

5 Buckelwale singen zusammen (2) - 100-3000 Hz und 2x/4x verlangsamt - mit Spektrogrammen und Notation

Beschreibung und Analyse zum Video: <https://youtu.be/A8mT08B0DRk>

Die Audioaufnahme stammt von dem Video "Whale Song":
<https://youtu.be/WabT1L-nN-E?si=E0W0vq5DK8p2vyDa>

00:00 - Gesang bei 100 - 3000 Hz / A2 - F#7 / ab 2:25 Teil B
03:12 - 2x verlangsamt - 50-1500 Hz - mit Notation
0:9:15 - 4x verlangsamt - Klanggestalten unter Wasser (ohne Klaviatur und Tonhöhe)
18:34 - 1 Wal singt Tonfolgen bei 1-3 kHz - 8x verlangsamt
19:58 - Klangfolgen in Wassersphären - 16x verlangsamt
21:50 - Hörerfahrung - eine Klangreise durch einen Spektralklang:
pulsierender Spektralklang - virtueller Grundton Es2 - 3. (B3) bis 48. (B7) Teilton
24:24 - eine Hörerkundung durch das Spektrum des Grundklangs Fis3 (1.-20. Teilton)

Empfehlung: mit guten Kopfhörern anhören

In der Aufnahme sind 5 Wale zu hören, die in unterschiedlicher Kombination in verschiedenen Phasen zusammen singen. Jeder Wal singt eigene spezifische Klangfiguren in bestimmten Lagen. Die Nummerierung in den Spektrogrammen mit der Notation gilt nur für die Unterscheidung in den jeweiligen Phasen, soweit ich sie nach Lautstärke, Entfernung und Klangfigur zuordnen konnte. Die Zuordnung einer Gesangsphrase zu einem bestimmten Wal war dann relativ einfach, wenn 2 oder 3 Wale gleichzeitig ihre eigene Klangfigur singen oder ein Wal gerade nicht zu hören ist, weil er atmet, während die andern singen. Teilweise gehen Klangfiguren ineinander über, erklingen gleichzeitig oder unterscheiden sich deutlich in der Lage.

Die einzelnen Wale können ihre eigenen Motive zum Teil ziemlich exakt wiederholen in Bezug auf Tonhöhe, Klangfigur und Spektrum, teils mit nur minimalen Abweichungen, und sie können sie auf unterschiedliche Art variieren (Tonhöhen, Ablauf, Lautstärke, Bewegungsdynamik). Wenn sie gleichzeitig singen oder unmittelbar aufeinander reagieren, korrespondieren die Klangfiguren miteinander, fügen sich rhythmisch und in der Bewegungsform ineinander und sind im Spektrum aufeinander abgestimmt. Jede Phase hat ihre eigene Struktur, im rhythmischen Ablauf und der Art der Motive, welcher Wal wann mit welchem andern Wal in welcher Lage singt, wann ein Wal Luft holt. Manche Phasen haben sogar eine spezifische spektrale Matrix, in der die Tonhöhen, Tonbewegungen und das Klangspektrum jeder Stimme miteinander korrelieren und korrespondieren.

Besondere Motive und ihre Analyse:

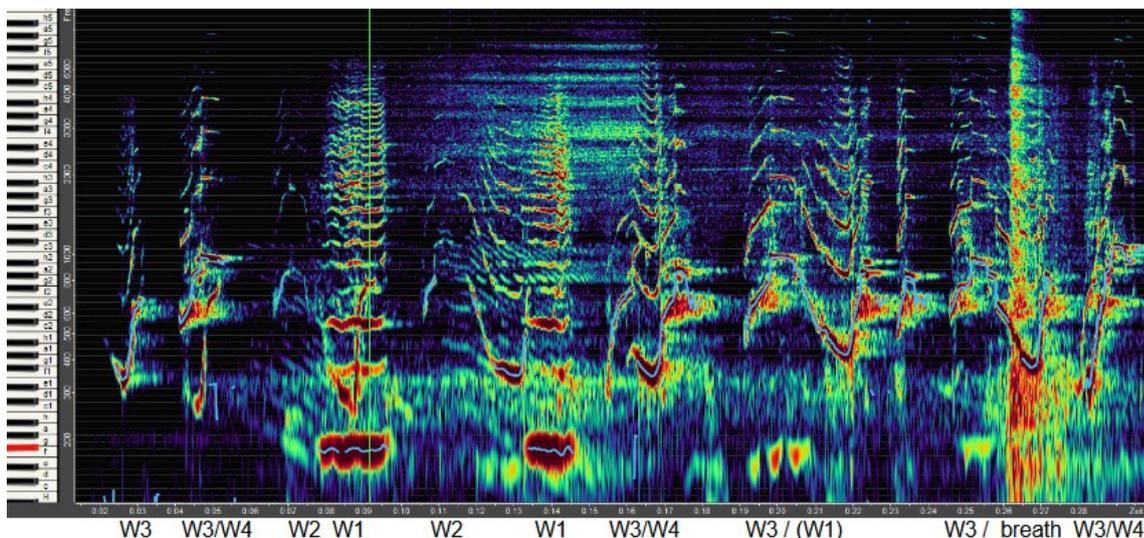
- Korrespondenzen im Spektrum bei 2 Walen (Phase 2 S. 3)
- Glissando: Wie reguliert ein Buckelwal die Tonhöhenveränderung unabhängig von Lautstärke, Klangqualität und Schwingungsmodell (Randschwingung - Vollschiwingung). (Phase 2 S. 4)
- pulsierende Spektralklänge - ein ganz besonderes Phänomen des Walgesangs (Phase 3 S. 6)
- Tonfolgen von Wal 5 (Phase 4 S. 7)

Appendix - all spectrograms from the video

- Humpback Whales singing at 100 - 3000 Hz / A2 - F#7 - p. 11
 - 2x slowed down with notation
 - 1 whale sings tone sequences at 1-3 kHz - slowed down 8x
 - pulsating spectral sound - virtual fundamental Eb2 - 3. (Bb3) to 48. (Bb7) partial
 - fundamental sound F#3 (183 Hz) with full spectrum up to the 28th partial E8 (5124 Hz)
- a listening exploration of the sound spectrum
from the fundamental to the 20th partial A#7 (3660 Hz)

Siehe auch das Video "Buckelwale (1)": <https://youtu.be/l5tjGprhONo>
und den Text dazu auf der Webseite, u.a. mit dem Thema "Unter-Wasser-Singen"

Phase 1 - 30 s



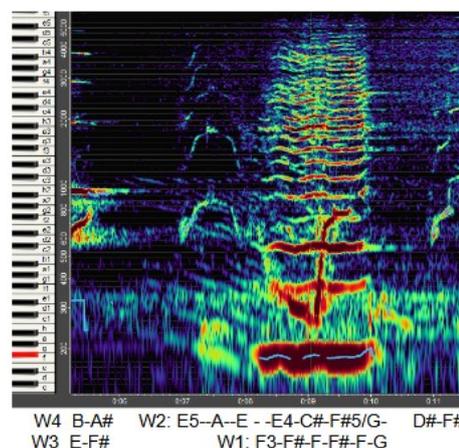
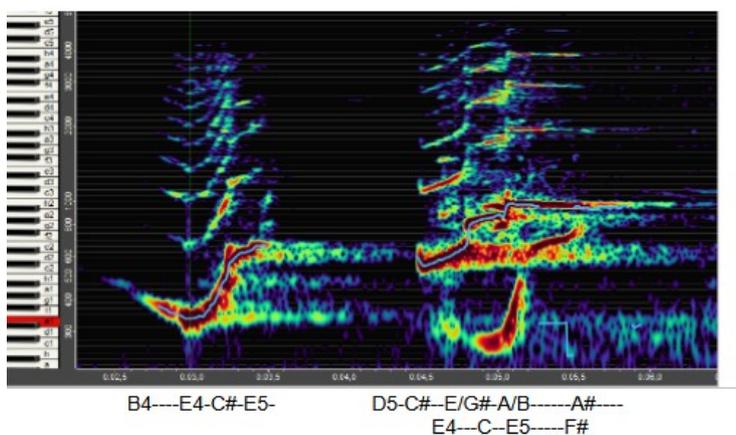
"Wal 1": die "Baßstimme", volle Grundtonklänge zwischen C3 und F#3 (130-200 Hz), Dauer 1-2 Sekunden, komplett abzählbares Spektrum bis zum 28. Teilton bei 5000 Hz (siehe Video 24:24 Spektrum Grundtonklang F#3)

"Wal 2": mehrmals gleichzeitig mit W1, weiter entfernt, große wellenartige Glissandi durch 2 Oktaven (12x mit minimalen Abweichungen), häufig in Intervallbeziehungen, in der Dynamik mit Crescendo in die Tiefe, Dauer 2-3 (3,5) s

"Wal 3": ähnlich wie W2 große wellenartige Glissandi, Glissandi mit Intervallen in Kombination (Quarte, Terz, Quinte, Sexte), Dauer 2 s (Bild unten rechts)

"Wal 4": im "Duett" parallele Klangfiguren mit W3 (siehe unten)

Für Wal 1, 2 und 3 habe ich in diesem Text in allen Spektrogrammen die Nummerierung beibehalten, soweit ich mir hinreichend sicher war.



Ein echtes kleines Duett, sehr reizvoll klingend, am Beginn der Aufnahme von W3 und W4.

W3: B4--E4--C#5-E-- (Quinte-Sexte-Oktave)

W4 wiederholt den Schluß von W3 mit der Terz C#→E, springt in die Große Terz G#→A und weiter zum B und allmählich zum A#.

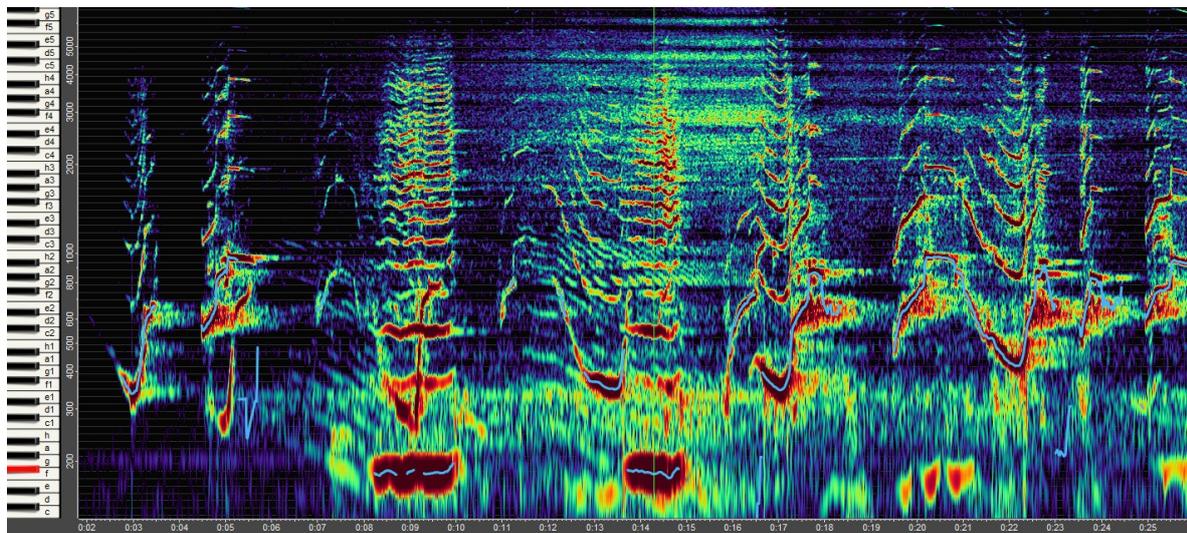
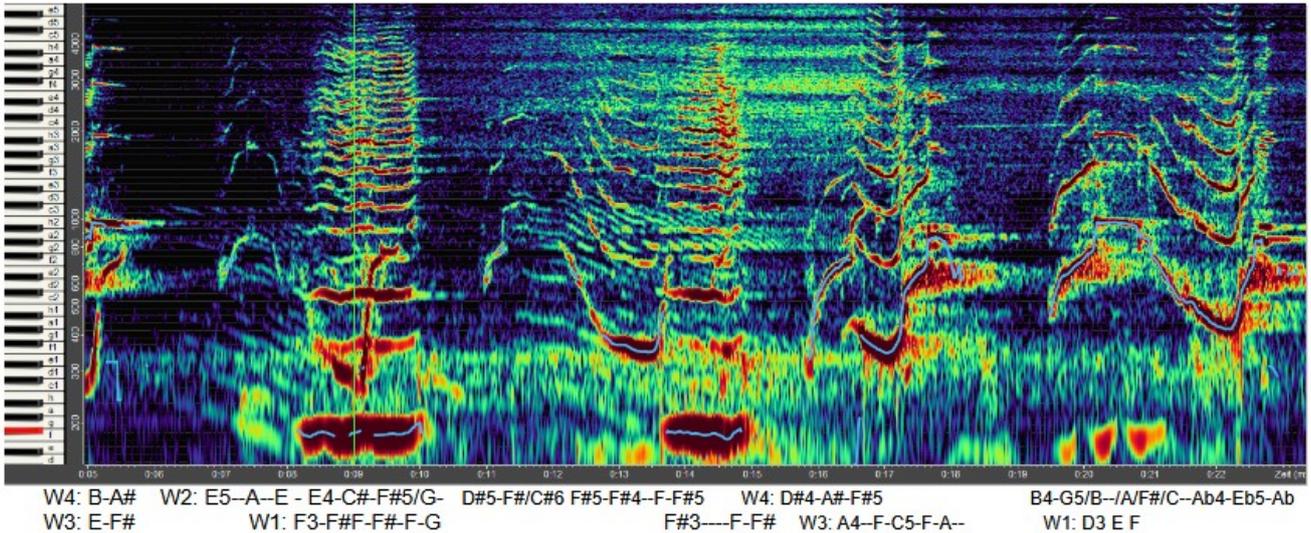
Dazu erklingt von W3 parallel und in Gegenbewegung die Oktave (E4/E5), die Sexte (C4/A5), die Quinte (E5/B5) und am Ende die Terz (F#/A#).

