

Das Teilton-Feld

auch Lambdoma genannt

unter besonderer Berücksichtigung des Terzenfeldes

Wolf-Dieter Trüstedt

Das Teilton-Feld - auch Lambdoma genannt

Zum Thema

Spiel der Obertonreihe

Spiel der Untertonreihe

Riemanns Hypothese zur Untertonreihe

Die Matrix der Teiltöne

Das Terzenfeld

- a) Betrachtung der großen und kleinen Terzen im Terzenfeld
- b) Spiel der Primen
- c) Der Dur-Dreiklang und die Doppelterz
- d) Die Dur-Dreiklänge
- e) Die Moll-Dreiklänge
- f) Die Dualität Moll und Dur
- g) Spiel der fallenden großen und fallenden kleinen Terz
- h) Die große und die kleine Doppelterz
- i) Die aufsteigende große und die aufsteigende kleine Septime
- j) Die fallende große und die fallende kleine Septime
- k) Die None
- l) Der natürliche Halbton
- m) Die natürliche Dur-Tonleiter
- n) Die natürliche Moll-Tonleiter

Anhang I

Das Terzenfeld als Klangobjekt

Das große Klangröhren-Lambdoma (Phänomene)

Das Saiten-Terzenfeld

Das Lambdoma als Berührungsfeld

Das Ch'in

Das Schnurdreieck als Mollakkord

Die Abweichung der Teiltöne

Anhang II

Historische und theoretische Begriffe

Die Teiltöne, die Obertöne, der Klang

Die Untertöne (Riemann)

Die Terz (Riemann)

Über die Dur-Moll-Dualität (Riemann)

Das Teilton-Feld, auch Lambdoma genannt

Zum Thema

Die Obertöne - einzeln oder im zugeordneten Klangbild - sind in der zeitgenössischen Musik und sogar in der Pop-Musik zur Zeit ein wichtiges Gestaltungsmittel. Das Interesse entstand besonders durch den (fast modischen) Einfluß der ethnischen Musik - der Musik außereuropäischer Kulturen.

Die Reihe der Obertöne - oder besser die Teiltonreihe - wird in unseren Musik-Schulbüchern gelehrt als Grundlage der Harmonielehre: das Intervall vom 1. zum 2. Teilton als die Oktave, vom 2. zum 3. die Quinte, vom 3. zum 4. die Quarte, vom 4. zum 5. die große Terz und so weiter. Die Entdeckung dieses "künstlerischen Naturgesetzes" geht bis auf den griechischen Wissenschaftler Pythagoras aus dem 5. Jh. vor unserer Zeitrechnung zurück.

Die entsprechende Untertonreihe ist dagegen weniger bekannt und soll im Folgenden ebenfalls diskutiert werden, denn sie ist für das Tongeschlecht Moll zuständig und wurde vermutlich bereits von den Pythagoreern ebenfalls als konstituierendes Element in der Musik und der allgemeinen Weltharmonielehre eingesetzt.

Das Feld aller geordneten Teiltöne, um das es in dieser Arbeit geht, faßt die Oberton- und die Unterton-Reihen zu einer einheitlichen Matrix - dem Teilton-Feld, auch Lambdoma genannt - zusammen.

Ich entwickle dieses Teilton-Feld im Folgenden anhand des Spiels auf einer einzigen Saite. Die Betonung liegt auf den unmittelbaren Zusammenhängen mit der Musik selbst und den sich daraus ergebenden künstlerischen Möglichkeiten.

Ausführlich gehe ich auf einen kleinen, aber besonderen Ausschnitt des Teilton-Feldes ein - das Terzenfeld, das nur von den Zahlen 4, 5 und 6 handelt.

Spiel der Obertonreihe

Auf der Gitarre sind seitlich Markierungen angebracht, die als Stimmhilfen verwendet werden. Bereits das altehrwürdige Ch'in der Chinesen, das seit über 3000 Jahren gespielt wird, hat solche Punkte. Und

bei der speziellen Flageolett-Spieltechnik sind sie jedem Geiger und jeder Geigerin sicher bekannt.

Es geht hier um ein allgemeines Phänomen des Klanges: der Klang besteht nicht nur aus einem Ton, sondern aus einer ganzen Reihe von begleitenden "Teiltönen", die den Charakter des Klanges bestimmen. Das gilt für den Klang eines jeden Musikinstrumentes.

Beginnen wir mit zwei Spieltechniken auf einer einzelnen, freien Saite - frei, weil weder Bünde noch ein Griffbrett verwendet werden sollen.

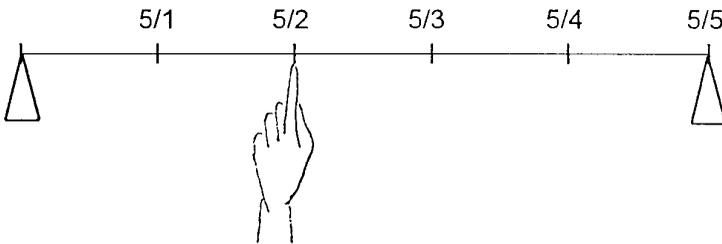


Fig. 1: Spiel des 5. Teiltones einer Saite (Flageolett-Spiel).

