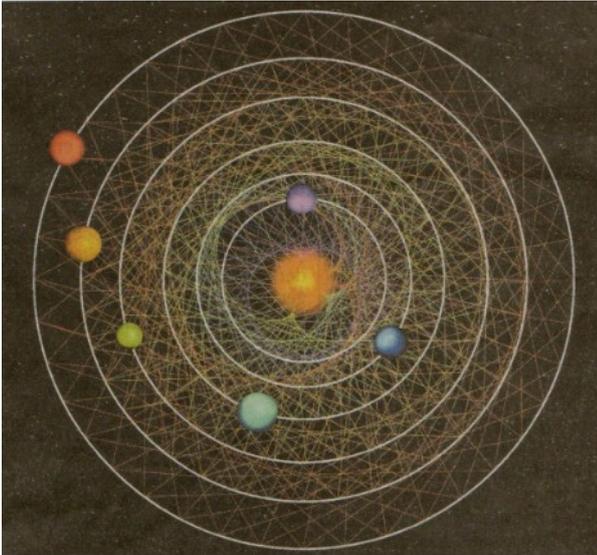


Harmonikale Resonanz in einem Planetensystem, im Klang des Klaviers, im Gesang einer Amsel und im menschlichen Gesang

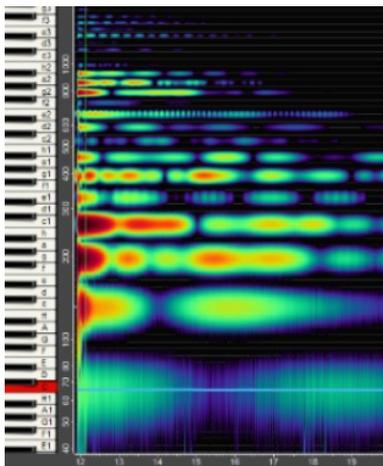


Etwa 100 Lichtjahre entfernt haben Astronomen ein Planetensystem um einen Stern entdeckt, der etwas kleiner als unsere Sonne ist, aber doppelt so alt. 6 Planeten umkreisen den Stern, und zwar "in Resonanz" - also im Gleichtakt. Das ist höchst ungewöhnlich, denn das bedeutet, daß die Umlaufbahnen seit 8 Milliarden Jahren stabil geblieben sind. (Man beachte die im Bild eingezeichneten Kraftlinien zwischen der Sonne und allen Planeten und zwischen den Planeten.) Wenn die Umlaufzeiten in Tagen errechnet werden, ergeben diese Perioden ganzzahlige Verhältnisse, d.h. ihre Beziehungen bilden Resonanzen zur Sonne und untereinander:

2:3 - 3:5 - 5:6 - 6:8 - 8:11 - das ist *harmonikale Resonanz*. Es gibt nicht nur eine Beziehung und ein bestimmtes proportionales Frequenzverhältnis

von den Planeten zur Sonne, sondern auch genaue Proportionen zwischen den Frequenzen der einzelnen Planeten. Die Kraft der Sonne hält die Planeten auf ihrer Bahn, die Kraft wie die periodische Umlaufbahn jedes Planeten stabilisiert ihn selbst und wirkt verstärkend auf die jeweilige Kraft der anderen Planeten.

Die Proportionen in den Frequenzverhältnissen der Planeten entsprechen den ganzzahligen Proportionen eines Klangspektrums. Wenn man die Sonne als den Grundton bestimmt oder,



wie man im Englischen sagt, als "fundamental", dann ergeben sich folgende Frequenzverhältnisse zwischen den Teiltönen von 1 bis 11:

- 11. Oktave (1:2) - Quinte (2:3) - Sexte (3:5) - Kleine Terz (5:6) -
- 8. Quarte (6:8) - ~ "Tritonus" (8:11).

In Tonhöhen ausgedrückt:

- 5. C(1.) - c(2.) - g(3.) - e1(5.) - g1(6.) - c2(8.) - ~ fis2(11.).

