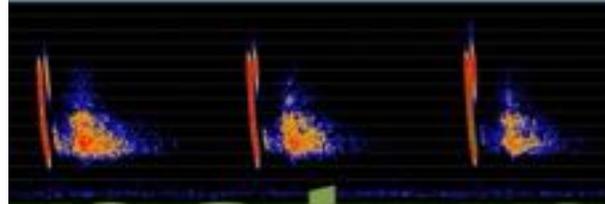


Fledermausschutz in Bayern

Bayerisches Landesamt für
Umwelt 

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

Teil 2 – Gattung Myotis



Fledermausschutz in Bayern

A photograph of a bat in flight, with its wings fully extended. The bat is positioned centrally, facing slightly to the left. Its wings are a light brown color with visible veins. The bat's body is also light brown with some darker markings. The background is solid black.

Danke für ihre Aufmerksamkeit
und
viel Spaß beim Rufe
Bestimmen.