

Wolfgang von Schweinitz

Helmholtz und die Natur der Töne

Versuch einer akustischen Material-Betrachtung

1 *Fliehkraft*: funktionale Verwandlung einzelner, bei Harmoniefortschreitung weiterklingender Teiltonhöhen im neuen, von ihrer Substanz erstrebten Zusammenklang, bei Loslösung vom residualen Fundament des vorigen Klangs. Gravitation: funktionale Verwandlung sämtlicher Teiltonhöhen einer Harmonie, bei Einbindung durch ein geeignetes tieferes Fundament, das in neuem, umfassenderem Zusammenklang auch von einer Oberoktave repräsentiert werden kann (wie z.B. beim Quintfall). Eine solche Progression ist ein starker Schritt. ↗

2 Vgl. Hörtheorie; zur Einführung: John R. Pierce, *Klang: Musik mit den Ohren der Physik*, Spektrum der Wissenschaft, Heidelberg 1985; amerikanische Originalausgabe: *The science of musical sound* (Scientific American Books Inc.), New York 1983. ↗

3 Bei der Firma Broadwood in London erst 1840. ↗

4 Hermann von Helmholtz, *Die Lehre von den Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik* (Vieweg und Sohn), Braunschweig, 1. Aufl. 1863; unveränd. Nachdruck der 6. Aufl., Hildesheim 1968. ↗

5 Arnold Schönberg, *Die formbildenden Tendenzen der Harmonik*, aus dem Engl. übertragen von E. Stein, Mainz 1957, amer. Originalausgabe: *Structural Functions of Harmony* (W.W.Norton & Co.), New York 1954. ↗

6 Schwebungen von mehr als 10 Hz. ↗

7 H. v. Helmholtz, *Die Lehre von den Tonempfindungen* ..., a.a.O., sechzehnter Abschnitt. ↗

»... wir brauchen ein Anderes Tonsystem«

Dieser Text ist entstanden nach Recherche und kompositorischer Arbeit mit live-elektronischer Ringmodulation im Freiburger Experimentalstudio.

Harmonie

Mit LaMonte Young verstehe ich darunter die *Periodizität* des in einer gewissen Zeitspanne erzeugten und vermittelten Schalls, also einen Klang, wie einfach oder komplex auch immer, den das Sensorium in rationalen Schwingungsverhältnissen begreifen und empfinden kann.

Eine Harmonie wird durch die stets vorhandene *Verzerrung* in den akustischen Medien und Übertragungsapparaturen – bis hin zur Basilarmembran in der Cochlea – nicht etwa getrübt, sondern verdichtet und bereichert. Denn alle entstehenden objektiven und subjektiven Kombinationstöne gehen in ihrem Spektrum auf.

Tonalität

Jede Harmonie hat einen Grundton, einen gemeinsamen Teiler aller ihrer Partialton-Frequenzen. Diese *Residualtonhöhe* entspricht der Wellenlänge ihrer zusammengesetzten Schwingungsform. Rameaus Fundamentalbaß: *Le principe de l'Harmonie*.

Wenn einzelne Teiltöne verschiedener Harmonien *unisono* klingen, hören wir eine Klang- oder Ton-*Verwandtschaft*. Verwandte harmonische Klänge bilden zusammen *ein* harmonisches Spektrum über dem Grundton ihrer Grundtöne. Je komplexer deren Schwingungsverhältnis, desto schärfer die Harmonie – und desto tiefer ihr Fundament. Das Ohr ist anscheinend in der Lage, neben Quinten, Terzen und Sekunden oder Nonen noch weitere Tonverwandtschaften zu erkennen, bei reichen Klängen zumindest noch die Siebener-, Elfer- und Dreizehner-Relation.

