

Die klingende Möbius-Schleife - Kombinationsklänge als Emergenzphänomen in einem 2-stimmigen Amselgesang

- „Das Ganze ist mehr als die Summe seiner Teile“
- Wie können Amseln Quinten und Quarten hören und singen?

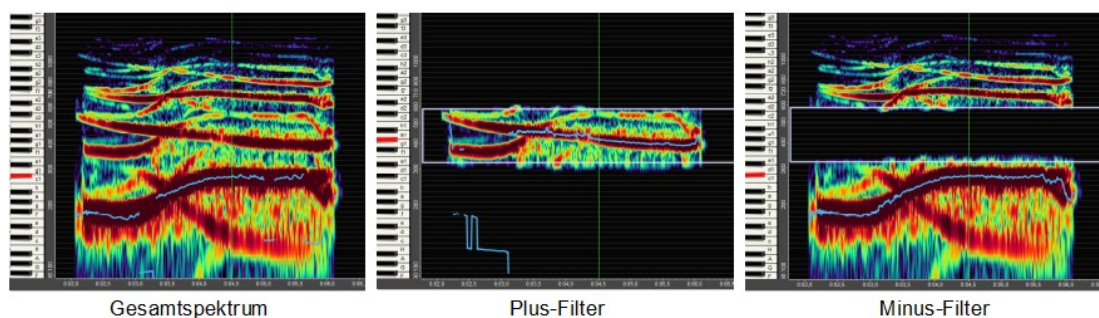
Analyse des Klangspektrums mit Hilfe eines Plus- und Minus-Filters - das ganze Spektrum, 5 Klangräume und ihre wechselwirkende Beziehung

- Plus- und Minus-Filter
- den gefilterten Klang neu aufnehmen (S. 2)
- das Klangspektrum ohne den Kombinationsklang (S. 4)
- die beiden Kombinationsklänge (S. 6)
- die dynamische Entwicklung des Klangprozesses (S. 8)
- aus dem Innenleben des Klangs (S. 8)
- 5 Klangräume und ihre Dimensionen (S. 9)
- Intonation der Amsel – Orientierung über das Gehör im Klangspektrum (S. 11)
- zusammenfassende Beschreibung des Klangprozesses (S. 12)
- die „3. Stimme“ (S. 12)
- Selbstorganisation und Emergenz im „System“ Klang (S. 13)

Anhang (S. 14)

- 1) Die Klangstruktur am Beginn des Motivs, 2) Das Gesamtspektrum des Motivs (S. 15)
- 3) 5 Formanten im hohen Spektrum (S.16), 4) Raum und Wechselwirkung (S. 17)
- 5) Quint- und Quart-Glissando im menschlichen Gesang oder:
"Wie können Amseln und Menschen Quinten hören und singen, ohne es gelernt zu haben?" (18)
- 6) Klang-"Gestalt" Quinte (S. 23)

vgl. auch die PDF-Datei: „Amselgesang 7.6 – Kombinationsklänge (reale Klänge - keine Psychoakustik)“
C:\Users\johan\Documents\1 Amsel Texte\Amselgesang-7.6_Kombinationsklänge.pdf



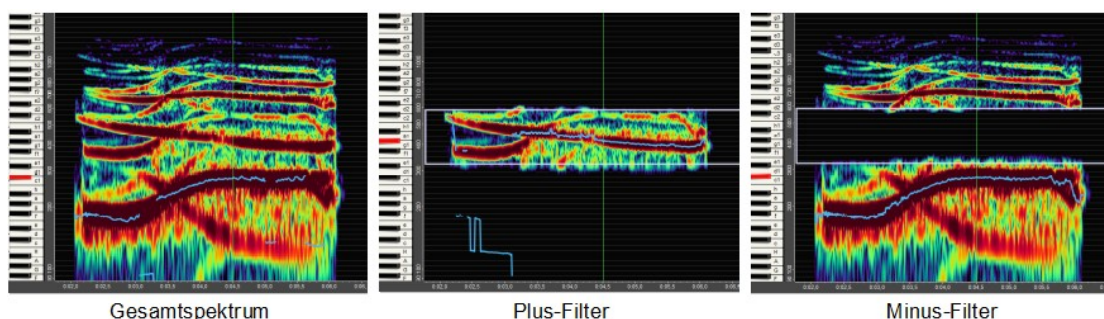
Der Overtone-Analyzer zeigt das Gesamtspektrum eines Klangs an mit allen Teilfrequenzen, die in diesem *einen* Klang enthalten sind bzw. in ihm mitschwingen und klingen. Ein Klang setzt sich aber nicht einfach zusammen aus der Summe seiner tieferen und höheren Teiltöne und er besteht auch nicht nur aus einer klingenden Tonhöhe als Grundton mit der ganzzahlig angeordneten Reihe der Obertöne darüber. Jeweils nach Anzahl und unterschiedlich ausgeprägter Dynamik der einzelnen Teilfrequenzen und je nach der Dominanz einer Frequenz, die nicht immer der Grundton eines Spektrums sein muß, sowie je nachdem, ob überhaupt ein Grundton (1. Teilton) im Gesamtspektrum mitschwingt, ergibt das *einen* Gesamtklang, einheitlich und komplex zugleich. Die Proportion der Teilfrequenzen untereinander und ihre Relation zueinander bestimmen Farbe, Charakter und Ausprägung eines Klangs in seinem Gesamtspektrum.

Auch ein 2-stimmiger Gesang setzt sich nicht einfach zusammen aus der Summe zweier Klänge mit ihrer klingenden Tonhöhe und ihrem jeweiligen Frequenzspektrum. Je nach Beziehung und Verhältnis der beiden Stimmen zueinander bildet sich *ein* einheitlicher, ganzer Klang mit einem ganz eigenen komplexen Spektrum und einer ganz bestimmten Klangfarbe und Klangstruktur. Das komplette Spektrum der beiden klingenden Stimmen kommt im Zusammenklang in wechselseitig rückkoppelnde Beziehung zueinander. So kann es zu einer Verstärkung oder auch zu einer Abschwächung einzelner Frequenzen im jeweiligen Spektrum kommen, was dem Gesamtklang eine andere Färbung und Ausprägung gibt; es kann sich ein eigener virtueller Grundton aus dem Zusammenklang der beiden Stimmen bilden, eine nicht-klingende Frequenz, die aber im Spektro-

gramm vom Tonhöhenmarker als Grundton dieses einen Gesamtspektrums angezeigt wird; und es können übereinstimmende Frequenzproportionen so kumulieren, daß eine bestimmte Frequenz wie eine eigene Stimme wirkt und klingt.

Eine rückkoppelnde Wechselwirkung zeigt sich umso mehr bei einem 2-stimmigen Gesang wie in diesem Motiv, das keinen stehenden Klang mit einem gleichbleibenden Intervallverhältnis der beiden Stimmen bildet, sondern das in ständiger Veränderung begriffen ist, in dem sich durch die gegenläufigen Glissandi der Klang in seinem Spektrum kontinuierlich moduliert und verwandelt. Der Grundton, der vom Tonhöhenmarker im Spektrogramm des Gesamtklangs angezeigt wird, verweilt deshalb zu Beginn des Motivs nicht stetig auf der lautesten Frequenz, dem ‚fis‘ mit einem starkem Oktav-Teilton fis1 (32x verlangsamt), sondern wird parallel zu der allmählich abwärts gleitenden Oberstimme etwas tiefer und springt am Beginn des Glissandos fis-cis1 zum virtuellen Grundton Fis, wie es auch beim cis1 zu sehen ist mit einem Wechsel zum ‚cis‘.

In der Software des Overtone-Analyzers gibt es eine Funktion, mit der man bestimmte Bereiche des Spektrums herausfiltern kann, so daß nur dieser Ausschnitt hörbar ist und im Spektrogramm mit allen Frequenzen angezeigt wird, die in diesem Bereich klingen, ein **Plus-Filter**. Zugleich wird dieses Spektrum in seiner Zusammensetzung so als spezifischer Klang analysiert, daß die Tonhöhe für den jeweils lautesten Klang exakt markiert wird bzw. der virtuelle Grundton angezeigt wird, der in dem Fall tiefer und außerhalb dieses herausgefilterten Spektrums liegt (mittleres Bild).



Ebenso ist es möglich, einen **Minus-Filter** für einen bestimmten Frequenzbereich anzulegen, so daß dieser Ausschnitt im Gesamtklang nicht mehr mitklingt und die einzelnen schwingenden Teilfrequenzen aus diesem Bereich nicht mehr angezeigt werden (rechtes Bild).

Wie im Vergleich mit dem Gesamtspektrum zu sehen ist, verändert sich auch durch den Minus-Filter nicht das Spektrogrammbild in seiner Struktur und Dynamik, aber, wie am Tonhöhenmarker abzulesen ist, analysiert die Software dieses Spektrum ohne die Oberstimme neu und markiert nun durchgängig die Unterstimme fis-cis1 als Grundton bzw. Grundklang dieses Spektrums. Ich kann den Plus- und den Minus-Filter auch so einstellen, daß wirklich nur eine einzelne Frequenz ausgefiltert wird, also z.B. nur den Terz-Teilton (5.) hör- und sichtbar machen. Und ich kann auch diesen schmalen Filter im Anhören durch das ganze Spektrum von Teilton zu Teilton rauf und runter schieben oder den Filter vom Grundklang aus bis zu den höchsten Frequenzen aufmachen und wieder auf den unteren Grundklang zurückführen, was eine sehr ungewöhnliche und beeindruckende Hörerfahrung ist.

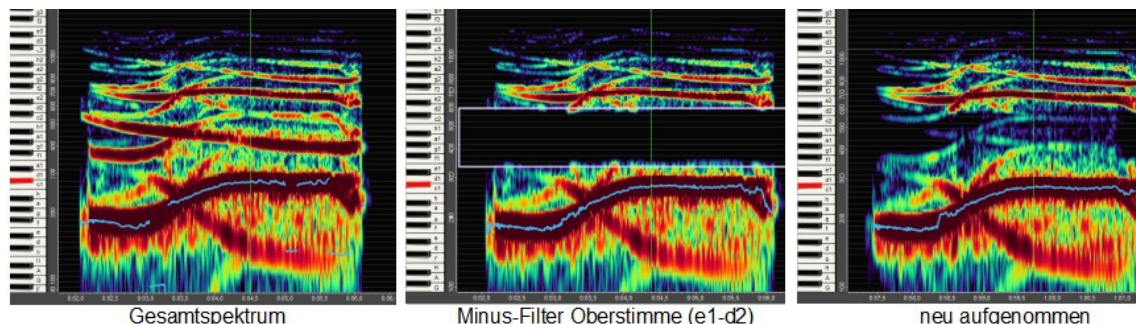
(siehe und höre: „Amselgesang 7.3 – ein 2-stimmiger C-Dur-Spektralklang“ <https://youtu.be/FzA9abeKy34>)

Den gefilterten Klang neu aufnehmen

Was das Spektrogrammbild mit dem Plus- oder Minus-Filter anzeigt (oben mittleres und rechtes Bild), ist nicht der reale Klang, den ich in der Aufnahme als einen Gesamtklang höre mit einem spezifischen Spektrum und charakteristischen Klangelementen. In ihm fehlt zwar die Oberstimme, d.h. die Frequenz cis2-gis1, und dennoch erklingt er als *ein* ganzer Klang, in dem neben dem Quint-Glissando fis-cis1 auch die gleitende Abwärtsbewegung der Oberstimme wahrzunehmen ist.

Um dieses Phänomen zu überprüfen, habe ich den gefilterten Klang neu aufgenommen und dann auf den Overtone-Analyzer überspielt, und das sowohl mit Plus- als auch mit Minus-Filter für die Unterstimme, die Oberstimme und den Kombinationsklang. (Spektrogramme nächste Seite)

Im Spektrogramm des neu aufgenommenen Filter-Klangs sind der untere und der obere Bereich identisch, der untere mit der Unterstimme und dem unteren Kombinationsklang sowie das hohe Spektrum ab d2 mit dem oberen Kombinationsklang und den höheren Teiltönen von Unter- und Oberstimme, und zwar alle Frequenzen in der gleichen Lautstärke. Bemerkenswert ist dies vor allem für den starken oberen Kombinationsklang, der sich bildet aus dem Zusammenklingen und Aufeinanderwirken von Unterstimme und Oberstimme.



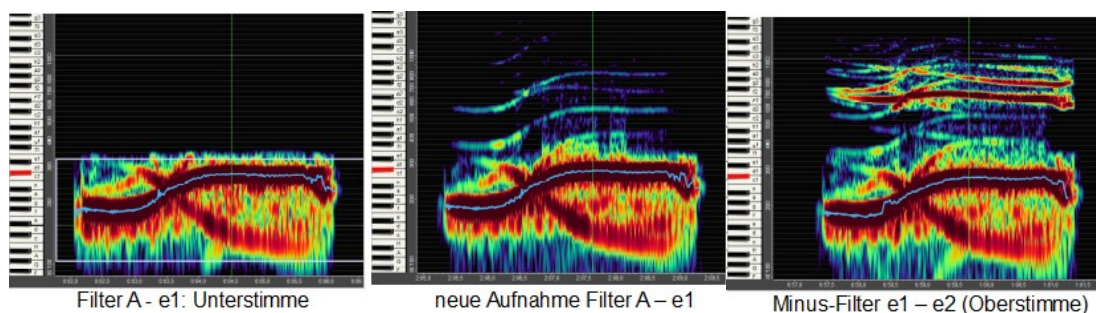
Das „Ausschneiden“ dieser einen Frequenz cis2-g1 ändert offenbar nichts Wesentliches am Gesamtgefüge und der Struktur des Klangs. Diese eine Frequenz wird also auch in anderen Schichten und auf anderen Ebenen des Spektrums repräsentiert, d.h. es entstehen im Gesamtklang *innere Resonanzphänomene und Spiegelungen*.

Für einen komplexen Klang gilt offenkundig : Das Ganze ist mehr als die Summe seiner Teile.

Und: In jeder Frequenzschicht, in jedem Teilelement resoniert das Ganze.

Bei der Neuaufnahme fällt gleich ins Auge, daß im Spektrogramm auch im weggefilterten Bereich Frequenzen sichtbar werden, die ebenso zum Gewebe des Gesamtklangs ge-„hören“ und indirekt wohl auch hörbar sind, die aber vom Grundklang der Oberstimme übertönt werden.

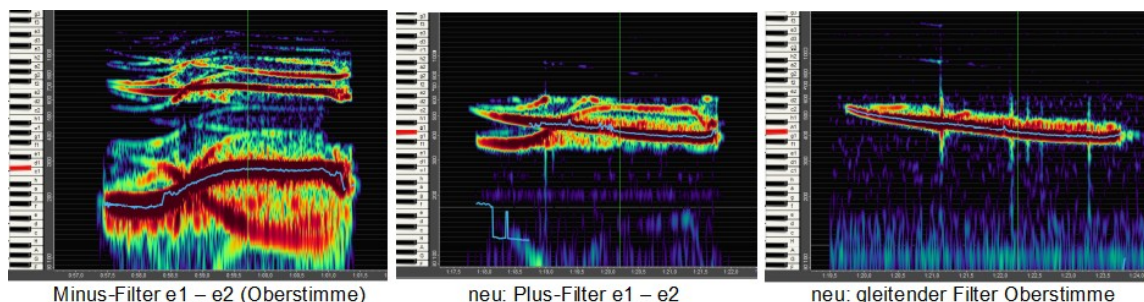
Dazu sind andere Frequenzen in geringer Lautstärke sichtbar, die eigentlich in diesem Bereich weggefiltert sein müßten, wie der 2. Teilton der Unterstimme, fis1-cis2 sowie zu Beginn das cis2 als 3. Teilton der Unterstimme. Sogar der Verlauf der Oberstimme vom ais1 zum gis1 ist ganz leicht zu erkennen. Interessant aber ist vor allem das gis1, das nun im Spektrum auftaucht, aber im Gesamtspektrum überlagert war von der Oberstimme im Bereich gis1-g1. Zu welchem Klangspektrum gehört nun diese Frequenz, die ebenso zu sehen ist im Spektrum der neuen Aufnahme der Unterstimme fis-cis1 (Filter bis e1 s.u.)?



Sie kommt aus dem Kreuzungspunkt ‚ais‘, steigt auf zum gis1 und wird parallel zur Unterstimme cis1 leiser. In der Neuaufnahme der Unterstimme klingen relativ deutlich zu erkennen der 2. und der 3. Teilton mit, fis1-cis2 und cis2-gis2. Wäre das eine Aufnahme von einem einzelnen Klang, ein einstimmig gesungenes Glissando von ‚fis‘ nach cis1, wären auf jeden Fall mindestens genau diese Oktav- und Quintfrequenz des Grundklangs zu sehen, aber kein Quint-Teilton bei gis1. Diese Frequenz kann nur ein Element des Gesamtklangs sein, das auch in diesem Ausschnitt mitklingt. Es ist der 3. Teilton des *virtuellen Grundtons* ‚cis‘, der aus dem Zusammenklang von Unter- und Oberstimme hervorgeht und im Spektrogramm des Gesamtklangs teilweise als Tonhöhe markiert wird. Der untere Kombinationsklang von e1 nach dis-cis-c-h, der in beiden Filterbildern zu sehen ist, repräsentiert diesen Prozeß in den Cis-C-Klang hinein, vom Grundton ‚fis‘ der Unterstimme mit cis2 als Quint-Teilton hin zu dem tieferen neuen Grundton ‚cis‘ mit dem cis1 der Unterstimme als Oktav-Teilton, dem hier fehlenden gis1 der Oberstimme als Quint-Teilton und dem eis2 des oberen Kombinationsklangs als Terz-Teilton.

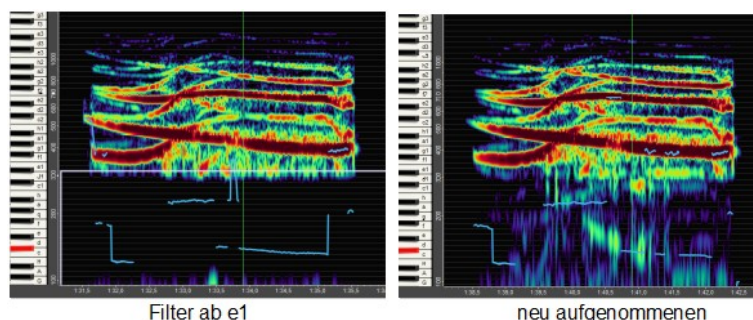
In beiden obigen Bildern kann man sehr plastisch nachvollziehen, wie sich der Gesamtklang durch den Kreuzungspunkt der Ober- und Unterstimme hindurch *regelrecht wendet in ein neues Spektrum hinein*, in die Tiefe zum neuen Grundklang ‚cis‘ und in die Höhe in die neue Quinte gis1. Die Stimmenkreuzung manifestiert sich im gesamten Spektrum, bei ‚ais‘ im Aufwärts-Glissando der Unterstimme mit dem unteren Kombinationsklang, bei ais1 zwischen Oberstimme und 1. Teilton der Unterstimme (auch im Filter ohne Oberstimme), bei eis2 zwischen 3. Teilton der Unterstimme und oberem Kombinationsklang, bei ais2 zwischen 2. Teilton der Oberstimme und 4. Teilton Unterstimme usw. usf. dann im höheren Spektrum.