Der 11. Teilton liegt zwischen f2 und fis2 auf dem "temperiert" gestimmten Klavier.

- 2. Links im Bild der das Klangspektrum von 'C' auf dem Klavier:

Der Klang 'C' (die "Sonne") als Grundton (1. Teilton) mit 2. bis 14. Teilton. Der Grundton wird als Tonhöhe angezeigt, klingt aber 4,5 x so leise wie der lauteste Teilton, die 2. Oktave c1(4.). Die Quinte g(3.) ist fast genauso laut wie c1.

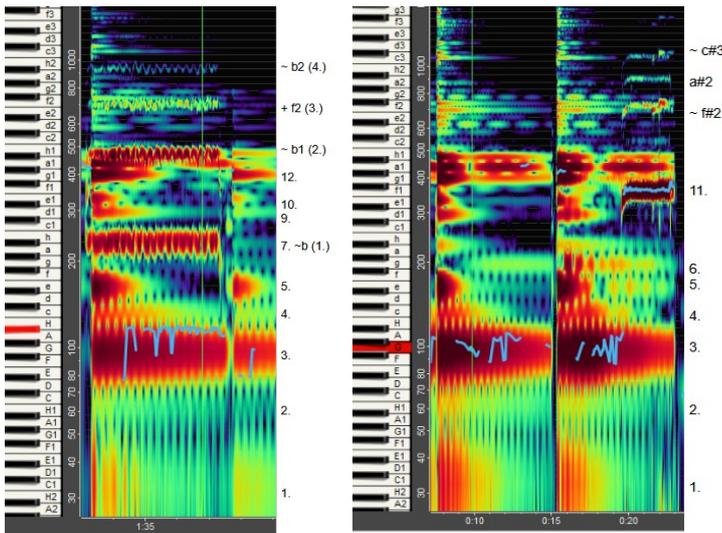
Wenn ich den Planetenklang zum Klang der "Sonne" auf dem Flügel spiele, ist deutlich zu hören, daß das fis2 mit den andern Planetenfrequenzen nicht in Resonanz ist, weil es nicht dem 11. Teilton des Grundtons entspricht. Im Resonanzraum des Klangs im Innenraum des Flügels ist aber deutlich zu hören, daß die Schwingungen der 7 Saiten wechselseitig miteinander reagieren, so daß sich das C-Spektrum verstärkt. Aus dem dissonant klingenden fis2 entwickelt sich durch die Resonanz der schwingenden Saiten hörbar die Modulation fis-g-e, vom nicht resonierenden fis2 ("11. Teilton") zum 12. und dann zum 10. Teilton. Nun sind alle Teilfrequenzen in einer Klanggestalt in Resonanz, so wie im Spektrogramm des Grundtons 'C' (Bild oben).

(Das 'C' ist der tiefste Ton des Cellos und der tiefste Ton eines Basses.)

Wenn ich den Grundton des Klavierklangs noch 1 Oktave tiefer transponiere (Kontrabaß C1), kann ich den 11. Teilton "rein" und in Resonanz zum Klavierklang des 'C1' singen, genauso wie den 7. Teilton, die Septime 'b', einen Ton zwischen 'a' und 'b', den es auf dem Klavier auch nicht gibt.

Das ist die "*verborgene arithmetische Tätigkeit*" (Leibniz) meiner Ohren, die aus dem Spektrum des Klavierklangs den 7. oder den 11. Teilton "errechnet".

Ich muß nur in der richtigen Lage singen und meine auditive Gestaltauffassung über das innere Hören mobilisieren, indem ich mir für die Septime zu dem tiefen C1 im Klavierklang die 2. Oktave (4. Teilton) vorstelle und dann, innerlich gehört, über den 4.-5.-6. Teilton direkt den frequenzgenauen 7. Teilton singen kann (s.u. linkes Bild).



