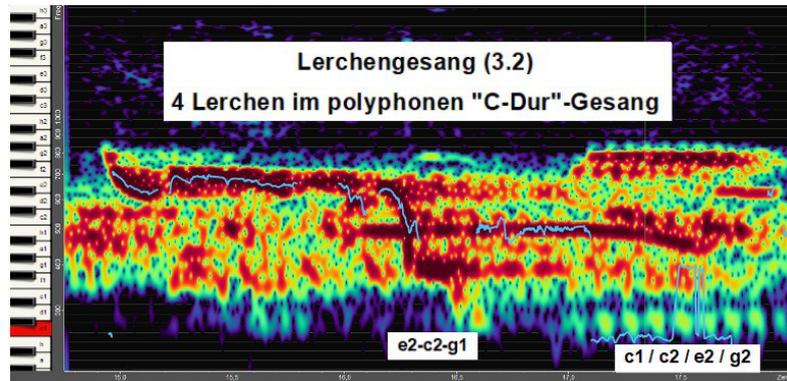


Über das Hören von "C-Dur" im Lerchengesang oder das Gehör als Umwandler von Frequenzspektren - über rezeptiv-aktives Hören

"Lerchengesang (3.2) - 4 Lerchen im polyphonen C-Dur-Gesang"



Im Hören-Spüren-Erleben dieses Quartsext-Klangs "realisierten" meine Ohren einen Klang, der in jedem Klang immer schon da ist. Es war, als würde der Klang dieser Tonfolge direkt in meinen Ohren "anschlagen" wie auf einer Klaviatur oder auf den frei schwingenden Saiten eines Psalteriums, ohne daß ich etwas definieren konnte oder sagen konnte, es ist dies oder das. Da es aber keine Klaviatur, keine gestimmten Saiten im Gehör gibt, weder in der Cochlea noch im Hörzentrum des Großhirns, und da es auch keine einzelnen Sinneshaarzellen in der Cochlea für bestimmte Töne gibt, ist es wohl eher so, daß mit jedem Klang, der mein Ohr erreicht, ein ganzes Geflecht oder Gewebe, eben ein **Spektrum** ins Klingen und Singen kommt.

Wenn ich den Quartsext-Klang der Lerche 4x verlangsamt, also zwei Oktaven tiefer höre (e3-c3-g2 - Dauer 0,6 s), kann ich sofort in meiner bequemen Lage den Grundton 'c' (Kleines C) dazu singen, in dem als Grundklang nicht nur der 3.-4.-5. Teilton mitklingen, sondern auch genau diese Teiltöne des Quartsext-Klangs als 10., 8. und 6. Teilton. Ebenso gut könnte ich auch die Quinte 'g' dazu singen, allerdings als Quinte und nicht als Grundklang 'g', in dem die Frequenzen h3-g3-d3 als 10.-8.-6. Teilton mitschwingen würden. Das Gleiche gilt für die höhere Oktave c1 und die Terz 'e' oder e1.

Wenn ich das C-Dur in der Originallage als Loop höre (e5-c5-g4 - Dauer 0,15 s) und den Klang auf meine Ohren wirken lassen, kann ich auch Grundton-Terz-Quinte dazu singen, einzeln oder als Tonfolge, obwohl ich in dieser Lage und in diesem Tempo überhaupt keine Tonfolge, keine einzige Tonhöhe und auch keinen Klang höre, denn es ist ein einziges Zwitschern, für meine subjektive Wahrnehmung eben ein Geräusch bzw. ein geräuschhafter Klang. Bei meinem Experiment mit diesem Zwitscher-Loop habe ich meinen Grundklang auf dem Klavier überprüft und 'siehe da' bzw. 'hört, hört', ich habe einen Ton zwischen 'c' und 'h' gesungen, also ein tieferes 'c', wie es auch der Tonhöhenmarker im Spektrogramm des Lerchengesangs anzeigt. (Vor diesem Experiment habe ich mir übrigens einen verlangsamt Amselgesang angehört und mitgesungen in ganz anderen Ton- und Klangarten, damit ich nicht in meinem Hör-Gedächtnis und meiner inneren Klangvorstellung auf C-Dur "gestimmt" war und eingestimmt blieb.) Eine Oktave tiefer (e4-c4-g3) gelingt das Einstimmen in den C-Dur-Quartsext-Klang noch etwas leichter, auch wenn ich da immer noch mehr Geräusch als Klang höre.