Rechts: W2 knüpft an das Quinte-Terz-Intervall von W3/W4 an und führt eine große Glissandowelle von "A-Dur" (E5-A-E→E4-C#) in die Quinte F#3/C#4 ("F#-Dur") und weiter zum 4. Teilton von F#3 (W1) und endet wie W1 auf dem G.

Nach dem letzten F#5 startet W2 eine zweite Glissandowelle von D#5-F# (F#5 = 4. Teilton von F#3-W1) springt in die Quinte C#5 und wieder zum F#5 und gleitet von dort eine Oktave tiefer zum F#4-F- und endet auf F#5, wenn gleichzeitig W1 zwei Oktaven tiefer mit F#3 zu seinem vollen Grundklang ansetzt.

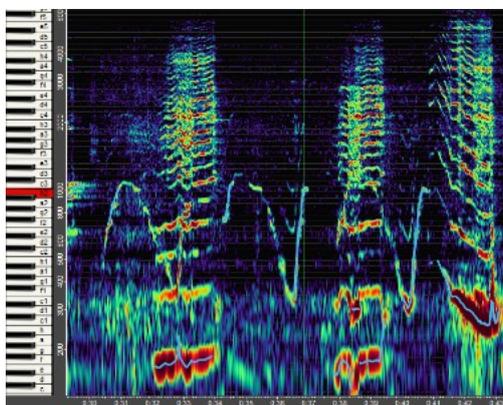
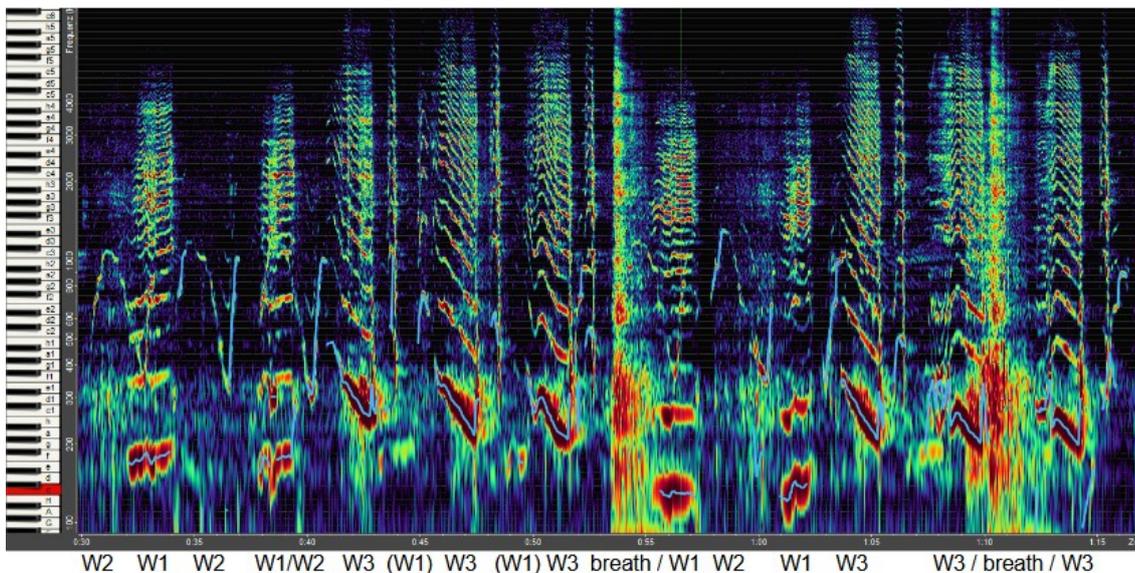
Nun kommen wieder W3 und W4 mit einem Duett ins Spiel. W4 beginnt mit einem D#-Moll-Klang (D#4-A#-F#5). W3 nimmt die Aufwärtsbewegung von W4 auf und gleitet dann in einer Gegenbewegung durch einen "F-Dur"-Klang (A4→F→C5→F/A--).

Dann ist es vermutlich W4, der am Ende dieser Phase eine große Welle erklingen lässt: B4→G5/B--/A/F#/C-Bb4-Ab→Eb5/Ab-/Bb- ("G-Dur"- "D-7"- "Ab-Dur"). Im Nachklang folgt noch ein kurzes ergänzendes Motiv: C5-F/Ab-- ("F-Moll-Dreiklang").



Wenn ich mir am Klavier immer wieder diese ganze Phase vorspiele, kann ich in diesen Ton- und Klangfolgen fast so etwas wie eine ganz apart klingende Modulation hören:
E+ / A+ / E+ / F#+ / A- / F#+ / Eb- / F+ / G+ / D7 / Ab+ / F-

Phase 2 - 45 s



W1: E3-F--F#-F--F#-G / D#-F#-C#-D#-F--

W2: 1) C5-C6-F4-G5 (= "C major")

C6 = 6. p. W1 (F3) / **F4** = 2. partial W1 (F3)

2) F#5-C#6-D-C - - E4 - - C6

F#5 = 4. W1 (F#3) / **C#6** = 6. W1(F#3)

3) F#5-D#6-D#4- - B5 (= "B major")

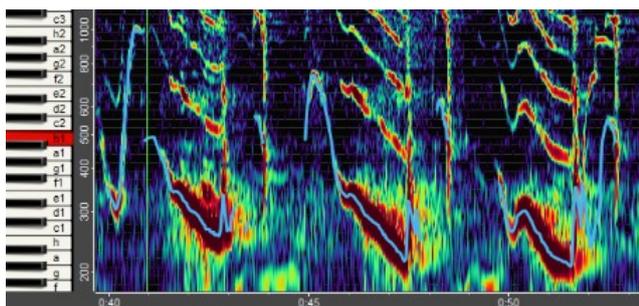
F#5 = 4. W1 (F#3) / **D#6/4** = 8./2. W1 (D#3)

W3: B4--F-C--C5

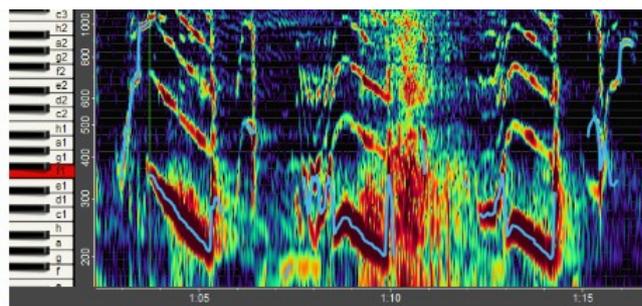
W2: **B5** = 2. W3 (B4) / **E4** = 1. W3 (E4)

Jede Stimme bildet für sich eine spezifische, ausgeformte Klangfigur, die sich in einem eigenen Spektrum bewegt, und zugleich beziehen sich alle Stimme wie in einer spektralen Matrix aufeinander.

6 Glissandi von "Wal 3"



W2: B5 / W3: B4



W2: C6 / W3: F4 (C6 = 3. p.)

6x gibt es in Phase 2 große vollklingende Glissandi mit vollem Spektrum gefolgt von einem kurzen quietschenden Laut, ein schnelles Oktav-Glissando 1-1,5 Oktaven höher.

Die ersten 3 Glissandi werden eingeleitet durch eine feinere Glissandowelle aus der höheren Oktave, offenbar aus der Randschwingung in die Vollschiwingung (!).

Beim 4. Glissando beginnt W3 direkt im vollen Klang. (zu Glissando 5 und 6 nächste Seite)

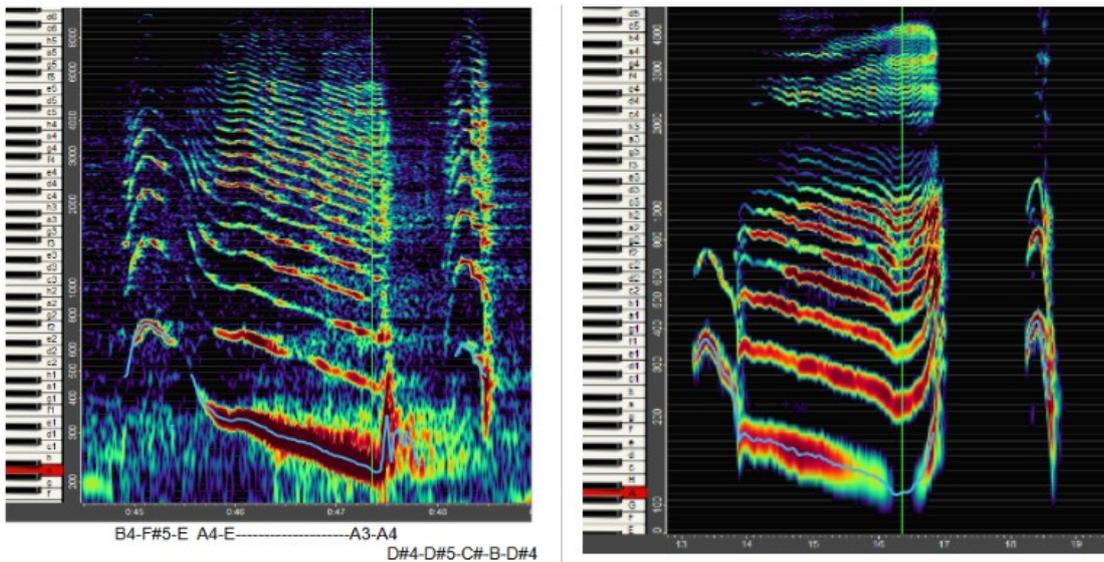
Die vollen Glissandi:

F4-C3, E4-A3, D4-A3 / F4-A3, Bb3-C4-Ab3, B3-G3

(Quarte, Quinte, Quarte, Sexte, Sexte, Terz)

komplettes abzählbares Spektrum bis zum 28. Teilton (Septime in der 3. Oktave bei 6020 Hz von Grundton A3 bei 215 Hz)

Zum Abschluß des Glissandos sieht und hört man, wie die Glottis nach der Schwingung wieder geschlossen wird. Es klingt, als würde der Klang abgewürgt. Durch die Schließbewegung wird die Tonhöhe 1 Oktave noch oben gezogen, und der folgende kurze Laut kann wegen des Schließdrucks nicht frei schwingen, er klingt gequetscht.



Interessanterweise kann ich diese Klangfigur in genau der gleichen Art 1 Oktave tiefer nachsingen, so daß sie auch so ähnlich klingt (rechtes Bild).

Dabei beginne ich das Glissando in der "Kopfstimme" mit einer Randschwingung (Schleimhautfunktion) der Stimmlippen und lasse dann in der tieferen Lage für das klangvolle Glissando die Stimme voll schwingen ("Bruststimme" - Aktivität des *Musculus vocalis* inklusive Schleimhautfunktion).

Das Glissando in der Tonhöhenveränderung in die Höhe oder in die Tiefe wird beim Singen wie auch bei natürlichen Lautäußerungen wie beim Stöhnen durch den *Musculus Cricothyreoideus* (CT - Ring-Schild-Knorpel) reguliert, einen äußeren Kehlkopfmuskel, der wie die inneren Kehlkopfmuskeln ebenfalls vom Nervus Vagus innerviert wird. Funktional ist er mit der Schließ- und Schutzfunktion der Luftröhre im tiefen Rachen verkoppelt.

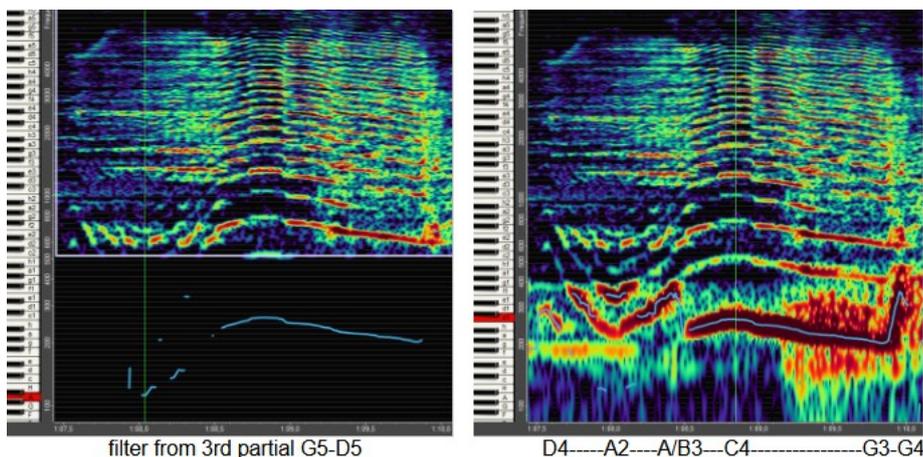
In der Stimmfunktion werden die Stimmlippen durch die Kontraktion des CT in der Länge gespannt, so daß die Tonhöhe steigt, und durch Entspannung des CT wieder verkürzt, so daß die Tonhöhe sinkt. Diesen Effekt hört man beim Glissando des Wals, wenn am Ende des Motivs die Tonhöhe in der Schließfunktion nach oben gezogen wird. Wenn ich den Walgesang nach dem Gehör imitiere, geht bei mir auch der ganze Kehlkopf nach oben und ich fühle/höre deutlich, wie sich die Glottis schließt, so daß keine Luft wie auch kein Wasser in die Luftröhre dringen könnte. Normalerweise öffnet sich die Glottis am Ende eines entspannten tiefen Klangs wieder, damit der Atem für den nächsten Klang wieder einströmen kann (falls ich nicht mit Überdruck gesungen habe). Nach dem Modell des Unterwassersingens könnte ich ohne weiteres "auf einen Atem" 5-10 solcher Glissandi hintereinander singen mit einer Schließpause dazwischen.