Auch in dem gefilterten Klang ist dieser Prozeß wahrzunehmen, er wirkt regelrecht dreidimensional und man könnte ihn auch bezeichnen als eine Art *innere Umstülpung* eines räumlich mehrdimensionalen Klanggebildes, aus einem offenen, „leeren“ Quintraum hinein in die Mitte, verdichtet durch den Terzraum hindurch in einen weit sich öffnenden, farbig erfüllten und tief grundierten höheren Quintraum.



Das mittlere Bild zeigt nur den Ausschnitt an, der im linken Bild weggefiltert wurde, die Oberstimme cis2-gis-g1 mit dem 2. Teilton der Unterstimme fis1-cis2. Auf dem Bild ist nicht gut zu sehen, daß in dieser Neuaufnahme der 2. und der 3. Teilton der Oberstimme mitklingen und etwas leiser auch sogar der 7. Teilton des virtuellen Grundtons (cis-c) das h2 und das b2. Beim Anhören dominiert natürlich das Glissando abwärts der Oberstimme, doch zu Beginn ist eindeutig auch eine Aufwärtsbewegung aus der Zweistimmigkeit zu hören bis in den Quartklang gis1/cis2-g1/c2.

Mit einem schmalen gleitenden Filter habe ich nur die Oberstimme im rechten Bild aufgenommen. Die Ausschläge im Klang liegen bei ais1, gis1 und g1, wenn der Gesamtklang von Fis zu Cis und nach C moduliert.



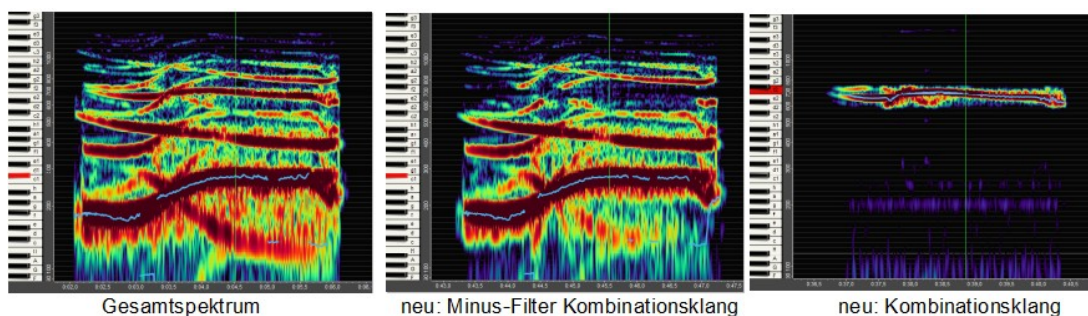
Hier habe ich die Unterstimme weggefiltert, so daß nur das Spektrum ab e1 wiedergegeben wird. In der neuen Aufnahme ist der gleiche Klangprozeß zu hören wie im Gesamtklang, neben dem Aufsteigen der Unterstimme vor allem das Abwärtsgleiten der Oberstimme, die harmonische Modulation und die Vielschichtigkeit im Spektrum. Der Klang wirkt komplett, nur fehlt ihm Fülle und Tiefe, in seiner Helligkeit wirkt er aber sehr anregend. Faktisch klingt am Ende ein typischer Quartsextakkord mit g1-c2-e2 mit der Quinte als stärkstem und tiefstem Ton, dem auch in der komponierten Musik etwas Schwebendes anhaftet.

Das Klangspektrum ohne Kombinationsklang

„Kombinationstöne können bei gleichzeitigem Erklingen zweier unterschiedlicher Töne entstehen, indem aus den beiden Grundfrequenzen (bzw. ihren Vielfachen) Differenzen oder Summen gebildet werden. Jene Kombinationstöne, welche die mathematische Differenz zweier Töne darstellen, werden Differenztöne oder auch Tartini-Töne genannt, nach dem italienischen Geiger Guiseppe Tartini, der sie bei laut gespielten Doppelgriffen auf seiner Geige vernahm. Töne, welche die mathematische Summe zweier Frequenzen darstellen, werden als Summationstöne bezeichnet.“ (Wikipedia – Kombinationston)

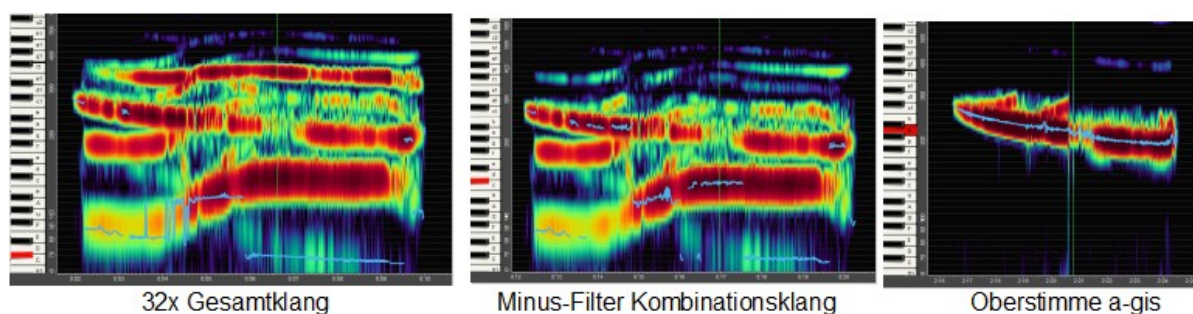
In der Akustik spricht man von einem Kombinationston, wenn 2 Sinustöne (!) wie z.B. die Terz c2/e2 erklingen und daraus die subjektive Wahrnehmung entsteht, daß zu diesen beiden Tönen ein dritter Ton zu hören ist, in dem Fall das tiefere Kleine C als Kombinationston (Hörbeispiel Wikipedia). Diese Wahrnehmung wird als psycho-akustisch bezeichnet, da ihr kein reales akustisches Ereignis zugrunde liegen soll, das auch mit einem Mikrophon aufgenommen werden könnte, sondern daß es im Ohr bzw. im Gehirn gebildet würde. (Georg Eska: Schall und Klang. Wie und was wir hören. Basel 1997 S. 213)

Wie im Spektrogramm zu sehen und zu hören ist, gibt es im Amselgesang Kombinationstöne, die im Gegensatz zu den Untersuchungen der Akustik tatsächlich reale Klänge sind als Elemente im Gesamtspektrum dieses 2-stimmigen Gesangs (siehe unten S. 6ff).



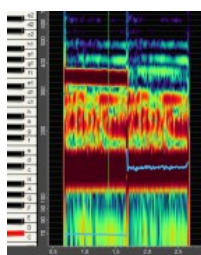
Wenn ich mir die Aufnahme anhöre, in der der Kombinationsklang f2-e2-f2-e2 ausgefiltert wurde, habe ich den Eindruck, daß es sich bei diesem ziemlich einfachen Klanggebilde eher um die Kombination von 2 unterschiedlichen „Tönen“ bzw. gleitenden Tonfolgen handelt, die beide jeweils gut in ihrer Folge und ihrem Ablauf zu hören sind, aber etwas beziehungslos nebeneinander erklingen. Am Anfang gibt es ein gewisses Schillern im Klang, wenn das ‚fis‘ verweilt und die Oberstimme abwärts gleitet. In der Mitte ist nicht mehr als eine deutliche Gegenbewegung zu hören. Und am Ende habe ich den Eindruck, eine sogenannte leere Quinte zu hören („c/g“).

Bemerkenswert ist, daß beim Übergang vom a1 zum gis1 die Oberstimme nicht voll durchklingt, was auch im Spektrogramm sichtbar ist, in der 32-fachen Verlangsamung sogar ganz deutlich, es klingt wie eine Unterbrechung. Und auch im fließenden Filter für die Oberstimme im Solo (Bild unten rechts) zeigt sich im gleitenden Übergang vom ‚a‘ zum ‚gis‘, daß die Oberstimme plötzlich nur noch halb so laut klingt, bevor sie beim Übergang vom ‚gis‘ zum ‚g‘ wieder an der Lautstärke zuvor anknüpft. (Die starke Veränderung in dieser Version liegt möglicherweise auch daran, daß ich den Filter nicht ganz gleichmäßig verschoben habe.) Wenn ich aber den Kombinationsklang wieder mitklingen lasse, ist die Oberstimme durchgängig wahrzunehmen und beide Stimmen zusammen bilden einen glatten Klangverlauf, obwohl die leise Phase im Spektrogramm-bild immer noch vorhanden ist. Wie ist das zu erklären?



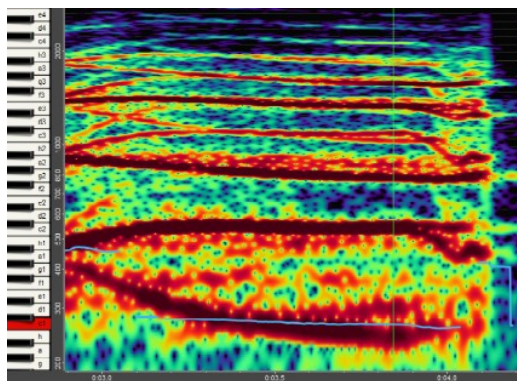
Im Spektrogramm vom Gesamtklang ist eindeutig zu erkennen, was nicht unmittelbar so zu hören ist, daß die Oberstimme zu Beginn viel lauter als die Unterstimme beim Fis ist. Da, wo der Tonhöhenmarker in der Oberstimme das ‚h‘ anzeigt, ist sie 4x (!) so laut wie der 1. Teilton, der Grundklang von Fis. Der 2. Teilton der Unterstimme ‚fis‘ ist doppelt so laut wie der 1. Teilton. Erst ab dieser Phase wird der Kombinationsklang e1 genauso laut wie das ‚fis‘, der 2. Teilton. (Diese Lautstärkeverhältnisse liegen allerdings auch an der sehr tiefen Lage. Sie entsprechen dem subjektiven Eindruck beim Hören. 2 Oktaven höher in der 8-fachen Verlangsamung ist es umgekehrt, da ist in dieser Phase die Unterstimme doppelt so laut wie die Oberstimme, und so wird sie auch gehört.)

Im Glissando zum ‚cis‘ hin schwillt die Unterstimme in der Lautstärke so stark an, daß sie beim Erreichen der Quinte ‚cis‘ die gleiche Lautstärke hat wie zuvor die Oberstimme, die nun wiederum nur noch halb so laut ist wie die Unterstimme. Daß die Oberstimme schwächer klingt, passiert genau in dem Moment, wenn die Unterstimme auf dem ‚cis‘ angekommen ist und dann auf dieser Tonhöhe gleichmäßig weiterklingt. Zu Beginn dominiert also in dieser Lage die Oberstimme das Klanggeschehen, als realer Quintklang zum Grundklang Fis und als höchster Ton im Einsatz, aber sobald die Unterstimme ihre Quinte ‚cis‘ voll erreicht hat, wird das ‚cis‘ dominant als nun real klingender Grundklang, wie im mittleren Bild zu sehen ist mit dem Tonhöhenmarker bei ‚cis‘. Mit dem ‚cis‘ als lautester Frequenz verwandelt sich das ganze Klanggefüge, nicht nur das Verhältnis von Unter- und Oberstimme. Da die Oberstimme sich immer weiter kontinuierlich und allmählich verändert, vom ‚ais‘ zum ‚a‘ durch das ‚gis‘ hindurch zum ‚g‘, wird sie im Gesamtspektrum scheinbar übertönt vom manifesten Tenuto-Klang ‚cis‘, in dessen Spektrum das 5 Töne höher real klingende ‚gis‘ eh keinen Bezugsort als möglicher Quint-Teilton hat. Höre ich mir nur das ‚cis‘ im mittleren Bild an, wenn es den Grundklang bildet, so höre ich einen voll tönenden Klang mit komplettem, in sich ausgewogenem Spektrum, zu dem ich in reiner Intonation Terz, Quinte und Septime in größtmöglicher Klarheit singen kann, cis-eis-gis-h.
Das ganze Spektrum ist also in diesem e i n e n Klang enthalten.



Ganz anders klingt die gleiche Stelle im Gesamtklang (siehe kleines Bild linke Hälfte). Als virtueller Grundton wird nun das Cis angezeigt mit dem ‚cis‘ als Oktav-Teilton (2.) und dem eis1 als Terz-Teilton (5.). Die Terz, die genauso laut wie das ‚cis‘ ist, dominiert den Klang, die Quinte ist als als Oberstimme nicht wahrnehmbar, aber es klingt wie ein komplettes Cis-Dur. Interessant ist, daß ohne die Terz in der linken Fassung beide Parts völlig gleich klingen. Spiele ich beide Teile nacheinander ab, höre ich in dem großen Intervall eis1-cis eine Große Terz klingen.

Kombinationsklänge im Spektrum



d4: 3. Teilton Oberstimme
 cis4: 4./(8.) Teilton Unterstimme
 b3/h3: 7. Teilton virtueller Grundton / (7. Teilton Unterstimme)
 g3/gis3: 2. Teilton Oberstimme / 3./(6.) Teilton Unterstimme
 e3/eis3: Terz-Kombinationsklang / (5. Teilton Unterstimme)
 cis3/c3: 2./(4.) Teilton Unterstimme / 4. Teilton virtueller Grundton c1
 g2/(gis2): Oberstimme / (3. Teilton Unterstimme)
 cis2: (h1): Unterstimme / (2. Teilton ‚h‘)
 (fis1): Nachklang fis1 Unterstimme
 (dis1): anderer Vogel
 cis1: (1. Teilton zu Unterstimme cis2)
 ‚h‘: Differenzklang (Oberstimme minus Unterstimme)

Bisher hatte ich mich in meiner Analyse hauptsächlich auf die 16- und 32-fache Verlangsamung gestützt, vor allem weil in diesem Tempo die akustische Wahrnehmung klarer war. Als ich mir dann das Spektrogramm der 8-fachen Verlangsamung mal genau angeschaut habe, entdeckte ich endlich am Ende des Motivs, wenn sich die Unter- und Oberstimme in einem gemeinsamen Spektrum eingeschwungen haben, aus welchen Frequenzen sich der Gesamtklang von Unterstimme / Oberstimme / oberem und unterem Kombinationsklang / virtuellem Grundton zusammensetzt.

Besonders auffallend waren in dieser Lage mehrere Frequenzen, die dicht beieinander liegen und in der größeren Verlangsamung im Spektrogramm und im größeren Schwingungsambitus zu einer Frequenz verschmelzen.

Der Terz-Kombinationsklang und der tiefe Differenzklang enden genau dann, wenn die Oberstimme noch weiterklingt, aber die Unterstimme sich zum großen Intervall-Triller weiterbewegt. Nach dem cis2 ist das Spektrum der Unterstimme: a1/a2/e3/a3/cis4 (1. - 5. Teilton).

In diesem 2-dimensionalen Spektrumsbild überlagern sich offensichtlich mehrere Spektren:

- 1) Unterstimme cis2 mit den Teiltönen cis3(2./4.), gis3(3./6.), h3(7.), cis4(4./8.)
- 2) Oberstimme g2 (Grundklang) mit den Teiltönen g3(2.), d4(3.)
- 3) Unterstimme (cis1) mit den Teiltönen cis2 (2.), gis2(3.), cis3(4.), eis3(5.), gis3(6.)
- 4) virtueller Grundton c1 mit den Teiltönen g2 (3.), c3(4.), e3(5.), g3(6.), b3(7.)
- 5) Differenzklang ,h‘

Das nur schwach klingende gis1 kommt aus dem großen Verdichtungs- und Kreuzungspunkt ais1 von Unter- und Oberstimme. Das eis3 und das c3 kommen beide vom deutlich schwächeren Kreuzungspunkt dis3 her, in dem sich „im Hintergrund“ bzw. in einem *Metaraum* die Spektren von Ober- und Unterstimme nicht einfach kreuzen, sondern quasi umgestülpt werden oder, anders gesagt, in ein verwandeltes Resonanzspektrum „kippen“. Das gis3 kommt aus dem aufsteigenden Glissando der Unterstimme und das c3 aus dem absteigenden Glissando des unteren Kombinationsklangs.

Kombinationstöne, Summationstöne, Differenztöne

fis1(-44) : c3(-31) ~ = „1:3“ / $1+3 = 4$

366 Hz (fis1) + 1028 Hz (c3) = 1394 Hz (f3)

Kombinationston f3 (4. Teilton des virtuellen Grundtons f1)

cis2 : gis2 = 2:3 / $2+3 = 5$

549 Hz (cis2 – 2. Teilton) + 818 Hz (gis2 – 3. Teilton) = 1367 Hz (eis3 – 5. Teilton)

Summationston eis3 (Terz-Teilton des virtuellen Grundtons cis1)

cis2(-17) : g2(-20) ~ = „2:3“ / $2+3 = 5$

549 Hz (cis2) + 781 Hz (g3) = 1330 Hz (e3)

Kombinationston e3 (Terz des virtuellen Grundtons c1)

c3 (974 Hz) minus fis1 (361 Hz) = e2 (613 Hz) – *Differenzton e2* (Beginn des Glissandos)

g3 (781 Hz) minus cis2 (549 Hz) = ,h‘ (232 Hz) – *Differenzton ,h‘* (Ende des Glissandos)

Die Bezeichnung Kombinations-, Summations- bzw. Differenz-Ton stammt aus der Akustik, die in ihren Untersuchungen mit Sinustönen und nicht mit komplexen Klängen arbeitet. Ich benutze die physikalisch richtige Bezeichnung „Klang“ für diese „Töne“, da es sich um Elemente in einem komplexen Klangspektrum handelt. In diesem Motiv erklingen ja nicht einfach gleichzeitig 2 „Töne“, sondern es handelt sich um ein vielfaches Klangspektrum, das sich kontinuierlich verändert, in dem sogar ganz schwache Teiltöne der beiden Kombinationsklänge zu erkennen sind.

Das eis3 bezeichne ich deshalb oben als Summationston, weil es für kurze Dauer aus der exakten Summe von 2. und 3. Teilton hervorgeht, wenn ich das cis2 nicht als Grundklang wie das fis1 definiere, sondern als 2. Teilton im Spektrum des virtuellen Grundtons cis1.

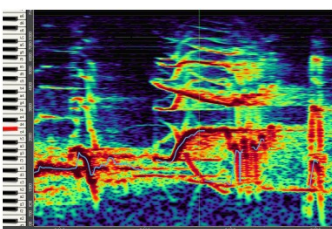
Im Text benenne ich die Klangwelle von f3 nach e3 als oberen und das Glissando von e2 nach ,h‘ als unteren Kombinationsklang.

