

Amselgesang 7.6 – Kombinationsklänge (reale Klänge - keine Psychoakustik !)

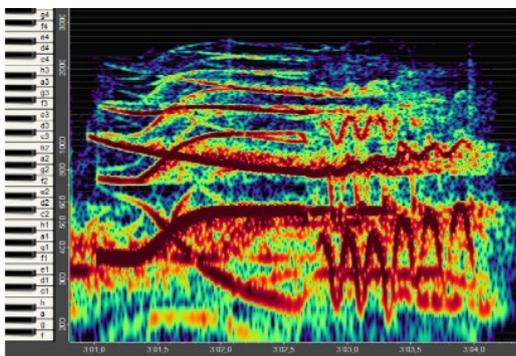
ein 2-stimmiges Glissando-Motiv mit 2 Kombinationsklängen fis-cis1 und cis2-gis1 plus f2-e2 und f1-h (16x verlangsamt)

Originallage: fis4-cis5 / cis6-gis5 / f6-e6 / f5-h3 (Spektrum der 4 Klänge: 2000-12.000 Hz)

Text zum Video: „Amselgesang-7.6_Kombinationsklänge“ <https://youtu.be/6gHnLgAxdb4>
siehe auch die PDF-Dateien: "Amselgesang7.6.1_das_3-Glissandi-Motiv" - eine Klangerkundung
und: "Amselgesang-7.6.2_klingende_Möbius-Schleife"

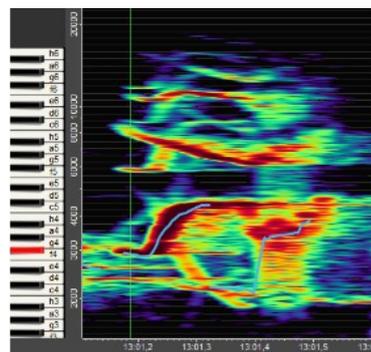
- 1) ein erster Eindruck beim Entdecken dieses ungewöhnlichen Motivs im Morgengesang der Amsel
- 2) 2-stimmige Spektralklänge – Vergleich mit einer C-Dur-Quinte (S. 3)
- 3) ein erster Höreindruck in 0-2-4-8-16-facher Verlangsamung (S. 4)
- 4) Analyse und Beschreibung der einzelnen Stimmen und Klänge (S. 5)
- 5) zur Akustik von Kombinationsklängen (S. 12)

Ein 3- oder ?-Glissandi-Motiv



Als ich beim ersten genaueren Durchhören und Durchschauen der Phase 2 des Morgengesangs der Amsel am Overtone-Analyzer (8-fache Verlangsamung) in der „Strophe 44“ auf dieses Motiv stieß, war ich völlig konsterniert. In all meiner ausgiebigen Beschäftigung mit dem Amselgesang war mir so etwas noch nicht begegnet. Ich war zwar einigermaßen vertraut mit der ungeheuren Vielfalt und der hohen Komplexität all der unzähligen unterschiedlichen Motive, die es im Amselgesang und auch bei jeder einzelnen Amsel gibt, und hatte auch einen analytischen Blick für das Spektrum,

die Struktur und die Klanggestalt all dieser Motive entwickelt, doch bei diesem Motiv versagte meine Unterscheidungs- und Vorstellungskraft. Diese vielen unterschiedlichen Frequenzen in ihrem unterschiedlichen gleitenden Verlauf - übereinander, ineinander, parallel, gegenläufig ab- oder aufwärts, allmählicher oder stärker, größer oder kleiner – was sollte das denn für ein Spektrum sein und wie sollte diese Vielschichtigkeit und Vielstimmigkeit von 1 Amsel erzeugt werden, selbst mit der doppelten Syrinx und der Fähigkeit zum 2-stimmigen Gesang. Und dann auch noch die Intervall-Triller nach den vielen Glissandi, der eine sehr groß und ausladend, der andere eher feiner und gleichmäßiger – wie konnte der Gesang nun plötzlich aus den vielen glatten Glissando-Bewegungen in eine eine 2-stimmige starke Trillerbewegung kippen und das auch noch in so unterschiedlicher Ausprägung.

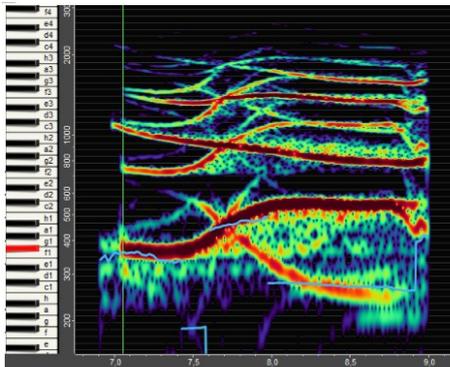


In der Originallage (linkes Bild) sah es so aus, daß es offenbar 3 Stimmen gibt, eine Unterstimme mit einem Glissando von fis4 nach cis5, eine anderthalb Oktaven darüber von cis6 nach gis5 und eine Art Oberstimme noch darüber, die eine Wellenlinie (f6-e-f-e). Deshalb habe ich diese Klang-figur als das „**3-Glissandi-Motiv**“ benannt.

Neben diesen 3 Stimmen erkennt man noch den 2. Teilton der unteren Stimme fis5-cis6 und eine Andeutung des 2. Teiltons der mittleren Stimme cis7-gis6. Das was „hinter“ dem unteren Glissando zu sehen ist, ein Glissando von d5 nach h3, konnte ich mir nicht erklären.

Nach meinem ersten Eindruck von diesem vielschichtigen Klanggebilde war ich bei der weiteren Erkundung dieses Morgengesangs umso erstaunter, daß das gleiche Motiv mir 35 Spektrogrammbilder später nochmal in die Augen sprang wegen seines besonderen Klangbildes. (Faktisch sind es 27 echte Strophen später.) Dabei fiel mir erst gar nicht auf, daß die ganze Strophe komplett identisch ist, einschließlich des mehrfach wiederholten C-Dur-Dreiklangs-Motiv direkt vor der Glissandifigur. Und meine Verwunderung über dieses Motiv wurde schließlich noch gesteigert, als ich bei „Strophe 130“ (42 echte Strophen später) erneut auf exakt dasselbe Motiv stieß, wiederum in der gleichen Gesamtstrophe.

Was für ein stimmlicher und musikalischer Gesangkünstler muß ein Vogel sein, der solche Motive kreieren kann und sie dann auch noch in solchen Abständen so genau wiederholen kann, wobei all die andern Strophen an Anzahl, Vielfalt und Komplexität der Motive und Klangfiguren dieser Strophe mit dem Glissando-Motiv in nichts nachstehen.



- 1) cis3-----a#2-----gis-----g-----
- 2) fis1-----fis-----cis2-----c-----
- 3) f3-----e-----e#-----e-----
- 4) e2-----a#-----cis-----c-----
- 5) fis2-cis3-c (2. Teilton zu 2)
- 6) cis3-gis3-g (3. Teilton zu 2)
- 7) fis3-cis4-c (4. Teilton zu 2)
- 8) a#3----- (5. Teilton zu 2)
- 9) cis4-gis3-g (2. Teilton zu 1)

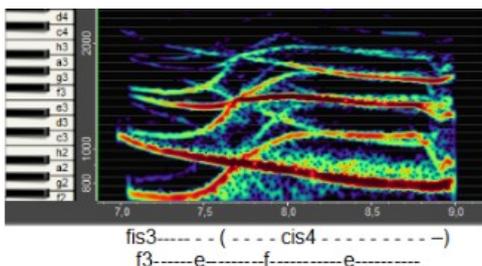
Es war ein gutes Stück Arbeit, bis ich in einer ersten Analyse die Frequenzstruktur dieses Motivs herausgefunden hatte. Der lauteste Klang (2) ist das fis1, das zunächst weiterklingt und dann zum cis2 hinaufgleitet, um im letzten Viertel von cis (-17ct) einen guten Viertelton abzusinken zu einem hohen c (+49). Dieser intensive Klang hat ein komplettes Spektrum vom 2. bis zum 5. Teilton (Terz a#3). Die Oberstimme (1) ist ein ganz gleichmäßige Glissando vom cis3 durch den Kreuzungspunkt a#2 zum gis2 und weiter zum g2. Dieser Klang setzt als erster ein und endet als letzter vor den beiden folgenden Intervall-Trillern. Mit ihm erklingt der 2. Teilton g3. Darüber hinaus gibt es noch ein leicht welliges drittes Glissando, das etwas später als die beiden Hauptstimmen einsetzt, von f3 durch e3 wieder zum f3 (=e#) und am Ende zum e3. Diese Frequenz endet gleichzeitig mit dem c2 von Klang 2.

Scheinbar im Hintergrund und deutlich leiser gibt es noch einen vierten Klang, der als letzter etwa bei e2 oder f2 beginnt und durch den Kreuzungspunkt a#1 hinuntergleitet zum cis1 und dann auf c1-(h) ausklingt.