Bei singenden Menschen, gleich ob Laie oder Profi, verläuft die Tonhöhenregulierung meist nicht so flexibel und nicht so unabhängig von der Klangproduktion wie bei den Buckelwalen. Diese können im Glissando problemlos von einem Schwingungsmuster (Randschwingung) in ein anderes (Vollschwingung) wechseln; sie können die Dynamik der Bewegung ändern oder in der Bewegung die Lautstärke, beides prozeßhaft; sie können in einer gleichmäßigen Glissandobewegung die Schwingung der Stimmlippen ausklingen und wieder anschwellen lassen; sie können ohne Einbußen in der Qualität fließend die Richtung der Bewegung ändern; und sie können die Klangqualität unabhängig von der Tonhöhenregulierung variieren. (Diese Flexibilität lernt man bei mir im Gesangsunterricht.)

Die Glissandobewegung ist die elementare Form des Singens. Auch die singenden Gibbon-Affen, die eine vergleichbare Kehlkopfstruktur haben wie die Menschen, vokalisieren mit unterschiedlichsten Glissandi, auch Männchen und Weibchen gemeinsam.

(https://youtu.be/JLOn8F0p96s?si=bD_4DWmPA4_gEj_P)

5. Glissando



Auf den ersten Höreindruck und auch auf den ersten Blick ist nicht offensichtlich, was das genau für eine Glissandobewegung ist. Es klingt ein bißchen so und sieht im Spektrogramm auch so ähnlich aus, als würde der Wal mit seinem Klang erst abtauchen und sogleich aus der Tiefe wieder auftauchen, um dann seinen vollen gleitenden Klang ertönen zu lassen.

Im linken Bild habe ich mit einem Filter nur das Spektrum ab dem 3. Teilton sichtbar gemacht. Der Overtone-Analyzer zeigt dazu den virtuellen Grundton dieser Klangbewegung mit ihrem Spektrum an. Im rechten Bild zeigt der Tonhöhenmarker ein Glissando von F4 nach A3 und wieder hinauf nach F4. Das ist im Spektrum erst der Oktav-Teilton (2.), dann der Quint-Teilton E4 (3.) und dann wieder der Oktav-Teilton. Links daneben ist der Beginn des Glissandos bei D4 zu erkennen mit dem 2. Teilton bei D5. Der Grundton führt also von D4 zum tiefen A2, bricht auf dem Rückweg kurz ab und gleitet dann vom Bb3 bis zum C4 und eine Quarte hinab zum G3.

Beim Rückweg kippt das Klangspektrum mit der lautesten Frequenz bei F4 im 2. Teilton eine Quinte tiefer zum 1. Teilton Bb3. Im Klang des Glissandos ist aber das Kippen nicht zu hören. Und wenn ich den Grundton ausfiltere, höre ich eine völlig gleichmäßige, etwas helle Klangbewegung in die Tiefe zum A (Oktave plus Quarte) und in die Höhe zum C und weiter zum G. Der Unterschied liegt allein darin, daß der Gesamtklang ab dem Bb3 voller und "tiefer" klingt, mehr "grundtönig". Auffallend ist, daß das hohe Spektrum ab dem 12. Teilton bei E6 trotz der schnellen Glissandobewegung in einem Raum durchgehend klingt, wie es sich ebenso in dem Quart-Glissando kaum zu verändern scheint. Und genau das ist auch der Gesamteindruck: Ich höre nicht eine einfache Tonhöhenbewegung hinunter, hinauf und wieder leicht abwärts, sondern es ist mehr eine Klangbewegung durch einen weiten, tiefen, hohen spektralen Raum.

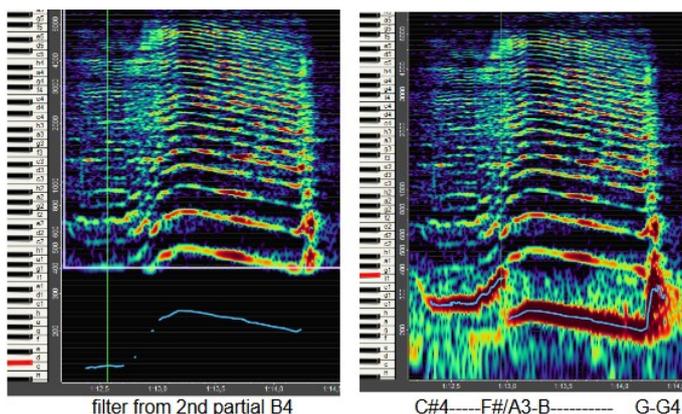
Wenn ich genau hinhöre, ist es tatsächlich kein ganz glattes Glissando von C4 nach G3, sondern eine leicht chromatische Bewegung, was auch im Spektrogramm zu erkennen ist:

C- B--Bb A-- G#-G.

Am Ende des Glissandos beginnt ein anderer Wal zu atmen und im Rauschen des Wassers ist noch der kurze "Quietschlaut" zu hören.

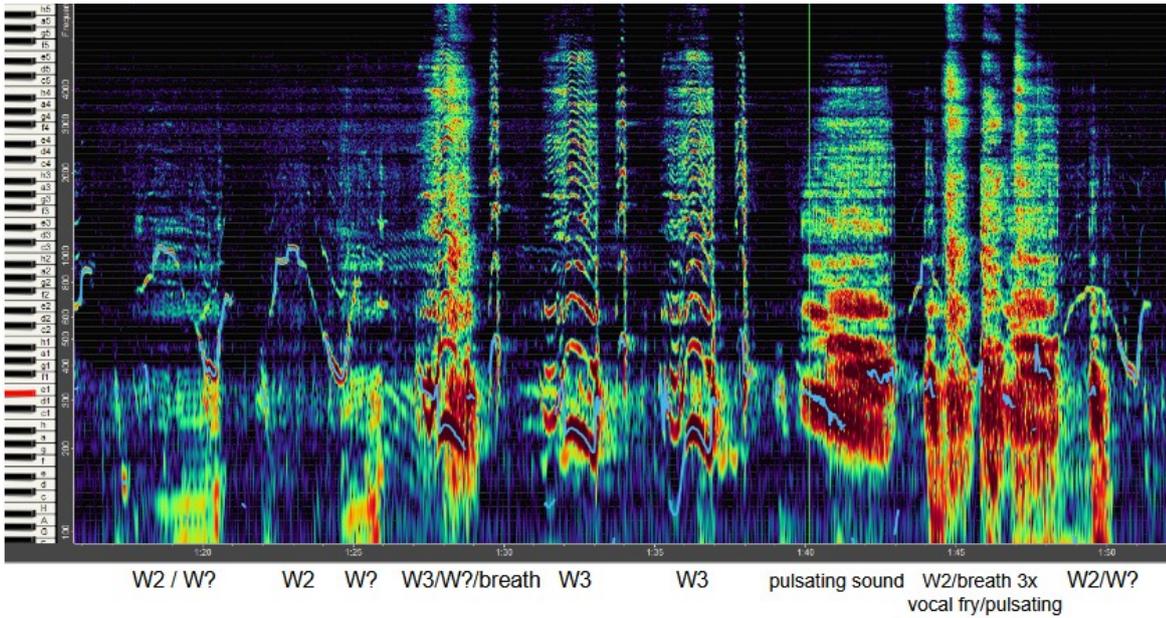
Und noch eine Bemerkung: Beim wiederholten Anhören hatte ich den Eindruck, ich würde eine echte ausdrucksvolle Lautäußerung oder eine Art vokalische Klanggeste hören wie uuuuia-a-a-a.

6. Glissando

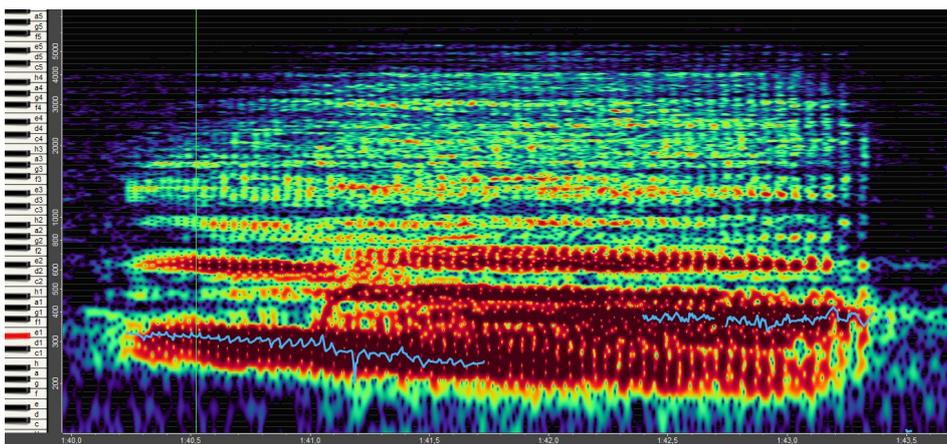
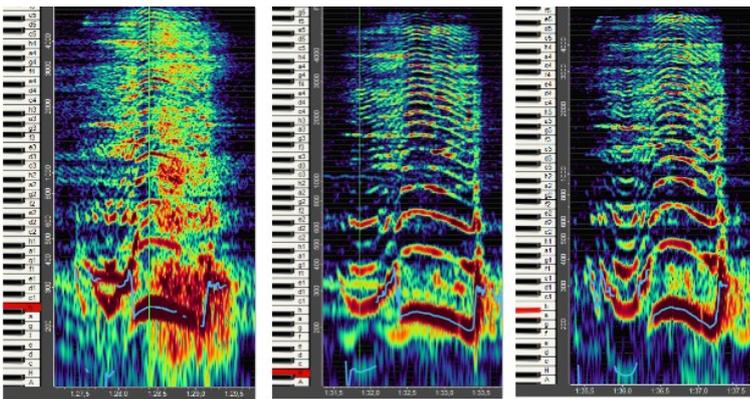


Auch im Spektrogramm des 6. Glissandos ist eine Kippfigur vom Oktav-Teilton in den Grundton zu sehen, doch hier ist im Klangverlauf tatsächlich nur eine kontinuierliche Glissandobewegung zu hören, von einem tieferen C#4 zum B4 und hinunter zum G4, wobei das Glissando B-G in der Oktavlage klingt, nur etwas intensiver.

Phase 3 - 35 s - pulsierender Spektralklang



In Phase 3 gibt es wieder 3 Glissandi von W3, alle im gleichen Modell, aber nun mehr in einer gleichmäßigen Wellenbewegung: a) D#4-B2-B3----G3, b) und c) D#4-B2-Bb3----G3. Der Kippunkt vom 2. in den 1. Teilton liegt bei allen Motiven bei A3. Bei a) atmet ein anderer Wal.

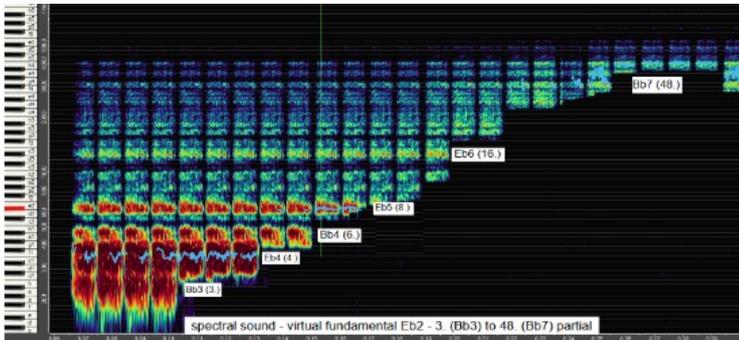


- Eb6 (16.)
- Bb5 (12.)
- Eb5 (8.)
- Bb4 (6.)
- G4 (5.)
- Eb4 (4.)
- Bb3 (3.)

Eb4-----D- / Bb3 ----- / G4 ----- / F#-----
 spectral sound -----
 virtual fundamental : Eb2 Eb2 D2

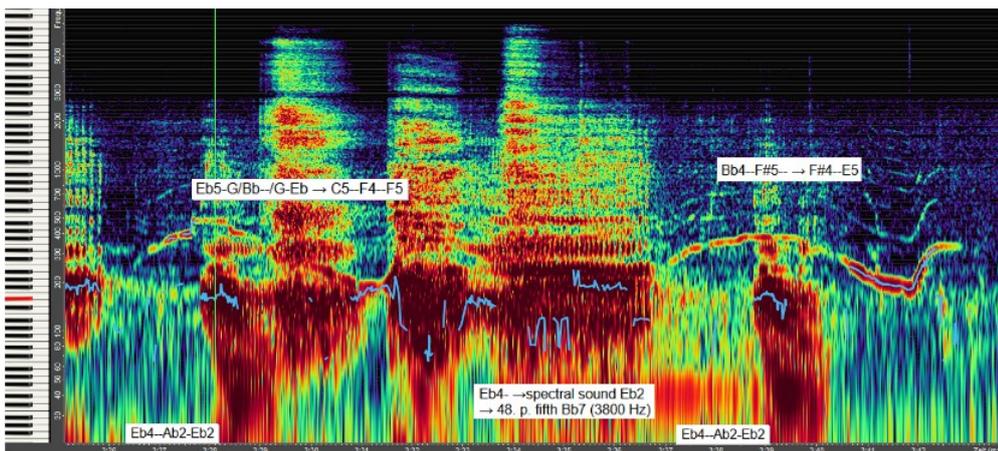
Nach diesen 3 Glissandi von Wal 3 ist von einem anderen Wal ein sehr spezieller Klang zu hören, der wohl häufiger bei den Buckelwalen vorkommt, aber hier besonders klar in Erscheinung tritt. Es ist ein pulsierender Klang, der offenbar mit flatternden oder prustenden Stimmlippen erzeugt wird, so wie wir auch mit den Mundlippen prusten und dabei einen Klang machen können. Erst pulsiert der Klang 24x pro Sekunde und am Ende 18x.