Der Tonhöhenmarker des Overtone-Analyzers zeigt die Oktave unter meinem gesungenen Kleinen B an als virtuellen Grundton. Zu meinem Klang ist noch der 2. und 3. Teilton zu erkennen, wobei mein Quint-Teilton (~ f2) natürlich nicht übereinstimmt mit dem 11. Teilton von C1 bei ~f#2.

Mit dem Grundton meines gesungenen 'b' kann ich also in Resonanz sein mit der Septime von C1, während es in meinem Spektrum Divergenzen zum Spektrum von C1 gibt.

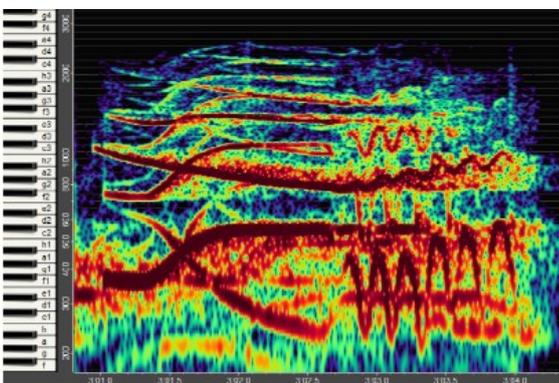
Im rechten Bild ist im linken Spektrogramm nur der Klavierklang von C1 zu sehen. Für meine Ohren klingt das C1

so tief und so verschwommen daß ich keine Tonhöhe erkennen kann, obwohl es ein sehr sonorer und markanter Klang ist. Interessanterweise "sucht" auch der Tonhöhenmarker nach der richtigen Tonhöhe, wie man an den blauen Linien im Bereich von G (3. Teilton) sehen kann, dem lautesten tiefen Ton im Spektrum. Der Grundton und die Oktave werden im Spektrogramm kaum angezeigt. Insofern entspricht das Spektrogramm meiner akustischen Wahrnehmung, da ich auch den Grundton nicht erkennen kann.

Nachdem ich mich grob am Klavier orientiert hatte, wo fis1 und f1 liegen, habe ich zum C1 im Klavierklang spontan den 11. Teilton gesungen (rechtes Spektrogramm) und erstaunlicherweise frequenzgenau getroffen, wie ich dann im Spektrogramm überprüfen konnte. Während des Singens hatte ich keine Ahnung, ob es der 11. Teilton ist, und habe kurz zur Überprüfung das f2 und das fis2 auf dem Klavier angeschlagen. Wie oben zu sehen ist, liegt mein 11. Teilton genau dazwischen.

Und noch ein interessantes Phänomen ist im Spektrogramm zu erkennen. Aus der Resonanz von Klavierklang und meinem Stimmklang hat sich ein Kombinationsklang ergeben, der in meinem Klang, allein gesungen, gar nicht auftauchen würde, nämlich das a#2 zwischen dem 2. und dem 3. Teilton. Das ist die Terz zu ~fis1, die im Spektrum eigentlich erst bei a#3 als 5. Teilton liegt.

Amselgesang: harmonikale Resonanz von (1) : 2 : 3 : (5) und von 7 : 9 : 11



In einem Amselgesang habe ich folgendes hochkomplexe Motiv entdeckt, einen 2-stimmigen Klang in der Quinte c2/g2 mit 2 Kombinationstönen, die durch sich selbst verstärkende Resonanz aus der Glissandobewegung der 2 Stimmen entstanden sind, c1 und e3. (Tonhöhe 8x verlangsamt)
Die obere Stimme gleitet von c3 nach g2 und die Unterstimme von f1 nach c2, also ein Gesang aus der Quinte f/c in die Quinte c/g. So bildet sich durch dynamische Resonanz das Spektrum c1(1.) : c2(2.) : g2(3.) : e3(5.).