Die Klangverwandtschaft durch Teilton-Identität ermöglicht nicht nur die Intonation der Intervalle, sondern sie dient auch als Medium für die *formbildenden Tendenzen* der Harmonie. Bei jeder harmonischen Progression bleiben dem Ohr bestimmte Teiltonhöhen mehr oder weniger laut erhalten. Alle Teiltonhöhen, die bei Harmoniefortschreitungen weiterklingen, werden durch den Wechsel ihrer grundtonbezogenen *Partial-Funktion* (etwa als Quinte im Klang, als Terz oder None...) sofort merklich verwandelt – und zwar im momentanen Konsonanzgrad oder Spannungsgehalt, d. h. in ihrer expressiven *Ladung*. In den andauernd umgedeuteten Teiltonhöhen wirkt eine multiple *Realzeit-Mechanik* aus modulatorischen und tonikalen Kräften¹, die das Gehör bei der Synthese der simultan und sukzessiv empfangenen Schwingungsverhältnisse in den sich forzeugenden Harmonien lokalisiert. Die ständigen Quantensprünge der semantischen Partial-Funktionen erzeugen eine lebendige, immersingende Glut in den harmonischen Teilton-Substanzen. Daher diese euphorische, sinnlich sinnhafte Intensität unserer tonalen Klangerfahrung.

Atonalität

Als atonal bezeichne ich den *aperiodischen* Schall bzw. das inharmonische, nicht fundierte Spektrum, also die »multiphonischen« Geräusche und Tongemische, wie dicht oder reduziert auch immer – vom Weißen Rauschen bis zum Zusammenklang von zwei Sinustönen mit irrationalen Schwingungsverhältnis.

Auch zwischen inharmonischen Klängen kann es eine spürbare Nähe auf Grund identischer Partialton-Frequenzen geben. Wie bei den Tönen, so auch bei Geräuschen: Je mehr Teiltöne verschiedener Spektren zusammenfallen, desto substanzreicher die Relation der Klänge. Und das Weiße Rauschen ist mit jedem Klang verwandt.

In der Musik wie in der Umwelt sind Ton und Geräusch vorteilhaft vermischt. Die geräuschvolle Attacke verhilft dem Ton überhaupt erst zum Leben. Jeder Bläserklang wird getragen vom andauernden Rauschen der bewegten Luft. Desgleichen brauchen wir das Streichgeräusch des sanft und intensiv geführten

Bogens. Das Geräusch stört also nicht den Ton, sondern es dient seiner individuellen Konkretion. Es markiert ihn, stellt ihn aufs Podest. Erstaunlich ist aber die vollkommene Transparenz dieser Symbiose – die Fähigkeit des Gehörs, bei der Signalanalyse augenblicklich die vielen Periodizitäten im *aperiodischen* Gesamtschall zu erkennen und als harmonische Einheiten zu verstehen. Die Auslenkungen der Basilarmembran mit den auf ihr verteilten Nervenzellen vermitteln dem Gehirn eine zwiefache, nämlich ort- und zeitbezogene Information². So können sich die Töne im atonalen Meer der Geräusche behaupten.

Gleichstufige Temperatur

Unsere temperierte Stimmung ist mit ihren irrationalen Schwingungsverhältnissen *per definitionem* atonal. In dieser Atonalität sind die zwölf verbliebenen Töne durch ihre *Entfernung* voneinander bestimmt (x-mal zwölfte Wurzel aus zwei zu eins), und sie besitzen keinerlei klangliche Verwandtschaft, abgesehen von der Oktave. Daher war es sinnvoll, überhaupt das Beste, was ein Komponist unternehmen konnte, sie hier *dodekaphonisch* als Reihe zusammenzustellen und mittels exakter Transposition – die nur dank der Gleichstufigkeit zu haben ist – füreinander eintreten zu lassen: Jeder ist jeder, wie schon bekannt. Jenseits dieser schönen seriellen Idee haben wir im temperierten Tonsystem lauter bitonale Kollisionen sich fremder harmonischer Klänge wahrzunehmen – die absolute Vereinzelung der Töne.