Zu Beginn ist es ein Klang bei Eb4 mit 2., 3. und 4. Teilton, der allmählich abwärts gleitet. Bei D4/C4 transformiert der Klang zum Bb3 hin in einen Spektralklang mit Eb2 als virtuellem Grundton. Das Bb4 als Quinte (6.) wird stärker und dann auch das G4 (5.) als Terz-Klang, so daß ich den Eindruck habe, im Innern des Klangs die Kleine Terz Bb-G zu hören. Tatsächlich sind die Quinte und die Terz etwas lauter als das tiefe Bb3. Das Klang endet in einem D-Spektralklang mit virtuellem Grundton D2, der Quinte A3, der Terz F#4 und der Oktave D5. Diese klingenden Teilfrequenzen kann ich mit einem Filter einzeln hörbar machen. Das Bb5 bei 1000 Hz bildet den ganzen Klang hindurch eine kontinuierlich klingende Frequenz und auch das Spektrum darüber erklingt in einem schillernden, aber gleichbleibendem Kontinuum trotz des abwärts gleitenden tiefsten Tones.



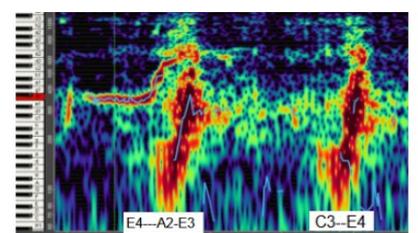
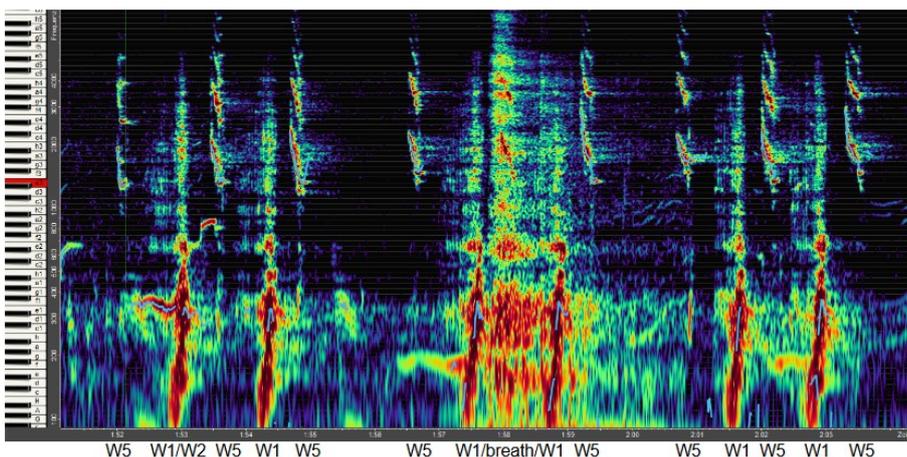
Im Video (21:50) kann man in einer Hörerfahrung eine Klangreise durch diesen Spektralklang machen, mit einem Ausschnitt aus dem Gesamtklang von der Quinte Bb3 (230 Hz) als 3. Teilton bis zur Quinte Bb7 (3800 Hz) als 48. Teilton und wieder zurück in den vollen Klang, sowie die gleiche Reise nur mit den einzelnen Teilfrequenzen.

Danach ist der ganze Spektralklang auch in der 2- und 4-fachen Verlangsamung zu hören, in der man jeden einzelnen Klangpuls unterscheiden kann, so daß der Klang zum Rhythmus wird mit 6 Pulsen pro Sekunde.

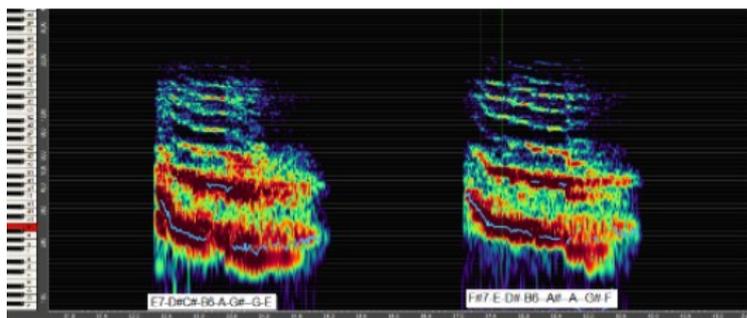


Auf diesen Spektralklang reagiert W2 im gleichen Spektrum mit einer seiner Glissandowellen (**Eb5-G/Bb-/G-Eb → C5--F4--F5**), während ein anderer Wal einen geräuschhaften "Brutzel"-Klang ("vocal fry") von sich gibt (**Eb4--Ab2-Eb2**). Zu 3 kräftigen Atemgeräuschen wiederholt dann nochmal ein Wal seinen Eb2-Spektralklang.

Phase 4 - 12 s - Tonfolgen von Wal 5



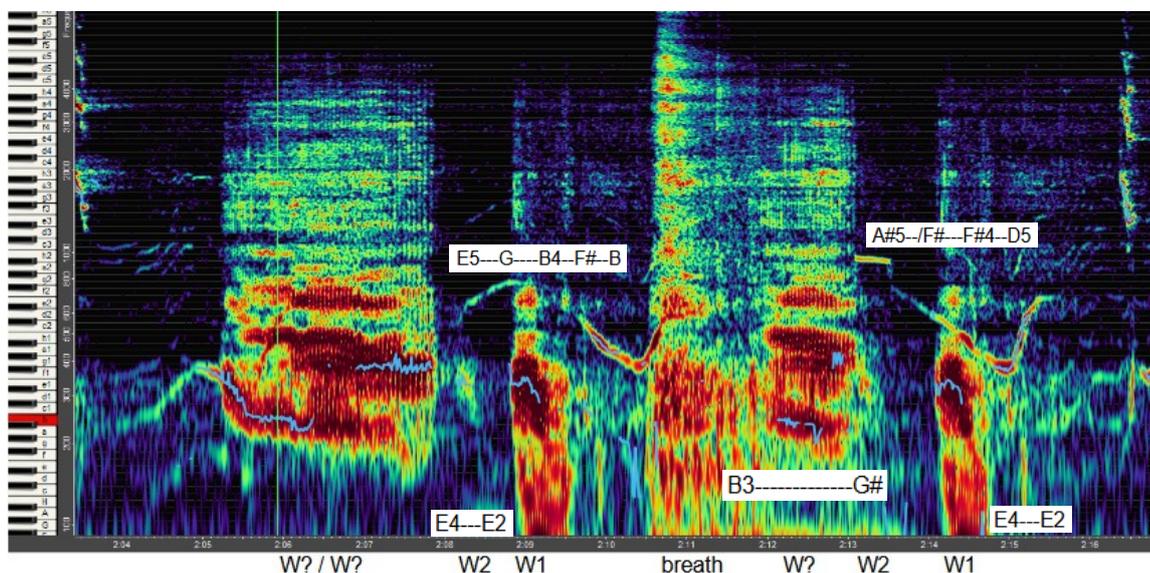
In Phase 4 kommt offenbar ein weiterer Wal hinzu (W5), der in hoher Lage immer wieder in vielen Variationen Tonfolgen erklingen lässt. Um die kurzen Tonfolgen bei 3000-1000 Hz genau zu bestimmen, mußte ich den Gesang 16x verlangsamen, wie er auch im Video zu hören ist: 18:34 (8x mit Notation) und 19:58 (16x als pure Klanggestalt). (alle 14 Sequenzen mit Notation im Anhang)



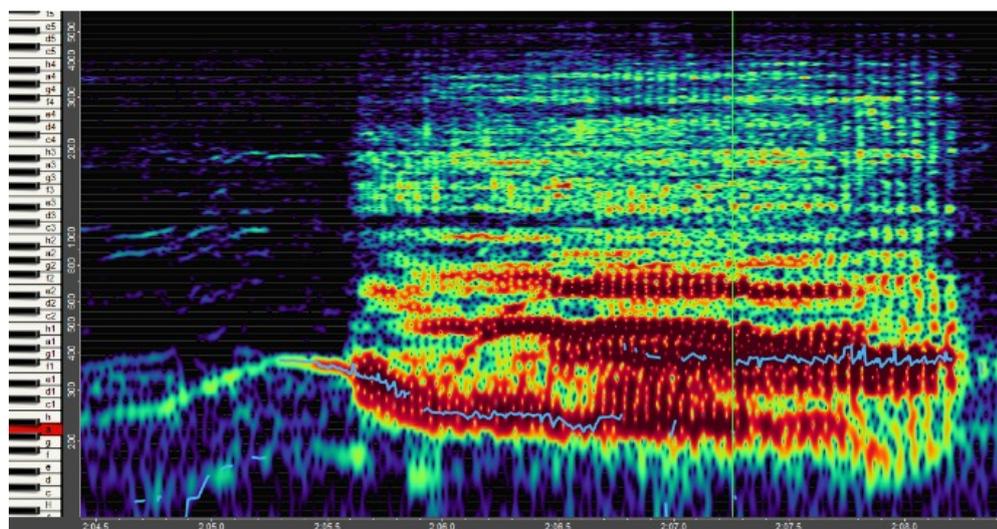
E7-D#-D-A#6--A--G#-G D#7-F-D#-C#-B6--A#--A--G-E

Es sind Tonfolgen abwärts, die nur 0,16 - 0,2 Sekunden dauern und auf einem etwas längeren tiefen Ton enden, z.B. von F#7 (3000 Hz) durch eine Oktave bis nach F6 (1400 Hz). Manche haben einen Rhythmus mit kurzen und längeren Tönen, einige beginnen mit einem Praller (Eb-F-Eb) und mehrere enthalten eine chromatische Tonfolge. Das E6, auf dem 9 Folgen enden, liegt identisch bei 1300 Hz.

Phase 5 - 12 s



W? / W? W2 W1 breath W? W2 W1



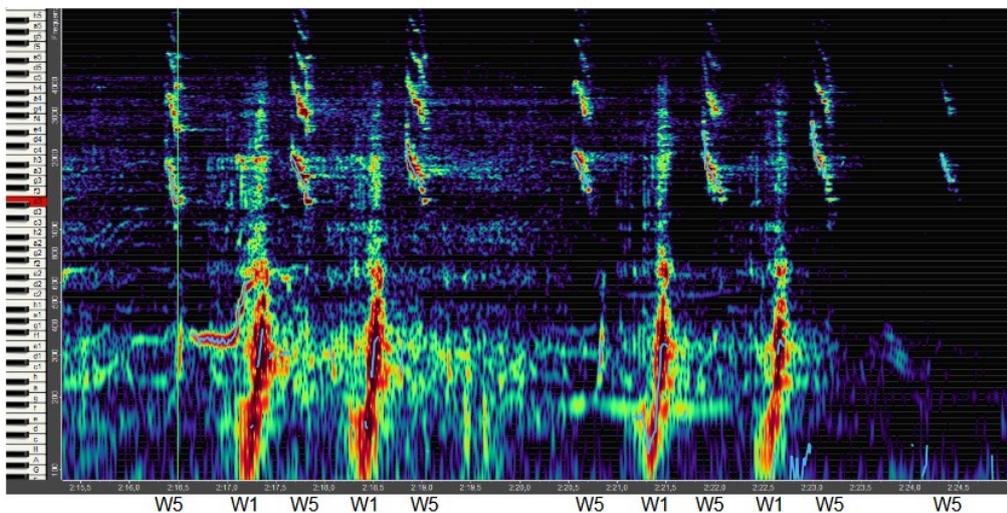
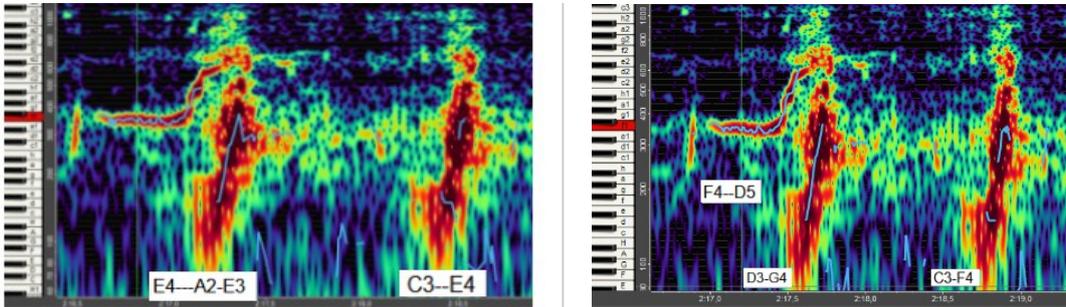
2: E4---B-----G-----F#-----
1: B3-----F#4-----B-----Bb-----A-----A-F#

2 Wale in koordiniertem Gesang: Wal 1 beginnt mit einem Glissando, das in einen pulsierenden Klang übergeht mit intensivem Oktav- und Quint-Teilton. Wal 2 beginnt eine Quarte höher ebenfalls mit einem Quint-Glissando aufwärts, aus dem sich ein parallel laufender pulsierender Klang entwickelt. Beide enden in der Oktave F#3/F#4.

W1 und W2 bilden nochmal die gleiche Kombination wie in Phase 3 mit einer Glissandowelle und einem "vocal-fry"-Klang (geräuschhaft pulsierendes Flattern der Stimmlippen).

Phase 6 - 9 s

In Phase 6 wiederholt sich die Konstellation von Phase 4 (links) mit den Tonfolgen von W5 und den kurzen Glissandi aufwärts von W1.