Und in beiden hohen Lagen zwischen 1600 (g3) und 5400 Hz (e5) ist die Wechselwirkung zwischen Hören und Singen noch stärker, wenn ich zunächst beim Anhören des Lerchenklangs die Handschalen hinter die Ohrmuscheln halte, um die Schallwellen besser einzufangen, so daß speziell die hohen Frequenzen in den Ohrmuscheln und in den Gehörgängen verstärkt werden. (Der Nervus Vagus, der den Kehlkopf bzw. die Stimmlippen innerviert - bei den Vögeln die Syrinx, hat auch einen sensorischen Zweig zu den äußeren Gehörgängen.) Und wenn ich dann am rechten Ohr die Fingerkuppen an der Ohrmuschel anlege und die Handfläche neben die Wange und den Mundwinkel halte, kann ich mich selbst im Singen verstärkt hören und es findet eine rückkoppelnde Wechselwirkung zwischen Ohr und Kehlkopf statt, so daß ich mich im Singen besser einstimmen kann in den Lerchenklang, und zugleich die hohen Frequenzen des Lerchenklangs meinen Stimmklang stimulieren, was für mich deutlich im Klang meiner Stimme hörbar wird.

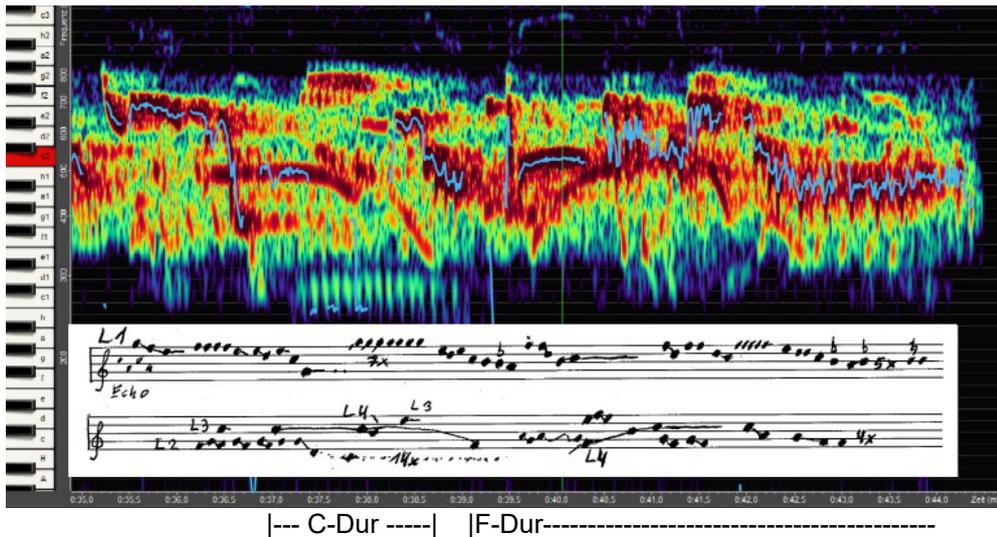
Den 3., 4. und 5. Teilton oder "Naturton" kann man übrigens sehr leicht auf einem Alphorn oder einem Naturhorn erzeugen (Posthorn-Klang g-c-e oder g-e-c).

(Siehe im Anhang S. 5: „Das Gehör als Umwandler von Frequenzspektren“)

Es lag aber nicht allein an der Klangfolge, daß meine Ohren so unmittelbar beeindruckt waren, es war auch der Klangcharakter und die *Klangfarbe* dieses Quartsext-Klangs. Es war, als würden wunderschön weiche, klar dahingetupfte Töne einer tiefen Flöte meine Ohren berühren und anregen. Es kam mir fast so vor, als würden diese 3 Flötenklänge an meinen Trommelfellen anklopfen und sie - ein Klang nach dem andern - immer mehr zum Vibrieren bringen. Wenn ich die Passage mit Kopfhörern höre, habe ich den Eindruck, ich würde in einen weiten, tiefen Raum hineinlauschen, aus dem diese zauberhaften Klänge zu mir dringen.

Wenn ich mir dann im Spektrogramm anschau, was die andern 3 Lerchen zum Quartsext-Klang von Lerche 1 singen, wird offensichtlich und offenkundig, wie dieser C-Dur-Klangraum in meinen Ohren hervorgerufen wird.