Der gedehnte, durch keine pianistische Figuration parfümierte Klavierklang von Morton Feldman bringt dem Ohr im zartesten Piano »triadischer Erinnerungen« die unheimliche Rauigkeit der falschen großen Terzen manchmal bohrend zu Bewußtsein. So »wölfisch« heillos verstimmt haben sie in der gesamten Klaviermusik bisher nie geklungen, nicht einmal bei Franz Schubert – der damals vielleicht auch noch die besseren, ruhiger schwebenden Terzen auf seinem Klavier zur Verfügung hatte. Bewußt unverhohlen hat Chris Newman die Dreiklänge repositioniert. Seine elementaren, insistierenden Akkorde sind alle derartig atonal schräg daneben, daß sie das ganze Timbre des Instruments affizieren. Es ist nicht mehr dasselbe, das alte vertraute, zerdroschene Klavier, aber ätzend geladen mit dieser fortwährenden Pseudotonalität der vorgefundenen temperierten Stimmung.

Da die unreine Intonation, vor allem der Terzen, nicht nur erhebliche Reibungen zwischen den Partialtönen produziert, sondern zugleich auch willkürlich harmoniefremde Differenztöne (die extrem sensibel auf jede Frequenzabweichung reagieren), hat die temperierte Stimmung zwangsläufig die Essenz und sonore Potenz der Harmonie ruiniert – diese glanzlose künstliche »Atonalität der Töne« etabliert.

Eingeführt zuerst nur für Lauten und Gamben, hatte die gleichstufige Temperatur später den Zweck, sämtliche Tonarten *auf Klavieren* gleich gut darstellbar zu machen. Nach langem Streit konnte sie sich im Verlauf des 19. Jahrhunderts überall durchsetzen³. Wegen der dominierenden Rolle des Klaviers in der allgemeinen musikalischen Sozialisation sind wir seither an den rauhen Klang der gleichschwebenden Terzen gewöhnt. Schnell ging da die Harmonievorstellung unbemerkt verloren, und nach einem engagierten Hinweis⁴ im Oktober 1862 blieb es bald den Landstreichern und Klausnern überlassen, ihr ein Asyl zu bieten. Heute haben wir Computer und Sinusgeneratoren, die uns rationale Schwingungsverhältnisse liefern können mit einer Intonationsgenauigkeit von zwei Schwebungen pro Jahr. Damit läßt sich wohl schon etwas machen, so will es scheinen. Auf daß uns der technische Fortschritt seinen Raub vielleicht doch noch zurückgibt.

Intonation

Da die *natürliche Atonalität* jetzt umfassender und direkter vom gefilterten Rauschen ausgedrückt wird als durch die temperierten Intervalle, kann ich immerhin versuchen, die dem Geräusch zur Seite stehenden Töne so zu komponieren, d. h. zu *stimmen*, daß sie tatsächlich *Resonanz* entfalten. Daß die erzielte Sonorität der Zusammenklänge sich an jedem euphonischen Teilton-Unisono »metaphysisch« entzündet. Und daß der permanent verzerrende Übertragungskanal die Harmonizität der Schallsignale sogar noch verstärkt. Die besonderen *Farben* (Intensitäten) aller verfügbaren reinen Intervalle wären dabei ins Spiel zu bringen.

Für eine solche Arbeit ist die gleichstufige Skala als Maßstab nicht geeignet. Der Komponist soll die gewünschte Harmonie (sagen wir 7:11:21) in seiner Partitur beim Namen nennen, anstatt sie halbherzig nur indirekt zu definieren – etwa mit präzisen Cent-Angaben. Denn das musizierende Gehör muß bei jedem sukzessiven oder simultanen Intervall die Tonvorstellung unmittelbar verwirklichen

und fokussieren. Eine papierkalte, noch dem temperierten Denken verhaftete Mikrotonale Intervallnotation verlangt aber de facto vom Interpreten sofortige Kontrolle über seine Intonationsabweichung von einer geforderten mikrotonalen Abweichung der zuvor erfolgten gleichschwebend temperierten Abweichung – wo schon die zwölf Referenz-Frequenzen lediglich mit Klavier oder Computer anzugeben sind. Ein komplexes harmonisches Schwingungsverhältnis kann so wohl kaum zustande kommen. Wir brauchen ein Anderes Tonsystem.

Reine Stimmung

Die Idee der reinen Stimmung: eine *n-dimensionale Matrix* für alle existierenden Tonverwandtschaften, mit je einer Koordinate für jede Primzahl-Relation. Im Geist von Harry Partch hat Ben Johnston die unglaublich vielen Töne eines kleinen Segments aus diesem unendlichen Kosmos kartiert und genauestens bezeichnet.