Video Teil B

Auf dem Video gibt es bei 2:25 einen Cut und dann eine Aufnahme von anderen Buckelwalen. Es sind wahrscheinlich 4 Wale, deren Klänge alternieren, miteinander in verschiedenen Lagen korrespondieren und sich ergänzen:

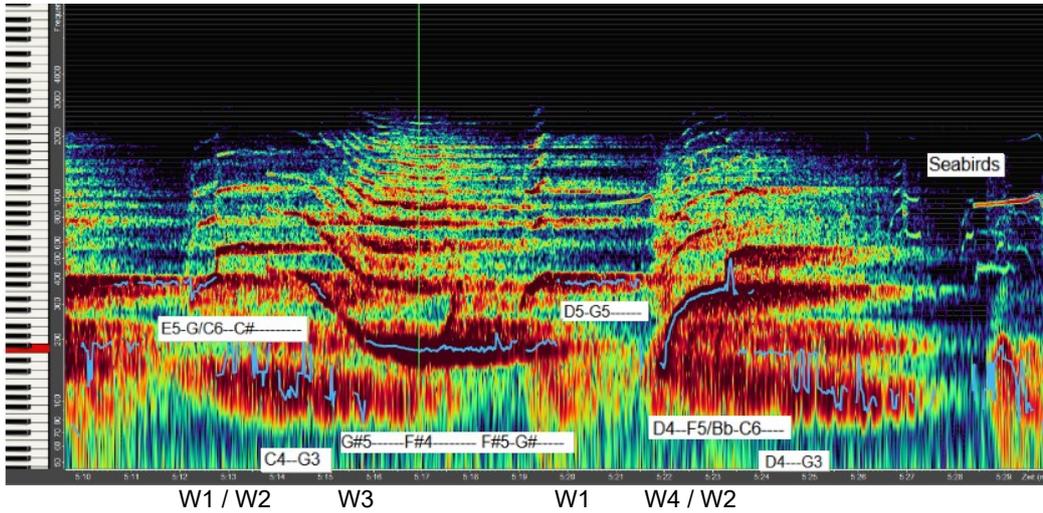
W1: prustende pulsierende Spektralklänge im Glissando abwärts in tiefer Lage (D#4→F#3, D4→A3, C4→G3, D4→G3)

W2: Klangfiguren mit vollem Spektrum (D4--C-E-F--E5---F--- - - -, G#5-----F#4----- F#5-G#-----, E4-D#-A#-D#5-F#-G-A----- - - -)

W3: kürzere Klangfiguren (D4--F5/Bb-C6----, E5-G/C6--C#-----, D5-G-----)

W4: komplexere Klangfiguren (F#5-G#--- → E4-D--E-E5--F--F#--- - - -)

Das Bezaubernde an dieser Aufnahme ist, daß man den Eindruck hat, sich in einem weiten Raum zu befinden, in dem die verschiedenen Klänge widerhallen. Zusätzlich sind noch die Rufe von Seevögeln zu hören.



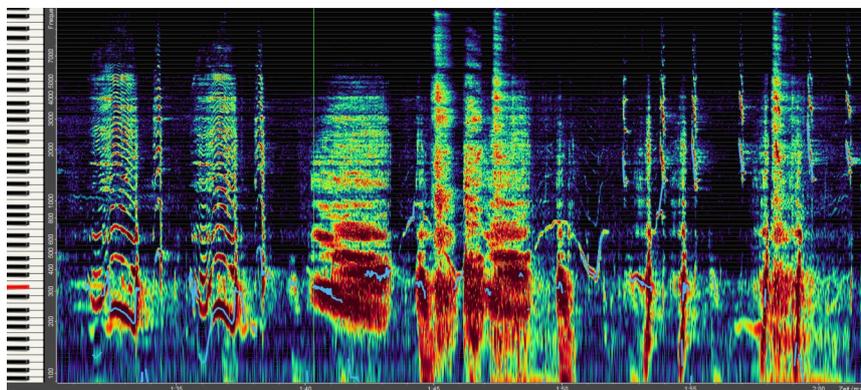
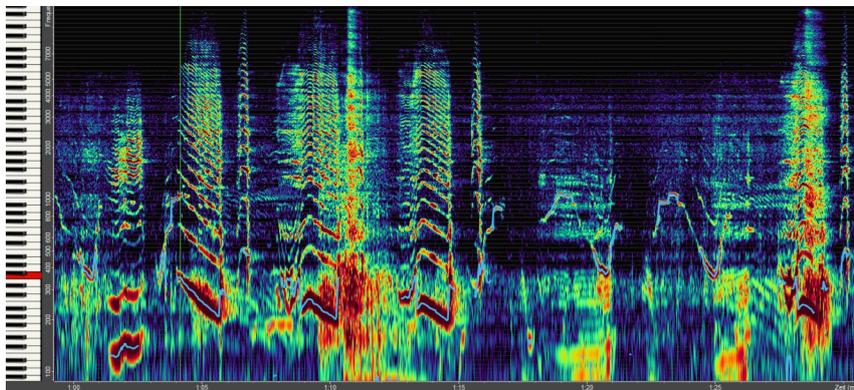
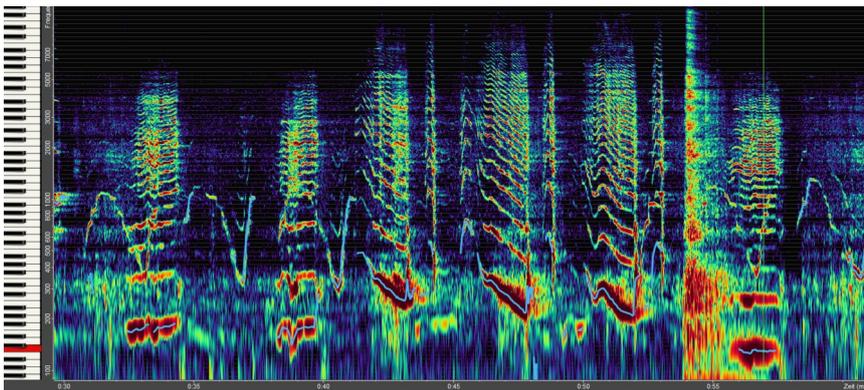
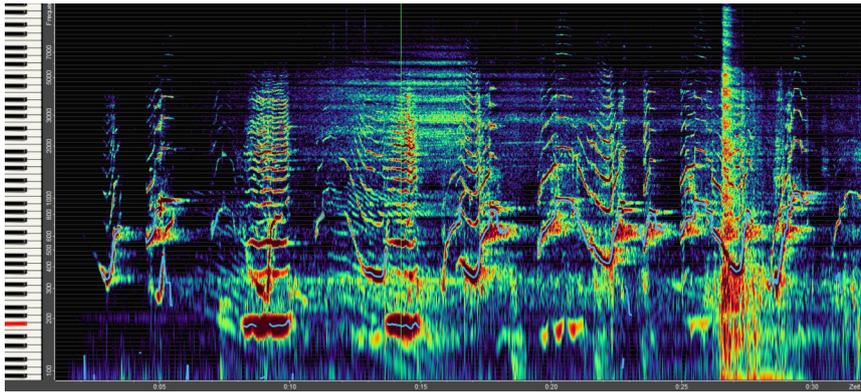
Spektrums-Matrix: E5/G/C6 C4/G3 D5/G D4/F5/C6 D4/G3

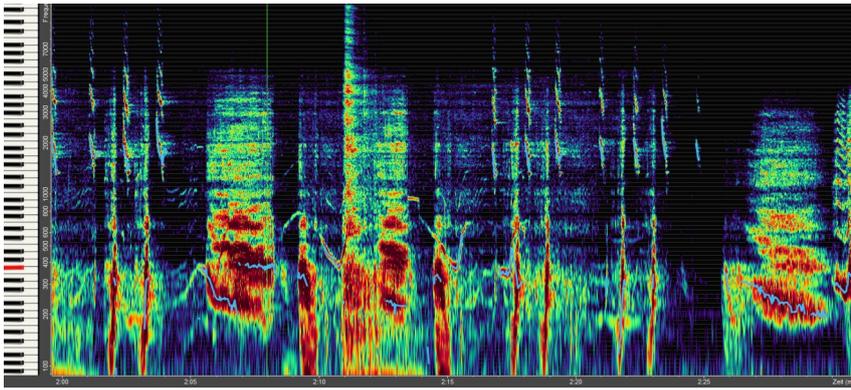
next page:

Appendix - all spectrograms from the video

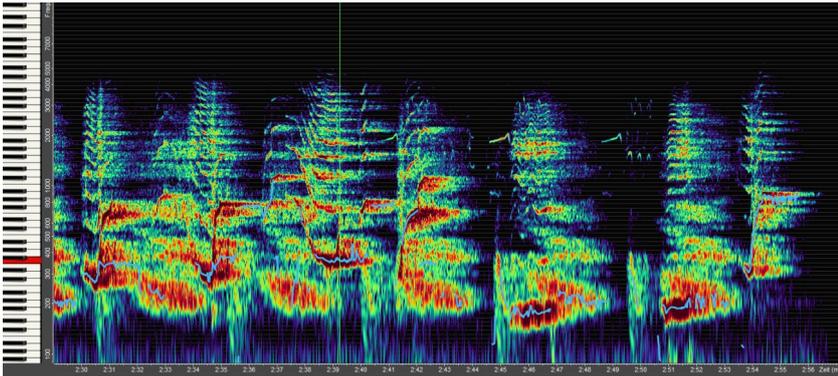
- Humpback Whales singing at 100 - 3000 Hz / A2 - F#7 - p. 11
 - 2x slowed down with notation - p. 13
 - 1 whale sings tone sequences at 1-3 kHz - slowed down 8x - p. 18
 - pulsating spectral sound - virtual fundamental Eb2 - 3. (Bb3) to 48. (Bb7) partial - p. 20
 - fundamental sound F#3 (183 Hz) with full spectrum up to the 28th partial E8 (5124 Hz) - p. 21
- a listening exploration of the sound spectrum
from the fundamental to the 20th partial A#7 (3660 Hz)

Humpback Whales - spectrograms singing at 100 - 3000 Hz / A2 - F#7

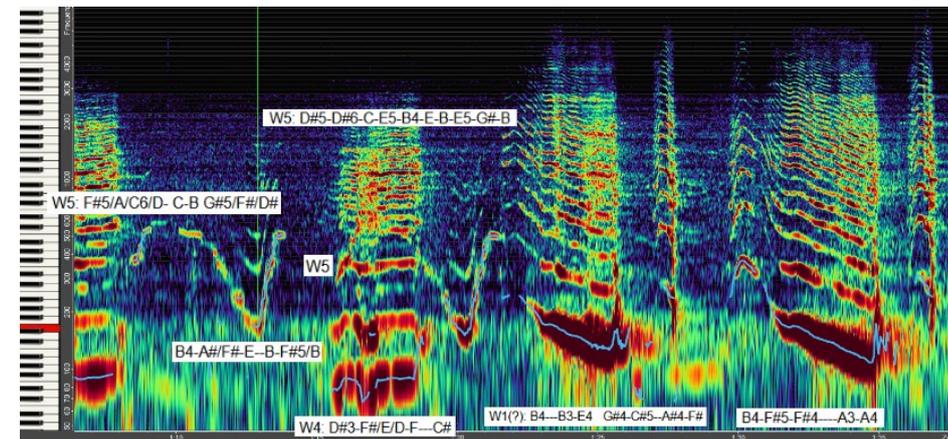
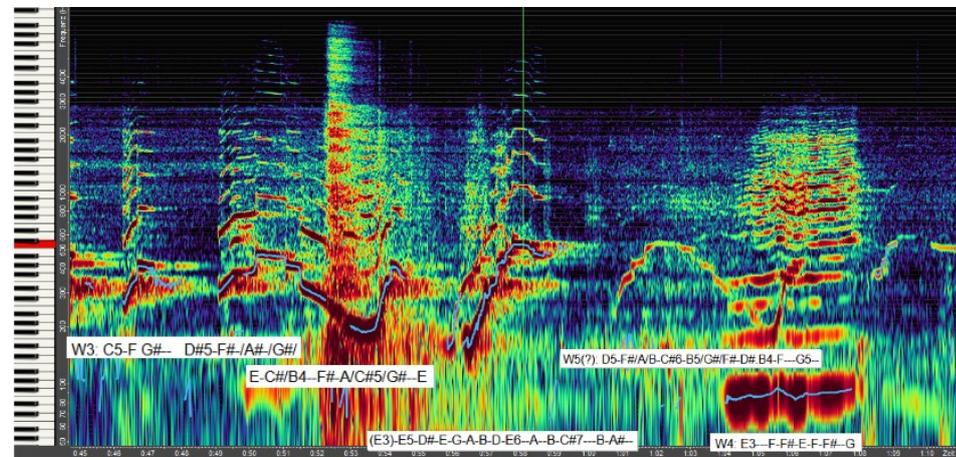
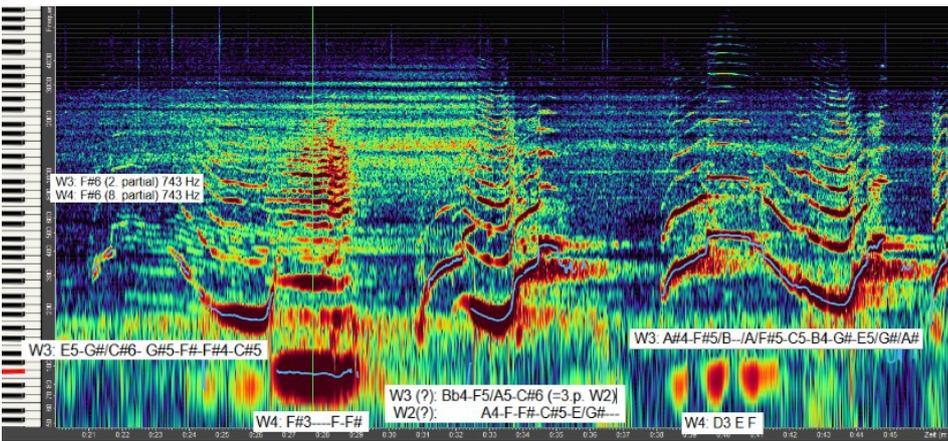
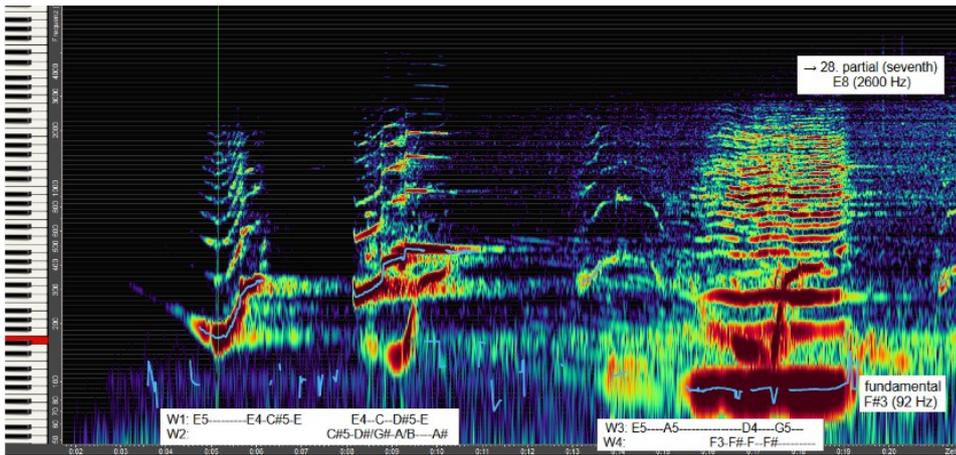