Wie in Fig. 1 zu sehen, wurde eine Saite in 5 gleiche Strecken geteilt. Berühre ich die Saite an einem der 4 Teilpunkte und reiße die Saite gleichzeitig mit dem Plektrum an oder streiche sie mit dem Bogen, dann höre ich einen Ton, der 5 mal höher klingt als die unberührte Saite, jedenfalls sagen es so die Physiker. Die Aussage der Musiker lautet: die Saite klingt zwei Oktaven plus einer großen Terz höher als im Grundton. Dieser Sachverhalt wird später näher erläutert.

Das Teilen der Saite und das entsprechende Spiel kann natürlich auch mit anderen Teilungen fortgesetzt werden. Sortiere ich alle möglichen Töne aus diesem Spiel ihrer Größe nach, so erhalte ich die bekannte Obertonreihe, oder anders ausgedrückt: die Reihe der Teiltöne der Saite.

Folgende Töne bzw. Intervalle können auf diese Weise gespielt werden:

Tabelle 1:

1. Teilton	1/1	Grundton oder Prime
2. Teilton	2/1	Oktave
3. Teilton	3/1	Oktave plus Quinte
4. Teilton	4/1	zwei Oktaven
5. Teilton	5/1	zwei Oktaven plus große Terz
6. Teilton	6/1	zwei Oktaven plus Quinte
7. Teilton	7/1	zwei Oktaven plus kleine Septime
		etc.

Wir müssen hier etwas aufpassen: die Zahlen, die in den Begriffen Prime, Oktave, Quinte, Terz etc. "auftauchen", sind nicht aus den Zahlen der Teiltöne abgeleitet, sondern aus der Reihenfolge der Töne in unserer musikalischen Tonleiter. Zum Beispiel ist die Ähnlichkeit der Begriffe Septime und 7. Teilton nur zufällig. Der 7. Teilton, auch 7. Naturton genannt, wird in der klassischen abendländischen Harmonik gar nicht verwendet, denn er paßt überhaupt nicht in das harmonische System.

Spiel der Untertonreihe

Wir bleiben bei den 4 markierten Stellen der Saite (Fig. 1), die durch die Teilung in 5 gleiche Strecken entstanden sind, gehen aber über zur Spieltechnik des "liegelassenen Glasstabes".

Wir können mit ihrer Hilfe unmittelbar die entsprechende Untertonreihe bis zum "5. Unterton" spielen:

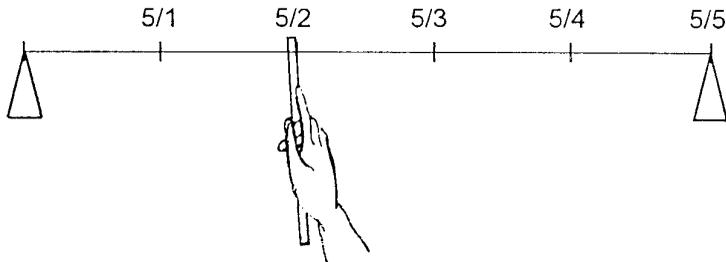


Fig. 2: Spiel einer Untertonreihe mit dem Glasstab auf einer einzelnen Saite

Ein massiver Glasstab wird deutlich auf die Saite gelegt *und dort liegen gelassen*. Die Saite kommt durch ein kräftiges Auflegen des Stabes zum Schwingen und gleichzeitig verkürzt der Stab die Saite auf das gewünschte Maß.

Erklärung: Beginne ich mit dem Glasstab-Spiel bei 5/1 (siehe Fig. 2), spiele dann die Stelle 5/2, als nächstes 5/3, schließlich 5/4 und zupfe am Schluß noch die ganze (freie) Saite, so entsteht die Untertonreihe:

$$5/1 - 5/2 - 5/3 - 5/4 - 5/5$$

Man hört eine linear fallende Tonreihe: die Tonhöhe halbiert sich, dann höre ich das Drittel, das Viertel und schließlich das Fünftel der Ausgangstonhöhe, denn die Saite wird durch diese Spieltechnik von Punkt zu Punkt um den gleichen Betrag verlängert (und klingt entsprechend tiefer).

Tabelle 2:

1. Ton	5/1	Grundton oder Prime
2. Ton	5/2	Oktave tiefer
3. Ton	5/3	Oktave plus Quinte tiefer
4. Ton	5/4	zwei Oktaven tiefer
5. Ton	5/5	zwei Oktaven plus große Terz tiefer

Weiter können die Töne nicht fallen, denn der 5. Ton ist der Ton der ganzen Saite. Wenn ich die Saite verlängern könnte - immer um dieselben Fünftel, dann würde die Untertonreihe weiter fallen (5/6 - 5/7 - 5/8 etc., d.h. zwei Oktaven plus Quinte tiefer - zwei Oktaven plus kleiner Septime tiefer etc.). Das ist natürlich technisch etwas schwierig, weil ich die Saite über den Steg hinaus verlängern muß. Darauf komme ich noch zurück.