Sonderlich weit werden wir da vermutlich nicht herkommen, aber ein paar ungeübte Schritte und modulatorische Roßsprünge durch die Naturseptimen und natürlichen Vierteltöne sind erwiesenermaßen möglich. Das ist im Vergleich zur früheren tonalen Musik ein erheblicher Zuwachs an neuen harmonischen *Regionen*. – Dieses klanganalytisch geographische Konzept von Arnold Schönberg⁵ paßt wegen seiner naturwissenschaftlich materialbewußten Offenheit besser als der akademisch standardisierte, musikhistorisch geprägte Funktionsbegriff von Hugo Riemann.

Wie eng auch immer in der kreatürlichen Musik die Bewegungsfreiheit für harmonische Progressionen durch die Auffassungsgabe von Ohr und Verstand begrenzt sein mag – jedenfalls ist es falsch zu glauben, daß die reine Stimmung notwendigerweise eine salopp verstandene »monotonale« Musik disponiert. Das beweist schon die Erfahrung mit den kühnen Modulationen im alten, nur zweidimensionalen Tonsystem aus Quinten und Terzen. Im Prinzip jedoch ist das gesamte, nach allen Richtungen offene Netz aller verwandten Töne nichts anderes als das harmonische Spektrum über einem spezifischen Fundament bzw. tonikalen *Stimmton* mit unendlicher Wellenlänge.

Detonation

Um die Sache im empirischen Licht zu sehen, ist noch zu bedenken, daß die Verhältnisse in der klingenden Materie wegen ihrer Trägheit nur annähernd der mathematischen Vorstellung entsprechen.

Bläser sind mit diesem Phänomen vom Überblasen her vertraut. Auch die Steifigkeit einer schwingenden Saite ist deutlich zu hören, wenn man z.B. beim Cello den sechsten und zwölften Flageoletton der D-Saite mit dem neunten und achtzehnten der G-Saite vergleicht – oder auch im Klang der Flageolett-Aggregate einer umspinnenen Baßsaite des Klaviers, besonders auf den gestutzten Modellen mit ihren kurzen, dicken Saiten.

Es gibt in der physikalischen Wirklichkeit ein Gnadenreich für die kleinen Detonationen. Die kennt das Ohr als *Schwebungen*. Wenn sie ruhig genug die Amplitude modulieren, klingen sie schön. Dann entsteht bei den jeweils erregten Nervenzellen keine Irritation durch rauhe, zerhackte Signale⁶.

Helmholtz-Temperatur

Auf der Suche nach einer praxisorientierten Adaption der reinen Stimmung dürfen wir mit einer bescheidenen Temperierung der Töne weiter experimentieren – befreit von alten Zwängen durch begrenzte Zahl verfügbarer Tasten oder Bündel, jetzt nur noch mit der Maxime, die Rauigkeit auch in höheren Oktavlagen so gering wie möglich zu halten.