Der obere Kombinationsklang aus Unter- und Oberstimme beginnt mit f3, geht nach e3 als 7. Teilton des virtuellen Grundtons Fis, beginnt neu nach dem Glissando der Unterstimme nach eis3 als Summationston von Unter- und Oberstimme (Terzklang = 5:3:2) und endet als Kombinationsklang von Unter- und Oberstimme auf e3, dem Terz-Teilton des virtuellen Grundtons c1.

Der untere Kombinationsklang, ein Glissando von e2 nach ,h‘, bildet sich aus den Differenztönen von Ober- und Unterstimme. Er beginnt bei e2, geht durch ais1 hindurch und endet beim ,h‘.

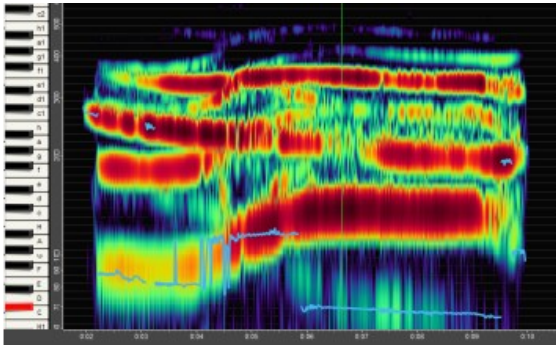
Der virtuelle Grundton mit seinem Klangspektrum beginnt mit der Quinte cis2/gis2 von Ober- und Unterstimme bei cis1 und bewegt sich im Spektrum gleitend zum c1 hin.

Also ist der Grundton dieses Spektrums virtuell, doch das Spektrum ist realer Klang !



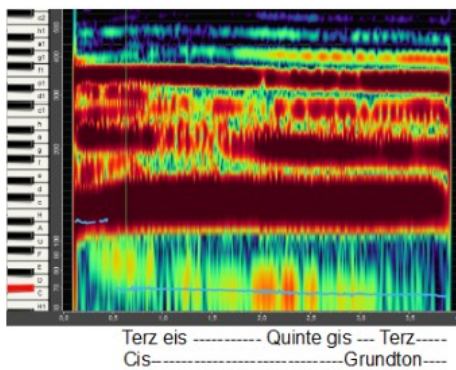
Im Spektrogramm der 2-fachen Verlangsamung ist zu erkennen, daß es vor dem Motiv zum einen Nachklänge des „C-Dur“-Motivs gibt (c3/e3/g3) und das gleichzeitig ein anderer Vogel, vermutlich Amsel 2, ein langes d3 singt, das langsam zum h2 gleitet. Dieser Klang kreuzt sich mit dem unteren Kombinationsklang. Daneben ist auch gut zu sehen, daß das fis3 der Unterstimme bis zum Ende der Quinte cis4 weiter nachklingt. Auch das Glissando fis-cis hat einen sichtbaren Echoklang.

Die dynamische Entwicklung im Klangprozeß



Im Spektrogramm der 32-fachen Verlangsamung ist die innere dynamische Entwicklung des Gesamtklangs in all seinen Elementen und Schichten sehr bildhaft zu sehen, ein Klangbild, das beim Anhören das innere Klanggeschehen durchhörbarer macht. Zu Beginn sind die stärksten Frequenzen die Oberstimme (ais) und der Oktav-Teilton der Unterstimme (fis) sowie der Kombinationsklang e1, der sich als 7. Teilton zum Fis aus dem Zusammen-klingen von Ober- und Unterstimme mit ihrem spezifischen Spektrum bildet. Im Aufwärts-Glissando der Unter-

stimme durch das Ais hindurch schwillt der Grundklang der Unterstimme an und aus einem Zusammenwirken mit dem Oktavklang ‚ais‘ in der Oberstimme verstärkt sich die Quint-Frequenz beider Stimmen (ais/eis1), die, nun deutlich lauter als die Oberstimme, zur Terz-Frequenz des ‚cis‘ wird und das Gesamtspektrum prägt.



Im linken Bild ist der Gesamtklang zu sehen, wenn die Unterstimme das ‚cis‘ erreicht hat und der virtuelle Grundton auf dem Cis angezeigt wird. Beim Beginn von Cis dominiert die Terz, die Oberstimme als direkte Quinte zu Cis wird übertönt, dann dominiert für eine Weile die Quinte ‚gis‘ bei reduzierter Terz eis1, bevor zum Schluß hin wieder stärker die Terz über dem Grundton leuchtet.

Wenn ich ganz genau in das Frequenzspektrum schaue, kann ich ablesen und ausrechnen, daß dieser Klangprozeß keine Entwicklung aus einem Cis-Klang in einen C-Klang ist (C-Dur-Dreiklang c/g/e). Denn das Cis bleibt kontinuierlich

bei 135 Hz, hat aber im Vibrato eine Amplitude zwischen cis(+17) und c(+49), was mehr als ein Viertelton ist. Parallel zum ‚cis‘ gleitet die Oberstimme von a(+6) nach g(+28) bei 199 Hz, bildet also zu Beginn eher eine Kleine Sexte (4:8). Der Kombinationsklang liegt zu Beginn von cis/a bei eis1(+3) bzw. f1(+3). Er entsteht genau aus dieser Ambivalenz zwischen der Kleinen Sexte zum ‚a‘ (a:f1 = 5:8) und der Kleinen Sexte zum ‚cis‘ (cis:eis1 = 2:5). Am Ende bilden das tiefe ‚cis‘ (135 Hz) der Unterstimme und das ‚g‘ (199 Hz) der Oberstimme eine eindeutige Quinte (2:3) und das e1(+49) bei 334 Hz eine klare Terz.

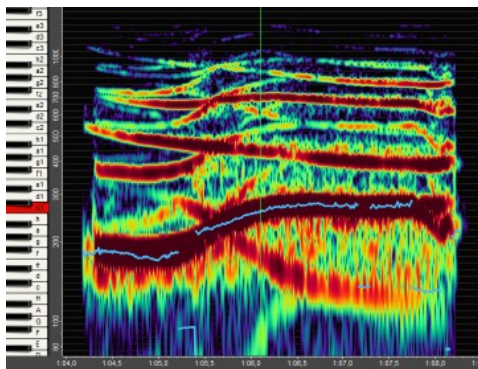
Der Unterschied von eis(+3) zu e1(+49) am Ende macht einen Viertelton aus. Der „Dreiklang“ erklingt also in der genauen Proportion 2:3:5 („c/g/e1“). („Dreiklang“ in Anführungszeichen, weil die Amsel einen mathematische berechenbaren Dur-Dreiklang singt, allerdings keine Vorstellung und keinen Begriff davon hat. Sie richtet sich nur nach ihrem Gehör.)

Das Fis zu Beginn des Motivs liegt mit Fis(-18) bei 92 Hz und so weicht das ‚cis‘ bzw. c(+49) nur um einen Achtelton von der reinen Quinte zum Fis ab (Fis:cis=2:3), es ist sage und schreibe nur 6 Hz tiefer und das in einer Lage, in der die Differenz eine Halbtons (c5/cis5) 260 Hz beträgt!

Spätestens jetzt ist offensichtlich und wird offenkundig, daß die Definition der Tonhöhen und der Klänge anhand der Klaviatur und ihrer chromatischen Unterteilung zwar hilfreich ist für eine sehr genaue Analyse und die detaillierte Beschreibung dieser speziellen Klänge und Klangfiguren, aber mit der Benennung von dieser oder jener Tonhöhe bzw. dieser oder jener Harmonie und auch mit Begriffen wie „Kombinationsklang“ ist die reale Zweistimmigkeit und gleichzeitige Mehrstimmigkeit im Gesamtspektrum sowie die Modulation und Umwandlung im Klangprozeß nur annähernd und eher in Analogien und Korrelationen zu erfassen.

Aus dem Innenleben des Klangs

Wenn ich nach dieser gründlichen und genauen Analyse noch einen tieferen Blick in das Innere des Klangspektrums werfe, kann ich sehen, daß sich im Innenleben des Klangs noch weitere Klangprozesse ereignen, hinter dem offenkundigen Klanggeschehen zwischen den beiden Stimmen und dem Kombinationsklang. Im Bild unten (16-fache Verlangsamung) sind neben dem großen **Kreuzungspunkt bei ‚ais‘** noch 2 feinere Kreuzungen von Frequenzschichten



zu erkennen. Eine habe ich mit dem Cursor markiert bei c1, die andere noch etwas feinere liegt davor bei Fis. Außerdem ist noch der tiefere Bereich des Spektrums zu sehen, in dem eine leise Frequenz aus der Tiefe aufsteigt bis in den unteren Kombinationsklang.

Das vertikale Spektrum der Frequenzen setzt sich beim Cursor wie folgt zusammen:

F : die tiefe aufsteigende Frequenz – „virtueller Grundton“
f : absteigender unterer Kombinationsklang) / **c1**: Glissando der Unterstimme / **f1** schwacher Teilton / **a1**: Oberstimme / **c2**: 2. Teilton Unterstimme / **es2**: 7. Teilton zu F, Kreuzungspunkt mit ? / **f2**: oberer Kombinationsklang) / **g2**: 9. Teilton zu F / **a2**: 2. Teilton Oberstimme / **h2**: 11. Teilton zu F / **c3**: 12. Teilton zu F

f2: oberer Kombinationsklang) / **g2**: 9. Teilton zu F / **a2**: 2. Teilton Oberstimme / **h2**: 11. Teilton zu F / **c3**: 12. Teilton zu F

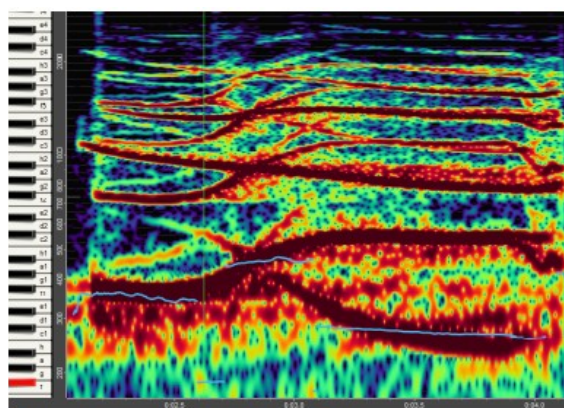
F/f/c1/(f1)/a1/c2/es2/f2/g2/a2/h2/c3 – das komplette Spektrum von F mit 1. bis 12. Teilton.

Der andere Kreuzungspunkt zuvor liegt bei dem im Spektrogramm markierten virtuellen Grundton, dem Großen Fis, dessen Spektrum sich wie folgt zusammensetzt:

,fis' (Unterstimme) / **cis1** (3. Teilton zu Fis und Kreuzungspunkt von absteigendem unteren Kombinationsklang und ?) / **fis1** (4. Teilton zu Fis) / **ais1** (Oberstimme, 5. Teilton zu Fis) / **cis2** (6. Teilton zu Fis) / **e2** (Kombinationsklang, 7. Teilton zu Fis) / **fis2** (8. Teilton zu Fis, Kreuzungspunkt von ?) / **gis2** (9. Teilton zu Fis) / **ais2** (10. Teilton zu Fis, Kreuzungspunkt von 5. Teilton Unterstimme und 2. der Oberstimme)

Fis/fis/cis1/fis1/ais1/cis2/e2/fis2/gis2/ais2 – das komplette Spektrum von Fis mit 1. bis 10. Teilton.

In der 8-fachen Verlangsamung (Bild nächste Seite) ist das *vielschichtige Frequenzgewebe* in seiner Struktur noch klarer zu erkennen, mit den stärksten „Klangfäden“ bei Unter- und Oberstimme sowie den beiden Kombinationstönen, mit dem *feineren Gespinnst* auf- und ab-steigender Frequenzen dazwischen und dahinter und mit dem starken Kreuzungspunkt der *Klanglinien* in der Mitte sowie den anderen im Hintergrund.



8x: f1-#-----e1-f#-ais1-----f-cis1-----c1-----

In diesem Spektrogramm zeigt der Tonhöhenmarker im Unterschied zur 16-fachen Verlangsamung nur virtuelle Grundtöne an. Schon am Anfang ein f1, wenn die Unterstimme bei fis1 klingt, dann schwankt der Grundton bis zum e1, kippt kurz zum ,fis' (erster Kreuzungspunkt im Spektrum) und sogleich zum ais1 hinauf durch den großen Kreuzungsbereich aller Frequenzen hindurch, kippt wieder kurz zum Kleinen F (zweiter Kreuzungs- oder Wendepunkt im inneren Spektrum), um am Ende durchgängig den Grundton von cis1 bis zum c1 zu markieren.

Zuvor in der 16-fachen Verlangsamung konnte ich bei der Angabe der Frequenzen, die sich im Teiltonspektrum von Fis und F kreuzen, nur Fragezeichen machen.

Nun aber wirkt das ganze Gewebe und Geflecht der Frequenzen noch plastischer, im Bild scheint es noch eine andere Gewebestruktur im Hintergrund zu geben, hinter den beiden Gesangsstimmen mit ihren Teilfrequenzen und den beiden Kombinationsklängen.

5 Klangräume und ihre Dimensionen – 2 Quinten in einer Möbius-Schleife

Da sich die Klänge in der Vertikale und in der Horizontale durch Raum und Zeit bewegen, muß ich mir dieses Klangbild auch in *drei Dimensionen* vorstellen, als einen Raum, der sich im Einsatz von Ober- und Unterstimme als weiter Quintklang auftut; vielfach durchleuchtet („innen“) und farbig umhüllt („außen“) von weiteren Oktav-, Quint-, Terz- und Septimklängen; als einen Raum, der sich in seinen Farben und Dimensionen konzentriert und weitet, sich öffnet nach innen und nach außen; als einen Raum mit inneren Spiegelungen, Symmetrien, Reflektionen und Resonanzen; als einen Raum, der sich ausdehnt und verdichtet, verdichtet in „die Mitte“ und in seinen Schichten, ausdehnt in die Weite, die Höhe und die Tiefe; einen Raum, dessen inneres Gefüge sich verwandeln, wenden, umstülpen und umstrukturieren kann.

Oben habe ich schon beschrieben, daß sich in diesem Gesamtklang die spektralen Räume von 5 Klängen überlagern:

1) Unterstimme, 2) Oberstimme, 3) oberer und 4) unterer Kombinationsklang, 5) virtueller Grundton mit seinem Klangspektrum.

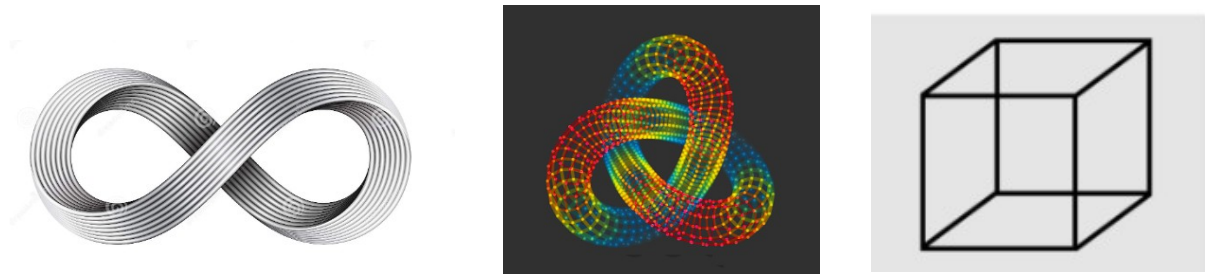
Die Oberstimme markiert im Einsatz ihren Klangraum und sogleich erweitert sich dieser Raum mit dem Beginne der Unterstimme, es öffnet sich ein mehrdimensionaler Raum über beide Stimmen hinaus.

Im Klangprozeß durchkreuzen sich Ober- und Unterstimme mit ihren spezifischen spektralen Räumen, und das wiederum im Raum der Oktave $ais1/ais2$ und damit im gesamten spektralen Raum von $ais1(b1)$ mit $b2(2.)-f3(3.)-b3(4.)-d4(5.)-f4(6.)-as4(7.)-b4(8.)$ usw. usf. bis in die höchsten spektralen Dimensionen und soweit die Schwingungsenergie beider Stimmen reicht (bis $\sim ais8 = 128$. Teilton !). Es sind die Dimensionen, die von Anfang bis Ende den Binnenraum beider Spektren als leuchtende Sphäre umhüllen und in die hinein und hinauf die gebündelte Klangenergie beider Stimmen ausstrahlt. (siehe Anhang zum Gesamtspektrum S. 15)

Der Zusammenklang und der Prozeß des Zusammenklings von Ober- und Unterstimme bewirkt die Ausprägung der beiden Kombinationsklänge, die sich mit ihrem jeweils eigenen spektralen Raum in die Klangräume der beiden Stimmen einfügen und sie auf eigene Art durchdringen und durchklingen.

Der virtuelle Grundton zeigt an, daß es über diese 4 Klangräume hinaus, durch sie hindurch und tief in ihnen einen *Metaraum* mit einem spezifischen Klangspektrum gibt, in dem alle Frequenzen repräsentiert sind, mit all ihren Resonanzen, Korrespondenzen, Korrelationen, Spiegelungen, Wechselwirkungen, allerdings nicht als Summe, sondern als *Potenz ihres Zusammenklings* oder Potenzierung ihrer jeweiligen Schwingungsenergien. In diesem virtuellen und realen Metaraum vollziehen sich Windungen und Wendungen, Kreuzungen und Umschichtungen, ein Quintraum stülpt sich um in einen anderen Quintraum, ein Spektrum kippt wie in einem Kippbild in ein anderes, hoch und tief und innen und außen ergänzen sich und tauschen sich aus – *das Spektrum des virtuellen Grundklangs als 4. Dimension*.

Eine „*Möbius-Schleife*“ in einem 2-stimmigen Motiv der Amsel, die in ihrer harmonikalen Ordnung nach ganzzahligen Proportionen berechnet werden kann.

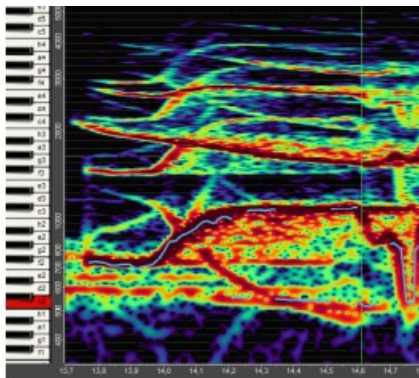


Als ich nach einem Vergleich oder analogem Bild für diesen komplexen und vielschichtigen Klangprozeß mit all seinen Raumdimensionen suchte, fielen mir die Möbius-Schleife und der Kippwürfel ein.

Die Möbius-Schleife, heißt es, ist „nicht orientierbar“, d.h. man kann nicht zwischen unten und oben oder zwischen innen und außen unterscheiden. Der Würfel kippt, wenn man ihn länger anschaut, nach ein paar Sekunden in eine andere Perspektive.