Ein polyphoner "C-Dur"-Gesang (05:19 kurze Version 8-16-32-fach verlangsamt - Hyperlink)



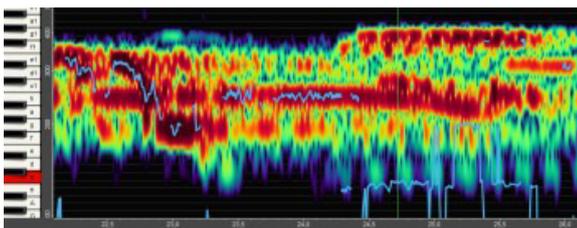
In der Notation zu dieser C-Dur-Passage habe ich im oberen System den Gesang von Lerche 1 notiert, die deutlich lauter im Vordergrund singt, und im unteren System den Gesang der 3 anderen Lerchen, der jeweils unterschiedlich laut und klar zu hören ist, weil jede Lerche in einer anderen Entfernung singt. (Die Notation habe ich aus den verschiedenen Lagen extrahiert. Sie ist nicht in einer einzelnen Lage komplett im Spektrogramm herauszulesen und auch nicht zu hören.)

In den Nachklang des vorhergehenden Motivs (die Terz c-a) setzt Lerche 1 mit einem hohen g2 ein und gleitet zum e2 hinab. Sie intensiviert den Halbton von der Quarte zur Terz (f2-e2) und setzt in den Nachklang von e2 zweimal mit der Terz an, erst e2-d2 und dann e2-c2-g3----. Die Terz ist relativ laut, das c2 und g1 jeweils etwas leiser. Die Quinte klingt länger und hat auch noch ein nachklingendes Echo. Die ganze Passage von g2 bis g1 hat passend zum Melodieverlauf einen charakteristischen Rhythmus. Dann springt Lerche 1 genau eine Oktave höher und beendet den eigentlichen C-Dur-Teil mit einer schnell pulsierenden Quinte auf dem g2 (7x), bevor sie zu einer Passage im F-Dur-Spektrum überleitet.

Parallel zu den f2-Repetitionen ist von Lerche 2 eine alternierendes f1-g1 zu hören, das dann nach d1 absinkt, um schließlich in der Tiefe 14x ein c1 rhythmisch pulsieren zu lassen. Lerche 2, die etwas entfernt ist, bildet mit dem Grundklang 'c' quasi die Baßstimme dieses Quartetts.

Zu dem Nachklang e2 von Lerche 1 setzt Lerche 3 mit c2 ein, das sie nochmal ansetzt und zu dem Quartsext-Klang von Lerche 1 weiterklingen läßt, bis es am Ende absinkt, wenn Lerche 1 das hohe g2 pulsieren läßt. Dann läßt sie nochmal kurz ein e2 erklingen, als wollte sie der Oktave c1/c2 (L2-L4) und der Quinte g2 (L1) noch die Terz hinzufügen, um den C-Dur-Klang komplett zu machen. Dann hört es sich so an, als würde Lerche 1 diese C-Dur-Terz aufnehmen und zur F-Dur-Terz weiterführen, dem a1 über dem f1 von Lerche 4.

Lerche 4 nimmt das c2 von Lerche 3 auf und führt es in einem Glissandobogen hinab zum f1, dem Grundklang der folgenden Passage. Vom f1 gleitet Lerche 4 wiederum hinauf zur Quinte c2.

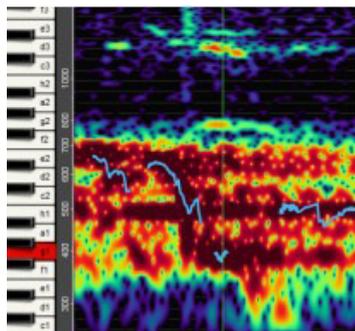


Spektrogramm aus der 8-fachen Verlangsamung: Man sieht an der Dynamik (Rotfärbung) das der Quartsext-Klang zu Beginn am intensivsten klingt und der zweite Teil wie ein weiter Echoraum aussieht. Wenn ich die Passage über Kopfhörer höre, bildet sich in und zwischen den Ohren genau dieser eindrucksvolle C-Dur-Klangraum.