Jede Stimme wird für sich in einer Membran der Doppelsyrinx erzeugt und beide Schwingungen bilden in der Luftröhre direkt über der Syrinx einen gemeinsamen 2-stimmigen Klang. Jede der 2 Stimmen hat ihr eigenes Spektrum mit einer spezifischen Frequenzstruktur und einem eigenen Resonanzraum. Die Oberstimme gleitet kontinuierlich eine Quarte abwärts, während die Unterstimme direkt aus einem Resonanzraum (Quinte f/c) in die höhere Quinte (c/g) gleitet. In der gegenläufigen Glissandobewegung wirken beide Spektren wechselseitig aufeinander,

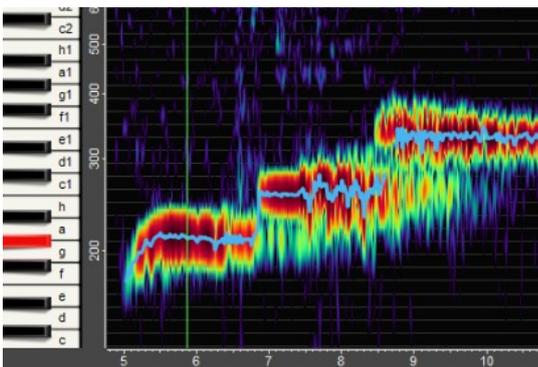
korrespondieren und korrelieren miteinander, durchdringen und durchkreuzen sich gegenseitig. Durch diese dynamische Wechselwirkung im Raum (Klanginnenraum im Raum einer Röhre = stehende Wellen) bilden sich 2 weitere Klänge mit einem eigenen Spektrum, 2 Kombinationsklänge - ein *Emergenzphänomen*.

Der eine ist ein Glissando von f2 nach c1 und der andere ein Glissando von f3 nach e3.

Im Zusammenklang am Ende des Motivs bildet der untere zur Quinte c/g (2:3) den Differenzton c1 (3-2=1), also den 1. Teilton, und der obere, die Quinte g2, den Summationston e3 (2+3=5), also die Terz als 5. Teilton. Alle 4 Spektrumsräume bilden in der Proportion 1:2:3:5 zusammen *einen* Raum, *eine Klanggestalt*, eine *klingende Möbius-Schleife*, wie ich sie genannt habe.

Das ist keine Psychoakustik, wie es in den Akustik-Lehrbüchern steht, sondern realer meßbarer physikalischer Klang, der von mir zum ersten Mal analysiert und dokumentiert wurde.

https://www.entfaltungderstimme.de/pdfs/Klangkosmos/Amselgesang-7.6.2_klingende-Moebius-Schleife.pdf



7 : 9 : 11 als eine Melodie

In einem Amselgesang aus England hörte ich (8x verlangsamt) in einer Strophe ein Melodiemotiv, einen eigenartigen, aber zauberhaft klingenden Dreiklang:

gis - c - e (c und e mit Triller).

Als ich die Frequenzen ausrechnete, stellte ich fest, das es kein Dur-Dreiklang (4:5:6) war, wie auch zu hören war. Es war aber auch kein übermäßiger Dreiklang mit 2 Großen Terzen, wie man von den drei Tonhöhen her annehmen könnte (auf dem

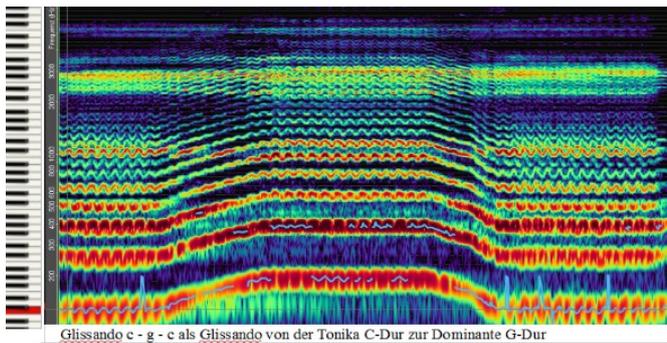
Klavier gespielt). Die drei Klänge bilden im Zusammenklang, wunderschön variabel gestaltet, die Proportion: 7 : 9 : 11.