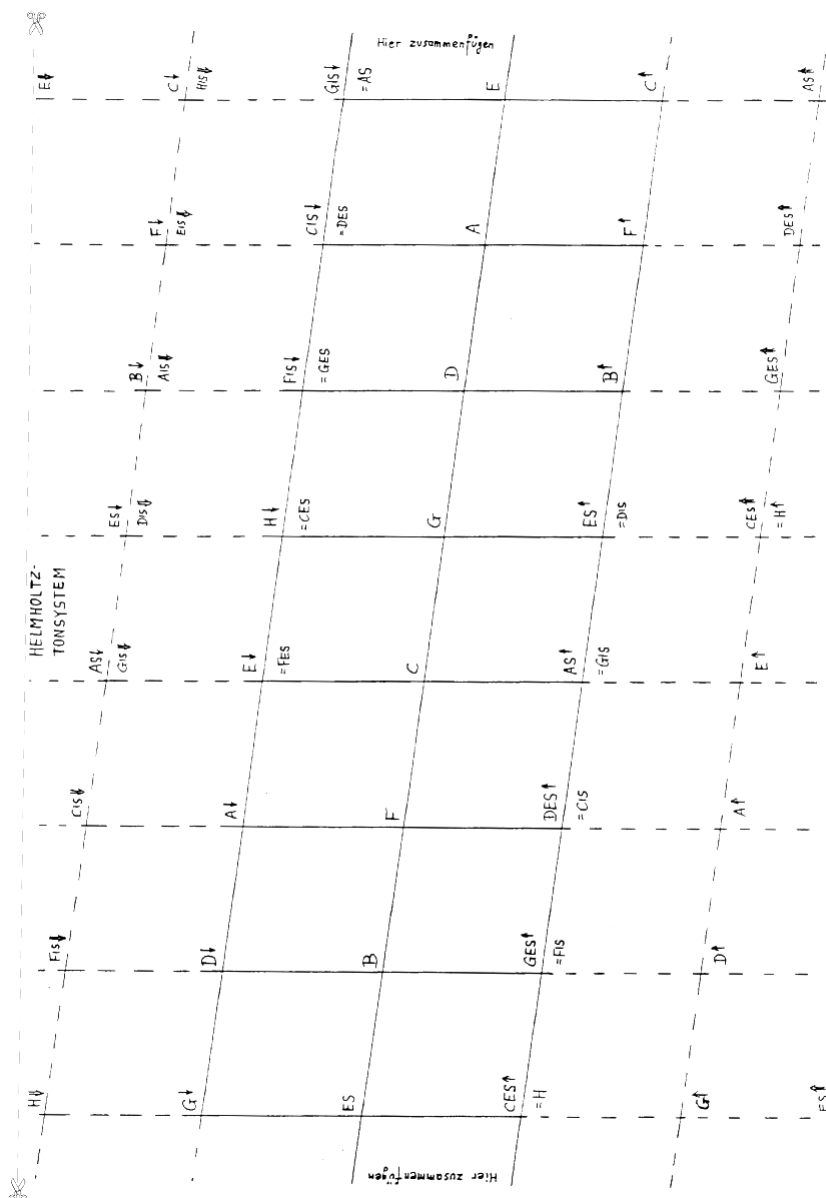
Es bietet sich an, die »natürliche« Stimmung zu verwenden und auszubauen, die Hermann von Helmholtz vor 135 Jahren für zweimanualige Tasteninstrumente vorgeschlagen hat⁷. Zur Bestimmung seiner zweimal zwölf Töne – paarweise im Abstand eines syntonischen Kommas – hat er sich die Tatsache zunutze gemacht, daß acht reine Quinten, enharmonisch verwechselt, nur um ein *Schisma* (32805/32768) von einer reinen großen Terz abweichen. Mit ähnlicher Raffinesse – das hat mir anhand alter Noten Klaus Lang gezeigt – sind schon um 1440 die Orgelmeister vorgegangen, als sie den Wolf gis-es möglichst weit weg von c nach h-fis oder ges verlegten, um die vier guten Terzen ihrer pythagoräischen Stimmung besser auszuspielen zu können.

Das Schisma von circa 1,95 Cent – das entspricht etwa dem Fehler einer gleichschwebend temperierten Quinte – wird also auf acht marginal unterschwebende Quinten verteilt. Diese temperierte *Helmholtz-Quinte* (1,499788419) ist vom reinen Intervall (drei zu zwei) praktisch nicht zu unterscheiden, denn ihre gleichnamigen Teiltöne liegen weniger als 0,25 Cent

auseinander, und ihre Differenztöne in der Unteroktave weichen nur knapp 1,5 Cent voneinander ab. Die Helmholtz-Quinte d'-a' z.B. erzeugt mit ihren Teiltönen Schwebungen von circa 1/8 Hz bei a'', 1/4 Hz bei a''' und gegebenenfalls 3/8 Hz bei e''', ferner mit ihren Differenztönen verschiedene Schwebungen von circa 1/8 Hz bei d, d', a' und d'' sowie von circa 1/4 Hz bei d' und d''. Selbst in der viergestrichenen Oktave haben diese Quinten mit Schwebungen von maximal 3 Hertz nicht die geringste Härte.