Interessant ist der Tonhöhenmarker, der das tiefe 'c' als virtuellen Grundton zum lautesten Quintklang von Lerche 1 anzeigt, das g1 als 3. Teilton zu c (in dieser Lage), das wiederum die genaue Oktave zum c1 von Lerche 3 ist.

Alle Klänge dieses C-Dur-Klangs stehen zu einander im genauen proportionalen Frequenzverhältnis:

$e_2 : c_2 = 5:4$ - $c_2 : g_1 = 4:3$ - $g_1 : g_2 = 3:6$ und $c_2 : f_2 = 3:4$ (bezogen auf die Notation oben).



Der Quartsext-Klang bei e2: Im Spektrogramm ist zu erkennen, daß die Quinte g1 mit Nachklang so voll erklingt, daß auch der 2. und der 3. Teilton angezeigt werden, g2 und d3. Da auch vom e2 der Oktav-Teilton (e3) abzulesen ist, kann ich im Teiltonspektrum die Frequenzen von beiden Oktav-Teiltönen (e3 und g2) ganz exakt berechnen, sie stehen im Verhältnis von 5 : 3 (Terz-Teilton : Quint-Teilton). (Der Tonhöhenmarker kann in diesem schnellen Tempo nicht immer die Tonhöhe des Grundklangs genau anzeigen, deshalb ist die Berechnung mit den Teiltönen einfacher.)

[03:07](#) (Hyperlink) **längere Version** - 16x und 32x verlangsamt mit Notation

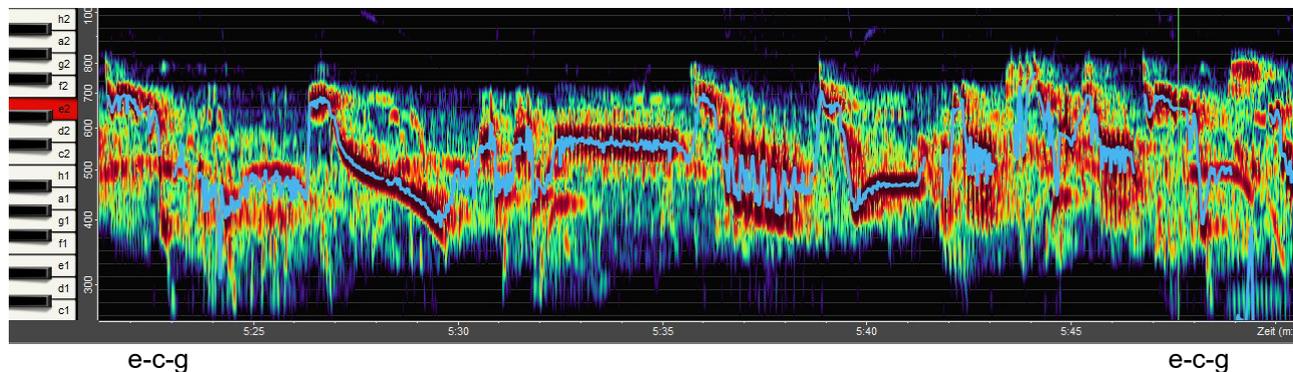
Die längere Version beginnt ebenfalls mit f2 und klingt zunächst mehr nach "F-Dur".

Die 16- und die 32-fache Verlangsamung sind beide mit Notation. Die 32-fache Verlangsamung habe ich 1 Oktave höher transponiert in die gleiche Lage wie die 16-fache Verlangsamung, damit sie besser zu hören ist.

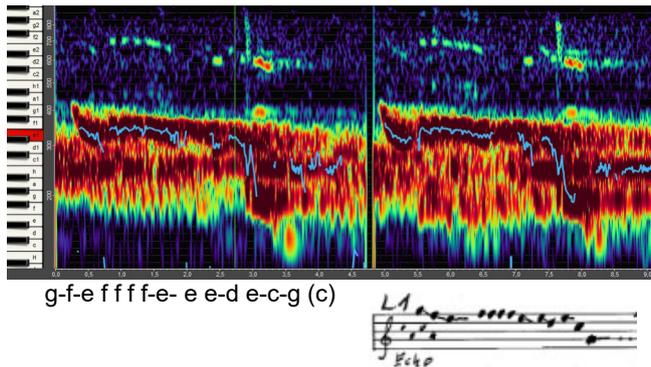
[06:37](#) Am Ende des Videos kann man sich nochmal die kurze Version der C-Dur-Passage in allen Lagen anhören, nur für die Ohren, ohne Notation, nur mit dem Spektrogramm zur Orientierung.