Der übermäßige Dreiklang ist in der klassischen Musik einer der schärfsten und heftigsten Klänge, der mit 3 Tönen gebildet werden kann, weil er die physikalische Ordnung der Klänge aufbricht, den proportional strukturierten Raum einer Oktave (4:5:6:8). Die Oktave wird linear und nicht logarithmisch aufgeteilt in drei Große Terzen: c-e-gis/as-c, so daß dieser Dreiklang beliebig umkehrbar wird, was im Ohr eine große Spannung und Intensität auslösen kann. Diesen Dreiklang zu singen, ist sehr schwer. Man muß ihn regelrecht üben und jedesmal im Kopf (Großhirn) bewußt neu konstruieren. Dafür ist unser Ohr nicht gebaut, was allerdings auch seinen eigenen Reiz hat, und weshalb er in der Musik eine große Wirkung erzielt.

Was für ein Wunderwerk der Natur ist dagegen diese Dreiklangsmelodie der Amsel (Dauer 0,7 s)! Sie singt nicht einfach eine Folge von 3 Tönen mit einer bestimmten Tonhöhe, sondern jeder Klang ist in sich variabel gestaltet, auch mit Trillern und unterschiedlichem Vibrato. In der Proportion von 7:9:11 bewegen sich die Klänge in einer Matrix, korrelieren und korrespondieren miteinander, verstärken sich gegenseitig und erzeugen so mehr "freie" Energie, eine Energie, die in ihrer Effizienz das Nervensystem des Sängers stimuliert wie auch das der potentiellen Adressatin, des Weibchens (und ganz nebenbei sogar auch noch mein vegetatives Nervensystem und darüber hinaus auch mein wertendes Schönheitsempfinden).

nächste Seite: Harmonikale Resonanz im menschlichen Gesang

Harmonikale Resonanz im menschlichen Gesang - Quinte 2:3



Spektrogramm eines Glissandos c-g-c als Glissando aus der Tonika C-Dur in die Dominante G-Dur und wieder zurück

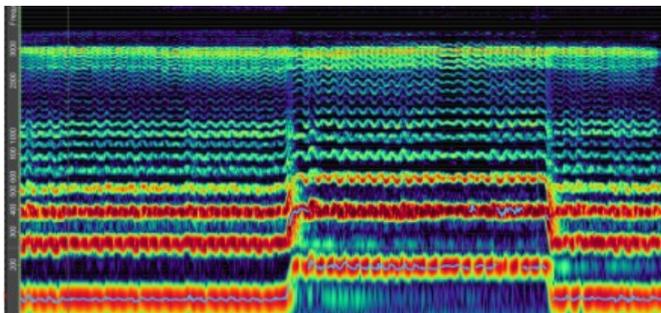
Grundton 'c' mit vollem Spektrum bis zum 10. Teilton e3 (intensiver 3. Teilton, Quinte g1)
 Grundton 'g' mit vollem Spektrum bis zum 9. Teilton a3 (2. Teilton lauter als Grundton und hohe Intensität bei 5. und 6. Teilton, Terz / Quinte)

Korrelationen im Spektrum von 'c' und 'g' - 2:3 = *Quinte*:

3. Teilton (Quinte g1) = 2. Teilton (Oktave) - 9. Teilton (None d3) = 6. Teilton (Quinte - 9:6 = 3:2)

Brillanz bei 2500-3000 Hz: der Effizienzregler im selbstorganisierten "System Klang" - energiereiche Verdichtungen (Formant) im hohen Frequenzspektrum unabhängig von Tonhöhenveränderungen und Vokalfarbe