Diese unterste leise Frequenz konnte ich mir gar nicht erklären, deshalb vermutete ich zunächst, daß es Amsel 2 ist, die immer wieder in der Nähe zu hören ist und auch während anderer Strophen im Spektrogramm zu sehen ist.

Ebenso hatte ich Schwierigkeiten mit der obersten Frequenz f3-e3. Das konnte ja wohl unmöglich die Amsel sein, die mit ihren beiden Stimmköpfen solch eine 3. Stimme in dieser sich steigernden Intensität hervorbringen kann. Das f3 paßte auch gar nicht von den harmonischen Frequenzbeziehungen her zu den Quinten fis/cis und cis/gis, worin die Amsel in ihrem Gesang ansonsten sehr genau ist. Es kommt auch in diesem Gesang schon mal vor, daß die Amsel Quinten oder eine Zweistimmigkeit in einem Motiv nicht genau intoniert, aber das wird sogleich korrigiert, spätestens, wenn sie das Motiv nochmal in einer anderen Strophe wiederholt.

So stellte ich zunächst die Vermutung an, es könnte ein Amselweibchen sein, das in hoher Lage mit einem intensiven Kontaktklang in den 2-stimmigen Gesang des Männchens einsteigt, da ich auch noch andere Motive entdeckt hatte, in denen ein ähnlicher Klang in hoher Lage zu sehen ist wie als Oberstimme zu 1 oder 2 Unterstimmen. Aber als ich in der späteren Analyse der Phase 3 dieses Morgengesangs den wirklichen Gesang des Amselweibchens entdeckte und ausgerechnet in der „Strophe 60“, die genau den Strophen 44-79-130 entspricht, sah und hörte, wie das Amselweibchen zum Gesang des Männchens trillert und seinen Stimmführungsgesang bei 6-9000 Hz erklingen läßt, war klar, daß diese „3 Glissandi“ nur in der Syrinx des Männchens entstehen können.

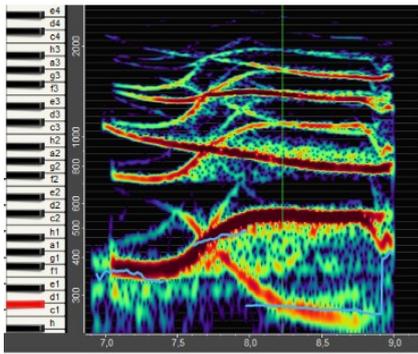


- fis3----- (----- cis4 -----)
- f3-----e-----f-----e-----

Da ich meine Analysen gewöhnlich in der 8-fachen Verlangsamung durchführe, hatte ich zunächst nicht bedacht, wie hoch dieses Motiv in der Originallage liegt. Aus fis1-cis3-f3 wird dann 3 Oktaven höher fis4-cis6-f6, ein Bereich zwischen 6 und 12 kHz. Einen höheren Ton als cis6 bei 9000 Hz wie in diesem Motiv am Beginn des 1. Glissandos habe ich aber bisher in keinem der Gesänge von 6 verschiedenen Amseln entdeckt.

Auch die Kontakklänge der Weibchen gehen nur bis cis6.

Fazit: Das obere leicht wellenartige Glissando von f6 nach e6 ist keine dritte Stimme und keine gesungene Tonhöhe, diese Frequenz muß auf andere Weise entstehen.

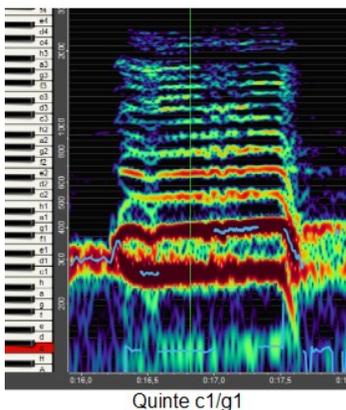


Auffallend an dieser Frequenz war, daß sie bei fis3 etwas später als die beiden anderen Klänge einsetzt, quasi zeitgleich mit dem 4. Teilton von fis1 in der Unterstimme, aber eben etwas tiefer auf f3, und daß sie nach einem leisen Beginn zum e3 und dann zum f3 deutlich lauter wird, während der 2. Teilton zur Unterstimme sich zum cis4 hinaufbewegt und deutlich schwächer wird.

Parallel zum Glissando der Unterstimme zum cis2 hin und mit dem Glissando der Oberstimme vom cis3 zum gis2 hin gibt es offenbar in der Mitte des Motivs bei der klingenden Quinte cis2/gis2 eine Klangverstärkung, die auch im f3 zu sehen ist. Und da endlich begriff ich, daß das f3 natürlich enharmonisch gleichklingend ist mit eis3, der Terz zu dieser Quinte, und sich so genau in das Frequenzspektrum des *virtuellen Grundtons cis1* einfügte, wie im Bild abzulesen ist. Das Gleiche gilt auch für die weitere Entwicklung des Klangs, wenn das e3 in dem dritten Glissando zur Terz in der Quinte c2/g2 (Unterstimme/Oberstimme) wird, mit dem virtuellen Grundton c1, der im Spektrogramm am Ende vom Tonhöhenmarker angezeigt wird. Das Spektrum am Ende ist: (c1)-c2-g2-c3-e3-g3-b3.

Damit hatte ich erstmal eine Erklärung für den Cis-Dur-Klang in der 2. Hälfte des Motivs, aber den Beginn der oberen Frequenz und die Ursache für das untere schwache Glissando konnte ich mir immer noch nicht harmonisch-musikalisch und akustisch erklären.

2 im Spektrum sich kreuzende Glissandi von der Quinte fis/cis in die Quinte cis/gis 2 Kombinationsklänge: Glissando f3-e3 und d2-c1



In „Strophe 75“ gibt es ein ähnliches Klangphänomen wie bei der 2-stimmigen Quinte cis/gis in diesem Motiv. Dort erklingt ebenfalls 2-stimmig die Quinte c1/g1, die am Ende ganz leicht von c1(-21ct) nach c1(+49) ansteigt, also einem hohen c1 oder tiefen cis1, exakt wie in dem 3-Glissando-Motiv. Im Spektrogramm links ist zu sehen, daß der virtuelle Grundton bei ‚c‘ liegt und sich in bzw. über der Quinte ein komplettes Spektrum bis zum 16. Teilton (c4) entfaltet, interessanterweise mit einem ebenfalls sehr starken Terz-Teilton bei e2. Diese beiden Stimmen, produziert von je einem Stimmkopf, sind offenkundig über das Gehör so aufeinander abgestimmt, daß sie in ihren Frequenzen genau das Verhältnis von 2:3 bilden, also eine reine Quinte, und nicht jede von ihnen einen eigenständigen Grund-

klang mit dem Spektrum von C-Dur bzw. G-Dur. Durch die Korrespondenz und das Miteinander-Klingen von c1 als Oktav-Klang und g1 als Quint-Klang ergeben sich im übereinstimmenden Spektrum dynamische Kumulationen von Schwingungsanteilen und Verstärkungen bestimmter Frequenzen, so daß wie in diesem C-Spektralklang die Terz e2 stärker wird und deshalb auch für das Gehör stärker wirkt im Gesamtklang, wie auch die Terz im Cis- bzw. C-Spektralklang in dem 3-Glissandi-Motiv. So wie unsere Ohren in diesem Klang keine „leere Quinte“, sondern durch die Terz einen kompletten C-Dur-Klang hören, muß dieser Klang wohl die gleiche Wirkung, nämlich eine stimulierende und rückkoppelnde Resonanz auf das Gehör der Amsel haben, denn sonst könnte sie die beiden Stimmen als Quintklang gar nicht so genau auf einander abstimmen. Und beim Amselweibchen kann man ebenso von einer entsprechenden stimulierenden Wirkung dieses vollen und farbigen Klangs auf deren Gehör mit entsprechenden vegetativen Auswirkungen ausgehen.

In diesem Morgengesang gibt es auch ein anderes 2-stimmiges Motiv, in dem die beiden Stimmen nicht genau im Spektrum aufeinander abgestimmt sind, so daß sich bestimmte Frequenzen aneinander reiben und der Zweiklang wie verstimmt klingt, was für die Ohren irritierend wirkt. In einer späteren Wiederholung dieses Motivs hat die Amsel es dann korrigiert, so daß sich der Klang voll in seinem wohlgeordneten Frequenzreichtum entfalten kann.