Zusammenfassung: Es läßt sich auf jeder beliebigen Saite eine Tonreihe spielen, die dem Gesetz der Unterton-Reihe folgt.

Riemanns Hypothese zur Untertonreihe

Bevor ich die beiden Reihen zu einem Gesamtsystem - dem Teiltonfeld (auch Lambdaoma genannt) - zusammenfasse, will ich auf einen Text im Riemann-Musiklexikon eingehen, der im Anhang II wiedergegeben ist. In diesem Text wird das Für und Wider der Existenz der Untertonreihe diskutiert. Riemann ist in dieser Frage als Natur- und Musik-Wissenschaftler engagiert.

Die Frage von Hugo Riemann (1849-1919) war: *Gibt es den Obertönen entsprechende Untertöne eines Klanges - z.B. eines Musikinstrumentes?*

Seine Überlegungen laufen auf die Konstruktion eines Gesamtsystems hinaus, das den Klang, die Tonskalen und vor allem die Tongeschlechter - Dur und Moll - geschlossen beschreiben soll.

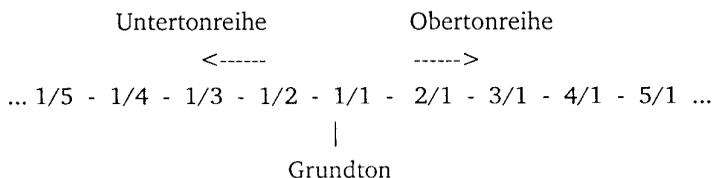


Fig. 3 Der Grundton und die zugeordnete Ober- und Untertonreihe

Wir müssen zwei Phänomene unterscheiden - erstens das Herstellen von Untertönen und zweitens die (physikalische) Existenz von Untertönen in einem Klang (entsprechend den Obertönen).

Ich denke, daß man den einen oder anderen Unterton im Klang einer Geige meßtechnisch nachweisen kann, wenn ich auf diesem Instrument einen sehr hohen Ton spiele und wenn der Klangkörper der Geige Resonanzen im "Unterton-Bereich" hat, die zum Mitschwingen angeregt werden könnten. Die Saite auf der Geige jedoch kann nur in ihrer Grundfrequenz und den Vielfachen dieser Frequenz schwingen.

Diese (musik-)wissenschaftliche Streitfrage wird auch von Hermann von Helmholtz in seinem Buch "Tonempfindungen" (1862) und von Hans Kayser in seinem "Lehrbuch der Harmonik" (1944) ausführlich abgehandelt.

Die Matrix der Teiltöne

Beim Flageolett-Spiel und beim Glasstab-Spiel auf derselben Saite und mit denselben Markierungen kann ich einander zugeordnete Oberton- und die Untertonreihen spielen. Wenn ich bei diesem Spiel die Saite nicht umstimme, sind die jeweiligen Grundtöne dieser beiden Reihen verschieden:

Zum Beispiel der 5. Teilton der Obertonreihe auf derselben Saite ist der Grundton der fünfteiligen Untertonreihe. Das heißt, daß die beiden jeweiligen Grundtöne dieser Reihen um den Faktor 5 in ihrer Frequenz verschieden sind.

Ich kann das Spiel auf dieser Saite zur folgenden (grafischen) Anordnung zusammenfassen:

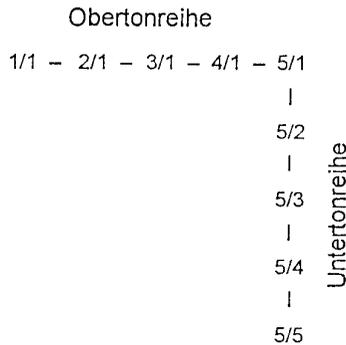


Fig. 4 Die fünfteilige Oberton- und Unterton-Reihe derselben Saite

Der Ton 1/1 und 5/5 sind gleich, ebenso natürlich die zusammenfallenden Töne 5/1 der beiden Reihen.

Drehe ich dieses Schema um 45 Grad nach links, so entsteht das Bild des griechischen Lambdas. Hieraus hat sich der Begriff "Lambdoma" entwickelt. Nach anderen Quellen wird diese Struktur auch "pythagoreisches Chi" genannt - z.B. bei Heinrich E. Benedikt in seinem Buch "Die Kabbala".

Albert von Thimus schreibt in seiner *Harmonikalen Symbolik des Alterthums* (erschienen 1868) über die entsprechende Abbildung (Seite 137):

“Die Zahlen des oberen Schenkels derselben bilden, als die der einen Seite des Lambda's eine arithmetische Progression. Musikalisch geht aus ihnen ein emporsteigender Cdur-Accord hervor. Die Brüche des anderen, nach unten gekehrten Schenkels stellen eine harmonische Progression dar.”