Im linken Bild könnte man die eine Schleife als den Quintraum über dem Fis ansehen und den rechten als den Quintraum über dem ‚cis‘. Beide Räume durchkreuzen sich im Ais, der Terz zwischen Fis und ‚cis‘. Und trotz des starken Aufwärts-Glissandos der Unterstimme erscheinen beide Quinten wie in einem parallelen oder komplementären Raum, weil die Oberstimme durch eine Quarte von der Quinte $cis1$ zur Quinte ‚gis‘ hinabgleitet und zugleich der untere Kombinationsklang im Abwärtsgleiten den Oktavraum unter dem ‚cis‘ aufklingen läßt. Die mittlere dreifache Möbius-Schleife könnte für mich eine plastische Darstellung des Metaraums im Spektrum des virtuellen Grundtons sein, *die 4. Dimension von sich überlagernden und durchdringenden dreidimensionalen Klangräumen*.

Intonation der Amsel – Orientierung im Klangspektrum



Im Spektrogramm der 4-fachen Verlangsamung ist noch ein weiteres Element aus dem Innenleben und Innenraum dieser Klangfigur zu sehen. Beim fis2 der Unterstimme und dem 2. Teilton fis3 wird sichtbar, daß diese Klänge einen langen Nachklang haben, auch wenn die Unterstimme in das Glissando zum cis3 übergeht, der sogar fast bis zum Ende von cis3 weiterklingt, im 2. Teilton sogar noch länger. Das fis2 als Unterquinte zu cis3 ist also weiter Element des Gesamtspektrums und ist wichtig für die stimmige Intonation der Oberquinte, an der sich die Amsel offenkundig orientiert, denn genauer kann der Quintklang nach dem Glissando nicht intoniert werden. Zumal diese Quinte schon exakt genauso zu Beginn in der

Oberstimme angestimmt wurde. Wie die menschlichen Ohren hat auch das Gehör der Amsel keinen Dämpfer wie beim Klavier, der das Fis abdämpft, wenn ein anderer Ton anschlagen wird. Die Sinneshaarzellen, die beim Fis mit seinem Spektrum erregt worden sind, schwingen natürlich noch eine Weile weiter, werden nicht gehemmt, sondern der Zusammenklang im Verhältnis 2:3 (= 4:6, 8:12 usw.) kann sogar die Quint-Schwingung noch verstärken und zurückwirken auf die im Gesamtklang weiter nachklingende Grundschiwingung, wie im verstärkten Nachklang des Fis beim vollen Erreichen des cis3 im Bild zu sehen ist.

Auch am Ende von cis3, wenn der Intervall-Triller beginnt, klingt das „Cis-C“ noch in voller Lautstärke weiter, und passend zum ausklingenden c3 intoniert die Amsel den Sexten-Triller a2-c2-a2. Bezeichnenderweise gibt es beim Kombinationsklang e4 als Terzfrequenz keinen Nachklang, wenn die Quinte c3/g3 von Ober- und Unterstimme beendet ist.

Im **Gehör** des Menschen wie auch dem der Singvögel gibt es keinen Dämpfer wie beim Klavier, der eine schwingende Saite wieder abdämpft, wenn ich zu einem anderen Ton wechsele. Das Pedal wird quasi ständig gehalten. Und es gibt auch keine einzelne Haarzelle in der Cochlea, die bei einer bestimmten Tonhöhe erregt wird, und ebensowenig entsprechende Nervenzellen oder -verbindungen im Hörkortex. Das Gehör verarbeitet Frequenz-Spektren und es braucht eine bestimmte Grunderregung über efferente Bahnen vom Gehirn in die Cochlea, um auf Veränderungen zu reagieren.

In der Cochlea und im Gehirn werden also, etwas vereinfacht gesagt, die Schwingungen und Erregungen, wie sie von dem Tenuto-Klang Fis oder den Klängen, die im Glissando zum ‚cis‘ durchlaufen werden, nicht gleich abgedämpft, wie auch im Spektrogramm zu sehen ist. Es bleibt ein bestimmtes Erregungspotential erhalten, das wiederum auf bestimmte veränderte Anregungen reagiert, die durch das Glissando der Oberstimme hervorgerufen werden.

Zur **Tonhöhenenerzeugung und -wahrnehmung beim menschlichen Gesang** (was bei den Singvögeln nicht prinzipiell anders organisiert ist):

Genauso wenig, wie es im Kehlkopf eine Tastatur oder Griffhöcker für einzelne Tonhöhen gibt, werden in der Hörschnecke, der **Cochlea**, einzelne Tonhöhen „aufgenommen“ und an einzelne Nervenzellen im Hörzentrum des Gehirns weitergeleitet. Die Cochlea analysiert keine **Tonhöhen**, sondern sie „analysiert“ und reagiert auf das **Spektrum** eines Klanges. Dafür werden nicht nur bei einem äußeren akustischen Reiz Nervenimpulse aus der Cochlea an das Gehirn gesendet, sondern auch vom Stammhirn aus werden über efferente Nervenbahnen Aktivitätspotentiale in die Hörzellen der Cochlea geleitet, um Frequenzbereiche im Klangspektrum, z.B. eines gesungenen Tons, zu aktivieren oder zu hemmen bzw. auf das spezifische Klangspektrum zu reagieren. Dieser Rückkopplungs- und Funktionszusammenhang von Kehlkopf (Syrinx), Gehör und Gehirn wird über den Nervus Vagus und die Formatio reticularis im Stammhirn erregt, reguliert und gesteuert.

Das Gehör kann beim Menschen 20x pro Sekunde auf Veränderungen im Klang reagieren, ohne subjektiv kontrollierende Wahrnehmung, und so sich z. B. in eine reine Quinte zu einem Grundton einstimmen. In den Zeitdimensionen des Vogelgesangs geschieht dies 100-fach und mehr in einer Sekunde, alles ohne Großhirn, ohne Kontrolle und ohne Bewertung.

(vgl. im Anhang S. 16: 5 Formanten im hohen Spektrum / Klangverstärkungen in der Cochlea:

https://de.wikipedia.org/wiki/Cochleärer_Verstärker)

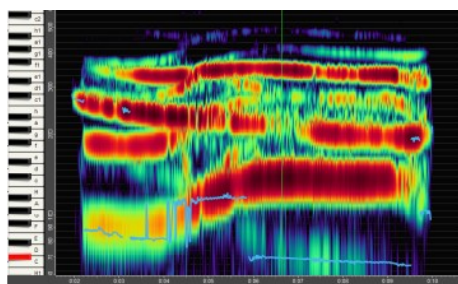
hierzu ein neuerer Text:

"Der Regelkreis von Vokalisation-Vagusnerv-Hören"

<https://www.entfaltungderstimme.de/FunktionskreisStimme.html#Regelkreis>

Zusammenfassende Beschreibung des Klangprozesses

Was im Spektrogramm abzulesen und in der Aufnahme zu hören ist, kann ich so zusammenfassen, ohne mich soweit möglich auf die Tonhöhenangaben der Klaviatur zu beziehen:



Es ist ein 2-stimmiger Gesang, in der Oberstimme mit einem kontinuierlichen Abwärts-Glissando über eine Quarte und in der Unterstimme mit 2 Tenuto-Klängen, die durch ein Quint-Glissando aufwärts miteinander verbunden sind. Die Oberstimme setzt als erste ein, auf der Quinte im Oktavbereich der Unterstimme (3:1). Die Quinte, die die Unterstimme nach ihrem Glissando aufwärts erreicht, entspricht genau dem Quintklang der Oberstimme im Einsatz (Oberstimme Einsatz / Quinte Unterstimme = 2:1). Aufwärts- und abwärtsgleitend

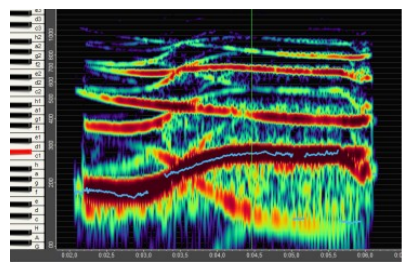
kreuzen sich beide Stimme im Oktavabstand und zwar in der Terz zum Quintklang des Beginns (Unterstimme / Terz = 4:5 und Oberstimme / Terz = 6:5). Am Ende ist im Quintklang von Unter- und Oberstimme ein vollständiger Klang mit der mitklingenden Terz zu hören (Unterstimme / Oberstimme / Terz = 2:3:5).

Es ist also die Modulation eines Quintklangs („fis/cis“) über ein Glissando durch die Terz dieser Quinte („ais“) bis in die Oberquinte („cis/gis“), wobei die Quintfrequenz („cis“) der Unterquinte eine Quarte abwärts gleitet in die Quintfrequenz („gis“) der Oberquinte zur Unterstimme, während der Grundklang („fis“) eine Quinte aufwärts gleitet.

Im Verlauf des Gesamtprozesses (1: Glissando / Tenuto, 2: gegenläufiges Glissando, 3: Glissando/Tenuto) und im Ablauf der Zweistimmigkeit entstehen durch den jeweiligen und sich kontinuierlich verändernden Zusammenklang der beiden Stimmen mit ihrem je eigenem Frequenzspektrum Modulationen, Umwandlungen und Umschichtungen im Gesamtspektrum, einzelne Teilfrequenzen werden verstärkt, andere abgeschwächt oder übertönt und der reale bzw. virtuelle Grundton verändert sich gleitend oder sprunghaft.

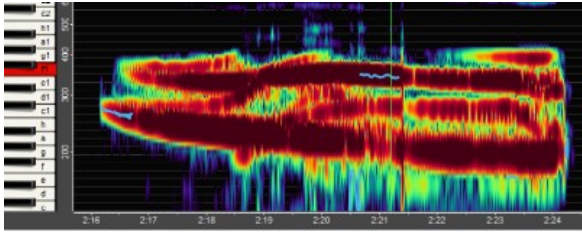
Noch auf dem Tenutoklang der Unterstimme erscheint im Bereich ihrer 2. Oktave und im Quintbereich oberhalb der Oberstimme eine anschwellende Frequenz („f1-e1“), die am Ende des tiefen Tenutoklangs („fis“) mit -24dB etwa gleich laut ist wie die Grundfrequenz der Unterstimme. Die Oberstimme ist in diesem Bereich mit -18dB die lauteste Frequenz. Im Kreuzungsbereich von Ober- und Unterstimme („ais“) setzt diese Frequenz oberhalb von Ober- und Unterstimme etwas höher neu ein („f1/eis1“) und schwillt noch etwas an (-20dB), während die Unterstimme auf der erreichten Quinte („cis“) der dominante Klang ist und bis zum Ende bleibt (-15dB). Die Oberstimme schwankt im allmählichen Abwärtsgleiten leicht in der Lautstärke (± 2 dB) und wird sogar vor dem Erreichen des Quintklangs von Unter- und Oberstimme („cis/gis“) fast um die Hälfte leiser, bevor sie sich wieder auf einen Pegel um 20dB einschwingt. Bei dieser starken Frequenz oberhalb der beiden Stimmen fällt weiterhin auf, ist sichtbar und hörbar, daß sie vom Terzklang zur Unterstimme aus („eis1:cis“ = 2:5) in 3 „Stufen“ absinkt, erst gleitend um 5 Hz (eis1+3 $\rightarrow$ -23), dann nach einer Unterbrechung um 5 Hz tiefer weiterschwingt, wenn die Oberstimme in der Quinte („gis“) zur Unterstimme angekommen ist, auf dieser „Stufe“ wiederum um 5 Hz sinkt (e1+49 $\rightarrow$ e1+22), um dann nach einer erneuten Unterbrechung im genauen Frequenzverhältnis zur Oberstimme (3:5) sowie zur Unterstimme (2:5) auf dieser erreichten Tonhöhe zu bleiben.

Die Terz als „3. Stimme“ (Tartinis „terzo suono“)



In einer leichten Wellenbewegung erscheint so über dem sich wandelnden Zweiklang von Unter- und Oberstimme eine scheinbar durchklingende Frequenzschicht, wie eine dritte Stimme, die auch im Filter als klingende Frequenz hören ist. Die „3. Stimme“ endet, wenn die Unterstimme das „cis“ verläßt um in den großen Intervall-Triller überzugehen, während die Oberstimme noch kurz allein weiterklingt, also dann, wenn der Quintklang als Intervallbeziehung endet, ein letzter Beweis für das Entstehen der „3. Stimme“ aus

dem Zusammenklang des Spektrums von Unter- und Oberstimme, einem „Zusammenspiel“ zweier eigenständiger Gesangsstimmen, einem echten Zwiegesang.



Im Unterschied zu Ober- und Unterstimme, die kontinuierlich im Vibrato durch die ganze Klangfigur schwingen, zeigen sowohl der spätere Einschwingvorgang als auch vor allem die mehrfachen Unterbrechungen eindeutig an, daß es sich bei der „3. Stimme“ um keine eigenständige Schwingung handelt, sondern daß es in der

gleitenden Veränderung des Gesamtspektrums von Ober- und Unterstimme offenbar Kippunkte gibt, bei denen sich die Klangstruktur im Spektrum der beiden Stimmen ändert, die Energieverteilung auf die einzelnen Teilfrequenzen sich umordnet und mehrmals neu verdichtet in der Terzfrequenz zum Quintklang von Unter- und Oberstimme. Am Ende liegt die Intensität des Terzklangs der „3. Stimme“ (5. Teilton) deutlich höher als die des Quintklangs der Oberstimme (3. Teilton), wobei die Unterstimme (2. Teilton) noch 2 dB lauter klingt.

(In dem Filter von „3. Stimme“ und Oberstimme im Bild oben liegen die Lautstärkeproportionen ohne die Unterstimme etwas anders.)

Das gleiche Kipp-Phänomen gibt es bei der „4. Stimme“, dem Glissando abwärts von ‚e‘ nach Cis als unterem Kombinationsklang, hier bezogen auf die Intensität. Beim Aufwärts-Glissando der Unterstimme von Fis nach ‚cis‘ ist diese „4. Stimme“ viermal so leise wie die Unterstimme und dann beim Erreichen des ‚cis‘ in der Unterstimme kippt sie unmittelbar in eine nochmal doppelt so leise Schwingung, die im Filter nur schwach und diffus und im Gesamtklang kaum noch wahrzunehmen ist. In den höheren Lagen ist die „4. Stimme“ im Filter zwar deutlicher zu hören, aber sie prägt den Gesamtklang in seinem Spektrum, seinen Farben und seiner Dynamik nicht so stark wie die „3. Stimme“ mit ihrem Terzklang. Was in der „4. Stimme“ als ein charakteristisches Element des Klangprozesses erklingt, ist die Bewegung in die Tiefe zu einem neuen Grundklang hin, als Gegenbewegung zum aufsteigenden Glissando der Unterstimme, als Spiegelung der Wendung ins Spektrum der Oberquinte und als Erweiterung oder Vertiefung des inneren Klangraums.

Selbstorganisation und Emergenz im „System“ Klang

Wie kein Klang in sich linear aufgebaut und geordnet ist, so verläuft auch der Klangprozeß in und zwischen diesen beiden Stimmen nicht linear. In solch komplexen Strukturen und Prozessen gibt es offenbar Synergieeffekte, die zu einer Potenzierung der Klangenergie führen, wie hier in der Terzfrequenz. Und in der Verbindung oder Verkoppelung von langsamen und starken gleitenden Veränderungen mit kontinuierlichen Elementen (Tenuto/Glissandi) können Schwingungsmuster in eine andere und auch höhere Ordnung kippen.

In dem System „Klang“ dieses 2-stimmigen Motivs bilden sich infolge des Zusammenspiels und Zusammenwirkens seiner Klangelemente (2 Stimmen und ihre Spektren) neue Eigenschaften und Strukturen heraus (die Kombinationsklänge, Modulationen, virtuelle Grundtöne). Die „3. Stimme“ mit ihrer eigenen Klangenergie kann man also als ein Emergenzphänomen bezeichnen und den Klangprozeß insgesamt als eine emergente Selbstorganisation.

Wikipedia – Stichwort ‚Selbstorganisation‘:

„Die Selbstorganisation ist in der Systemtheorie eine Form der Systementwicklung, bei der formgebende oder gestaltende Einflüsse von den Elementen des Systems selbst ausgehen. In Prozessen der Selbstorganisation werden strukturelle Ordnungen, bzw. Musterbildungen erreicht, ohne dass diese nachweislich durch äußere (fremdorganisierte), steuernde Einflüsse entstehen oder linear spezifischen Ursachen zugeordnet werden können. Selbstorganisation ist eine Eigenschaft komplexer, dynamischer Systeme, die in der Synergetik - der Theorie vom Zusammenwirken der Elemente – untersucht werden. Bei diesem oft spontanen Entstehen von Ordnungsmustern aus der Systemdynamik heraus, spricht man von Emergenz bzw. von emergenten Phänomenen.“ (Unterstreichungen von mir)

nächste Seite Anhang

Anhang:

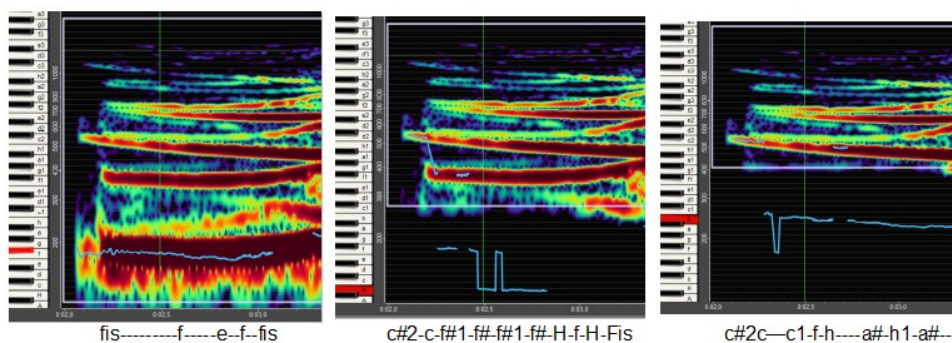
- 1) Die Klangstruktur am Beginn des Motivs
- 2) Das Gesamtspektrum des Motivs (S. 15)
- 3) 5 Formanten im hohen Spektrum (S. 16)
- 4) Raum und Wechselwirkung (S. 17)
- 5) Quint- und Quart-Glissando im menschlichen Gesang oder: Wie können Amseln und Menschen Quinten hören und singen, ohne es gelernt zu haben? (S. 18)
- 6) Klang- "Gestalt" (S. 22)
- 7) Erfahrungen im Hören, Pfeifen und Singen von Vogelgesängen (S. 26)

1) Die Klangstruktur am Beginn des Motivs

In Ergänzung der Analyse habe ich hier den inneren Klangprozeß mit der Herausbildung des Kombinationsklangs zu Beginn des Motivs aufgeschlüsselt und mit Hilfe der Filter „durchleuchtet“.