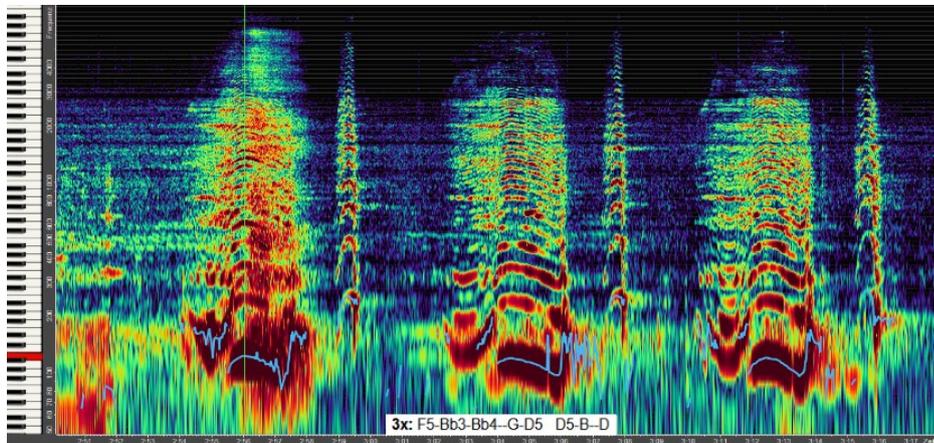
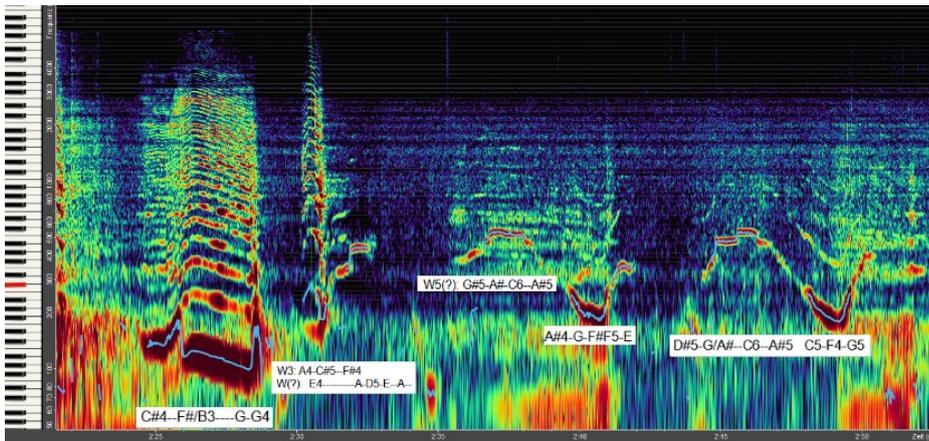
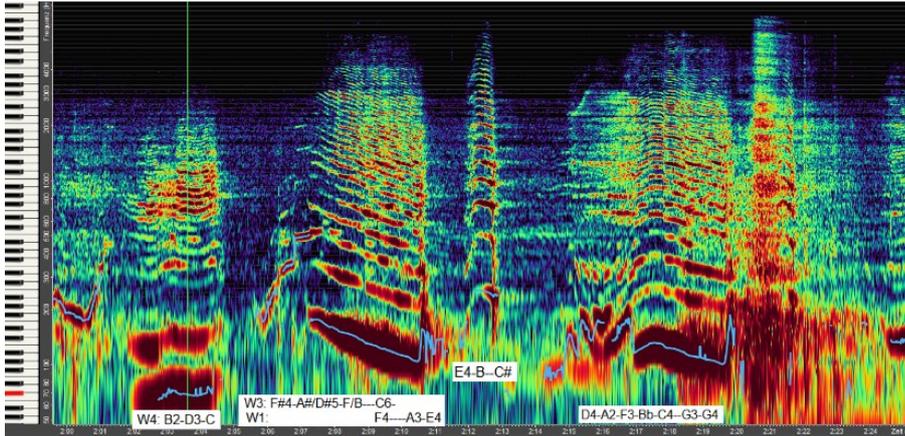
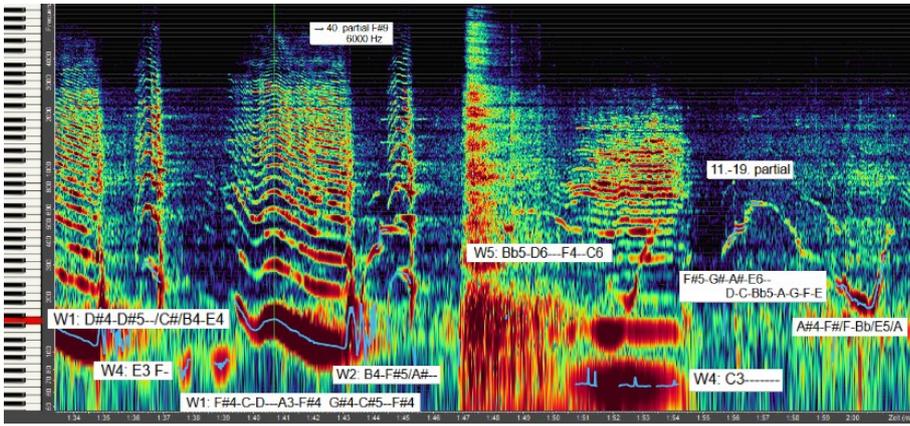


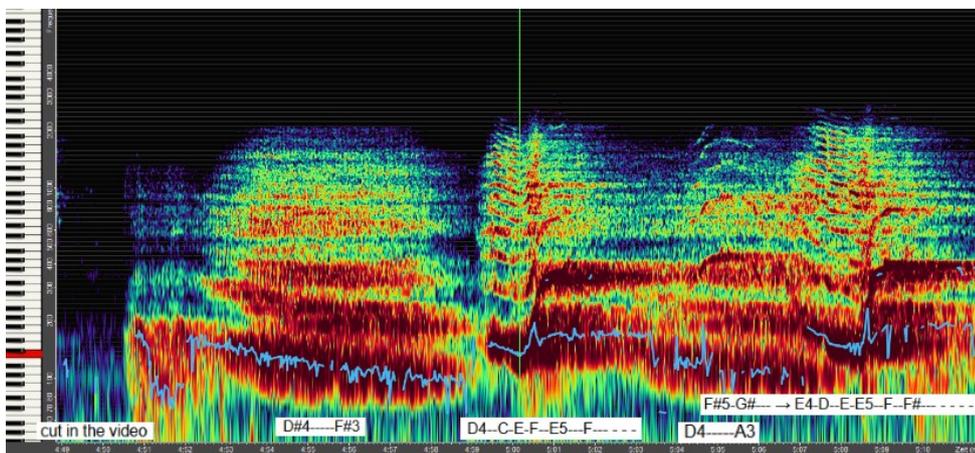
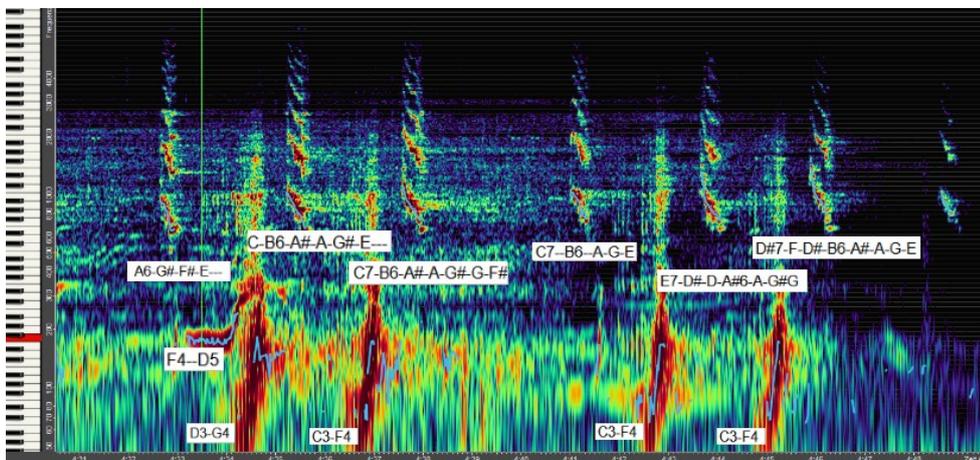
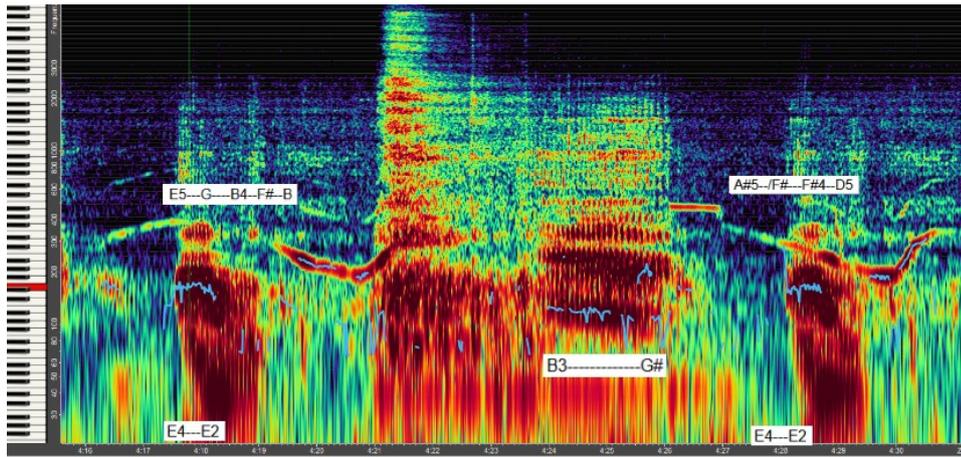
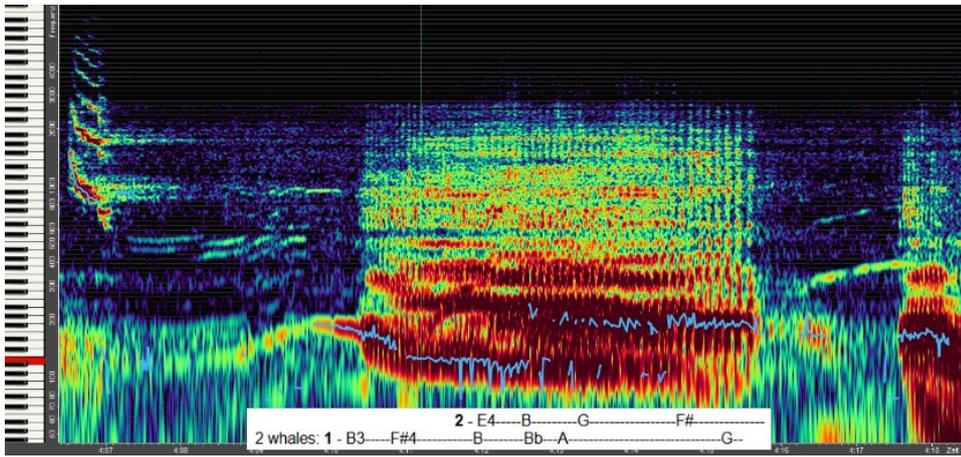
part B →