(siehe Video: „Amselgesang 7.4 - ein 2-stimmiger C-Dur-Spektralklang - eine Klangerkundung“
<https://youtu.be/FzA9abeKy34>)

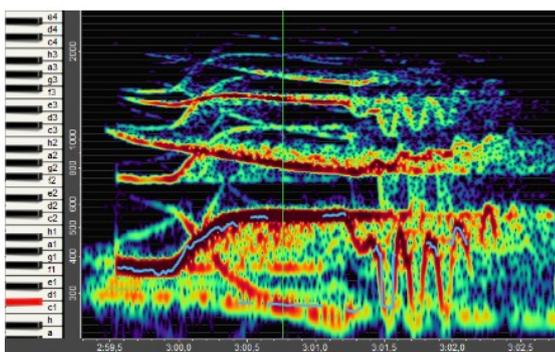
Als Sänger kann ich die gleiche Art von Intonation im Spektrum praktizieren, wenn ich zu einem C-Dur-Klavierklang das ‚g‘ nicht nur als Tonhöhe mit wenig eigenem Spektrum intoniere, auch nicht „grundtönig“ als eigenständigen vollen Grundklang, sondern wenn ich es „quintig“ singe, als würde sich der Klang mit seinen höheren Frequenzen wie in einer Kuppel in das Gesamtspektrum von C-Dur einschwingen. Und noch spannender ist es, wenn ich mit einem andern Sänger zusammen eine Quinte anstimme, wenn der eine den Grundton voll und farbig klingen läßt und der andere sich mit seiner Quinte in die im Grundklang mitgehörte Quinte einfädelt. Dann kann es geschehen, daß jeder flexibel auf den anderen reagiert, jeder die Wirkung des anderen Stimmklangs auf seinen Klang spürt und sich zugleich *ein* farbiges Gesamtklang bildet, der aus sich heraus stärker und leichter, wohlgeordneter und offener, vielfältiger und einheitlicher erklingt, auf jeden Fall mehr als die Summe von 2 Stimmen oder von ‚c‘ und ‚g‘ als Intervall. Ein dritter Sänger könnte sich ohne zu überlegen sogleich mit der stimmigen Dur-Terz in dieses Spektrum einfügen, für alle ein durch und durch sinnliches und stimulierendes Erlebnis für Ohren und Stimme.

Das wäre kein Kunst- und Schöngesang mit sauberster Intonation und perfekter Klanggestaltung – da wirkt einzig *die Natur der Klänge*, die spektrale und harmonikale Ordnung in allem, was schwingt und klingt, wie sie im *Klangkosmos des Vogelgesangs* und gerade bei Meistersängern wie der Amsel in einem Reichtum und einer Vielfalt in Erscheinung tritt, an die unser Menschen-gesang kaum heranreicht.

Wie zeigt sich nun diese **spektrale und harmonikale Ordnung** in dem 2-stimmigen Motiv mit den beiden gegenläufigen Glissandi, der mitgleitenden Klangwelle im höheren Spektrum sowie dem absteigenden Glissando im unteren Spektrum.

Das Besondere an diesem exquisiten Motiv im Unterschied zu der obigen C-Dur-Quinte ist die Vielschichtigkeit und Unterschiedlichkeit der Klangbewegungen sowohl im Gesamtklang als auch in den einzelnen Stimmen mit ihrem jeweiligen Klangspektrum. Das ist auf den ersten Eindruck genau das Unbegreifliche an diesem Motiv mit seinen vielen ineinander und durcheinander gleitenden Frequenzlinien. Das ist aber auch genau das Überwältigende und tief Beeindruckende, wenn sich dieses Klanggeschehen einem allmählich und über viele Umwege entschlüsselt und eröffnet, was ich im Folgenden beschreiben und erläutern möchte.

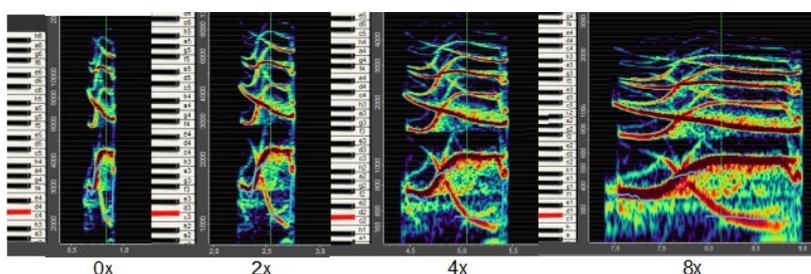
Ein erster Höreindruck:



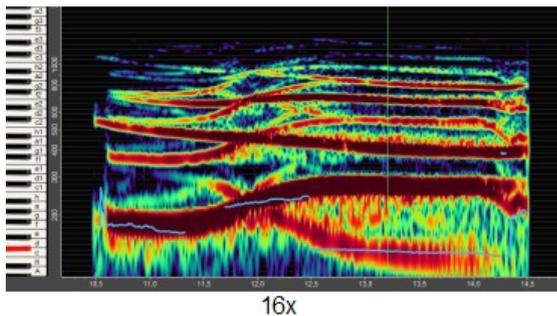
8-fach verlangsamt: „3-Glissandi“ und 2 Intervall-Triller

Diese Vielschichtigkeit und Komplexität des Spektrums steht im Gegensatz zum Höreindruck, den dieses eigenartige Klanggeschehen in meiner Wahrnehmung hervorruft (ebenfalls in 8-facher Verlangsamung). Es ist *ein* Klang ohne spezifische und eindeutige Tonhöhenwahrnehmung und ohne unterscheidbare Mehrstimmigkeit; und es ist ein Klang-*Prozeß*, ein Klang der äußerlich und innerlich in Bewegung ist mit einer Verschiebung in die Höhe, aber ohne wirklich erkennbare innere Modulation in Klangfarbe und harmonischem Spektrum.

Er klingt für mich wie ein intensiver, ausgedehnter lauter Ruf gefolgt von einem impulsiven bewegten Lachen (die Intervall-Triller). Im Klang dieses Rufes höre ich zwar eine Art Aufwärtsbewegung, die wirkt aber mehr wie eine Intensivierung und Verstärkung. Der ganze Klang verschiebt oder verändert sich nicht. Höre ich mir in der Originallage nur den Ausschnitt mit den vielen Glissandi an, ist es nur ein kurzer intensiver Zwitscherlaut (Dauer 0,33 s).



In der 2-fachen Verlangsamung wirkt der Laut nur wie ein schneller heller Ausruf mit einem kurzen Auf und Ab wie ein gerufenes „ahija“. 4-fach verlangsamt ist ein wirklicher, vielschichtiger Klang mit einer inneren Entwicklung zu hören. Es dominiert das Glissando in die höhere Ausdehnung hinein, gleichzeitig gibt es eine ausgleichende, zur Mitte gerichtete, leicht geneigte Bewegung und im Hintergrund ein leiseres abwärts gerichtetes Gleiten. All diese farblichen Bewegungselemente sind in der 8-fachen Verlangsamung noch plastischer herauszuhören, aus *einem* Klanggebilde, um dies nochmal hervorzuheben. In der 16-fachen Verlangsamung schließlich, 4 Oktaven tiefer und langsamer, erscheint das Motiv in seiner Komplexität ganz eindrücklich. Neben dem starken Gesamteindruck dieser ungewöhnlichen Klangfigur sind nun im Innern des Klangs mehrere Schichten und unterschiedliche Bewegungen, nicht nur im Sinne von auf und ab, zu hören und einigermaßen zu differenzieren.



Zu Beginn des Motivs ist zu erkennen, daß die Oberstimme auf cis2 mit ihrem Glissando etwas früher einsetzt als die Unterstimme bei ‚fis‘, die zunächst auf dem lauten Grundklang verweilt. Obwohl das ‚fis‘ deutlich lauter ist, überwiegt zunächst die abwärts gleitende Bewegung in der Oberstimme. Im Glissando vom ‚fis‘ zum cis1 dominiert dann die Aufwärtsbewegung, ohne das Abwärtsgleiten der Oberstimme völlig zu überdecken, was wohl durch die stärkere Abwärtsbewegung in der untersten Stimme

(d1-cis) noch verstärkt wird, obwohl diese nur halb so laut ist wie die Oberstimme. Während die starke Unterstimme auf dem cis1 zu verweilen scheint, ist gleichzeitig eine ganz leichte Absenkung des Gesamtklangs zu vernehmen, bevor die Unterstimme zu ihrem großen Intervall-Triller ansetzt. Aus der Oberstimme, die am längsten klingt, entwickelt sich ein leichter Halbton-Triller aufwärts.

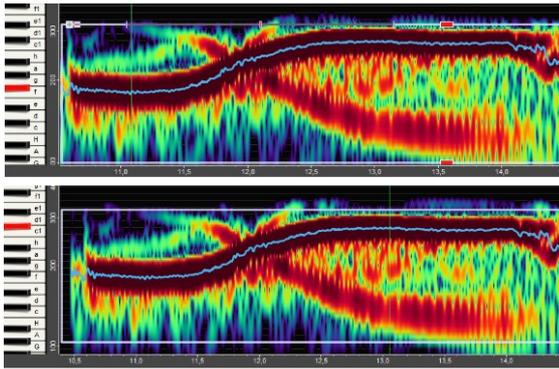
Der Einsatz auf der Quinte zu Beginn kommt in der 16-fachen Verlangsamung 0,11 s früher, das sind im Original 7 Millisekunden. Sowohl durch den etwas vorgezogenen Einsatz von oben als auch durch den Einstieg von der Quinte her kann der Beginn deutlich als Quintklang mit intensivem Grundton von unseren Ohren aufgenommen werden.