- 1) zeigt in 16-facher Verlangsamung das Gesamtspektrum, 2) den Filter ab c1, 3) den ab g1,
- 4) einen Filter von a1 bis g2, 5) von a1 bis d2, 6) von d2 bis g2.

Durch die unterschiedlichen Filter werden im Spektrogramm vom Tonhöhenmarker jeweils andere Frequenzen angezeigt, real klingende und virtuelle Grundtöne, im Filter 6) auch der real klingende Kombinationsklang f2-e2. Direkt unter den Bildern stehen die Angaben des Tonhöhenmarkers. Zu jedem Bild habe ich das ganze Spektrum angegeben, was in der Vertikale bei der Position des Cursors abgelesen werden kann (rote Taste in der Klaviatur), mit den entsprechenden Teiltönen von Unter- und Oberstimme und auch des virtuellen Grundtons.

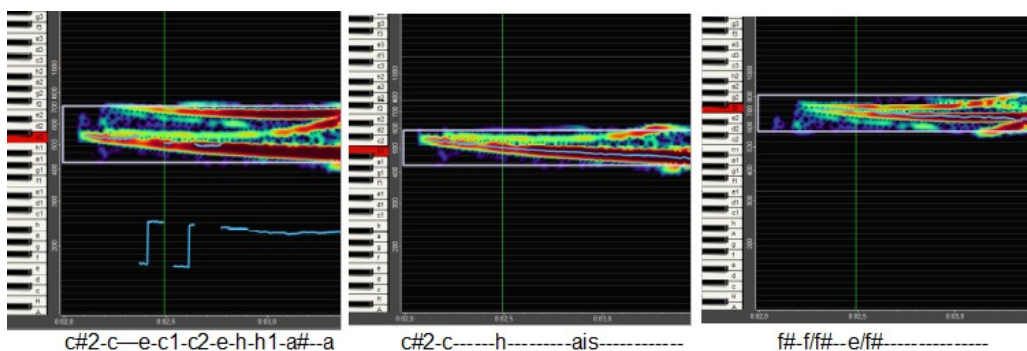


Spektrum und Teiltöne beim Cursor (in Klammern Teiltöne zur Oberstimme / „^a“ = virtueller Grundton)

1) fis / fis1 / c2-cis / f2-fis
1. / 2. (1.)-3. / 4.
„f^a“: 3. / 4.

2) H / fis1 / h1-cis2 / (e2)-fis2
2. / (1.)-3. / 4.
„1.“ / 3. / 4. (7. „Fis^a“)

3) h / h1-cis2 / (e2)-fis2
(1.)-3. 4.
„1.“ / 2. (7. „Fis^a“)

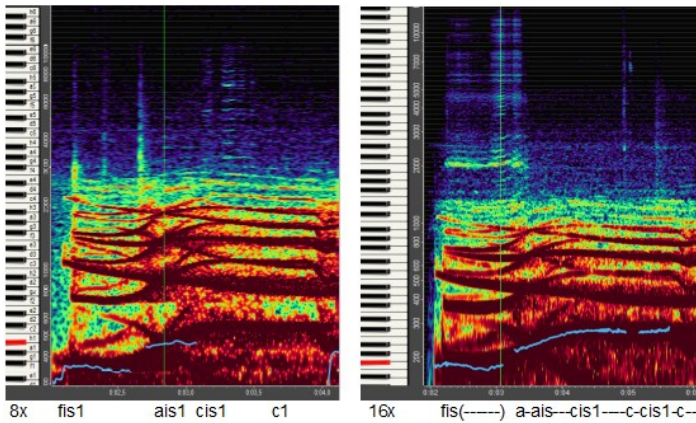


4) c2 / cis2 / e2
(1.) / 3. / (7. „Fis^a“)

5) h1 / cis2
(1.) / 3.

6) f2 / fis2
(4. zu „f^a“) / 4.

2) Das Gesamtspektrum des Motivs



In den bisherigen Spektrogrammen habe ich das Hauptspektrum des Motivs wiedergegeben, von der tiefsten Tonhöhe des unteren Kombinationsklangs (,h' in der 8-fachen Verlangsamung) bis zum 8. Teilton vom Beginn der Unterstimme (fis1), ein Spektrum von 3,5 Oktaven (2850 Hz). Im Bild oben links sind noch 2 weitere Oktaven darüber zu sehen (19 kHz). In der 16-fachen Verlangsamung (rechts) reicht das hohe Spektrum sogar 3 Oktaven über das Hauptspektrum hinaus, von fis3 (1500 Hz) bis fis6 (12 kHz). Damit in

diesem hohen Bereich genügend Spektrum im Bild sichtbar wird, habe ich den Intensitätspegel auf die höchste Stufe bei -50dB gestellt. Unter den Bildern habe ich den jeweiligen virtuellen Grundton angegeben.

In der 8-fachen Verlangsamung sind 3 Intensitätsverdichtungen im Klangspektrum zu erkennen, beim Einsatz der Unterstimme, beim Auftreten des unteren Kombinationsklangs und beim Beginn des Aufwärts-Glissandos der Unterstimme. Dann zeichnet sich beim Beginn des virtuellen Grundtons cis1 ein eindeutiges Teiltonspektrum ab, also beim Spektrum von Unterstimme (cis2), Oberstimme (gis2) und oberer Kombinationsklang (eis3) mit 1. bis 7. Teilton und darüber hinaus mit einem durchgehend kompletten Spektrum bis zum 40. Teilton eis6. Es sieht so aus, als würde für einen Moment im Verlauf des Klangprozesses beim Erreichen der Oberquinte cis2 der Klang dieses cis1-Spektrums über mehr als 5 Oktaven regelrecht aufleuchten, vom 1. bis zum 40. Teilton.

In der 16-fachen Verlangsamung gibt es ab dem Einsatz der Unterstimme und unabhängig vom Abwärts-Gleiten der Oberstimme gleichbleibende Frequenzschichten im Raum von fis3 bis fis6, gleichbleibend und von unterschiedlicher Dichte und Stärke. Eine deutliche Verdichtung ist in diesem Klang bei 2000 Hz zu sehen. Dann erscheint beim Beginn des Glissandos der Unterstimme ein ganz deutlich strukturiertes Teiltonspektrum, da springt der virtuelle Grundton vom Kleinen zum Großen Fis 1 Oktave nach unten. Und gleich darauf gibt es wieder eine Verstärkung im Spektrum, kurz vor dem Kreuzungspunkt ,ais', wenn der virtuelle Grundton von Fis nach ,a' hochspringt. Beides scheinen echte Kipppunkte des Spektrums im Klangprozeß zu sein.

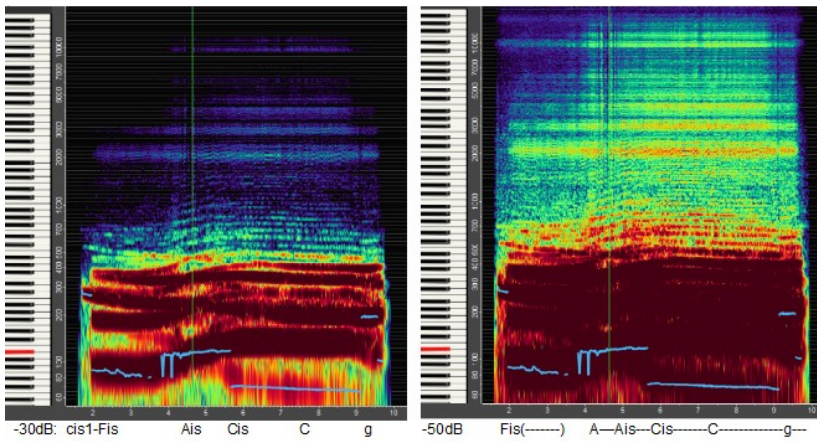
Hier das komplette Spektrum beim ersten Kippen vom fis zum Fis:

Fis(1.)-fis(2. Unterstimme)-cis1(3. Kombinationsklang)-fis1(4.)-ais1(5. Oberstimme)-cis2(6.)-e2(7. Kombinationsklang)-fis2(8. Kreuzung virtuell)-gis2(9. von a1, 5. virt. F, nach ais-h-b = 7. virt. Cis-C)-ais2(10. - Kreuzung 2. Oberst. und 5. Unterst.)-c3(11.) bis ais3(20.)-c4 (22. 2000er Formant)-cis4(24.)- ... ais4(40.) bis fis5(64.) ... fis6 (128. Teilton !)

Einen weiteren nicht ganz so starken Kipppunkt gibt es beim Wechsel des virtuellen Grundtons vom cis1 zum Kleinen C, also am Ende der Potenzierung im Klang durch den Zusammenklang von cis1 und gis1, dann nochmal schwächer im Beginn c1/g1(+28)/e2 und eine leichte Verstärkung ab g1(+4) im Zusammenklang der „3 Stimmen“ in der eindeutigen Proportion von 2:3:5.

Die Bündelung der Klangenergie im Spektrum bei Fis bzw. ,fis' (16x bzw. 8x) wirkt offenbar wie eine Art Potenzierung aller Frequenzintensitäten im Zusammenklang der Unter- und Oberstimme.

3) 5 Formanten im hohen Frequenzspektrum – ein Wechselwirkungsfeld



Für diese Spektrogramme habe ich das Motiv in der 32-fachen Verlangsamung nochmal neu aufgenommen.

Im linken Bild habe ich den Intensitätspegel niedriger eingestellt und im rechten Bild wieder auf die höchsten Stufe. Wie in der 8-fachen Verlangsamung werden die Tonhöhen nur für den virtuellen Grundton markiert, der das Gesamtspektrum aller „Stimmen“ repräsentiert. Interessant ist, daß beim Kreuzungspunkt von Ober- und Unterstimme für einen ganzen Bereich das ‚Ais‘ den Grundklang des Spektrums bildet, bevor das Spektrum zum ‚Cis‘ als Grundklang kippt. Gleichzeitig ist im hohen Spektrum zu sehen, daß im Glissando von Fis nach ‚cis‘ sich die Klangenergie nicht kontinuierlich in den entsprechenden Frequenzschichten verdichten kann. Etwas abgeschwächt gilt das auch für den Übergang von Cis nach C.

Als ich zum ersten Mal auf dem Overtone-Analyzer das rechte Spektrogrammbild sah, war ich zum einen sehr erstaunt, wie weit das Spektrum reicht, und zum andern, wie klar sich die Formanten abzeichnen. Der stärkste Formant liegt um 2000 Hz, dann gibt es 2 ähnlich starke bei bzw. um 3000 Hz und 4000 Hz und darüber hinaus im höchsten Spektrum einen bei 10 kHz und einen bei 11 kHz.

Im menschlichen Gesang gibt es jenseits der Vokalformanten (300 – 2400 Hz) den Sängerformanten um 3000 Hz (2500-3500 Hz) und weitere Formanten um 5000 und 7000 Hz sowie bei 10 und 12 kHz, die alle zur Brillanz und Tragfähigkeit der Stimme beitragen.

Daß es sich um Formanten handelt, also Verdichtungen mit höherer Klangenergie im Spektrum der Frequenzen, wird daran deutlich, daß sie unabhängig von der Tonhöhe oder den Tonhöhenbewegungen des Grundklangs oder des Kernklangs sind. Dementsprechend tauchte der Formant bei 2000 Hz auch schon in der 16-fachen Verlangsamung auf (1 Oktave höher). Ähnliche Formantbildungen habe ich auch schon in andern Strophen in diesem Amselgesang entdeckt.

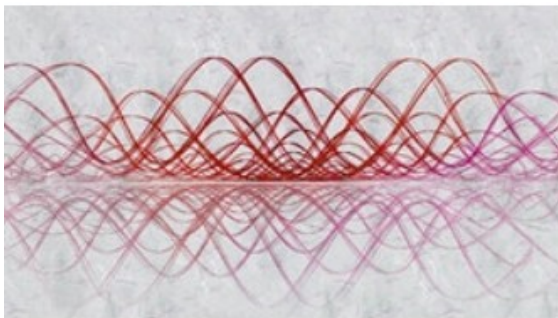
Wie bei der menschlichen Gesangsstimme entstehen solche Intensitätsverdichtungen durch die Gestaltung und Form des Resonanzraums. Beim Menschen ist das der Vokaltrakt und das Ansatzrohr, also alle inneren Räume von der Kehle bis zum Mund und Nasenraum. Bei den Singvögeln ist das die Luftröhre, der Kehlkopf und der „Mundraum“, also alle inneren Räume von den beiden Stimmköpfen am Ende der Luftröhre aus bis zum Schnabel.

Wenn die Klangbalance in diesen inneren Resonanzräumen stimmt, d.h. effizient geregelt ist (wenig Atem- und Stimmdruck sowie günstige Formung des Resonanzraums), können sich *stehende Wellen* bilden mit einer rückkoppelnden Wirkung auf den Schwingungsvorgang, wodurch die Intensitäten im Klang und die Formantbildung noch verstärkt werden. Im 2-stimmigen Gesang der Amsel wirkt dieser Prozeß umso stärker, zumal die Luft-Röhre direkt über der Syrinx ein idealer Resonator ist. Im menschlichen Gesang ist es vor allem das Kehlkopf-Vestibül, der Vorhof des Kehlkopfs unmittelbar über den Stimmlippen und unterhalb des Kehldeckels, in dem die Bildung stehender Wellen effizient angeregt werden kann.

Die höhere verdichtete Klangenergie in den höheren, schneller schwingenden Frequenzbereichen wirkt wiederum in höherem Maße stimulierend und energetisierend auf das Gehör und über den Nervus Vagus wird rückkoppelnd wiederum eine entsprechend effiziente und energiereiche Klang-erzeugung in der Syrinx bzw. im Kehlkopf stimuliert – *ein wechselwirkender rückkoppelnder Regelkreis*. So gehört, könnte man die Formanten im Spektrumsbereich der hohen und höchsten Schwingungen als Wechselwirkungsfeld der Klangenergie sehen.

Die Bedingungen für die Bildung hoher Intensitäten im Klang sind bei den Singvögeln günstiger als beim Menschen, da Atmung und Nahrungsaufnahme getrennt sind, die Syrinx stabil am Ende der Luftröhre gelagert ist, der Mundraum klarer konturiert ist und die Zunge wenig flexibel agiert.

„Stehende Welle“ : https://de.wikipedia.org/wiki/Stehende_Welle

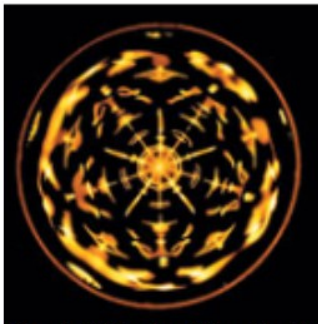


Schwingungswellen in einem Klangspektrum



stehende Wellen

In diesen sich konzentrisch ausbreitenden Wasserwellen gibt es korrespondierend zur sichtbaren Welle eine Schwingungswelle, die vom Rand zur Mitte zurückläuft.



stehende Welle in einem Wasserklangbild

Stehende Wellen

Ein rundes Wassergefäß (5-10 cm Durchmesser) wird von unten her durch Sinustöne in Vibration versetzt. Eine senkrecht über der Wasseroberfläche befindliche Lampe läßt die Verteilung der Wellenberge und Wellentäler erkennen, da nur von diesen das Licht wieder nach oben in die Kamera zurückreflektiert wird. Abhängig von der Temperatur, der Wassermenge und anderen Einflußgrößen können bei bestimmten Frequenzen aus der Durchdringung der Wellen sogenannte "stehende Wellen" hervorgehen: die unterschiedlichen Wellenbewegungen stören sich nicht gegenseitig sondern bilden ein einheitlich schwingendes Ganzes. Inmitten des überall vibrierenden Wassers entsteht auf einmal eine übergeordnete ruhende Struktur. Die Ordnungsprinzipien solcher Schwingungsfelder können als Bauplan, als Matrix für die verschiedensten Gestaltbildungen dienen.

„Wasser-Klang-Bilder“ – Webseite von Alexander Lauterwasser (seine Bücher sind sehr empfehlenswert)

http://wasserklangbilder.de/index.html?html/home_d.html

4) C. F. v. Weizsäcker: Raum und Wechselwirkung

Raubegriff in der Physik charakterisiert durch „Kontinuität, Dreidimensionalität, Metrik, Verknüpfung mit der Zeit“ (entspricht wohl dem akustischen Raum, J.Q.)

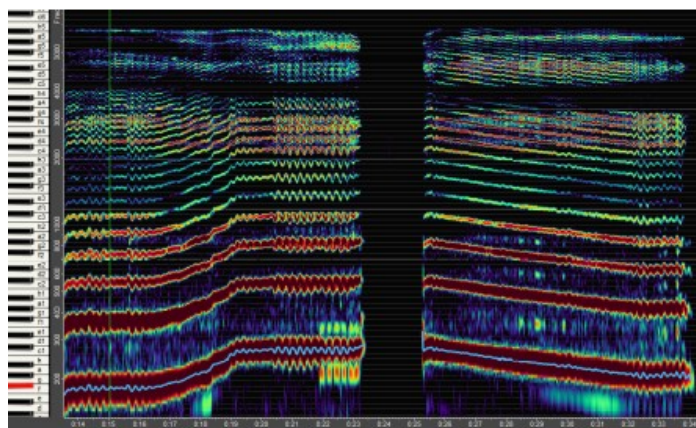
„Zwei Objekte A und B , die in Wechselwirkung stehen, können als ein einziges Objekt AB mit reicherer „innerer“ Struktur, also einem reicheren Schatz formal möglicher Eigenschaften aufgefaßt werden (A und B als Ober- und Unterstimme, AB als Gesamtklang des Motivs, J.Q.). Ich nehme einfachheitshalber an, ihre Wechselwirkung sei direkt, d.h. es seine keine weiteren Objekte C , D ... zur Beschreibung der Wechselwirkung von A mit B nötig; hiermit nehme ich wohl an, A und B seien etwas ähnliches wie was wir heute Elementarteilchen nennen. Ich nehme ferner an, es gebe formal mögliche zeitliche Zustandsfolgen, in denen A und B für eine gewisse Zeitspanne mit hinreichender Näherung als wechselwirkungsfreie Objekte beschrieben werden können, für eine gewisse andere Zeitspanne aber nicht (Einsatz und Ausklang der Oberstimme, J.Q.). Käme nämlich der Zustand ohne Wechselwirkung nie vor, so würde niemand auf den Gedanken kommen, das Gesamtobjekt AB als aus den Teilobjekten A und B zusammengesetzt zu betrachten; käme der Zustand mit Wechselwirkung nie vor, so käme man nicht auf den Gedanken, A und B zu einem Gesamtobjekt vereinigt zu denken. Geht nun etwa der wechselwirkungsfreie Zustand in den Zustand mit Wechselwirkung zu einer Zeit t über, so fragt sich, wodurch bestimmt war, wann dieser Übergang stattfinden würde. Dieser Zeitpunkt kann nur durch eine Eigenschaft des Gesamtobjekts bestimmt sein, die auch als Eigenschaft der wechselwirkungsfreien Teilobjekte einen definierten Sinn hat (die harmonikal spektrale Ordnung jedes Klangs, J.Q.); denn vor diesem Zeitpunkt waren die beiden Objekte als wechselwirkungsfreie Objekte beschreibbar, und eben als solche

bestimmen sie durch eine ihrer zeitabhängigen Eigenschaften, wann die Wechselwirkung eintreten würde. Ich behaupte nun, wann immer es eine solche Eigenschaft gibt, werde sie von den Physikern mit einem räumlichen Namen belegt, also etwa mit dem Namen Distanz (der Raum der spektralen Ordnung 1:2:3:4..., J.Q.). M.a.W., ich glaube nicht, daß Raum und Wechselwirkung grundsätzlich trennbare Phänomene sind, sondern daß der Ort eines Objekts nichts anderes ist als diejenige seiner Eigenschaften, von der seine Wechselwirkung mit anderen Objekten abhängt.“ (C. F. v. Weizsäcker: Die Einheit der Natur. München 1974, S. 203 f.)