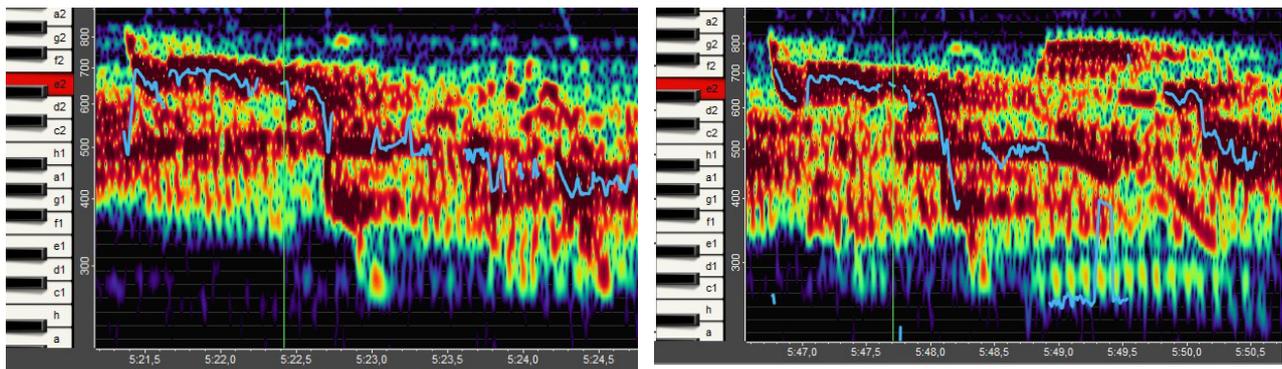
Der C-Dur-Quartsext-Klang erklingt zweimal

Das wirklich Erstaunliche ist, daß die "C-Dur"-Sequenz von Lerche 1 schon einmal erklingen ist, 26 s früher in der 8-fachen Verlangsamung. Dazwischen liegen 12 komplexe Motive.



Wie an der Gegenüberstellung auf den ersten Blick zu sehen, sind beide Versionen identisch. Höre ich sie hintereinander, klingen sie in jeder Hinsicht völlig gleich. Und im Spektrogramm am Overtone-Analyzer kann ich erkennen, daß der Verlauf in den Tonhöhen, im Spektrum, im Rhythmus und in der Dynamik exakt derselbe ist. (In der ersten Version ist nach dem Quartsext-Klang noch ein tiefes 'c' als leiser C-Dur-Grundklang zu hören.)





Beide Versionen der „C-Dur“-Passage gegenübergestellt (4 s – 8x verlangsamt):

Was sofort auffällt, daß die Version 2 deutlich polyphon ist, vor allem mit dem C-Dur-Echoklang im Gesang der 3 anderen Lerchen. Deshalb ist mir diese C-Dur-Passage auch eher ins Ohr gegangen. Der erste Quartsext-Klang geht erst mal in der dichten Motivfolge fast unter. In Version 1 singt Lerche 1 zuvor einen markanten Terz-Triller d2-h1, in Version 2 ist es der Ganzton-Triller cis-h. Das h1 von Lerche 1 scheint Lerche 3 (?) mit einem langen Gleitklang von h1 zum c2 und wieder zum h1 aufzunehmen, parallel zum Einsatz von Lerche 1 vom g2 zum f2 und e2. (Das c2 in der Version 2, das nach dem Quartsext-Klang noch weiterklingt, habe ich Lerche 3 zugeordnet.) Daneben ist noch in gewisser Entfernung ein pulsierendes g1 von einer weiteren Lerche zu hören. Danach sind von Lerche 1 nur 2 kurze Phrasen zu hören - h-gis und h-a-gis-e (E-Dur). Darauf reagiert wohl Lerche 3 wiederum mit einem längeren h1, worauf Lerche 1 zu einer großen Klangfigur ansetzt – ein pulsierendes e2 und dann ein ausgedehntes Quint-Glissando d2-g1. Den Wechsel von „C-Dur“ nach „E-Dur“ könnte man harmonisch als Modulation in die Obermediante deuten. Solche mediantische Modulation (Terzverwandtschaft) ist mir schon häufiger bei der Lerche begegnet (auch bei Amsel und Einsiedlerdrossel).