Albert von Thimus verweist auf Jamblichus (ca. 300 n. Chr.), der über diese Matrix berichtet. Von hier geht die Mitteilung in die Tiefe der Zeit über die Neupythagoreer zu den Pythagoreern (5.Jh v. Chr.) und zu Pythagoras, dem die Erfindung des Monochords und die Entdeckung der Zahlenverhältnisse der musikalischen Intervalle zugeschrieben werden.

Die folgenden drei Lambdas beschreiben das entsprechende Spiel auf derselben (nicht umgestimmten) Saite, wenn ich eine Teilung oder zwei Teilungen oder drei Teilungen für die Untertonreihe verwende, bzw. nur 2 oder nur 3 oder nur 4 Teiltöne der Obertonreihe in der Technik spiele, wie es in Fig.1 und 2 gezeigt wird:

$1/1 - 2/1$	$1/1 - 2/1 - 3/1$	$1/1 - 2/1 - 3/1 - 4/1$
$2/2$	$3/2$	$4/2$
	$3/3$	$4/3$
		$4/4$

Fig. 5 Die “Lambdas”, die beim Oberton- bzw. Unterton-Spiel auf einer Saite mit den Teilungen 2, 3 und 4 entstehen.

Füge ich jetzt die vier besprochenen Lambdas zusammen, so entsteht folgendes Bild:

$$\begin{array}{cccccc}
 1/1 & - & 2/1 & - & 3/1 & - & 4/1 & - & 5/1 \\
 & & | & & | & & | & & | \\
 & & 2/2 & - & 3/2 & - & 4/2 & - & 5/2 \\
 & & & & | & & | & & | \\
 & & & & 3/3 & - & 4/3 & - & 5/3 \\
 & & & & & & | & & | \\
 & & & & & & 4/4 & - & 5/4 \\
 & & & & & & & & | \\
 & & & & & & & & 5/5
 \end{array}$$

Fig. 6 Zusammenfügen mehrerer "Lambdas" einer Saite

Das sind alles Töne einander zugeordneter Ober- und Untertonreihen, die auf einer einzigen Saite gespielt werden können.

Auf dem Ch'in, dem erwähnten chinesischen Musikinstrument sind alle Spielpunkte, die zum Spielen dieser zusammengefügt "Lambdas" notwendig sind, markiert - einschließlich des 5. Teiltones für die Ober- bzw. Untertonreihe.

Auf einer einzelnen Saite kann ich nur die obere Hälfte des gesuchten Teilton-Feldes spielen. Das Problem liegt in der Untertonreihe. Um über die "Gleichton-Linie" 1/1 - 2/2 - 3/3 - 4/4 - etc. in den unteren Bereich des Teilton-Feldes vorzudringen, müßte ich die Saite über den Steg hinaus um gleiche Teile verlängern.

Es ist kaum möglich, ein solches verlängerbares Musikinstrument zu bauen. Durch ein mehrsaitiges Instrument (siehe Anhang I "Saiten-Terzenfeld") kann ich dieses Problem jedoch leicht lösen:

ich stimme die einzelnen Saiten in der Ton-Folge der Untertonreihe.

Auf den einzelnen Saiten kann ich weiterhin die dazugehörigen Obertöne in der Flageolett-Technik spielen. Jetzt kann ich das vollständige Teilton-Feld aufbauen und spielen.

Natürlich läßt sich das Teiltonfeld nach rechts und nach unten beliebig erweitern - über die Zahl 6 bzw. 1/6 hinaus. Wir wollen aber bei den folgenden Betrachtungen im Wesentlichen bei diesem "kleinen" (aber sehr mächtigen) Feld verweilen.

Was uns unmittelbar auffällt, ist die bereits erwähnte "Gleichtonlinie", die Diagonale von oben links nach unten rechts:

$$1/1 - 2/2 - 3/3 - 4/4 - 5/5 - 6/6$$

Diese Brüche haben eines gemeinsam - den Wert 1. Es ist der Grundton des Teiltonfeldes.

Ein interessanter Ausschnitt aus dem Teiltonfeld wird von den Zahlen 4, 5 und 6 gebildet: es ist das Zahlenquadrat aus neun Zahlenverhältnissen rechts unten im Teiltonfeld (Fig. 8), das *Terzenfeld*.

Wir widmen uns diesem Feld jetzt ausführlicher, weil es viele musikalische Begriffe erklären kann, und weil es außerdem gut zu spielen ist. Wir werden an diesem Feld die Funktionsweise des gesamten Teiltonfeldes kennenlernen.