Analyse und Beschreibung der einzelnen Stimmen und Klänge

(siehe und höre das Video „Amselgesang 7.6.“)

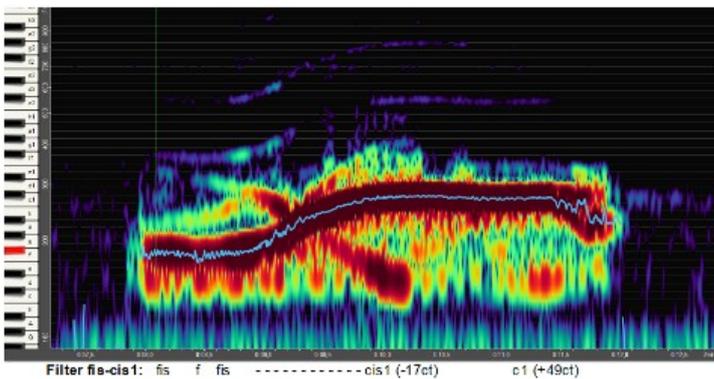
Auf dem Overtone-Analyzer kann man einen Filter einsetzen, so daß nur eine bestimmte Frequenz oder ein Frequenzausschnitt angezeigt wird und erklingen kann. Für diesen Ausschnitt zeigt der Tonhöhenmarker dann die lauteste Frequenz an, die nicht immer übereinstimmt mit der jeweilig lautesten Frequenz im Spektrogramm des kompletten Motivs. Auch der Verlauf der einzelnen Frequenzen ist im Gesamtklang nicht immer genau abzulesen, weil das Spektrogramm immer das gesamte Klanggefüge abbildet und zugleich in die innere Struktur des Klanggewebes hineinschaut, und wenn es Verschiebungen in der Klangstruktur gibt, wie in den gegenläufigen Glissandobewegungen in diesem Motiv, reagieren manchmal auch die einzelnen Gewebefäden, wenn sich im Gesamtgewebe etwas verändert oder auch bei einem Klangfaden, der für die Farbe und Struktur des Klangs Bedeutung hat.



Hier habe ich die Unterstimme in der 16-fachen Verlangsamung herausgefiltert ohne das Spektrum der Teiltöne. Im Hintergrund ist noch der untere Kombinationsklang zu sehen von d1 nach ‚cis‘, der die Unterstimme quasi kreuzt. (zu diesem Kombinationsklang s.u.)

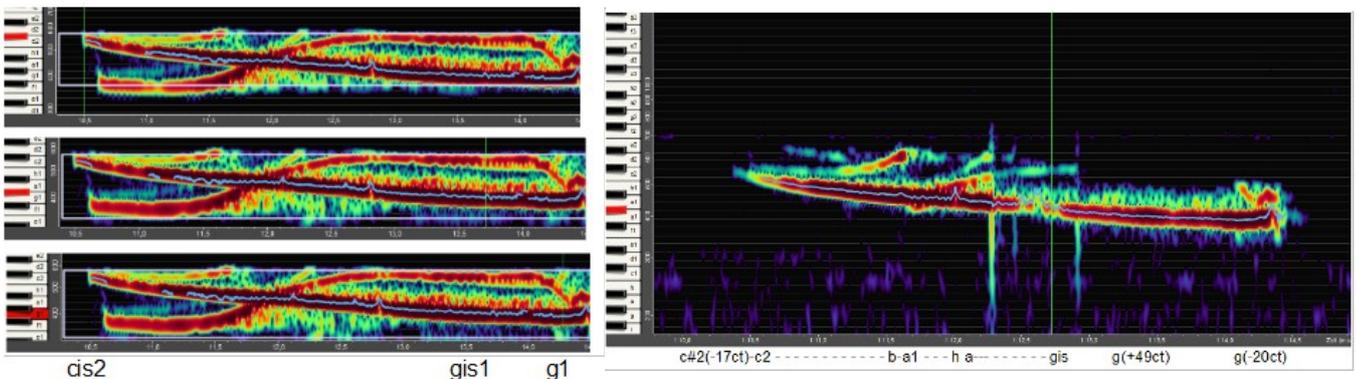
Im oberen Bild habe ich das ‚fis‘ markiert und im unteren das cis1. Zu erkennen ist, daß der Klang auf den ausgehaltenen Tönen ein Vibrato hat und daß es im Glissando zum cis1 gewisse Turbulenzen gibt, nämlich dann, wenn sich die hinabgleitende

Oberstimme mit dem Spektrum der Unterstimme im Oktav-Teilton bei a#1 kreuzt.



Ein etwas anderes Bild bietet dieses Spektrogramm aus dem Video, für das ich die Filterklänge neu aufgenommen habe. Es ist deutlich an den scheinbaren Tonhöhenverschiebungen auf dem ‚fis‘ zu sehen, daß sich auch in diesem akustischen Ausschnitt das gesamte Klanggeschehen spiegelt (!). Denn diese angezeigte Tonhöhenchwankung vom ‚fis‘ zum ‚f‘ geschieht dann, wenn die Oberstimme sich vom cis2 durch das c2 zum h1 hin bewegt. Diese Elemente

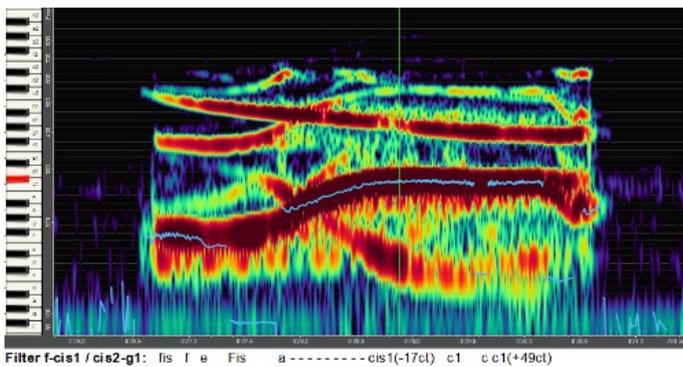
des Gesamtklangs „hört“ quasi der Overtone-Analyser in der Spektralanalyse dieses neu aufgenommenen Frequenzausschnitts mit und markiert das ‚f‘ als Grundklang zur Quinte c2. Zugleich deutet das Spektrogramm auch an, daß in dem Glissandoklang auch der 2. und der 3. Teilton mitklingen, fis1-cis2 und cis2-gis2., obwohl der Filter bei der Aufnahme bis e1 begrenzt war.



Die linken Bilder zeigen den Filter aus dem Gesamtspektrum zu der Oberstimme cis2-gis-g1 mit dem die Frequenz kreuzenden 2. Teilton der Unterstimme, fis1-cis2. Ich habe den Cursor jeweils bei cis2, gis 1 und g1 gesetzt, der Kreuzungsbereich liegt bei a#1.

Immer dann, wenn der Tonhöhenmarker aussetzt oder einen Impuls anzeigt, geschieht eine Verschiebung oder Modulation im Gesamtspektrum, bei cis-c, a#-a, a-gis und gis-g, die sich in dem ganz allmählichen und gleichmäßigen Glissando durch die Quarte abbilden, der Quarte von der Quinte cis2 zur Quinte gis1.

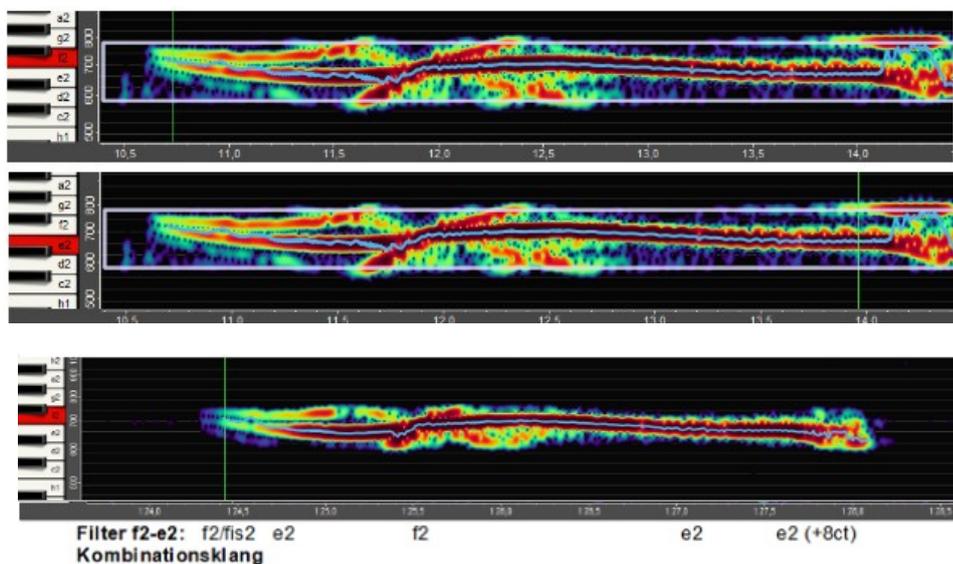
Das rechte Bild ist wieder aus der Neuaufnahme des gefilterten Klangs mit den Durchgangspunkten in der Modulation. Was wirklich bemerkenswert ist, daß die Amsel auf der Quinte cis2 (-17ct) genau mit der Frequenz einsteigt, auf der sie in der Unterstimme vom fis1 zum cis1 (-17ct) aufsteigt. Ebenso entspricht das g1(+49ct) als Quinte dem c1(+49) mit dem die Unterstimme am Ende ausklingt, so daß der Gesamtklang nach C-Dur moduliert. Und auch noch im Weiterklingen der Oberstimme zum g1(-20ct) zeigt sich die kontinuierliche Modulation im Klangprozeß.