Das Gehör als Umwandler von Frequenzspektren – über rezeptiv-aktives Hören

Ich vermute, daß die Selbstverstärkung im Spektrum durch die Kombination dieser 3 "Naturtöne" (e-c-g = 5.-4.-3. Teilton) schon in der Cochlea und im Stammhirn zwischen afferenten und efferenten Sinneshaarzellen passiert, d.h. sowohl im Gehör der Lerche als auch in meinem Gehör, auf jeden Fall auf einer unmittelbaren Verarbeitungs- und Synchronisierungsebene unterhalb des eigentlichen Hörzentrums im Großhirn. So wie nicht einfache Tonhöhen von der Cochlea an das Hörzentrum weitergeleitet und dort repräsentiert werden, sondern komplexe Frequenzspektren von einzelnen Klängen, von Klangfolgen und vom Zusammenwirken von Klängen.

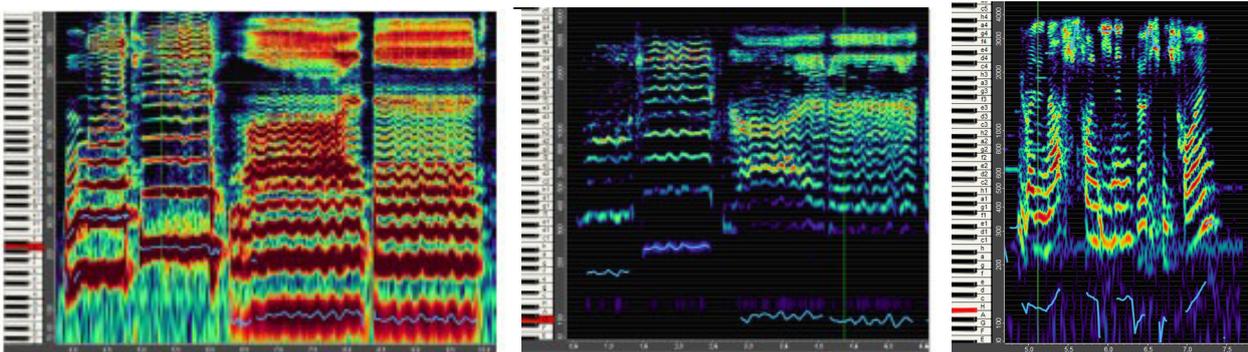
In der Cochlea des menschlichen Innenohres finden sich drei Reihen von äußeren und eine Reihe von inneren Haarzellen. Die sensorische Aufnahme mechanischer Bewegungen in der Cochlea erfolgt fast ausschließlich durch die inneren Haarzellen, während die äußeren Haarzellen v. a. efferente Innervierung durch übergeordnete Zentren des Zentralen Nervensystems erhalten. Auch bei den Vögeln gibt es afferente und efferente Nervenbahnen.

Auf jeden Fall dürfte klar sein, daß es in der Cochlea keinen Dämpfer wie beim Klavier gibt, der die schwingende "Saite" wieder abdämpft, bevor der nächste Ton angeschlagen wird. Vielmehr werden die Sinneshaarzellen ("Zilien"), die durch einen "Ton", also einen Grundklang mit einem bestimmten Spektrum angeregt werden, nicht aufhören zu schwingen, sobald ein anderer Klang eine Erregung anderer und auch gleicher Zilien auslöst, so als bliebe das rechte Pedal beim Klavier gedrückt. Vermutlich synchronisieren sich afferente und efferente Nervenbahnen der Cochlea über die Formatio Reticularis im Stammhirn mit dem Nervus Vagus und seinen Nervenbahnen zu den Stimmlippen.

Aus der Akustik ist bekannt, daß unser Gehör kein Obertonspektrum zu einem Klang hinzufügen kann, daß in diesem Klang nicht vorhanden ist, daß es aber durchaus zu einem bestimmten höheren Spektrum den entsprechenden Grundklang ergänzen und heraushören kann, den ich dann nach dem Gehör singen kann. Höre ich zum Beispiel die Kleine Terz g2-e2, als Intervall oder als Tonfolge, kann ich unmittelbar und spontan dazu in meiner bequemen Stimmlage das Kleine C

als Grundton singen, ohne zu wissen, was für Töne ich gehört habe oder welchen „richtigen“ oder stimmigen Ton ich dazu singen sollte. Das geschieht unbewußt, nur mit offenem, rezeptiv aktivem und/oder aktiv rezeptivem Hören. Die Kleine Terz (die Rufferz), für sich gehört, realisiert und repräsentiert mein Gehör als Quinte und Terz (6. und 5. Teilton) eines imaginären bzw. virtuellen Grundtons.