5) Quint- und Quart-Glissando im menschlichen Gesang oder:

Wie können Amseln und Menschen Quinten hören und singen, ohne es gelernt zu haben?

Das Glissando fis-cis1 und cis1-gis von mir gesungen:



Die Lage und die Dauer entspricht dem Amselgesang in 16-facher Verlangsamung. Wie bei der Amsel sind ‚fis‘ und cis1 volle Klänge mit Vibrato, während das Quint-Glissando dazwischen eher glatt verläuft. Das Glissando von cis1 nach ‚gis‘ habe ich wie die Amsel auch möglichst glatt und kontinuierlich gesungen, bis es sich auf dem ‚gis‘ mit Vibrato einschwingt. Der Klang hat ein volles Spektrum bis zum 16. Teilton bei fis4. Unabhängig von den Tonhöhenveränderungen gibt es einen starken Formanten zwischen 2500 und

3000 Hz und noch zwei weitere um 5000 und 7000 Hz.

Wie im Spektrogramm zu sehen ist, reicht das intensivste Spektrum bis zum cis3 (6.) und so kann man im Spektrogramm ablesen, daß der 3. und der 6. Teilton von ‚fis‘, cis2 und cis3, exakt mit dem 2. und 4. Teilton der Oberquinte cis1 übereinstimmen, dem cis2 und cis3. Das Gleiche gilt für das absteigende Quart-Glissando cis1-gis, denn nicht nur das cis1 stimmt in Tonhöhe und in seinem Spektrum genau zusammen mit dem vorherigen Spektrum von cis1 aus dem Quint-Glissando, sondern auch der Quint-Teilton von cis1 (gis2) am Anfang des Quart-Glissandos entspricht genau dem 4. Teilton von ‚gis‘ (gis2) am Ende des Quart-Glissandos. Jedes Glissando, das von ‚fis‘ nach cis1 und das von cis1 nach ‚gis‘, bewegt sich also in einem einheitlichen spektralen Raum, und beide zusammen ebenso im korrespondierenden Raum von ‚fis‘ und cis1 mit ihren jeweiligen Quinten ‚cis‘ und ‚gis‘. Musikalisch bezeichnet man das Verhältnis von „Fis-Dur“ und „Cis-Dur“ im Quint-Glissando als Tonika (Fis) und Dominante (Cis), während das Quart-Glissando cis1-gis von der Subdominante Cis-Dur aus der Oktave cis1 in die Tonika Gis-Dur führt mit dem ‚gis‘ als Grundton, sichtbar und hörbar im voll klingenden Vibratoklang.

Intonation im Glissando

Durch sängerische Erfahrung habe ich zwar eine Vorstellung, wie sich ein Quinte als Intervall anhört und anfühlt, und ich kann mir auch im Singen des Grundtons ‚fis‘ vorstellen, wie sich die Quinte ‚cis‘ oder der Dreiklang fis-ais-cis in diesem Klangspektrum anhört, aber ich weiß nicht, „wo“ sie ist oder wie ich dahin komme. Und während des Aufwärts-Glissandos habe ich in der kontinuierlichen Tonhöhenbewegung faktisch keine Ahnung, wo ich gerade im Verlauf bin, wo ich herkomme und wohin die Reise geht. Dennoch habe ich beim Erreichen der Quinte cis1 das eindeutige Gefühl, da würde in einem bestimmten Moment oder auf einem bestimmten Level diese Quinte quasi einrasten. Und das ist dann nicht einfach dieser Ton oder diese Tonhöhe, sondern es fühlt sich so an, als würde ein voller Klang mit seinem ganzen Spektrum genau im richtigen Moment des Glissandos und genau im richtigen Raum ankommen. Im Spektrogramm oben sieht man das, wenn der Klang sich auf dem cis1 mit Vibrato voll einschwingt.

In der Intonation verlasse ich mich dabei ganz auf mein inneres Gehör, das nicht diese oder jene Tonhöhe einstellt oder reguliert, sondern sich am Klangspektrum und vor allem an der Quinte orientiert, dem „Polarstern“ in den spektralen Sphären. (Ein Glissando aufwärts zur Terz oder zur Quarte ist längst nicht so einfach zu intonieren.) Dieser "Polarstern", das ist nicht die Quinte, wie sie am Ende des Glissandos erklingt, sondern wie sie schon günstigenfalls im Einsatz des Grundklangs ‚fis‘ das ganze Klangspektrum durchleuchtet. So wie im 2-stimmigen Gesang der

Amsel die Oberstimme mit der Quinte cis³ einen kleinen Moment vor dem Beginn der Unterstimme ‚fis‘ einsetzt.

Wenn ich das als Sänger auch im einstimmigen Gesang nach dem gleichen Modell praktiziere, also die „Tonhöhe“ ‚fis‘ in ihrem vollen Spektrum „von oben“ von der Quinte aus einfädele, von den hell leuchtenden Frequenzen her, wird die Erregung der Sinneshaarzellen in der Cochlea in den entsprechenden höheren Frequenzbereichen so stark sein, daß diese Klangenergie das Spektrum dominiert und weiter hineinwirkt in das ganze Glissando, so wie im Spektrogramm des Amsel-Motivs der Nachklang des ‚fis‘ bis ans Ende des Motivs zu sehen ist.

Etwas anders verhält es sich beim Quart-Glissando abwärts. Nun wird nicht erst der Fis-Klang voll entfaltet, bevor sich das Klangspektrum durch das Glissando hindurch in den Cis-Klang verwandelt, sondern das Spektrum von cis¹ wird gleich von Beginn an linear im kontinuierlichen Abwärtsgleiten verschoben. Im Bereich von ais¹ allerdings (wie im Motiv der Amsel) wendet sich das Spektrum und das Klanggefüge verwandelt sich. Es entsteht eine innere Bewegung im Klang mit leichtem Vibrato, als müßte der Klang sich neu stabilisieren. Der Quint-Teilton eis² wird schwächer und das eis³ sogar sehr leise und so wird aus dem gis² als Quint-Teilton des cis¹ zu Beginn des Glissandos am Ende der Quint-Teilton dis² zum Grundklang gis¹.

In meiner Intonation orientiere ich mich beim Quart-Glissando nicht an der Quinte gis², sondern nur am Grundton cis¹, mit dem ich im Glissando solange wie möglich hörend in Kontakt zu bleiben versuche, so daß ich in Annäherung zum Endklang das ‚gis‘ erst in Beziehung zum cis¹ als Unterquarte höre (in meiner Klangvorstellung als gis³, dem 3. Teilton von cis¹), bevor ich das ‚gis‘ voll als Grundklang einschwingen lasse. Bei der Amsel verhält es sich anders, da sie das Glissando der Oberstimme weiterführt bis zum ‚g‘, so daß im Gesamtklang der Eindruck entsteht, das Cis-Dur verwandele sich am Ende in ein C-Dur.

In der Beschreibung des Amsel-Motivs habe ich die Verwandlung der Quinte fis/cis in die Quinte cis/gis mit einer klingenden *Möbius-Schleife* verglichen, in der innen und außen, auf und ab, hin und her nicht einfach zu unterscheiden sind, sich ineinander fügen und sich wie gleichzeitig vollziehen. Erst über dieses Bild bekam ich eine gewisse Vorstellung von der "Gestalt" dieses Klanges und seines inneren Prozesses.

Wenn ich das Quint-Glissando singe, wäre es ineffektiv, kontraproduktiv und schlecht intoniert, wenn ich das Glissando nur als Verschiebung der Quinte fis/cis zur Quinte cis/gis hin singen würde oder gar nur als ein simples Tonhöhenglissando vom ‚fis‘ zum cis¹. Als mir der Vergleich mit der Möbius-Schleife für dieses Amsel-Motiv einfiel, wurde mir bewußt, daß ich bei meinen Glissando-Gesangsübungen bisher immer genau dieses Schleifenbild vor meinen inneren Augen und Ohren gehabt habe: in der Aufwärtsbewegung höre ich zugleich eine Abwärtsbewegung in die Tiefe; es gibt nicht nur eine Richtung zu einem Ton hin, sondern auch einen Rückbezug zum Ausgangsklang; die beiden Schleifen bzw. Quint-Klangräume spiegeln sich ineinander und korrespondieren miteinander; und es fühlt sich für mich immer wieder so an, als würde sich der Klangraum von innen nach außen und von außen nach innen umstülpen und sich aus der Weite ins Zentrum des Grundklangs und aus der Struktur ins Offene des Klangraums wenden.

Für jemanden, der diese sinnliche und vielfältig-eindeutige Erfahrung im Vollzug und Erleben eines solchen Glissandos nicht kennt, ist es sicher schwer vorstellbar, daß solch ein Vorgang ohne bewußte Kontrolle und ohne zielgerichtetes Handeln ablaufen kann, ja geradezu für ein wirkliches Gelingen und Erleben zur Bedingung hat, eine bestimmte Art von Kontrolle aufzugeben und sich mehr auf die sensorische Empfindung einzulassen, mehr auf die Orientierungskraft des Gehörs (!) zu vertrauen als auf vorgefaßte Konzepte wie "Ich will von diesem Ton zu jenem singen", "Ich muß diesen um eine Quinte höheren Ton erreichen" und anderes mehr.

Wenn mein sortierender Verstand im Prozeß des Singens nicht mehr begreift, wo "oben und unten", "innen und außen", "hier und da" ist, wird die Erfahrung des kontinuierlichen Gleitens durch den spektralen Klangraum des Grundklangs ebenso wie der durchaus überraschende Moment des Ankommens auf der Quinte in einem korrespondierenden weiteren Klangraum zu einem sinnlichen, sogar lustvollen Erlebnis, das mit den Definitionen von "Grundton" oder "Quinte" und den Kategorien einer "richtigen" Intonation kaum zu beschreiben ist, aber dennoch zu einem wirklichen und nachhaltigen sensorischen wie mentalen Begreifen dieser "schönen Ordnung" von "2:3" führt, dem Klangkosmos der Proportion von Oktave und Quinte. Das Gefühl, im Singen sich über die hörende Empfindung orientieren zu können, als wäre die Stimme in den Ohren

eingebettet in eine höhere wie tiefere harmonikale Ordnung, macht große Lust auf weitere Erfahrungen solcher Art.

Die Möglichkeit solcher Erfahrungen versuche ich in meinem klang- und erfahrungsorientierten Gesangsunterricht über die entsprechend stimulierenden Übungen an andere Menschen weiter zu geben. Für mich als langjährigen Sänger, schon seit Kindheit und Jugend mit dem Singen nach Noten vertraut, ist es in meinem Unterricht immer wieder eine spannende Erfahrung, wenn Menschen, die über überhaupt keine Singerfahrung verfügen, geschweige denn sich in Noten, Tonhöhenbewegungen und Intervallen auskennen, also über keine erlernte klangliche Vorstellungskraft verfügen, wenn diese Menschen bei entsprechender Anregung und Stimulation so auf ihre Ohren vertrauen können, daß sie in Tonfolgen nicht Töne aneinanderreihen, sondern alle Töne sich als Klänge mit ihrem Spektrum durch einen umfassenden spektralen Raum bewegen dürfen, ohne zu wissen, wie man "nach oben" und "nach unten", "höher" und "tiefer" singt, ob man den "richtigen Ton" getroffen hat, wie die Töne heißen und wie man die Intervalle nennt. So findet auch die Stimme bei jedem Menschen, gleich welcher Identität und kulturellen Prägung, über das Ohr die "Rufterz" als stimmige Kleine Terz im Verhältnis von 6:5, Quinte:Terz, ohne daß er das gelernt hat und ohne daß ihm das jemand beigebracht hat.

Und wenn jemand nicht allzu sehr in bestimmten Verhaltensmustern feststeckt oder zu stark geprägt ist von Konzepten wie "ich will", "ich muß", "ich sollte", wird er und sie ganz spontan, unbefangen und mit Neugierde ein Glissando vom Grundton zur Quinte singen, wenn ich die Quinte auf dem Klavier vorspiele, ein Quint-Glissando in sich stimmig und in *einem* Klangraum. Allerdings nicht die Quinte, wie sie auf dem Klavier angeschlagen werden kann (in "temperierter Stimmung"), es ist vielmehr eine "rein" gesungene "reine Quinte", eine "Naturquinte" im Verhältnis 2:3 (in "Naturstimmung"). (Bezeichnenderweise kann man auf dem Klavier keine echten Glissandi spielen. Das kann nur die menschliche Stimme.)

Dann "können" wir ("Lehrer/Schüler" - mit/ohne Erfahrung) das Glissando durch die Quinte auch zu zweit singen und werden uns spontan freuen, wenn wir gemeinsam auf der Quinte oder besser gesagt im spektralen Raum der Quinte ankommen. Oder noch spannender, wenn einer auf dem Grundton mit seinem vollen Spektrum verweilt, während der andere durch den Quintraum gleitet, um dann "genau" im besten Sinne des Wortes mit seinem Klang auf dem Quint-Teilton mitten im Spektrum des Grundklangs "einzurasten" - Grundton und Quinte nicht als 2 Töne, sondern als ein Klang mit erhöhter Klangenergie. 2 klingende Stimmen erzeugen dann nicht als Summe zweier Frequenzen eine 2-stimmige Quinte ($1+1=2$), sondern *das Ganze des Quintklangs ist mehr als die Summe seiner Teile* (Grundton + Quinte = 2^n ?!).

Der Grundton leuchtet in der Quinte auf und der Grundton verleiht der Quinte Raumtiefe, beide Klänge korrespondieren miteinander in der Proportion, ergänzen sich im gemeinsamen Spektrum und stimulieren sich wechselseitig in ihrer spezifischen Klanggestalt.

Das Faszinierende an diesem Klangprozeß ist, daß es sich für die beiden singend Beteiligten genauso anfühlen kann, wie ich es gerade beschrieben habe: als wären beide gar nicht die eigentlichen Akteure. Weder bemüht sich der eine Part den Grundton zu "halten" trotz der stetig sich verändernden Intonation des Glissandos, noch versucht der andere Part unabhängig von dem Liegeton möglichst zielsicher seine höhere Quinte zu erreichen. Bei voller Aktivierung der Schwingung durch die Singenden und hoher Empfangsbereitschaft in ihren Ohren können beide erleben, daß sich Kräfte im Innenleben der Klänge in der beschriebenen Art wirkungsmächtig selbst organisieren. In beiden Parts gilt es, die Balance zwischen Aktivierung und Rezeptivität stetig auszutarieren wie auch im Wechselspiel von Kontinuität und Veränderung jederzeit reagibel zu bleiben. Auch "die Stimme", die auf dem Grundton bleibt, "erlebt" (subjektiv / objektiv ?) im Verlauf des Glissandos eine Veränderung und "reagiert" (subjektiv/objektiv) beim Erreichen der Quinte. Korrespondierend gilt das erst recht für "die Stimme", die das Glissando vollzieht. "Die Stimme", das ist zugleich die Person, die mit ihrer Stimme einen Part singt, wie auch die Bezeichnung für den Schwingungsvorgang in den Stimmlippen, gesteuert durch Gehör und Nervus Vagus. Und "subjektiv/objektiv" heißt: in der Eigenwahrnehmung, in der Wahrnehmung des anderen Parts und in der Außenwahrnehmung durch einen Dritten bzw. hör- und dokumentierbar in einer Aufnahme und im Spektrogramm - wie im Gesang der Amsel mit ihrem 2-stimmigen Glissando.

Wenn ich bei dem Modell "Liegeton Grundton mit Glissando Grundton-Quinte" z.B. den Part des Grundtons übernehme und ein anderer den Part des Glissandos, kann ich beschreiben, was mein aktiver Anteil ist und was ich subjektiv erlebe, und ich kann auch hinzufügen, welche Anteile ich vom andern Part höre und wie ich seinen Klang wahrnehme. Da ich mich aber von innen anders höre und da ich mit meinem Singen im Vollzug Teil eines Gesamtprozesses bin, stellen sich die Fragen von subjektiv und objektiv, von Aktivität und Rezeptivität noch mal in ganz andern Dimensionen. Doch beide Parts können im parallelen und gleichzeitigen Erleben all das wahrnehmen, was ich oben als das wesentliche Klanggeschehen beschrieben habe: das Aufleuchten der Quinte, die Raumentiefe im Grundton, die Korrespondenzen in den Proportionen und die Korrelationen im Spektrum der Klänge, die wechselseitige Stimulation durch die spezifischen Klanggestalten, vor allem aber - ganz ohne Beschreibung und Definition - die Wirkung des gesamten Klanggeschehens auf die Schwingung der eigenen Stimme.

Das Gleiche kann ich auch über den Gesang der Amsel und den Klang ihres 2-stimmigen Gesangs sagen, ohne irgendetwas über ihre "subjektive" Befindlichkeit je wissen zu können, allerdings könnte ich zu ihren vegetativen Erregungszuständen im Singen schon einige Vermutungen anstellen. Nach der Analyse des 2-stimmigen gegenläufigen Glissandos kann ich allerdings mit hinreichender Sicherheit sagen, daß die rückkoppelnden Prozesse im Funktionskreis Syrinx-Gehör-ZNS (zentrales Nervensystem) beim Singen einer Quinte im Modus und in der Musterbildung denen vergleichbar sind, die beim Menschen ablaufen - ein möglicherweise vergleichbares *Klangbewußtsein*, unterhalb der Ausprägungen des menschlichen Bewußtseins und seiner Befindlichkeiten oder anders gesagt jenseits der menschlichen Eigenart, den richtigen Ton treffen und halten zu wollen, eine Quinte sauber singen zu müssen und das auch noch mit einem angenehm schönen Klang.