Im Filter bis e2 für die Unter- und Oberstimme sieht man am Tonhöhenmarker, wie sich im Zusammenklingen der Tenorklänge auf ‚fis‘ und cis1 mit dem Gleiten der Oberstimme das Spektrum wandelt. Beim Durchgang durch c2 und h1 gleitet der Tonhöhenmarker zum ‚f‘ und ‚e‘ und springt dann in Richtung a#1 zum Fis, um im Fortgang den Hauptklang im Glissando vom ‚fis‘ zum cis1 anzuzeigen. Sobald das cis1 erreicht ist, schwächtelt

zunächst die Oberstimme beim Durchgang durch das a1, bevor sie beim gis1 wieder mit dem Klang der Unterstimme korrespondiert.

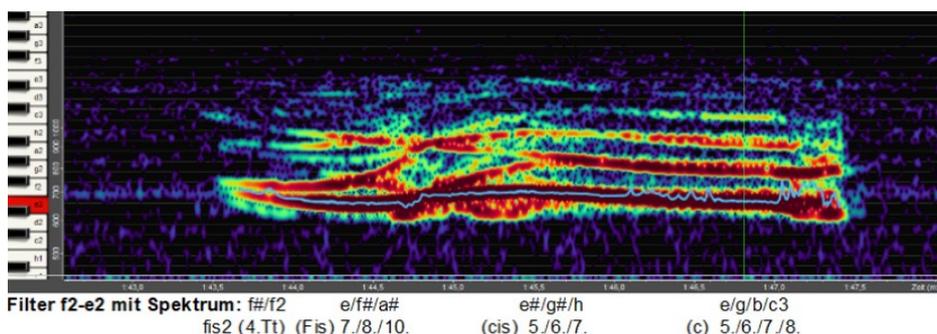
Das „3. Glissando“ – ein sogenannter Kombinationsklang



Es ist keine eigenständig klingende Schwingung wie die Unter- und Oberstimme, das ist ganz deutlich im Filter für die Frequenz von f2 nach e2 zu erkennen. Es ist das, was in der Akustik als **Kombinationsklang** bezeichnet wird, der sich aus dem Zusammenklingen zweier „Töne“ bilden kann (zum Thema s.u.).

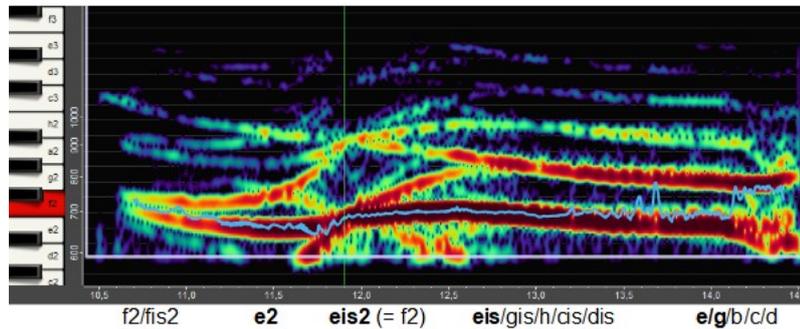
Wenn das cis2 der Oberstimme zum c2 sich bewegt und dazu die Unterstimme mit dem ‚fis‘ einsetzt, bildet sich dieser Zwitterklang von fis2 und f2, der zu Beginn auch als leichte Schwebung gehört werden könnte. Doch während der schwächere 4. Teilton der Unterstimme zunächst auf dem fis2 verweilt, verstärkt sich der Kombinationsklang zum e2 hin als Spektralfrequenz, dem 7. Teilton zum virtuellen Grundton, dem tiefen Fis.

Im Kreuzungsbereich von Oberstimme (h1 durch a# zum a1) und dem Glissando vom ‚fis‘ zum cis1 in der Unterstimme mit ihrem 3. Teilton vom cis2 zum gis2, der oben im Filterbild zu sehen ist, „kippt“ der Kombinationsklang vom e2 zum f2 und bildet dann als e#2 die spektrale Terzfrequenz zum cis1 und gis1. In der Einzelaufnahme dieses Klangs im Video ist dieser Kipper im Frequenzverlauf deutlich zu hören.

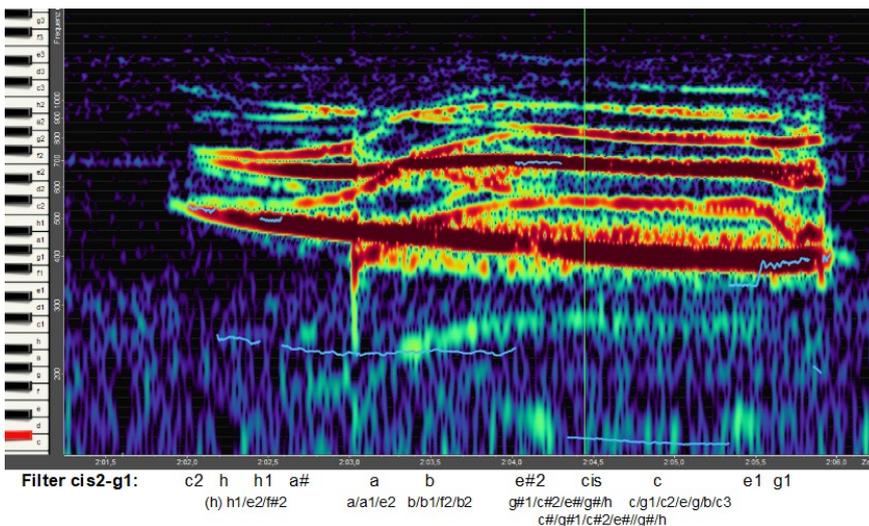


Filter f2-e2 mit Spektrum: f#/f2 e/f#/a# e#/g#/h e/g/b/c3
fis2 (4.Tt) (Fis) 7./8./10. (cis) 5./6./7. (c) 5./6./7./8.

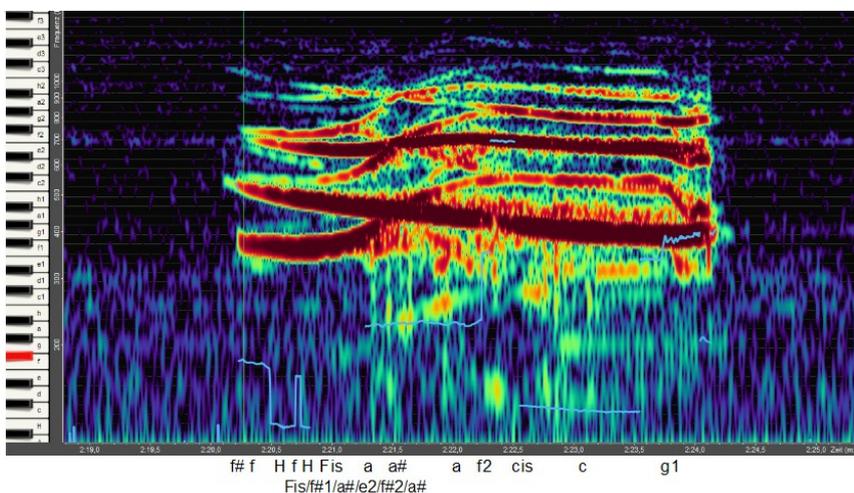
In diesem Filterbild ist der Kombinationsklang mit den Teilfrequenzen der Unter- und Oberstimme im höheren Bereich zu sehen. Das fis2 ist der 4. Teilton von ‚fis‘, dann sind es beim e2 mit fis2 und a#2 der 7.-8.-10. Teilton des virtuellen Grundtons Fis, dann beim f = eis mit gis2 und h2 der 5.-6.-7. Teilton von ‚cis‘ und am Ende beim e2 mit g2, b2 und c3 der 5.-6.-7.-8. Teilton von ‚c‘.