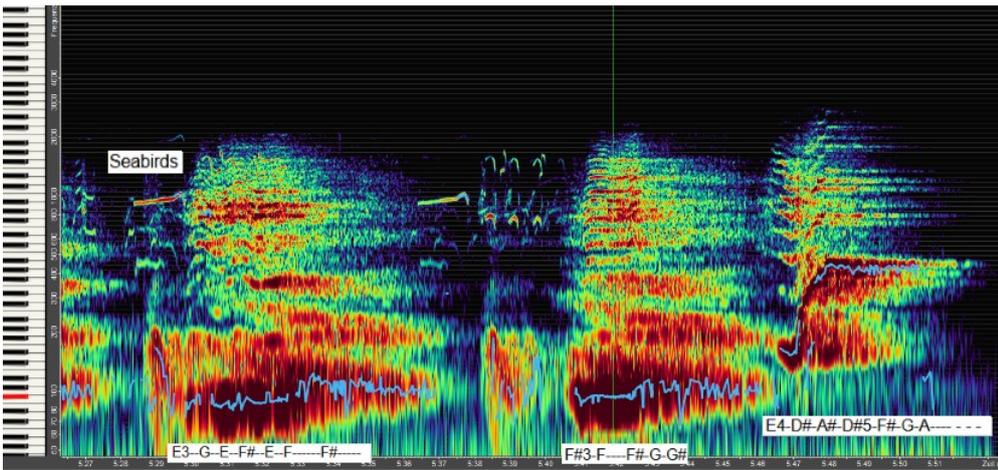
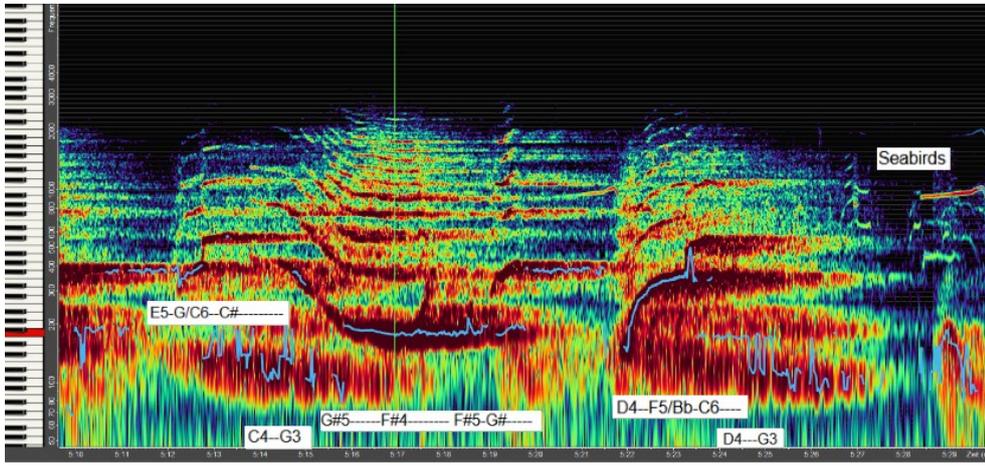


2x slowed down with notation

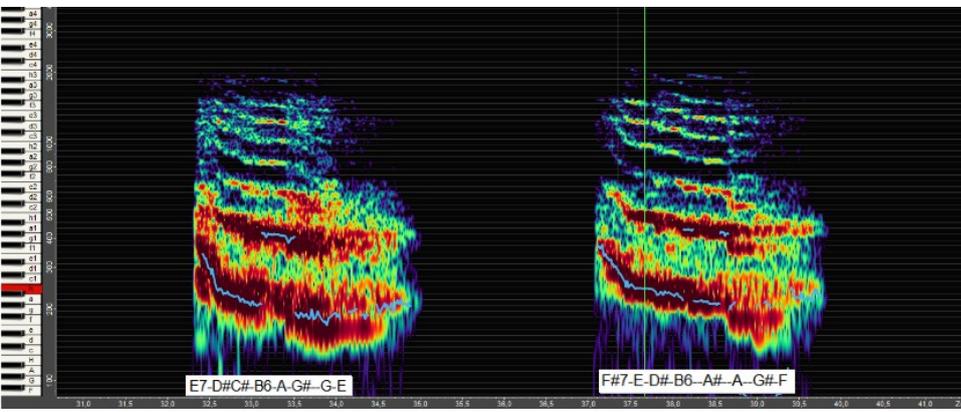
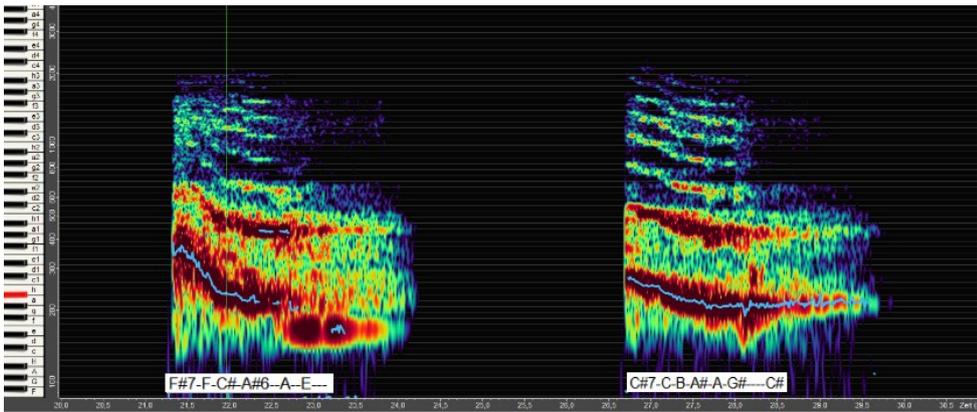
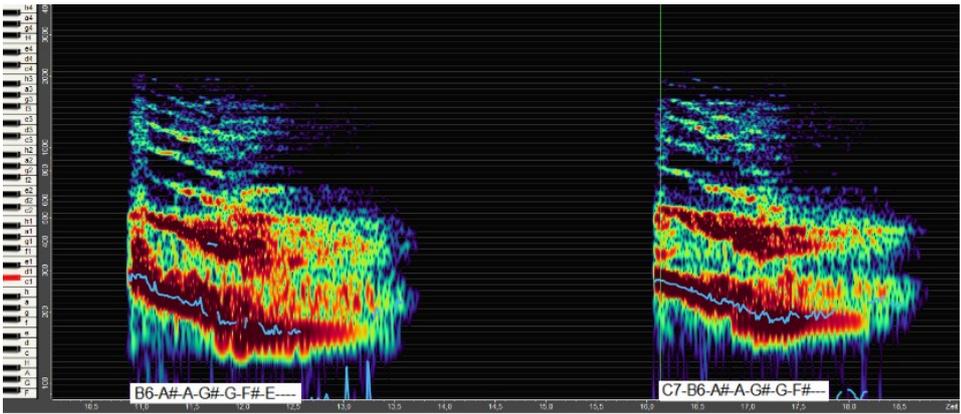
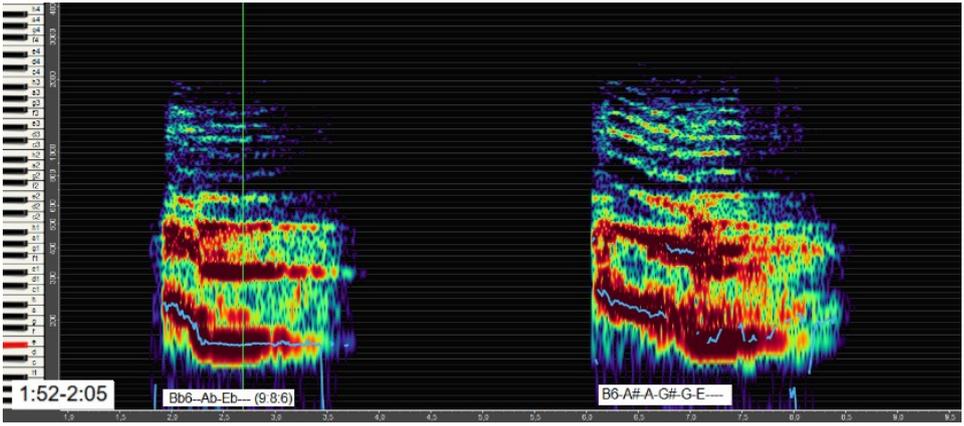


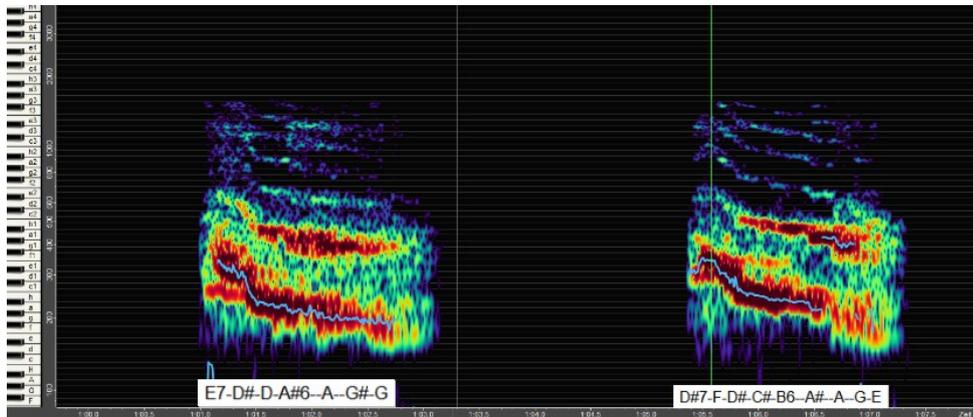
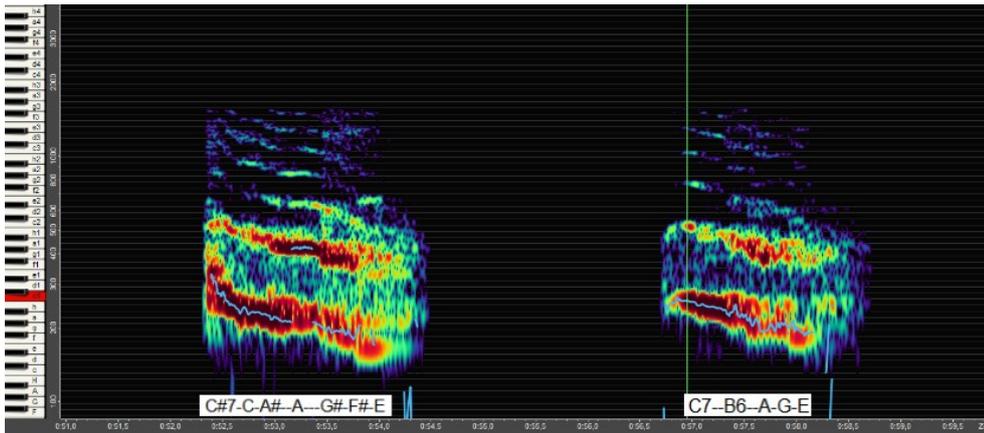
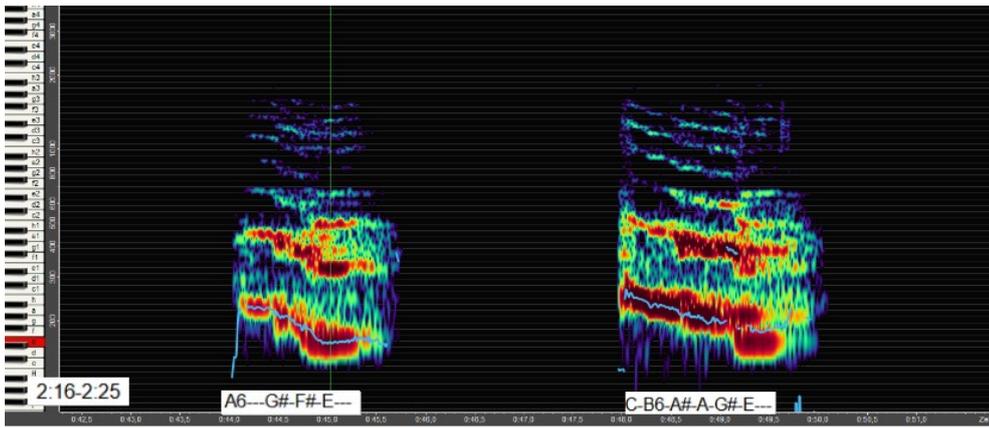