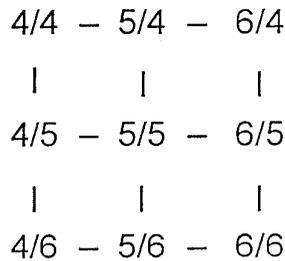
Wer noch mehr über das gesamte Teilton-Feld erfahren will, sei auf das *Lehrbuch der Harmonik* von Hans Kayser verwiesen. Hans Kayser ist der Wiederentdecker des Lambdomas. Er beschreibt seine Erfahrungen im wesentlichen mit Hilfe des Monochords.

Auch die dreidimensionale Abbildung des Lambdomas geht auf Hans Kayser zurück, eine Abbildung, die später Rudolf Stössel aufgegriffen und zum logarithmischen Modell erweitert hat. Es ist erstaunlich, wie gründlich und zugleich liebevoll Hans Kayser als Natur-Wissenschaftler das Thema behandelt. Er ergänzt seine Arbeit am Schluß mit einer weitgreifenden Zahlensymbolik. Dieses Lehrbuch kann in der Staatsbibliothek, München, eingesehen werden.

Das Terzenfeld

Der Begriff Terzenfeld ist nicht allgemein gültig. Ich nenne dieses Feld so, weil zwischen zwei benachbarten Zahlenverhältnissen - waagrecht oder senkrecht - immer das Intervall der Terz besteht, der großen bzw. der kleinen Terz. Das Terzenfeld ist ein Ausschnitt aus dem Teiltonfeld, das vorausgehend beschrieben wurde.

Fig. 9 Terzenfeld



Die Terz - der 3. Ton in der Tonleiter - hat mit den Zahlenverhältnissen 4/5 bzw. 5/6 zu tun, der großen Terz und der kleinen Terz. Die verschiedenen musikalischen Bedeutungen und der geschichtliche Hintergrund wird im Anhang II dieses Textes erklärt.

Um die folgenden dem Text zugeordneten Spielbilder zu verstehen, wäre es natürlich gut, ein entsprechendes Musikinstrument zu haben, ein elektronisches Lambdaoma, ein Monochord oder ein Computerprogramm. Solche Instrumente werden im Anhang I beschrieben.

Man kann sich die einzelnen Musik-Bilder auch innerlich vorstellen. Das Verstehen und vielleicht sogar ein Genuß ist dann rein ästhetischer Natur. Auch das macht Sinn.

Und noch etwas zu dem Begriff des *Verhältnisses*. Alles, was hier beschrieben wird, hat mit Verhältnissen zu tun - nicht mit absoluten Werten. Die Empfindungen des Menschen, die Sinne, reagieren fast ausschließlich auf Verhältnisse. Um das Glücksgefühl eines reichen Menschen anzuregen, braucht es etwas anderes als bei einem nicht so reichen Menschen. Der Geschmack reagiert anders, wenn ich satt bin als wenn ich hungrig bin.

Hierzu ein markantes Beispiel aus der Farbtheorie: Wenn ich in einem Feld mit Flecken verschiedener Farben einen gelben Flecken mit einem grünen Filter überdecke, dann wird dieser Flecken eindeutig grün. Wenn ich das gesamte Feld mit demselben aber entsprechend größeren Filter überdecke, dann sehe ich den gelben Flecken wieder eindeutig gelb, obwohl er ebenfalls mit dem grünen Filter überdeckt ist.

Das heißt: Verändere ich das Einzelne, dann ist das gravierend: der gelbe Flecken wird eindeutig grün. Verändere ich alles, dann bleibt die Situation gleich: das ebenfalls mit Grün überdeckte Gelb bleibt gelb.

In der Musik ist diese Erkenntnis noch klarer: Wenn ich in einer Melodie einen einzigen Ton z.B. um einen Halbton heraufsetze, dann wird die Melodie vollkommen anders, bzw. falsch. Wenn ich alle Töne um einen Halbton heraufsetze, dann bleibt die Melodie ohne jede Änderung.

Wir hören, sehen, riechen, tasten beim Wahrnehmen vor allem Verhältnisse, Relationen.

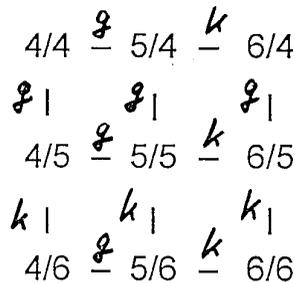
Da wir in der Musik die einzelnen Töne messen und konkret in Zahlen angeben können, spielen die Zahlenverhältnisse eine wesentliche Rolle im künstlerischen Wahrnehmen und Verstehen.

a) Betrachtung der großen und kleinen Terzen im Terzenfeld

Oben links im Terzenfeld sind vier große Terzen (gekennzeichnet mit g) in einem Quadrat geordnet und unten links vier kleine Terzen (gekennzeichnet mit k). In den beiden anderen Quadraten sind die Terzen gemischt. Insgesamt hat das Terzenfeld sechs große und sechs kleine Terzen.