Im nächsten Spektrogramm (s.u.) ist der Kombinationsklang zusammen mit der Oberstimme zu sehen. In der oberen Zeile unter dem Bild stehen alle Tonhöhen, die der Marker anzeigt, und darunter die Zusammensetzung des Spektrums bei den jeweiligen Klängen. Bei h1 ist es ein Durchgangsklang mit h1/e2/fis2; bei ‚a‘ ist es die Quinte a1/e2; bei b (a#) ist es ebenfalls eine Quinte mit der Oktave, b1/f2/b2; beim eis2 ist ein kompletter Cis-Septakkord zu hören, gis1/cis2/eis2/gis2/h2; bei ‚cis‘ ist es der gleiche Akkord, gis1/cis2/eis2/gis2/h2; bei ‚c‘ ist es ein C-Dur-Septakkord, g1/c2/e2/g2/b2/c3.

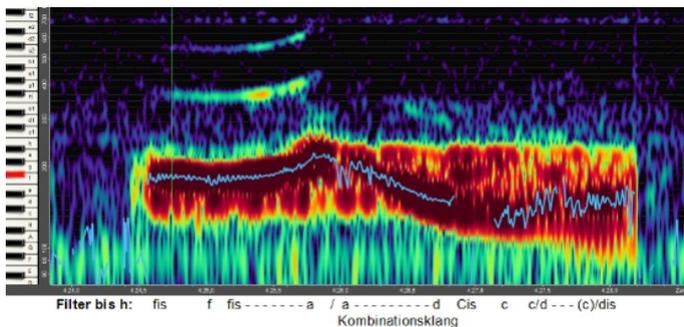


Im nächsten Bild kommt noch der 2. Teilton der Unterstimme hinzu. Dadurch kippen die virtuellen Grundtöne am Beginn noch tiefer.

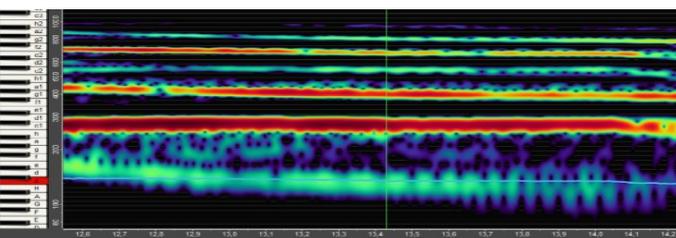


Der untere Kombinationsklang

Zunächst beschreibe ich, was sich im Bereich unterhalb des cis1 der Unterstimme abspielt, um dann den unteren Kombinationsklang genauer zu analysieren.

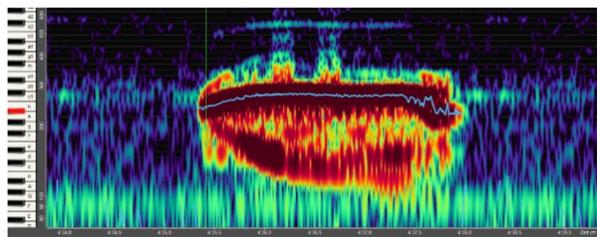


Hier habe ich den Filter bis ‚h‘ angelegt und gleichzeitig für das Bild den Dynamikpegel höher gestellt, so daß mehr von dem unteren Kombinationsklang zu sehen ist, der im Gesamtspektrum sehr schwach wirkt. Hier zeigt sich schon, was dieser absteigende Klang aus dem inneren Klanggeschehen des ganzen Motivs zum Ausdruck bringt. Während die Unterstimme kraftvoll zum cis1 ansteigt, ist im Hintergrund und im Innern des Klangs eine leisere Abwärtsbewegung zu vernehmen. Wenn sich der Cis-Dur-Klang nach dem Glissando stabilisiert, wird der Kombinationsklang zwischen ‚dis‘ und ‚cis‘ stärker, wie im Bild zu sehen ist. Und wenn die Oberstimme allmählich weitergleitet durch das gis1 hindurch zum g1, wird dieser



Unterklang schwächer, endet in einer Reihe von leiser und langsamer werdenden Klangimpulsen, so daß der Tonhöhenmarker hin und her springt und dann zum d-dis hinaufgeht, wenn die Oberstimme auf dem g1 angekommen ist und sich nicht mehr weiterbewegt.

Im unteren Bild habe ich die Dynamik wieder runtergeregelt, so daß das Schwächerwerden des Unterklangs gut zu erkennen ist. Der Cursor steht beim virtuellen Grundton an dem Punkt, wenn aus dem ‚cis‘ das ‚c‘ wird und der Kombinationston nichts mehr von einer Abwärtsbewegung im Klangspektrum als Gegenbewegung zur dominierenden Wandlung zum Cis-Dur zu repräsentieren hat, es gleichsam nichts mehr zu „kombinieren“ gibt.

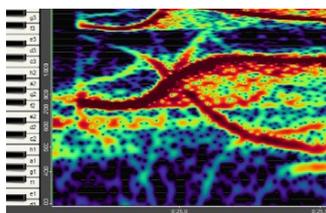
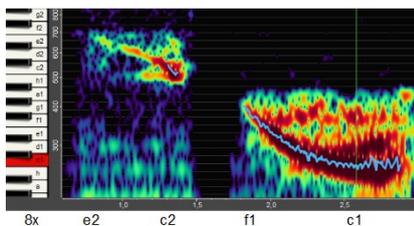
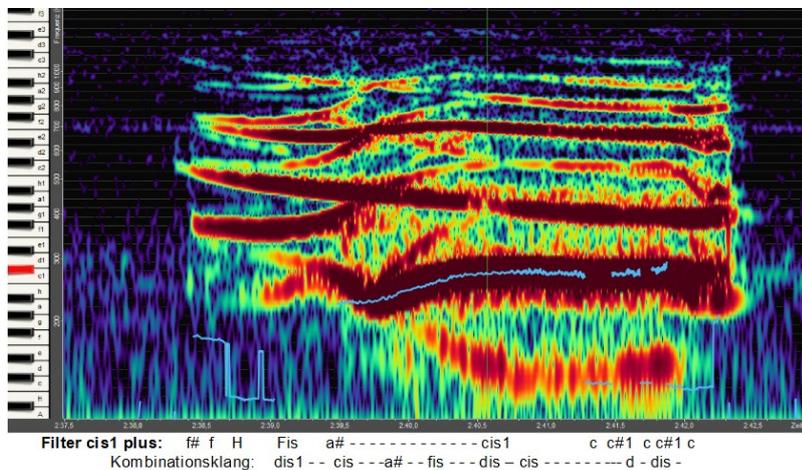


Dies spezielle Bild reicht vom Kreuzungspunkt ‚ais‘ im Glissando vom ‚fis‘ zum cis1 bis zum Ende der Unterstimme, wenn sie in den Intervall-Triller übergeht. Im Video ist zu hören bei diesem Bild deutlich zu hören, daß es zu dem aufsteigenden Glissando ais-cis1 eine Gegenbewegung in die Tiefe gibt, die ausklingt, wenn das cis1 erreicht ist. Da wo die „Sonnenwinde“ aus dem feurigen Klang-

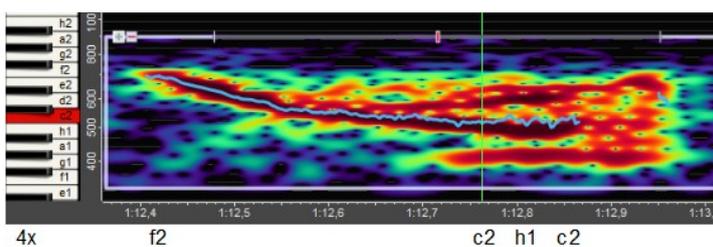
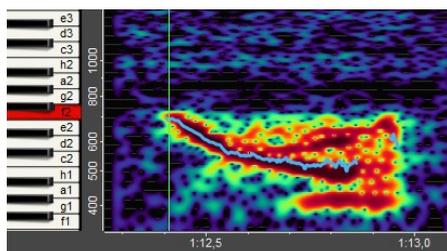
strom des cis1 abstrahlen, reagiert der Cis-Klang auf den Übergang vom a1 zum gis1 und vom gis1 zum g1 in der Oberstimme, ein schönes Sinnbild für die in den Klängen und zwischen den Klängen wirkende Schwingungs- und Resonanzenergie.

weiter zur genauen Analyse mit Spektrogrammbildern auf der nächsten Seite

Im folgenden Filter (großes Bild unten) habe ich nur das ‚fis‘ der Unterstimme weggelassen, so daß der zweite Kombinationsklang von Beginn an zu erkennen ist, zu hören ist er nur sehr schwach. Er beginnt bei dis1-d1, wird vom cis1 zum ‚ais‘ stärker, kreuzt sich mit dem Glissando der Unterstimme, scheint dann ab ‚fis‘ neu anzusetzen, wird zum ‚dis‘ wieder etwas stärker, zeigt sich bei ‚cis‘ eher pulsierend und verzweigt sich am Ende, ein lauterer Teil steigt zu d-dis(es) hinauf, während ein anderer Anteil zum ‚h‘ absinkt.