Das Helmholtz-Tonsystem, wie ich es nehme, besteht aus sieben solcher Helmholtz-Quinten für die acht Töne ES bis E, mit jeweils einer reinen großen Oberterz und Unterterz dazu (G bis GIS und CES bis C). Die achte Quinte H ist dann die Unterterz von ES, wie FIS die Unterterz von B und so weiter. Auf diese Weise bilden die vierundzwanzig Töne zusammen ein rautenförmig schief zum Zylinder gekrümmtes Netz mit lauter genuinen Terzen und einer Spirale aus dreiundzwanzig fast reinen Quinten von G bis C (siehe umseitiges Diagramm). Das System läßt sich durch Aufstockung von Terzen in beiden Richtungen verlängern, wenn man mehr als vierundzwanzig Töne pro Oktave haben will.

Bewegender als eine Ausbreitung der altbekannten Quinten und Terzen ist aber die Einbeziehung der anderen Regionen: der achtundvierzig attachierten Natureseptimen, Vierteltonquarten und Dreizehner-Sexten, mit diesen fülligen, schärferen Farben und Empfindungen der reinen alterierten Intervalle. Das so erweiterte Tonsystem ist nicht nur für Computer und präparierte Klaviere zu gebrauchen, sondern gerade auch für die Realzeit-Intonation der »richtigen« Musikinstrumente. Mich interessiert es zur Zeit vor allem im Zusammenhang live-elektronischer *Ringmodulation*, weil sich mit dieser Verzerrungsmaschine die Grenzen des harmonischen Hörens besonders gut testen lassen.



Notation

Auf Grund der zylindrischen Krümmung in Richtung der Quinten sind die Verhältnisse in diesem Tonsystem – verglichen mit der gänzlich offenen Matrix der reinen Stimmung – überschaubar und leicht zu notieren. Für die Terzen kann man chromatische Vorzeichen mit Pfeilen verwenden zur Erniedrigung oder Erhöhung um ein syntonisches Komma, und mit Doppelpfeilen für die Alterierung um zwei Kommata. Die natürlichen Vierteltöne der Elfer-Relation ($33/32$) werden durch zusätzliche Vierteltonakzidentien ausgedrückt. Die Naturseptime ($7/4 = 224/128$) kann großzügig mit der übermäßigen Sexte enharmonisch verwechselt werden (Terzterz der großen Sekunde = $225/128$), und die Dreizehner-Relation ($13/8 = 1,625$) läßt sich als eine ums Komma vergrößerte kleine Sexte notieren ($8/5 * 81/80 = 1,620$).

Alle Töne im erreichbaren Umkreis der ersten fünf Primzahl-Relationen sind hier also mit einer Kombination von konventionellen Akzidentien, Komma- und Viertelton-Zeichen hinlänglich darstellbar, intervallisch aufeinander selbst bezogen – und zwar so einfach, daß sie auch spielbar sind, wenn der musikalische Kontext ihre Intonation begünstigt.

Allgemein harmonische Feldtheorie

In der reinen Stimmung sind sämtliche Akkorde konsonant, nämlich durch ein rationales Schwingungsverhältnis als *Harmonie* definiert. Ihr *Spannungsgehalt* ergibt sich jeweils aus der Dichte und Registerlage der eng *nebeneinander* liegenden Teiltöne; außerdem hängt er von der Lautstärke und Klangbedeutung (Partial-Funktion) der *ineinander fallenden* Teiltöne ab. Diese werden vom arithmetischen *Schwingungsverhältnis* namentlich genannt.

Schrankenlose Emanzipation der Konsonanzen: Wie scharf auch immer die Zusammenklänge – mit harmonisch komponierten Tönen kann es *Dissonanzen* gar nicht geben! Bei den Geräuschen und Tongemischen sind sie als *Multiphonie* natürlich in jedem Einzelklang selbst schon vorhanden. Es geht also um die konkrete, musikalische Balance zwischen den »irrationalen« Geräuschen und möglichst »gut« gestimmten Tönen.

Alle Musik ist *destilliert* aus dem weißen Rauschen. Aus der Atonalität der Frequenz-Totale, in der auch die Tonalität als *reale Klangfigur* enthalten und herauszuhören ist.