Fig. 10

Verteilung der großen Terzen
(g) und der kleinen Terzen
(k) im Terzenfeld



Alle großen Terzen sind natürlich absolut gleich groß, sie liegen aber an verschiedenen Orten. Es gibt vier verschiedene Orte.

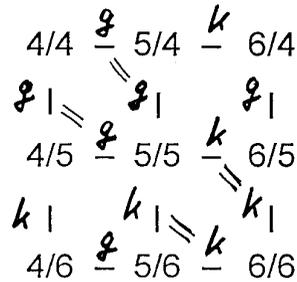


Fig. 11

Der Doppelstrich zeigt die Orte der einander zugeordneten großen bzw. der kleinen Terzen

Die mit dem Doppelstrich verbundenen großen Terzen liegen am gleichen Tonhöhenort, denn die Tonhöhen 4/4 und 5/5 sind gleich. Das gleiche gilt entsprechend für die kleinen Terzen mit den gleichen Tonhöhenorten 5/5 und 6/6. Alle anderen Tonhöhenorte der großen und kleinen Terzen haben verschieden Basistöne.

..... *Es ist gut, diese kleinsten Quadrate des Terzenfeldes wiederholt zu spielen und das Auf- und Absteigen der Terzen wahrzunehmen.*

b) Spiel der Primen

Natürlich sind die Töne 4/4, 5/5 und 6/6 alle gleich. Wozu sollen wir das alleinige Spiel dieser drei gleichen Töne weiter beachten?

Und dennoch: das Intervall der Prime ist eines der schönsten und wohl das vollkommenste.

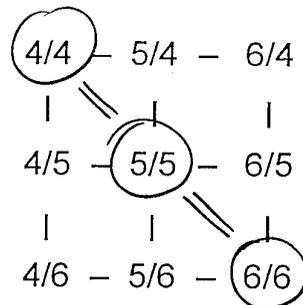


Fig. 12

Die Diagonale im Terzenfeld als Ort der Primen.

Wenn mehrere Geigen unisono im Orchester zusammenklingen, dann geschieht das nicht allein wegen der größeren Lautstärke, sondern weil der Klang viel lebendiger ist. Es sind vor allem die Teiltöne der eigentlich gleichen Töne der verschiedenen Geigen - die vielen Teiltöne tanzen miteinander! Auch sind die Teiltöne des gleichen Grundtones nicht absolut gleich (siehe Anhang I, Abweichung der Teiltöne). Dadurch entsteht ein buntes Bild der vielen verschiedenen Schwebungen.

Das gilt natürlich nicht für das Computer-Lambdaoma (siehe Anhang I) mit dem angeschlossenen Tongenerator: hier ist die Gleichheit "hart", denn es fehlt das Tanzen der Teiltöne.

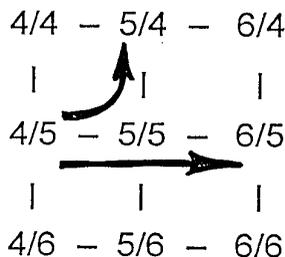
..... *Das ruhige, gleichmäßige Anschlagen - von zum Beispiel drei gleichlangen Rohren - ist wie eine ewige Musik. Ich kann auch mit der Anschlagstelle auf den Rohren variieren, mal sanft in der Mitte, mal stärker weiter oben, und dennoch möglichst gleichmäßig - wie La Monte Youngs "Arabic Numeral".*

c) Der Dur-Dreiklang und die Doppelterz

Was klingt schöner, der Dur-Dreiklang (c-e-g) oder die Doppelterz (c-e-gis)? Der Dur-Dreiklang, bestehend aus einer großen und der folgenden kleinen Terz, ist die tonale Basis der abendländischen Musik. Er ist uns sehr vertraut - so vertraut, so daß er kaum noch eine eigene Aussage beinhaltet.

Fig. 13

Der Dur-Dreiklang und die Doppelterz mit gleichem Grundton.



Die Doppelterz, bestehend aus zwei großen Terzen, hat eine offene Klarheit. Der Dur-Dreiklang wirkt dagegen abgeschlossen. Bei beiden Dreiklängen ist der erste Schritt gleich: die große Terz. Das Verhältnis des tiefsten zum höchsten Ton ist beim Dur-Dreiklang $6/4 = 3/2$ (die pythagoreische reine Quinte und gleichzeitig der 3. Naturton) und bei der Doppelterz $25/16$ (die übermäßige Quinte und gleichzeitig der 25. Naturton).

Nach den Untersuchungen von Helmholtz sollte das Intervall der Doppelterz eine ziemliche Dissonanz sein. Mir gefällt es aber außerordentlich.

Welche Rolle spielt die Konditionierung auf bestimmte Muster? Wir können dies etwas testen, wenn wir die eine der beiden Folgen sehr häufig wiederholen und dann gleich anschließend die andere Folge spielen.

Spiel: Sich auf den munteren Melodiefluß der 3 Töne $4/5 - 5/5 - 5/4$ - der Doppelterz einlassen.