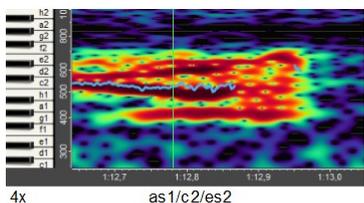
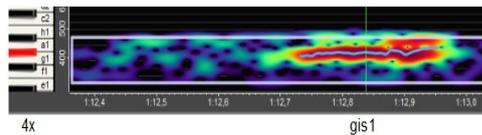
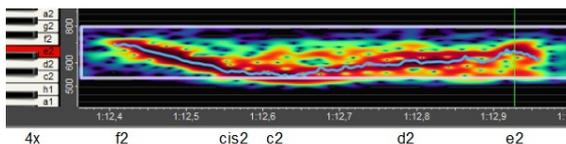


Für das kleine Bild links (8x) habe ich gesondert den 1. Teil dieses Glissandos herausgefiltert und dadurch gesehen, daß der sehr leise Einsatz bei e2 liegt. Den Kreuzungsbereich mit dem aufsteigenden Glissando der Unterstimme um a#1 sowie den Durchgang durch den Echoklang des fis1 habe ich ausgelassen, um in einem weiteren Filter den weiteren Verlauf vom f1 zum c1 sichtbar zu machen. Auf dem rechten Bild (4x) ist zu erkennen, daß dieses Abwärts-Glissando schon ab g1-fis1 stärker im Klang wird.

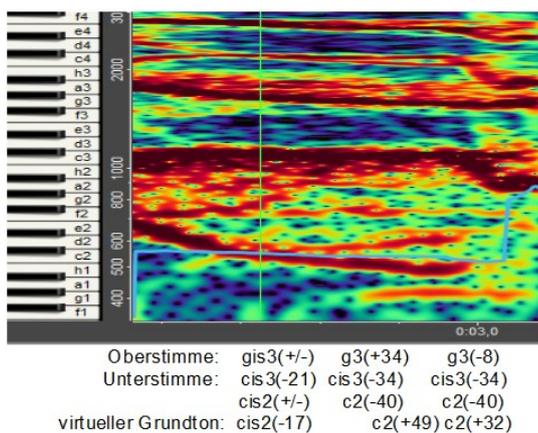


Immer mehr wird durch diese detaillierte Analyse offensichtlich, daß es sich auch bei diesem unteren Glissando von e2 nach c1-h nicht um eine eigenständige Frequenz handelt, sondern um einen weiteren Kombinationsklang, der sich im Zusammenwirken verschiedener Elemente des Gesamtspektrum bildet und hervorgerufen wird durch die kontinuierliche Modulation der beiden gegenläufigen Hauptstimmen.

Im Gesamtspektrum (großes Bild ganz oben) der 8-fachen Verlangsamung gab dieses untere Glissando ein ziemlich diffuses Bild ab unter den starken Klängen der beiden Hauptstimmen und des oberen Kombinationsklangs. Gefiltert in der 4-fachen Verlangsamung (s.o. kleine Bilder) zeigt sich ein deutlich differenzierteres Klangbild. Zum Ende hin, wenn sich Unter- und Oberstimme zur Quinte c3/g3 zusammenfinden, erscheinen offenbar noch weitere Kombinationsklänge, die ich in den beiden Bildern unten durch Filtern hervorgehoben habe.



Vom c2 aus gleitet eine Frequenz zum d2 und über dis2 zum e2, während sich gleichzeitig parallel dazu noch ein tiefere Frequenz auf gis1 herausbildet, so daß für einen Moment im lautesten Bereich dieses Klangbildes ein echtes As-Dur-Dreiklang hörbar ist, die Untermediante von C-Dur. (C-Dur und As-Dur sind über die Terz miteinander verwandt, eine Modulation, der ich schon häufiger im Vogelgesang begegnet bin.)



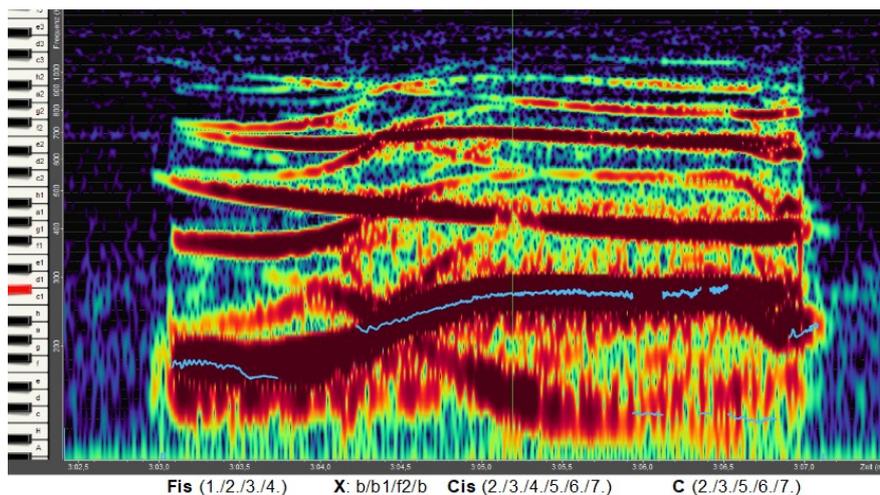
Ich erkläre mir diesen Unterklang so, daß sich auch gegen Ende des Motivs der Klang immer noch leicht in seiner Zusammensetzung ändert. Die Unterstimme sinkt auf dem cis3 nur minimal ab (im Filter solo wieder gegeben). Die Oberstimme kommt vom gis3 her und gleitet bis zum Ende kontinuierlich bis zu einem etwas tieferen g3. Der untere Kombinationsklang gleitet beim Cursor wie die Quinte gis3 durch +/-cis2 weiter zu einem tiefen c2 und durch h1 hindurch wieder zum gleichen c2. Der virtuelle Grundton bezieht sich auf das cis3 der Unterstimme, bewegt sich dann zu einem sehr hohen c2, das zum Ende etwas absinkt. Bei cis/c4 ist im Spektrogramm am Ende zu erkennen,

daß sich die Frequenzen im Teiltonspektrum leicht splitten. Der Differenz zwischen c4 und cis4 beträgt immerhin 102 Hz. (In den Frequenzverhältnissen der Teiltöne kann das Gesamtspektrum am genauesten analysiert werden.) Das gleiche Phänomen des Frequenzsplittens gibt es auch beim 2. Teilton der Oberstimme zwischen g4 und gis4 und auch beim oberen Terz-Kombinationsklang zwischen e4 und e#4 mit der gleichen entsprechenden Differenz.

Und: Auch in den Strophen 44 und 130, die der hier analysierten Strophe 79 im Modell, der Struktur und den Tonhöhen genau gleichen, sieht man diese leichte Divergenz im Spektrum der Frequenzen, auch wenn sich die Lautstärkeverhältnisse etwas unterscheiden, wobei die Unterstimme in ihrem stetigen Tenuto-Klang immer die lautere und dominante Stimme ist.

Die Amsel ist „natürlich“ durchaus in der Lage, 2-stimmige Gesänge im übereinstimmenden Spektrum exakt in den Teilfrequenzen beider Stimmen aufeinander abzustimmen. Gerade deshalb wirkt ihr Gesang in diesem Motiv umso beeindruckender für Ohr und musikalischen Geist, dieser Gesang mit den beiden gegenläufigen Glissandi im Stimmentausch aus einer Unterquinte in die Oberquinte (Fis – Cis, fis/cis – cis/gis), der zwingenden inneren und äußeren Dynamik im Klangprozeß und vor allem im Ausklang mit einer Ambivalenz des Klangspektrums von Cis-Dur und C-Dur, einer Ambivalenz, die eine ganz eigene Färbung des Klangs bildet und mein Ohr öffnet für einen weiten und tiefen Klangraum. Es ist eine Hörempfindung von Ankommen nach all den changierenden Modulationen im Auf und Ab der Glissandi. Und dafür braucht unser Ohr keine Definition von Cis-Dur und C-Dur. Was es braucht, um sich ganz von einem solch komplexen Klanggeschehen einnehmen zu lassen, ohne sich drin zu verlieren, ist die Orientierung an der Quinte, dem 3. Teilton im Klangspektrum. Sie öffnet die Ohren für das unbegrenzte Spektrum eines Klangs und leitet sie durch die Höhen und Tiefen und alle Windungen und Wendungen eines Klangprozesses. Und so praktiziert es auch die Amsel, indem sie sich im Einsatz von der Quinte ‚cis‘ aus einstimmt, den Klang also „von oben ansetzt“, wie man das in Sängerkreisen zu nennen pflegt, so daß ihre und meine Ohren durch den ganzen Klangprozeß von Beginn an durch das Gleiten von Quinte zu Quinte geleitet und stimuliert werden.