Die 2-stimmige Klangerfahrung kann auch noch erweitert werden, indem das Glissando vom Grundton zur Quinte zurück zum Grundton geführt wird, während der Grundton stetig weiterklingt. Die Erlebnisqualität ist für beide Parts von besonderem Wert, wenn die Glissandobewegung nicht nur auf dem Grundton, sondern auch *im* Grundton und seinem kompletten Spektrum ankommt, wenn die gleitende Stimme nicht nur wieder mit der stetigen Stimme verschmilzt, sondern die Quinte im Grundton, die beide Singenden ja ständig im Ohr haben, durch den eintreffenden Glissandoklang so verstärkt wird, daß sie am Ende des Prozesses erneut regelrecht aufblüht, im Klang und in den Ohren der beiden Beteiligten.

Noch ereignisreicher, lebhafter und spannender wird dieses Modell, wenn ich mit einem vertrauten Menschen mit einem geringen Abstand quasi Mund an Mund singe (ein "throat to throat singing" wie bei den Inuit). Die Schwingung und der Klangprozeß des einen Parts wirkt unmittelbar auf die Schwingung und den Klangprozeß des andern Parts und umgekehrt. Wenn sich in beiden inneren Resonanzräumen von den Mundlippen bis zu den Stimmlippen stehende Wellen bilden, die durch die koordinierte Schwingung im parallelen korrespondierenden Resonanzraum stetig neu angeregt und ausbalanciert werden, wird die Wechselwirkung zwischen den Frequenzen im Spektrum beider Klänge so gesteigert, daß sich energetische Kumulationen im Spektrum bilden, Synergieeffekte und Emergenzen in Erscheinung treten. So kann es durchaus sein, daß die Beteiligten in gewisser Weise das Gefühl von aktivem und gerichtetem Singen verlieren, sie folgen dem Modell Grundton/Quint-Glissando und überlassen sich der stimulierenden Orientierung ihres inneren Hörens (Knochenleitung und eustachische Röhren), da die vertraute Hörwahrnehmung über die in den Außenraum gerichteten Ohren beiläufig wird und die Kontrolle des Gewohnheitshörens in Bezug auf genaue Tonhöhen und richtige Intonation eindeutig überfordert ist gegenüber dem inneren Klanggeschehen und dem Innenleben der Klänge.

Wenn ich als Sänger in solchen Klangerkundungen erfahre, daß sich meine Stimme im Ankommen auf dem höheren Ton freischwingt im Klangraum der Quinte, daß ich mich nicht bemühen muß, den erheblich höheren Ton zu erreichen, daß ich keinen Druck machen, nicht forcieren muß, um mich auf dem hohen Ton zu stabilisieren, sondern ganz im Gegenteil erfahre, daß das Glissando glatt und elegant gelingt, daß im Gleiten eine höhere Dynamik entsteht, daß der höhere Ton durch die Anbindung an die Tiefe des Grundklangs sich leicht anfühlen kann, daß sogar in der neuen Balance auf dem hohen Ton Klangenergie frei wird, dann werde ich nicht nur bestärkt in dieser Qualität des Singens und der Klänge, sondern bekomme darüber hinaus noch rückkoppelnd neue Energie für mein Singen, werde in meinen Ohren so stimuliert, daß ich in einen höheren Erregungszustand gerate, einen höheren Arousal des vegetativen Nervensystems, der in dieser Art

des Singens nicht allein den Sympathikus tonisiert, wie es in den medizinischen Lehrbüchern heißt, sondern über den Kehlkopf und die Ohren vor allem den Nervus Vagus in allen seinen vagabundierenden Verzweigungen stimuliert und wechselwirkend tonisiert. (Der Nervus Vagus reguliert vegetativ Atmung, Herzschlag, Verdauung, sexuelle Erregung, die Vokalisation, d.h. die Stimmlippen und hat Verbindungen in die äußeren Gehörgänge.) Übersetzt heißt das, ich habe keinen Streß beim Singen, strenge mich nicht an, habe keine Angst, nicht den richtigen Ton ("Tonus") zu treffen, sondern bewege mich mühelos und zugleich mit größter harmonikaler Präzision durch die Klangräume der beiden Quinten - *im Zustand ruhiger lebendiger Erregung*.

Ebenso muß die **Amsel** nicht wissen, was eine Quinte ist, wie sie ein Glissando macht, wie sie einen höheren Ton erreicht und dann auch noch genau den richtigen. Beneidenswerterweise hat sie keinen Streß und keine Angst beim Singen, keinen Begriff von richtig und falsch, keine Definition von schönem Gesang und sauberer Intonation. Da ihre Syrinx, wie beim Menschen der Kehlkopf, vom Nervus Vagus innerviert und zugleich über das Gehör stimuliert und erregt wird, und da wiederum ihre Ohren bei einer Grunderregung vom Stammhirn her nach der natürlichen spektralen Klangordnung auf spezifische Klangspektren und nicht auf einzelne Töne reagieren, entsteht ein rückkoppelnder, wechselwirkender Prozeß zwischen der spektralen Musterbildung in der Erregung der Sinneshaarzellen in den Ohren und der Musterbildung in den von den Stimm-muskeln erzeugten Klängen. Eine gesungene und gehörte Quinte, also das Verhältnis von 2:3 zwischen zwei Grundklängen mit ihrem eigenen und korrespondierenden Spektrum erzeugen eine Verstärkung und "Harmonisierung" von Erregungsmustern, wodurch der allgemeine Erregungslevel erhöht wird, was wiederum die Musterbildung im System Stimme-Gehör erleichtert, befördert und verstärkt.

6) Klang-"Gestalt"

"Schon Tiere können Gestalten 'erkennen', d.h. richtig auf sie reagieren, ja man kann sagen, daß sie auf nichts anderes reagieren. Dieses richtige Verhalten kann angeboren, uneinsichtig erlernt oder einsichtig sein. ... Das nesthockende Vogeljunge sperrt den Schnabel auf angesichts der fütternden Mutter, aber auch angesichts einer geeigneten Attrappe. Es 'erkennt' die Reizgestalt 'Fütterung'... Genau dieses Verhalten muß man kybernetisch erwarten, wenn der "angeborenen Gestaltauffassung" ein eindeutiges Schaltschema im Zentralnervensystem entspricht. Das Schaltschema reagiert auf einen Reiz, der begrifflich, also als Gestalt, bestimmt werden kann. Wenn die Fähigkeit, auf einen definierten Reiz definiert zu reagieren, als der "praktische Begriff" des Tieres bezeichnet werden darf, so ist der praktische Begriff selbst eine Gestalt des Verhaltens, die gesetzmäßig einer begegnenden Gestalt zugeordnet ist." (Weizsäcker s. S. 23)

"... der Begriff der Gestalt ... als eines Gebildes, dessen Bestandteile so schlüssig aufeinander bezogen sind, so sehr als Erzeugnisse einer einzigen formenden Intention erscheinen, daß im Einzelnen stets das Ganze enthalten und gegenwärtig erscheint, mithin die Wahrnehmung der Gestalt nicht mehr von der Wahrnehmung ihrer Dimension abhängt." (Gülke s. S. 23)

In der Akustik und im "Kosmos Klang" verliert der Begriff "Gestalt" erst eigentlich das ihm allzu leicht anhaftende Bild von Figürlichkeit und äußerer Form oder Gestalt. Natürlich können wir Menschen in Klängen oder in Musik Klangfiguren und bildhafte Gestalten wahrnehmen, wie auch die Singvögel vermutlich auf irgendeine Art ein langgezogenes Glissando von einem Triller unterscheiden können und auf einen melodiösen Gesang anders reagieren als auf ein heftiges schnelles Erregungsmotiv. Wenn ich aber den Gestaltbegriff von allen visuellen Konnotationen lösen möchte, um das spezifisch Akustische zu erfassen, kann er sich nur auf das "*Innenleben*" eines Klangs beziehen, die Art und Weise seiner Schwingung bzw. der Schwingungen (Teilfrequenzen und Formanten), der inneren Bewegungen in Raum und Zeit, die ihn ordnen und prägen, also sein Spektrum in seinem Umfang, seiner Ausdehnung, seiner Struktur, seiner Dynamik, seinen inneren und wechselseitigen Beziehungen, vor allem in seinen ganzzahligen proportionalen Verhältnissen.

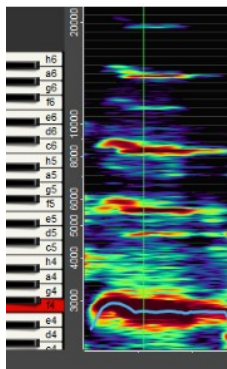
Klanggestalt als "Innenleben" eines Klanges

In der oktavierenden Verlangsamung wird ein Klang über mehrere Oktaven in einen tieferen Frequenzbereich transponiert und zugleich auf der Zeitachse um die gleiche Oktave verlangsamt. Eine 16-fache Verlangsamung bedeutet, daß der Originalklang nun 4 Oktaven tiefer klingt und 4 Zeitoktaven langsamer, d.h. 16x langsamer. Er klingt im tieferen Spektrum anders und wegen der Verlangsamung können wir mehr und differenzierter im Klang unterscheiden, aber seine

Klanggestalt, das was ich als das "Innenleben" des Klangs bezeichnet habe, ändert sich nicht. Das "System" und die Struktur jedes einzelnen Klangs und jeder Klangfigur bleibt gleich in Bezug auf Tonhöhen, Lautstärke, Intervalle, Klangfiguren, in der vertikalen Schichtung und Verteilung der Frequenzen sowie in den zeitlichen und dynamischen Proportionen, und das gerade auch bei 2-stimmigen Klängen. Auf dem Overtone-Analyzer wird das alles im Spektrogramm sichtbar und meßbar, bei der Tonhöhe auf Hundertstel Herz genau und bei der Lautstärke mit Zehntel Dezibel. Wie laut jede Teilfrequenz ist, wird in der Farbe sichtbar und in Dezibel angezeigt. Wie ausgedehnt und differenziert das Spektrum eines Klangs ist, kann auf einen Blick erkannt werden, genauer als über die Ohren. Das "Klangbild" gibt Auskunft darüber, ob eine Klangfigur wegen der hohen Geschwindigkeit in ihrem Verlauf auch in der Verlangsamung noch geräuschhaft wirkt. Klangfiguren wie Triller, Glissandi, 2-stimmige Spektralklänge hinterlassen in mir einen wahrnehmbaren und spürbaren Höreindruck (nicht als Bild!). Selbst ohne einen Klang zu hören, kann ich ihn über das Spektrogrammbild in seiner Gestalt mit meiner hörenden Vorstellungskraft auditiv erfassen, wenn nicht sogar begreifen, mir einen auditiven Begriff davon machen. Natürlich nicht in seiner konkreten Ausprägung, aber das kann durchaus ein Klangbewußtsein sein verbunden mit einer sinnlich akustischen Empfindung.

"Die Karte ist nicht das Territorium" und die "Landkarte" des Spektrogrammbildes ist nicht die Klanglandschaft ("sound scape"), doch mit den Augen im Bild des Spektrums und mit dem Klang in den Ohren bzw. mit den Ohren im Klang kann ich mich über die bildhaften Gestalten im Spektrogramm in einer Klanggestalt orientieren, in der lebendigen inneren Landschaft eines Klangs, einem in der Zeit erfahrenen, mehrdimensionalen, dynamischen und farbigen Raum, Innenraum des Klangs, Innenraum des Hörens und eben auch Innenraum des Singens (wie oben für das Singen und Hören eines Quint-Glissandos beschrieben). In einem solchen Klanginnenraum kann ich mich lösen von allen bildhaften, visuellen Elementen, die wir gewohnt sind den Klängen beizufügen. Gleich ob beim Singen/Hören eines Quint-Glissandos oder beim Hören des Gesangs der Amsel mit dem 2-stimmigen Glissandos aus der Quinte fis/cis in die Quinte cis/gis "reagiert (ein Schaltschema im Zentralen Nervensystem) auf einen Reiz, der begrifflich, also als Gestalt, bestimmt werden kann" - und das gilt offenkundig auch für das Singen/Hören einer Amsel (siehe Zitat C.F.v. Weizsäcker oben).

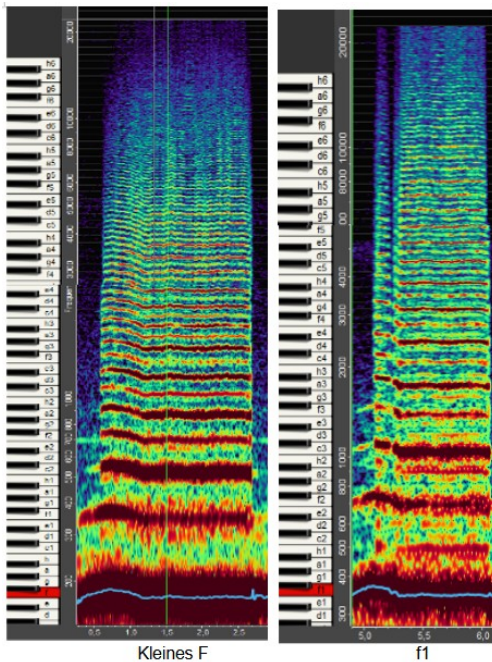
das Spektrum im Klang



Bei meinen Klangforschungen im Vogelgesang habe ich eine für mich verblüffende und erkenntnisreiche Entdeckung gemacht. Die Aufnahmen vom Gesang der Vögel im Wave-Format reichen im Spektrum bis 22 kHz (im mp3-Format bis 16 kHz) und so werden sie auch im Spektrogramm des Overtone-Analyzers wiedergegeben. Der Gesang einer Amsel spielt sich hauptsächlich im Bereich von 1500-5000 Hz ab, teilweise auch darüber hinaus bis 8000 Hz. Im Vollgesang reicht das gesamte Frequenzspektrum mit den stärkeren Teilfrequenzen bis 12 kHz und mit allen feinen Frequenzen bis annähernd 22 kHz. Das im Spektrogramm ablesbare Teiltontspektrum kann z.B. bis zum 20. Teilton reichen, die Terz e7 von c3 bei 20,5 kHz. Wenn ich diesen Klang 8-fach verlangsamt, zeigt das Spektrogramm einen gesamten Frequenzumfang von etwa 200-2700 Hz an und die Terz e7 liegt dann bei e4 (2600 Hz), was für den entsprechenden Grundklang ebenfalls der 20. Teilton ist.

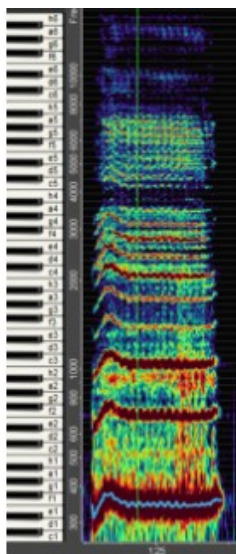
Als Klangexperiment habe ich dann einmal ein f4 (~ 3000 Hz) aus einem Amselgesang 16-fach verlangsamt zum Kleinen F (~180 Hz) und dann diesen Klang mit meinem Wave-Recorder neu aufgenommen. Im Bild oben ist der Originalklang zu sehen, ein intensiv klingendes f4 mit starkem Quint- und Terz-Teilton und sogar mit dem 7. Teilton, der Septime es6 bei 19,5 kHz.

Als ich die neue Aufnahme dann im Spektrogramm sah, bekam ich große Augen und große Ohren. Ich sah nun ein Frequenzspektrum von 180 Hz bis 17,6 kHz, also um ganze 4 Oktaven erweitert im Vergleich zur Originalaufnahme. Auf den realen Klang in der Originallage bei 3000 Hz übertragen, kann das nur heißen, daß dieser Klang der Amsel bei f4 ein tatsächliches Frequenzspektrum bis etwa 288 kHz (!) hat. Wie unten zu sehen ist, wird dieses Spektrum zu den hohen Teilfrequenzen immer feiner und dichter. Im Spektrogramm konnte ich nun "tief" in den Klanginnenraum hineinschauen und alle Teiltöne bis zum 52. Teilton kontinuierlich ablesen. Es ist des6 (9100 Hz) dicht über dem 48. Teilton, dem Quint-Teilton bei c6 (8500 Hz).



In diesem Bereich umfaßt ein Halbton also etwa 600 Hz mit 4 Teiltönen. Übertragen auf den Originalklang bei f4 liegt dieser 5. Quint-Teilton bei c10, das heißt bei 136 kHz. Im Vergleich dazu ist bei dem 8-fach verlangsamten und ebenfalls neu aufgenommenen f1 deutlich zu erkennen, daß das "Innenleben" des Klangs, seine Klanggestalt gleich "gestaltet" ist und sogar identisch mit dem Originalklang, da in allen Klängen der 3., 5. und 7. Teilton ("c-a-es") eine stärkere Intensität hat. Beim Kleinen F und beim f1 kommt noch der 9. Teilton (g3/g4) verstärkt hinzu, der in der Originallage gar nicht mehr im Spektrogramm abgebildet werden konnte. Solche Intensitäten in den ungeraden Teiltönen sind mir auch bei Klängen von anderen Singvögeln aufgefallen, mit denen ich die gleiche Klangexperimente mit Neuaufnahmen verlangsamter Klänge durchgeführt habe. Bei dem Amselklang setzt sich diese Zahlenreihe fort bis zum 25. Teilton - 11-13-15-17-19-23-25 - interessanterweise alles Frequenzen, die kein Vielfaches eines tieferen Teiltönen sind, also Primzahlen.

Diese Struktur im Spektrum gibt dem Klang seine ganz eigene Färbung und klingt deutlich intensiver. Sie entsteht vermutlich im Resonanzraum der Luft-röhre unmittelbar über der Syrinx durch den Zusammenklang und die Wechselwirkung der beiden Schwingungen in den 2 Stimmköpfen, ein Synergieeffekt, der zu höherer Energieausstrahlung führt.



Links zum Vergleich das f1 der Amsel von mir nachgesungen, mit "nur einem Kehlkopf" auf den Vokal 'u' in voller Kopfstimme gesungen, - ablesbare Teiltöne bis 20. Teilton a5 (7000 Hz), Oktav- und Quint-Teiltöne verstärkt (2.-3.-4.-6.). Vögel können reine Klänge ohne Vokalfärbung produzieren. Menschen können ohne Sprache auf Vokale singen, aber eben nicht ohne Vokalfärbung, da jeder Klang im mehr oder weniger flexiblen Vokaltrakt zwischen Kehlkopf und Mundöffnung gefiltert und im Spektrum "formatiert" wird (Vokalformanten). Ein spezifisches Gestaltelement in diesem Amselklang ist das kontinuierliche gleich-mäßige Frequenzspektrum vom Grundklang bis zum x-ten Teilton, während bei meinem mit voller Stimme gesungenen f1-Klang auffallend ist, daß es über dem in der Verteilung gleichmäßigen Teiltonspektrum von f1 bis a4 (350-3500 Hz) noch eine Verdichtung bzw. Intensivierung im höheren Spektrum gibt zwischen 4500 und 7000 Hz, einen Brillanzformanten, eine Klangenergie, auf die menschliche Ohren mit hoher Erregung reagieren, während Amseln sicher für diese Art von Spektrumsgestalt kein Gehör haben.