Die entstehenden Bilder bieten immer wieder Öffnungen zum Weitergehen.

Erst das Anschlagen der $6/4$ (die Septime zu $4/5$ und die Quinte zu $5/5$) kann als oberer Ruhepunkt wirken und das Spiel beenden.

d) Dur-Dreiklänge

Die Zahlenfolgen 4, 5, 6 im Zähler der Brüche bei gleichem Nenner bedeutet immer einen Dur-Dreiklang, ganz gleich wo ich im Lambdaoma spiele. Spiele ich von 4 nach 5, dann höre ich die große Terz, spiele ich von 5 nach 6, dann höre ich die kleine Terz und spiele ich von 4 nach 6, dann höre ich die Quinte.

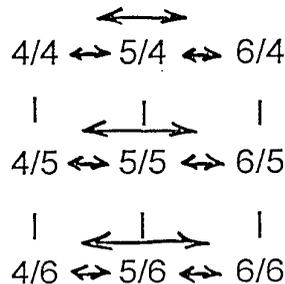


Fig. 14

Die drei Dur-Dreiklänge im Terzenfeld

..... *Es ist schön, die drei Töne des Dur-Dreiklages in verschiedenen Reihenfolgen zu spielen und in verschiedenen Zeitmaßen: es entstehen Melodien. Es ist auch gut, die Töne mitzusingen. Zum Mitsingen suche ich mir aus den drei Dur-Dreiklängen den, der am besten in meine Stimmlage paßt.*

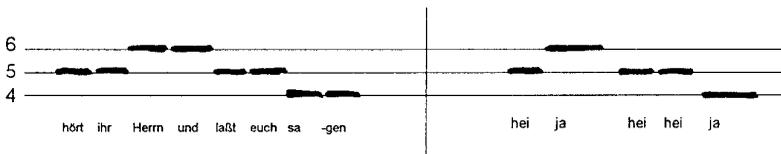


Fig. 15 Zwei einfache Melodiebeispiele im Quintraum.

Wir können die einfachen Dur-Dreiklang-Lieder auf dem Klavier nachspielen. Hierbei ist aber zu beachten, daß der Dur-Dreiklang auf dem Klavier temperiert, dagegen im Terzenfeld rein (natürlich) ist. Hier auf kommen wir noch zurück.

Spiel der drei waagerechten Dur-Dreiklänge: Wenn ich auf dem Röhren-Terzenfeld spiele, ist es schön, mit der unteren Folge zu beginnen, sie sehr ruhig zu spielen und die Folge häufig zu wiederholen. Dann spiele ich die nächst höhere Folge und dann die oberste Folge. Dann beginne ich wieder mit der unteren. Bei diesem Spiel klingen alle Rohre gleichzeitig, wenn ich sie nicht dämpfe. Es ist wunderbar zu hören, wie sich jeweils die neue Folge in das klingende Gesamtbild einfügt.

e) Die Moll-Dreiklänge

Stehen die Zahlen 4, 5, 6 im Nenner bei gleichem Zähler, dann habe ich Moll-Dreiklänge. Spiele ich z.B. von 4/6 nach 4/5, dann höre ich eine kleine Terz, spiele von 4/5 nach 4/4, dann höre ich eine große Terz und spiele ich von 4/6 nach 4/4, dann höre ich wieder die Quinte.

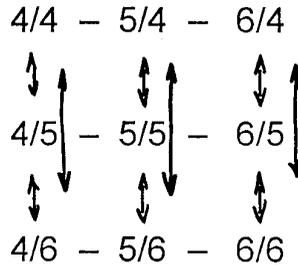


Fig. 16

Die drei Moll-Dreiklänge im Terzenfeld

..... Um das "Moll" zu verstehen, ist es gut, immer wieder den Quintraum aufzubauen durch das Anschlagen der beiden Ecktöne, den untersten und den obersten - und dann wieder die kleine Terz innen einzufügen. Es ist auch gut, die Töne mitzusingen und zu versuchen, vor dem Anschlagen die kleine Terz richtig zu treffen.

Als Überführung zum nächsten Punkt ist es gut, dieses Spiel auch mit dem Dur-Dreiklang, d.h. mit der großen Terz, zu wiederholen.

f) Die Dualität Moll und Dur in ihren Dreiklängen

Das folgende Spiel greift tief in die historische Entwicklung der Musik und ihrer Erklärungen ein. Deswegen ist im Anhang II der Textauszug aus Riemann unter dem Stichwort Moll wiedergegeben - soweit er sich auf die beiden Dreiklänge bezieht.

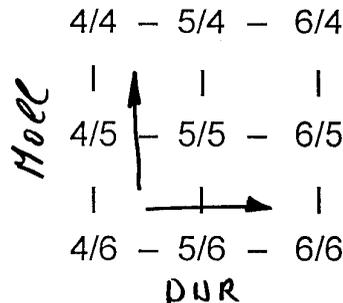


Fig. 17

Der Dur- und der Moll-Dreiklang im Terzenfeld mit gemeinsamem Grundton und gemeinsamer Quint.