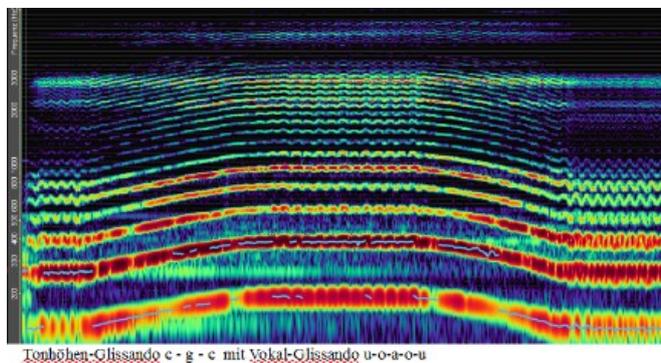
Effiziente Koordination und Korrelation bewirkt "freie" Energie (geringer Aufwand mit optimalem Kraffteinsatz), die wiederum als synergetischer "Ordner" im Klangprozeß eine wechselwirkende Ausbalancierung aller Kräfte befördert.



Quinte c / g / c als Intervall - gleiche Korrespondenzen in den Quint-Korrelationen -

3. Teilton (c) = 2. (g) und 9. Teilton (c) = 6. (g)

Modulation von "C-Dur" nach "G-Dur" mit der Orientierung an der durchgehend klingenden Quinte G (und der Doppelquinte, der None D - 2:3 = 6:9)



Tonhöhen-Glissando c-g-c in Kombination mit einem Vokal-Glissando u-o-a-o-u

Der Klang bleibt im Glissando im Spektrum von "C-Dur", in einer Matrix von Frequenzproportionen, von 'c' als Grundton in die Quinte ("C-Dur") und gleitet weiter in ein voller klingendes Spektrum mit 'c' als Grundton und dem markant klingenden "C-Dur-Dreiklang" bei c2 / e2 / g2 (4 : 5 : 6)

Quinte als Klanggestalt

Die Quinte ist zum Grundton der 2. "Oberton" nach der Oktave (Grundton „C“, Oktave „c“ und Quinte „g“). In Teiltönen dargestellt ist der Grundton „C“ der 1. Teilton, die Oktave „c“ der 2. Teilton (Verhältnis 1 : 2) und die Quinte „g“ der 3. Teilton (Verhältnis 2 : 3). Schwingt z.B. ein Grundton mit 100 Hertz, dann schwingt die Oktave doppelt so schnell, also mit 200 Hz und die Quinte mit 300 Hz. In dem klingenden Ton „C“ schwingt also immer die Quinte „g“ in der 1. Oktave (g1) mit, wie natürlich auch in den weiteren Oktaven darüber. Die Quinte als "Oberton" eröffnet also die *unendliche Reihe der "Obertöne"*. So könnte man die Quinte als Tor zum ganzen Spektrum der "Obertöne" bezeichnen, je höher umso dichter und gleichzeitig umso feiner bis ins Unhörbare hinein. In älteren Zeiten der Musik wurde sie nicht von ungefähr die „göttliche“ Quinte genannt.

Wenn schon in jedem Ton die Quinte als "Oberton" mitklingt, so wird sie noch deutlicher wahrnehmbar, wenn ich den entsprechenden Ton markanter als Grundton singe, so wie auch der gesungene Ton deutlicher als Grundton hörbar wird, wenn die Quinte im Grundton markanter als "Oberton" erscheint.

Singe ich die **Quinte als Intervall** („c -g“ oder „g -c“) oder als Intervallfolge („c – g – c“ oder „g – c – g“), so könnte ich sie natürlich als ein Intervall oder eine Intervallfolge von zwei *unterschiedlichen Tonhöhen* singen. Das wäre allerdings musikalisch und klanglich wenig sinnvoll, und für den Singenden ist es eher anstrengend, von einem tieferen zu einem höheren Ton zu singen, wie es für den Zuhörenden eher bemüht klingt.