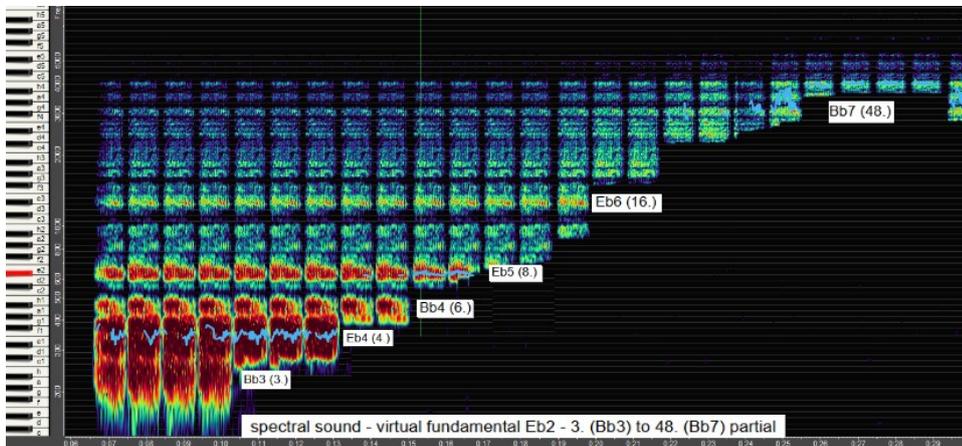
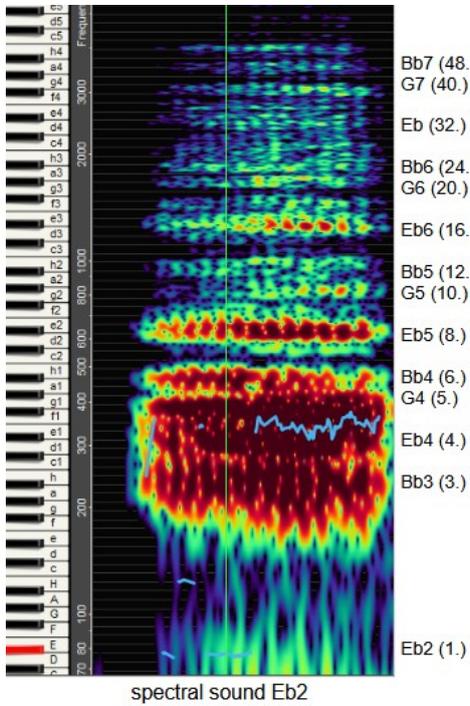
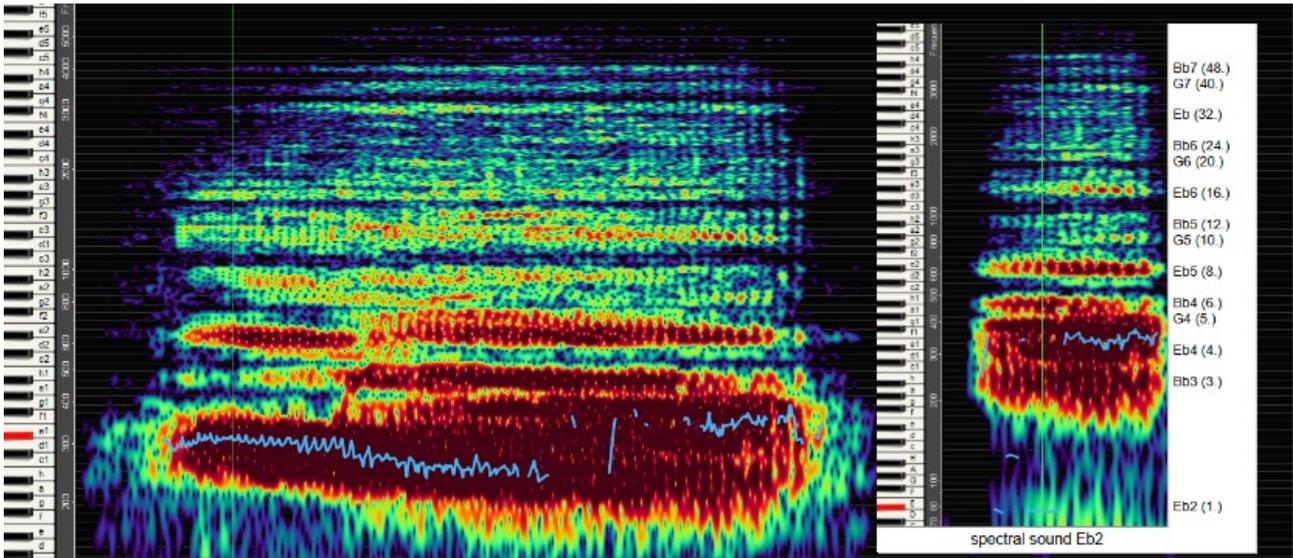


1 whale sings tone sequences at 1-3 kHz - slowed down 8x

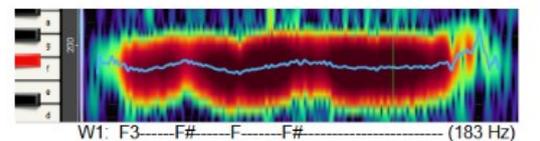
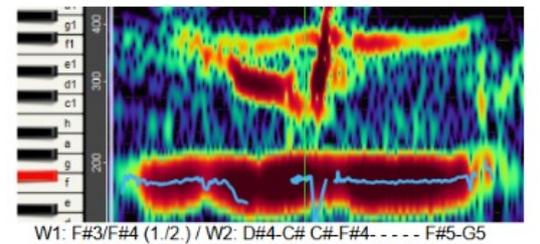
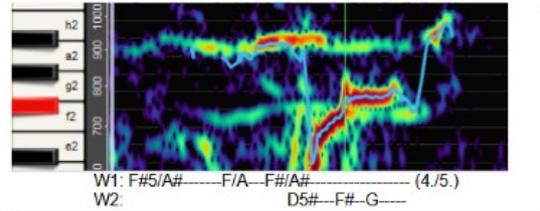
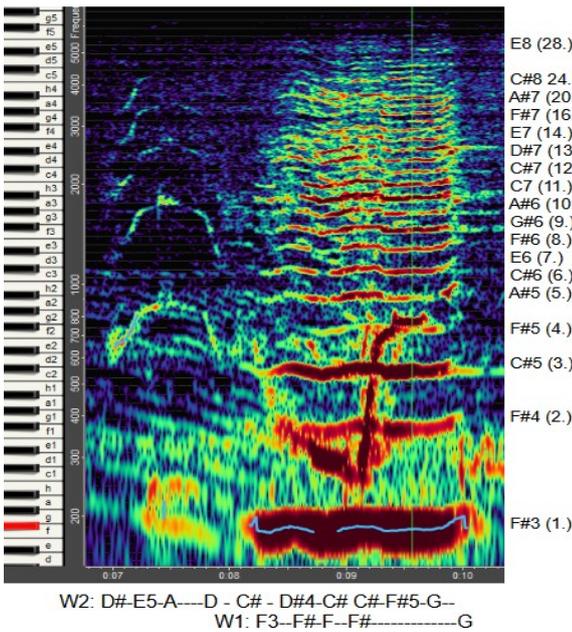
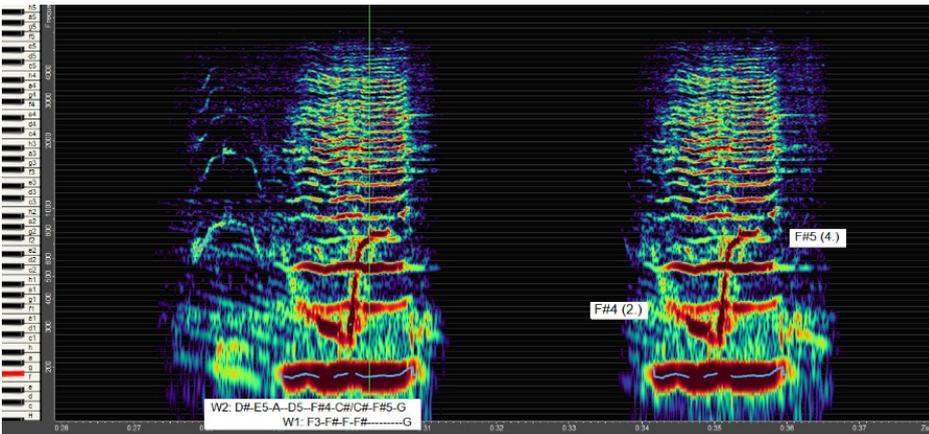
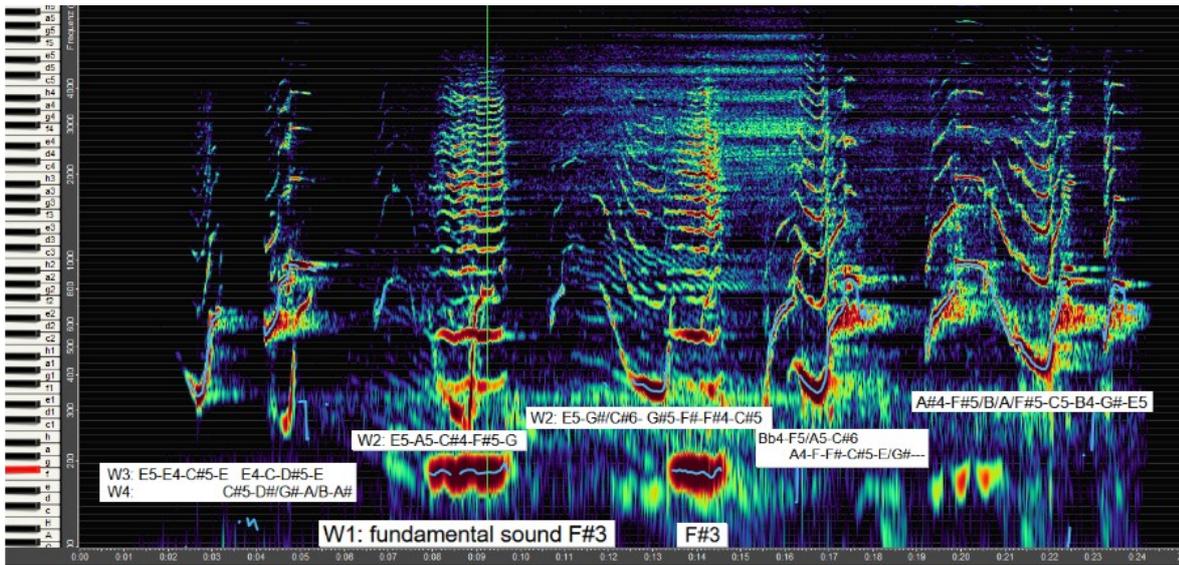




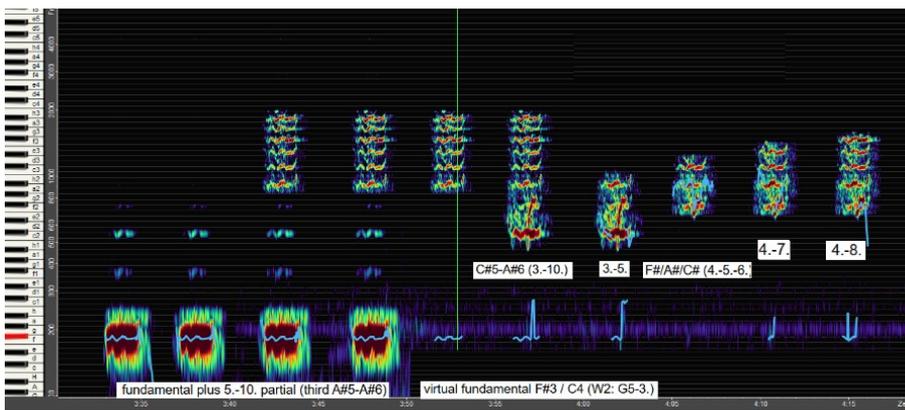
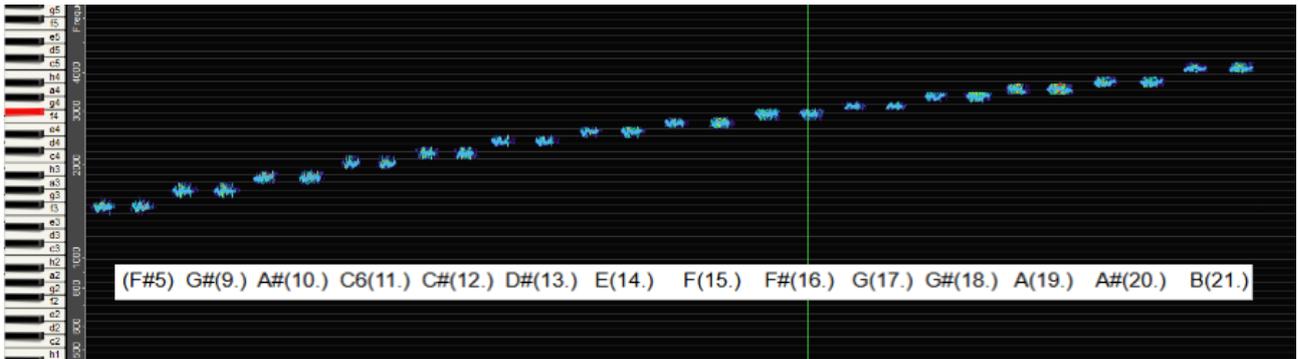
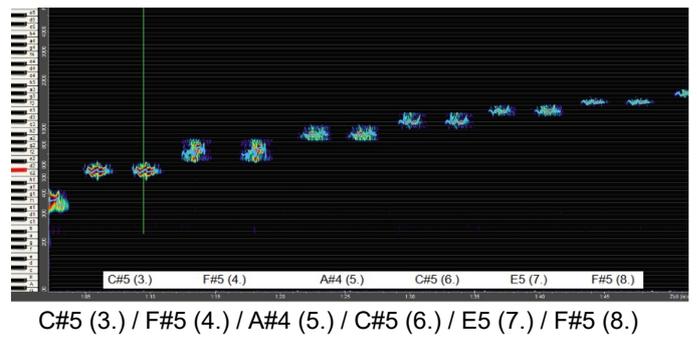
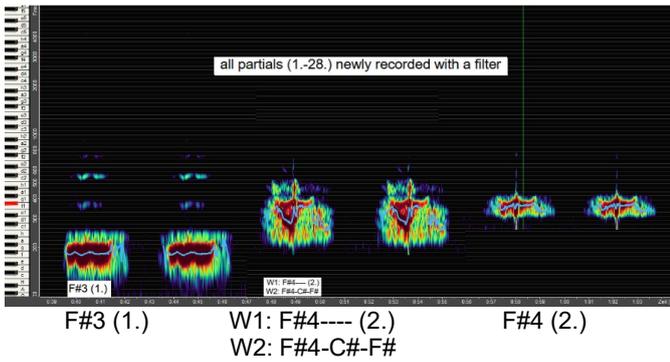
pulsating spectral sound - virtual fundamental Eb2 - 3. (Bb3) to 48. (Bb7) partial



fundamental sound F#3 (183 Hz) with full spectrum
 up to the 28th partial E8 (5124 Hz)
 a listening exploration of the sound spectrum
 from the fundamental to the 20th partial A#7 (3660 Hz)



all partials (1.-28.) newly recorded with a filter



fundamental plus 5.-10. partial (third A#5-A#6) - virtual fundamental F#3 / C4 (W2: G5-3.)

C#5-A#6 (3.-10.) 3.-5. F#/A#/C# (4.-5.-6.) 4.-7. 4.-8.