Dieses Phänomen, daß das menschliche Gehör den Grundklang bzw. tiefere Frequenzen zu einem höheren Klangspektrum ergänzen kann oder anders gesagt, aus einem bestimmten Obertonspektrum den Grundton herausdestillieren kann, hat man sich in der Telefontechnik in der Weise zunutze gemacht, daß man alle Frequenzen unterhalb von etwa 300 Hz (d1) in der Übertragung weglassen kann, ohne daß der hinreichende Informationsgehalt eingeschränkt wird. Trotzdem kann z.B. eine männliche Stimme, die bei etwa 120 Hz (Kleines C) spricht, als „tiefe“ Stimme wahrgenommen werden, eindeutig in der Tonhöhe und auch in der Klangfarbe, dem Timbre und im Ausdruck (je nach Gerät mit gewissen Einschränkungen in der Klangfarbe).



Links die Aufnahme einer gesungenen Passage und daneben die Wiedergabe am Telefon, aufgenommen vom Anrufbeantworter:

Die gesungenen Töne sind f-b-As-G, also Bariton- und Baßtöne, deren Tonhöhe an der unteren blauen Linie (mit Vibrato) abzulesen ist, dem Tonhöhenmarker. Das ist die Tonhöhe, die ich auch auf dem AB höre.

Ab e1 ist das gesamte Spektrum zu erkennen, beim ‚f‘ und beim ‚b‘ ab dem 2. Teilton (3.-4.-5.-6. usw.) und bei den tiefen Tönen ‚As‘ und ‚G‘ ab dem 3. Teilton (es1 und d1 = 300 Hz), also das komplette Teiltonspektrum mit Vokalformanten und auch die Brillanzen um 2500 und 3000 Hz. Der Text ist komplett zu verstehen und auch die Klangqualitäten der Singstimme sind wahrzunehmen. Besonders bei den sehr tiefen Tönen sind die volle farbige Tiefe des Gesangs sowie die hohen Frequenzen im Klang klar zu hören. Nur wirkt alles etwas entfernt und nicht so volltönend wie auf der Originalaufnahme.

Im rechten Spektrogramm ist meine Ansage auf dem AB zu sehen (Ausschnitt). Die Tonhöhe meiner Sprechlage liegt um ‚B‘, der Umfang zwischen ‚E‘ und ‚e‘. Das Spektrum wird ab dem 2. bzw. 4. Teilton angezeigt (c1/e1). Auch in der Sprechstimme gibt es für den Klang der Stimme prägende Brillanzen um 3000 Hz, die doppelt so laut sein können wie die unteren Teiltöne. Interessanterweise springt sogar der Tonhöhenmarker mehrmals in diesen hohen Frequenzbereich, einmal vom Kleinen C (130 Hz) zum g4 (3200 Hz), dem 24. Teilton. Trotzdem oder vielleicht gerade wegen dieser hohen intensiven Frequenzanteile werden die klingende Tonhöhe und die klingenden Vokale in der Sprechstimme deutlich und prägnant wahrgenommen.

Entsprechend reagiert offensichtlich mein Gehör beim Hören des Lerchengesangs auf die hohen Frequenzen des Quartsext-Klangs e5 (5200 Hz), c5 (4300 Hz) und g4 (3200 Hz) und kann dieses Spektrum transformieren in die Rezeption und Erzeugung des Grundklangs ‚c‘ in meiner Stimme, wenn ich zum Gezwitscher der Lerche den Grundton ‚c‘ singe mit dem g4 als 24. Teilton (c5 – 32. und e5 – 40.). Diese Frequenzen um 5000 Hz (es5) können durchaus auch in meinem Stimmklang, dem gesungenen ‚c‘ mitklingen und werden sogar im rezeptiven Hören des Zwitscherns in meiner Stimme noch verstärkt, was für mich auch subjektiv wahrnehmbar ist.