Singe ich dagegen die Quinte „c-g“ als ein Intervall vom Grundton zur Quinte und nicht als ein Intervall von einem (Grund)ton zu einem anderen, höheren (Grund)ton, so kann ich in *einem* Klangspektrum bleiben, und für den Singenden wie für den Zuhörenden steht nicht die Tonhöhen-Veränderung im Vordergrund, sondern mehr die *Modulationen* und *Umschichtungen* im Klangspektrum, was viel interessanter und geheimnisvoller, einfacher und komplexer sein kann als die simple *Information* der Tonhöhenveränderung.

Vor allem für unser *Ohr bzw. Gehirn* ist es viel interessanter und erregender, wenn im gesungenen Quint-Intervall der Eindruck entsteht, daß ein *Klanggeschehen gleichzeitig gleich bleibt und sich verändert*, daß ein Klangereignis zugleich ganz präsent und ganz indirekt, hintergründig erscheint, daß es sich eben um einen *Prozeß* handelt und nicht um eine *lineare Folge von Informationen*.

In dem „*Klangprozeß*“ des Intervalls Grundton-Quinte entsteht eine *Polarität von Kontinuität und Entwicklung*, zwei Polaritäten, die wechselseitig aufeinander wirken, sowohl im Singen, also im Entstehungsprozeß des Klangs, als auch im Wahrnehmungsprozeß des Klangs, für den Singenden ebenso wie für den Zuhörenden.

Je mehr ich mich im Singen an der *Kontinuität im Klangspektrum* orientiere, umso leichter und komplexer kann sich der Klang im Intervall entwickeln, und je weniger ich nur eine schlichte Tonhöhenveränderung vollziehe, umso weniger Bemühen und Manipulation werden notwendig für den „*Wechsel*“ von einem Ton zum anderen.

Je mehr ich im Singen an der *Entwicklung und Entfaltung des Klangs* interessiert bin, umso einfacher zeigt sich im Intervall ein durchgehendes, *einheitliches Klanggebilde - eine Klanggestalt*, und je weniger ich die unterschiedlichen Töne des Intervalls angleiche und den „*Tonschritt*“ kaschiere, umso mehr durchdringen und ergänzen sich die beiden „*Stufen*“ des Intervalls, Grundton und Quinte.

Die Tonhöhenveränderung muß so weder „geschmiert“ klingen (man könnte es dann auch als Portamento durchgehen lassen), noch muß der höhere Ton neu „angesetzt“ werden.

Ganz im Gegenteil sind in diesem Klangprozeß zum einen die Tonhöhen hinreichend voneinander unterschieden, und zum andern klingt das Intervall selbstverständlich und als sinnvoll zusammenhängend.

Für den *Wahrnehmungsprozeß* während des Singens bedeutet das:

Im Grundton „c“ ist schon die Quinte „g“ vorzuhören, in der Quinte klingt der Grundton noch nach und im Grundton „c“ dann wiederum die Quinte „g“. Als gäbe es im Grundton einen Widerhall der Quinte und in der Quinte ein Nachhallen des Grundtons, vielfältige *Echos im Klangraum* des Intervalls.

Oder anders gehört: In der Folge Grundton-Quinte-Grundton kann die Quint-Klangschicht im Frequenzspektrum kontinuierlich wahrgenommen werden. Als gäbe es im Gesamtklang ein feines, *helles Klangband*, das im Klanggeschehen durchgängig aufscheint.

Der Grundton mit seinen unzähligen Obertönen erklingt in seinem vollen, farbigen Spektrum und die Quinte erscheint weniger als höherer Ton, sondern eher als ein helleres spezifisches Teilspektrum des Grundtons. Als würden die Quint-Teiltöne des Grundtons *fokussiert* hervorgehoben, so daß die Quinte in *silbernem Glanz* zu erstrahlen scheint.

So wird die Quinte zum *Tor für die Brillanz* im Klang der Stimme.