Zum Abschluß der Analyse des „3-Glissandi-Motivs“ nochmal ein Gesamtbild mit allen 3 Hauptklängen Fis-Cis-C und ihrem entsprechenden Teiltonspektrum und mit dem markanten Kreuzungspunkt der Aufwärts- und Abwärtsbewegung beim ‚ais‘ der Terz des Fis-Klangs. Was ich beim Kreuzungspunkt der Einfachheit halber als b/b1/f2/b2 bezeichnet habe, als eine B-Dur-Quinte, ist natürlich ein Ais-Dur, d.h. ein Klang mit dem Ais als Grundton, also ais/ais1/eis2/ais2, ohne die Terz cisis. Die harmonische Modulation geht dann von Fis-Dur durch die Mediante Ais-Dur (Terzverwandtschaft zu Fis-Dur) in die Oberquinte Cis-Dur, was der Tonhöhenmarker im Spektrogramm als aktive Wendung mit ausgeprägtem Vibrato in der Hauptstimme anzeigt, und während die Unterstimme auf dem ‚cis‘ weiterklingt, verwandelt sich die Oberstimme von der Quinte ‚gis‘ (Cis-Dur) im Weitergleiten Richtung ‚g‘ in die dominierende Quinte eines verwandelten Gesamtklangs mit dem virtuellen Grundton ‚C‘, die Tonhöhenmarkierung im bisherigen Grundton ‚cis‘ löst sich auf und die C-Dur-Quinte ‚g‘ als 3. Teilton öffnet das Spektrum zu den höheren Frequenzen: c (4.) / e (5.) / g (6.) / b (7.) / c (8.) / d (9.) Teilton – ein klingendes C-Dur.



Zur Akustik von Kombinationstönen

im Amselgesang: reale Klänge – keine Psychoakustik
hörbar und sichtbar im Spektrogramm auf dem Overtone-Analyzer

„Kombinationstöne können bei gleichzeitigem Erklängen zweier unterschiedlicher Töne entstehen, indem aus den beiden Grundfrequenzen (bzw. ihren Vielfachen - „Teiltöne“ J.Q.) 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.“ (<https://de.wikipedia.org/wiki/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 auf 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 ff.)

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.

Kombinationstöne, Summationstöne, Differenztöne

$\text{fis1}(-44) : \text{c3}(-31) \sim = „1:3“ / 1+3 = 4$

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

Kombinationston f3 (4. Teilton des virtuellen Grundtons f1)

$\text{cis2} : \text{gis2} = 2:3 / 2+3 = 5$

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

Summationston eis3 (Terz-Teilton des virtuellen Grundtons cis1)

$\text{cis2}(-17) : \text{g2}(-20) \sim = „2:3“ / 2+3 = 5$

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, wie gesagt, 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 und das Glissando von e2 nach ,h‘ als oberen und unteren Kombinationsklang.

Eine weitere Analyse und Beschreibung dieses Phänomens der real klingenden „Kombinationstöne“ findet sich auch in der PDF-Datei „*Amselgesang (7.6.1) – Motiv mit 2 Glissandi und 2 Kombinationsklängen - die klingende Möbius-Schleife – eine Klangerkundung*“.

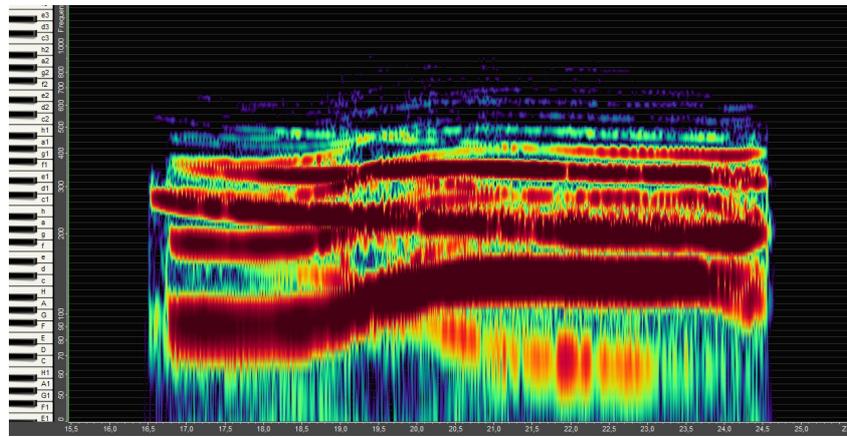
Dazu ist ein weiterer Text in Planung mit entsprechenden Hörbeispielen, in dem ich das Phänomen der Kombinationsklänge weiter analysieren werde, auch in Auseinandersetzung mit den bisherigen Untersuchungen der Akustik, die durch meine Forschungen neu überdacht werden müssen. Mit Hilfe des Overtone-Analyzers und meiner Untersuchungsverfahren der spektralen Ordnung habe ich im Geigenklang und auch im menschlichen Gesang die gleichen Phänomene entdeckt wie im Gesang der Amsel.

nächste Seite:

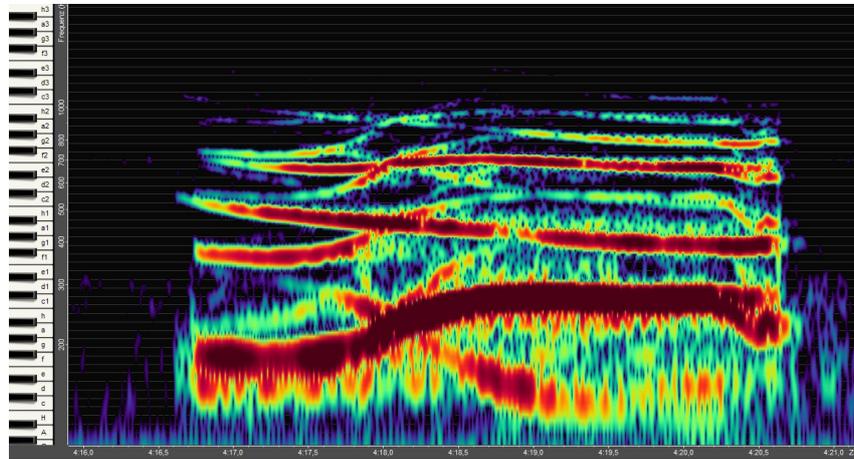
Spektrogrammbilder von allen Verlangsamungen

Die Spektrogramme des 3-Glissandi-Motivs in 32-16-8-4-2-0-facher Verlangsamung

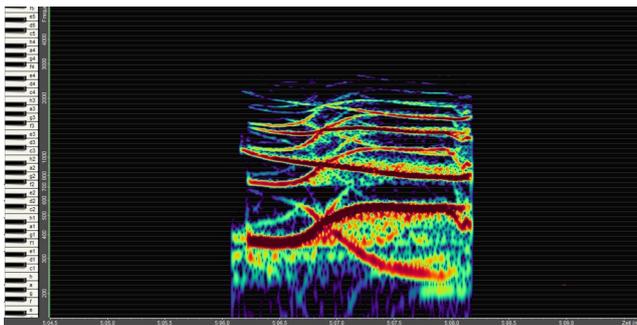
ohne Tonhöhenmarker und in den letzten 4 Spektrogrammbildern im gleichen Zeitfenster von 5 s Dauer des Motivs in der Originallage: 0,25 s



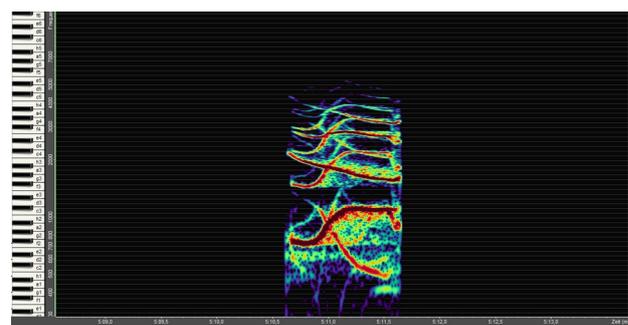
8 s



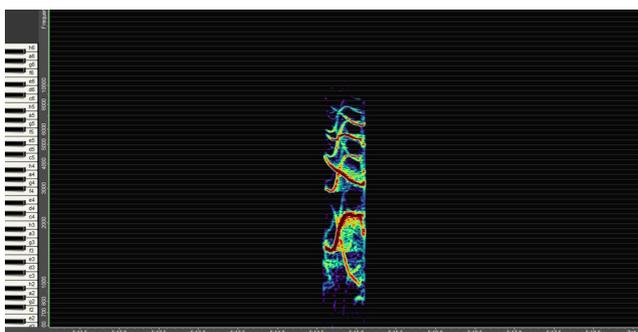
4 s



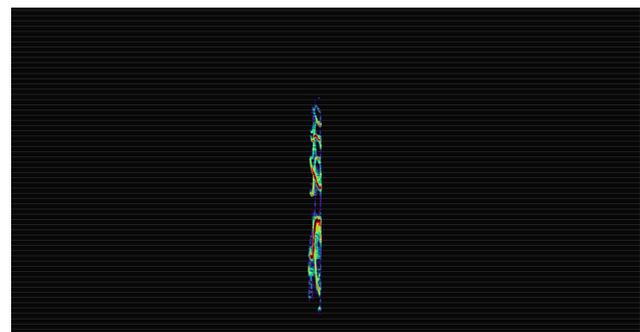
2s



1 s



0,5 s



0,25 s