Diese Art von *Gestalt* des Spektrums *im* Klang wie bei dem f4 der Amsel ist es vermutlich, auf die die Ohren der Amseln "geeicht" sind, an der sie sich in ihrem Singen orientieren und auf die Weibchen wie andere Männchen reagieren.

Klanggestalten bei Nestlingen der Kohlmeise

Wie ich bei nistenden Kohlmeisen auf meinem Balkon herausgefunden habe, machen die Nestlinge nicht irgendwelche beliebigen "angeborenen" Laute, wenn sie den Ankommensruf der Eltern mit dem Futter im Schnabel hören, von außerhalb des Nistkastens bevor sie sie gesehen haben. Ihre Bettelrufe sind ganz spezifische Spektralklänge mit einer Klanggestalt, wie ich sie auch als einzelne Klänge im vollen Gesang der Kohlmeise entdeckt habe - im Spektrogramm auf dem Overtone-Analyzer in der mehrfachen Verlangsamung zu sehen und zu hören in ihrer spezifischen Gestalt, d.h. Zusammensetzung, Proportion und Dynamik der Teilfrequenzen. Es sind Klänge ohne definierbare Tonhöhe, mit einem bestimmten Klangcharakter und einer wahrnehmbaren Klangfarbe, gleichzeitig erzeugt in beiden Stimmköpfen. Für unsere Ohren klingen die Bettelrufe und der entsprechende Klang der Kohlmeise im Vollgesang in der Verlangsamung in etwa gleich, vom Charakter her und in der Klangfarbe. Die Vögel, ob Nestling oder Eltern, können dank ihrer angeborenen Gestaltauffassung vermutlich viel differenzierter in diese Klänge hineinhören.

Die Nestlinge "erkennen" über das Gehör die Mutter oder den Vater in der Klanggestalt ihrer Stimme und re-agieren auf dieses Reizmuster reflexartig mit der Erzeugung spezifischer Klanggestalten, die ihren vegetativen Erregungszustand zum Ausdruck und zu Gehör der Eltern bringen. Das Hören und das Phonieren haben sie schon im Ei entwickelt und "erlernt", sicher 'unein-sichtig' (Weizsäcker), aber nicht "unein-hörig" und "unein-stimmend", insofern sich schon im Ei die neuronalen Schaltkreise im System Gehör-Stimme herauszubilden und einzustimmen beginnen (wie beim menschlichen Embryo in der Fruchtblase, bei dem das Gehör schon im 4.-5. Monat voll ausgebildet ist).

Quinte als Klanggestalt

Wenn etwas in der Akustik und im "Kosmos Klang" als elementare Gestalt benannt werden kann, dann die Quinte, zum einen als das Klangelement, das als 3. Teilton im Spektrum eines Klangs über die Oktave hinaus das Tor zur unendlichen Reihe der Naturtöne öffnet und so den Klang als Ganzes in Erscheinung treten läßt, zum andern als das Intervall, das im reinen Zusammenklang von Grundton und seiner ihm zugehörigen Quinte, in "reiner" Übereinstimmung zweier korrespondierenden Spektren, einen Klanginnenraum in einer spektralen Dimension eröffnet, die wiederum hineinführen kann in die Dimensionen korrespondierender Quinträume (Pentatonik und "Quinten-zirkel"). Wie sich im "3-Glissandi-Motiv" die Gestalt des Quintraum "fis/cis" in die Gestalt des Quintrauts "cis/gis" verwandelt, bildet sich aus dieser "Wendung" und "Umstülpung" die dreidimensionale Gestalt einer Möbius-Schleife.

Amseln und Menschen können die Gestalt einer Quinte als das Verhältnis von 2:3 "erkennen", weil der "angeborene Gestaltauffassung" ein "eindeutiges Schaltschema im Zentralnervensystem entspricht. Das Schaltschema reagiert auf einen Reiz ..." (Weizsäcker). Das Erregungsmuster der Sinneshaarzellen im Innenohr hat bei entsprechendem Reiz durch einen Quintklang die Gestalt einer "Quinte" korrespondierend mit dem Schwingungsmuster in Gestalt einer "Quinte" in Stimmlippen/Syrinx.

Wie ich in der Erkundung des Morgengesangs erfahren habe, wirken offenkundig gerade im Zwiegesang von Männchen und Weibchen eine Vielfalt von Klanggestalten als sinnlicher Reiz mit gesteigerter wechselseitig stimulierender Erregung. Die Klanggestalten werden im Hören und Singen zum "praktischen Begriff" (Weizsäcker) und zu einer sinnlichen Erfahrung, was bei uns Menschen leider nicht immer der Fall ist.

Es sind ja nicht nur diese Amsel und dieses Weibchen, die sich offenkundig in ihrem vielfältigen Zwiegesang zusammengefunden haben. Im Umkreis von etwa 30 m gibt es auf jeden Fall 3 Amselmännchen und mindestens 3 Amselweibchen, die alle in diesem vielfältigen morgendlichen Klangspiel mitmischen, in dem nicht immer auszumachen ist, von wem bei Männchen und Weibchen die Initiative ausgeht und wer wie auf welche singenden Mitspieler reagiert. Klar ist nur, daß alle, Männchen und Weibchen, Erfahrene und noch nicht so Entwickelte, einen gemeinsamen, artspezifischen Klangkosmos "bewohnen", alle sich in ein- und abgestimmten Frequenzbereichen und ihnen vertrauten Klangsphären bewegen, über gleiche Reaktions- und Stimulationsmuster in Ohren und Stimme verfügen. Es ist die angeborene auditive Gestaltauffassung, die rezeptive und aktive, produktive und reproduktive Erfassung und Bildung von Klanggestalten im Spektrum der Klänge, die diese Singvögel im Gesang von andern Amseln (M/W) und auch in ihrer eigenen Lautgebung, in ihrem Tönen und Singen wahrnehmen, Klanggestalten, an denen und in denen sie sich orientieren können, die sie nicht nur aufnehmen, imitieren und lernen können, sondern auf die sie auch spontan und flexibel reagieren können, stimmig in Tonus, Rhythmus, Klangfigur und ebenso geordnet in spektralen Strukturen, Klanggestalten, die sie variabel zusammensetzen ("kom-ponieren") und weiterentwickeln können, und mit denen und aus denen gerade die Amseln (♂) hochkomplexe und vielfältigste Kreationen neu bilden und schaffen können, alle wohlgestaltet und gefügt in der harmonikalen Ordnung der Klänge. Das System Gehör-Stimme ist rezeptiv und aktiv hochgradig reagibel und es ist dadurch durch und durch kreativ.

Es gibt keine "Töne", es gibt nur Schwingungsmuster in der Atmosphäre ("da draußen"), aus denen unser Gehör wie das Gehör der Amseln Töne und Klänge mit einem bestimmten Spektrum kreiert und "analysiert", denen wir dann Namen geben und für die wir Bewertungen finden. Die Singvögel kommen ohne Definitionen aus.

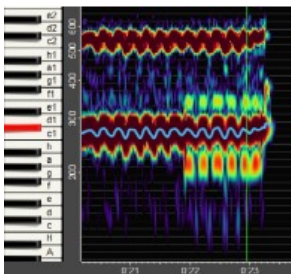
Erfahrungen im Hören, Pfeifen und Singen von Vogelgesängen

Die oben erläuterte unbewußte, intuitive und spontane Regulierung von Klang, Stimme und Gehör erlebe ich jedesmal, wenn ich im Frühling beim Spaziergang eine Amsel auf einem Baum höre und dann spontan eine Phrase aus dem für unsere Ohren verständlichen Melodieteil am Beginn ihres Gesangs unmittelbar nachpfeife, ohne zu wissen, was ich da höre und was für Töne ich pfeife, ohne Willen und Absicht, ihren Gesang zu imitieren. (Wir können auf genau denselben Frequenzen bei 1500-3000 Hz pfeifen, mit denen die Amsel ihre Art von Melodien pfeift und flötet.) Ich weiß nicht, was ich da gemacht habe, ob das gestimmt hat und ob das dem irgendwie entsprochen hat, was die Amsel gesungen hat. Es war wie ein spontaner Reflex auf die Stimulation meiner Ohren durch den Amselgesang, ja es hat mich direkt gereizt, auf die Erregung in meinen Ohren zu antworten und die Erregung hörbar und für mich spürbar werden zu lassen.

Meine Frau, die den Vogel und mich gehört hat, kann mir dann meist bestätigen, daß mein Pfeifgesang in etwa dem entsprochen hat, was von der Amsel zu hören war. Ich selbst kann das nicht sagen, habe aber das eindeutige Gefühl, daß es die "richtige", angemessene Antwort auf eine nicht gestellte Frage war.

Eine anderer Hör-Stimm-Erfahrung mit dem Vogelgesang hatte ich mit einem besonderen Klang der Nachtigall, dem "Buri"-Klang, wie ihn David Rothenberg nennt ("Stadt der Nachtigallen"). Als ich diesen schwirrenden Klang zum ersten Mal in 8-facher Verlangsamung, in meiner Tonlage hörte, ein Klang ohne wahrnehmbare Tonhöhe, es war mehr ein Klanggeräusch, hat er meine Ohren so animiert, daß ich ihn gleich imitieren mußte. Es war kein einfach gesungener Klang, den ich da produzierte, ohne zu wissen, wie ich das eigentlich mache (!), es war wie der Klang der Nachtigall mehr ein Geräusch, also keine ganz gleichmäßige Schwingung und doch ein klingendes Kleines F, wie es auch auf dem Overtone-Analyzer abzulesen war. Als ich dann meinen "Buri"-Klang aufnahm und 8-fach beschleunigte in die Gesangslage der Nachtigall: hört, hört - klang er genauso wie der der Nachtigall.

Wie ich im Spektrogramm in der Verlangsamung erkennen konnte, erzeugt die Nachtigall auf einer bestimmten Tonhöhe einen sehr schnell pulsierenden Klang mit Oktav- und Quint-Teilton, den das Nachtigall-Weibchen, wie es heißt, als sehr stimulierend empfindet, und den wir als interessanten Geräuschklang wahrnehmen. Wie ich dann für mich entdeckte, kann ich, was ich bis dahin nicht wußte, in der Kehle einen ähnlich pulsierenden Klang erzeugen, dem man im menschlichen Tempo noch das mehr oder weniger gleichmäßige Pulsieren anhört, der also nicht so schön gleichmäßig schwirrt wie bei der Nachtigall in dem ihr möglichen hohen Tempo. Es ist offenbar eine schnelle Folge von Staccato-Tönen, die in den Stimmlippen erzeugt wird, nur kann ich auch als Gesangslehrer keinem Schüler sagen, du mußt dies und das machen, damit dieser eigenartige Klang so und so entsteht. Genausowenig wie ich einem Menschen, der von sich sagt, er könne nicht pfeifen, erklären kann, wie genau er die Lippen zu formen hat, welche Position die Zunge einnehmen muß und wie genau er den Atem dosieren muß, um irgendwelche Pfeiftöne produzieren zu können, und noch viel weniger, wie er eine bestimmte Melodie pfeifen oder die Flötentöne einer Amsel nachpfeifen können, sollte, müßte ...



Ein bemerkenswertes Detail gibt es noch bei dem von mir gesungenen Glissando. Am Ende des Quint-Glissandos, wenn der Grundklang cis1 sich voll entfaltet hat, erscheinen noch weitere Frequenzen übereinstimmend mit dem Vibratopuls: 'a' und e1. Wie ich mit Filtern herausgefunden habe, sind das klingende Frequenzen, zwar leise aber hörbar. Mit dem cis1 zusammen erklingt im Filter der Dreiklang a/cis/e, der A-Dur-Dreiklang als Untermediante zu Cis-Dur (Terzverwandtschaft). Das gleiche Phänomen gibt es auch beim Amsel-Motiv, in dem am Ende beim "C-Dur-Klang" um den virtuellen Grundton 'c' die Frequenzen von As-Dur (as/c/e) auftauchen, der Untermediante von C-Dur (siehe: PDF "Amselgesang 7.6.1" S. 11).

Solche Medianten sind mir auch schon in anderen Vogelgesängen begegnet, z. B. wenn die Dupont-Lerche erst mit einem Stimmkopf ein c5 mit vollem "C-Dur"-Spektrum anstimmt und dann zu diesem Klang mit dem andern Stimmkopf einen "As-Dur"-Spektralklang erzeugt, in dem das c5 der Terz-Teilton zu as4 ist.

C.F. v. Weizsäcker, aus: Parmenides und die Graugans

(Begriff - Gestalt - die Gestalt in den Dingen - Gestalt als Beispiel des Allgemeinen)

Schon Tiere können Gestalten "erkennen", d.h. richtig auf sie reagieren, ja man kann sagen, daß sie auf nichts anderes reagieren. Dieses richtige Verhalten kann angeboren, uneinsichtig erlernt oder einsichtig sein. Vom einsichtigen Verhalten wird man das menschliche Reflektieren auf die Einsicht, das Ansprechen der Gestalt als Gestalt, noch unterscheiden. Bleiben wir beim einfachsten Beispiel, dem angeborenen Verhalten. Das nesthockende Vogeljunge sperrt den Schnabel auf angesichts der fütternden Mutter, aber auch angesichts einer geeigneten Attrappe. Es "erkennt" die Reizgestalt "Fütterung" nur in Beispielen, aber auch in jedem Beispiel, und in Bezug auf die Reaktion "Schnabelaufsperren" unterscheidet es die Beispiele nicht.

Genau dieses Verhalten muß man kybernetisch erwarten, wenn der "angeborenen Gestalt-auffassung" ein eindeutiges Schalt-schema im Zentralnervensystem entspricht. Das Schalt-schema reagiert auf einen Reiz, der begrifflich, also als Gestalt, bestimmt werden kann. Wenn die Fähigkeit, auf einen definierten Reiz definiert zu reagieren, als der "praktische Begriff" des Tieres bezeichnet werden darf, so ist der praktische Begriff selbst eine Gestalt des Verhaltens, die gesetzmäßig einer begegnenden Gestalt zugeordnet ist. Das Allgemeine am Begriff ist hier die Gesetzmäßigkeit, die Möglichkeit des Wiederkehrens der Beispiele. Der praktische Begriff aber "begreift" nicht die Allgemeinheit, er begreift das Allgemeine nur in jedem wiederkehrenden Beispiel. Insofern ist für ihn die Gestalt ununterscheidbar vom Beispiel; sie "ist" das Beispiel.

C.F. v. Weizsäcker: Die Einheit der Natur. München 1971, S. 464

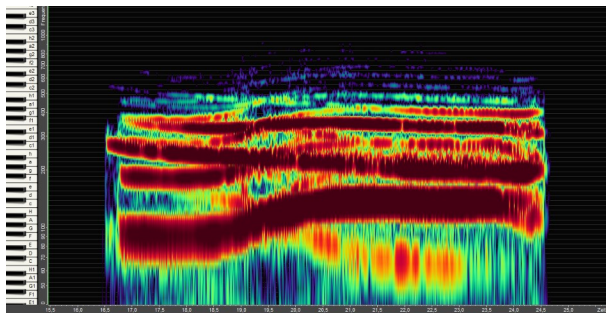
Das Zitat zum "Begriff der Gestalt" stammt aus:

Peter Gülke: Die Sprache der Musik. Stuttgart 2001, S. 16

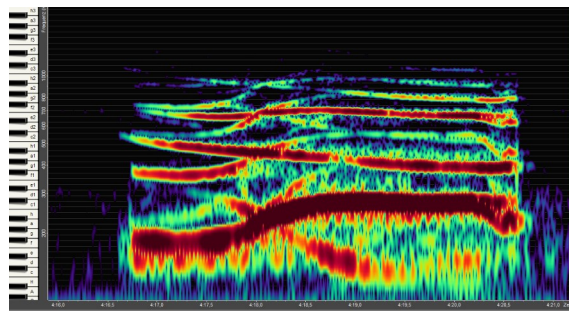
Das 3-Glissandi-Motiv in 5 Oktavdimensionen (nächste Seite)

Die Spektrogramme des 3-Glissandi-Motivs in 32-16-8-4-2-0-facher Verlangsamung (s.u.)

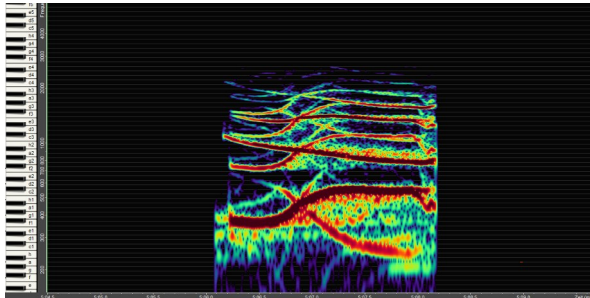
ohne Tonhöhenmarker und in den letzten 4 Spektrogrammbildern im gleichen Zeitfenster von 5 s
Dauer des Motivs in der Originallage: 0,25 s



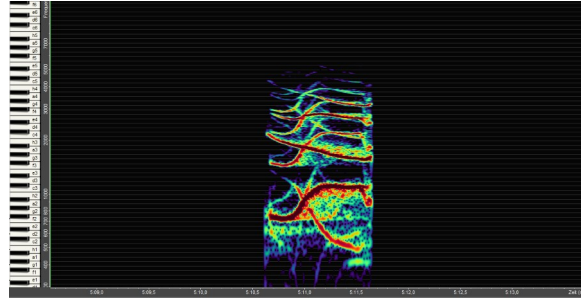
8 s



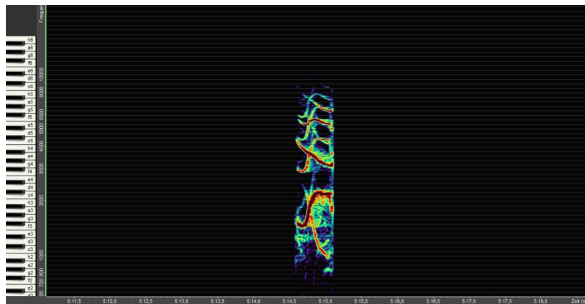
4 s



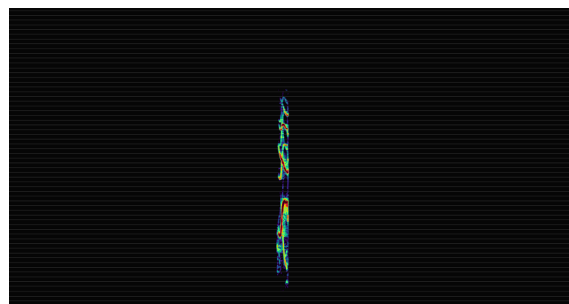
2s



1 s



0,5 s



0,25 s