Die kleine und die große Terz umschließen die genaue Mitte der Quinte. Wenn man die temperierten Tonschritte betrachtet, dann hat

- die Prime 0 cent
- die kleine Terz 300 cent,
- die große Terz 400 cent,
- die Quint 700 cent und
- die (imaginäre) Mitte der Quint wäre 350 cent.

Bei den reinen (natürlichen) Terzen, wie sie im Terzenfeld vorliegen, betragen diese cent-Werte:

- die kleine Terz $(6/5) = 317$ cent
- die große Terz $(5/4) = 386$ cent.

Sie liegen also noch näher zur (imaginären) Mitte als die Terzen auf dem normalen (temperierten) Klavier.

*Spiel: Spiele verhalten den Dur-Dreiklang $4/6 - 5/6 - 6/6$.
Wiederhole ihn und höre ihn.
Spiele ebenso den Moll-Dreiklang $4/6 - 4/5 - 4/4$.
Verschärfe den Gegensatz durch stärkeres Anschlagen der $5/6$.
Schwäche den Gegensatz durch stärkeres Anschlagen der $4/5$.
Spiele den Halbtonschritt $4/5$ und $5/6$.
Spiele wieder die Dreiklänge - und höre zu.
Schmecke die kleine Terz im Moll-Dreiklang.
Höre das Zögernde dieses Schrittes.
Stärke den Schritt durch die Art des Anschlagens: Affirmation.
Gebe ihm Kraft.*

g) Spiel der fallenden großen und fallenden kleinen Terz

Alle angegebenen Spiele sind auf dem Röhren-Terzenfeld entstanden. Die natürlichen Intervalle sind hierbei Bedingung - vielleicht auch der Klang der Rohre selbst. Wenn ich die Beispiele auf dem temperierten Klavier spiele, wirken sie eher komisch. Die Beispiele haben mit dem gängigen abendländischen Musikverständnis nur bedingt etwas zu tun. Beim Spiel der reinen Intervalle entstehen Naturbilder, Klangbilder, Gebilde, in denen Melodiefragmente und Klang verwoben sind.

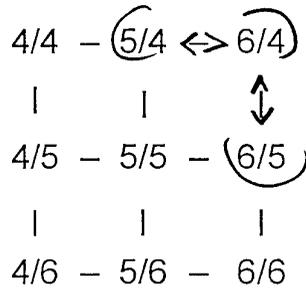


Fig. 18

Die fallende große und die fallende kleine Terz

Es geht hier um die drei Töne in der rechten oberen Ecke des Terzenfeldes: von 6/4 (dem höchsten Ton im Terzenfeld) nach 5/4 die fallende kleine Terz und von 6/4 nach 6/5 die fallende große Terz. Spiele ich die Töne in der angegebenen Reihenfolge, dann bildet der letzte Ton eine Art Abschluß. Es ist ein Bild, das ich oft wiederholen kann, wobei es gut ist, den letzten Ton - die 6/5 - mal verhalten und mal affirmativ anzuschlagen, damit eine Art Offenheit und dann wieder eine Bestätigung entsteht.

Spiel: Das Dreieck ruhig, gleichmäßig, fließend spielen.
 Höre das Schwirren der 5/4 und 6/5.
 Ändere die Richtungen: spiele von oben, spiele von unten.
 Berühre die Rohre mit der Hand - höre das Ausklingen.
 Höre das Einschwingen und den Aufbau der Obertöne.
 Schmecke die Unterschiede der Terzen.
 Schmecke das Fallen.
 Spüre mit der Hand das Schwingen.
 Suche die Knotenstellen der Klangrohre beim Anschlagen und Dämpfen.

h) Die große und die kleine Doppelterz

Es geht um die große und die kleine Doppelterz, bzw. die große und die kleine Quinte, bzw. den Tritonus und die kleine Sexte: es sind immer die gleichen Intervalle, nur verschieden benannt. Sie liegen etwas oberhalb bzw. etwas unterhalb der Quinte. Es ist das innere Quadrat im Terzenfeld. Es sind die Töne 4/5 und 5/4 bzw. 5/6 und 6/5.

Die große Doppelterz wurde bereits in c) besprochen. Die kleine Doppelterz besteht aus zwei natürlichen kleinen Terzen. In der temperierten Musik ergibt dies den Tritonus. In der natürlichen Harmonik erhalten wir das Intervall $6/5 : 5/6 = 36/25$. Dieses Intervall wird in der abendländischen Musik nicht eingesetzt, da es zu sehr aus der temperierten Harmonik herausfällt - es hat 632 cent. 600 cent dagegen ist der temperierte Tritonus, die genaue Mitte der Oktave.

Fig. 19

Oben links die große Doppelterz:
 $4/5$ nach $5/4$.
 Unten rechts die kleine Doppelterz:
 $5/6$ nach $6/5$.

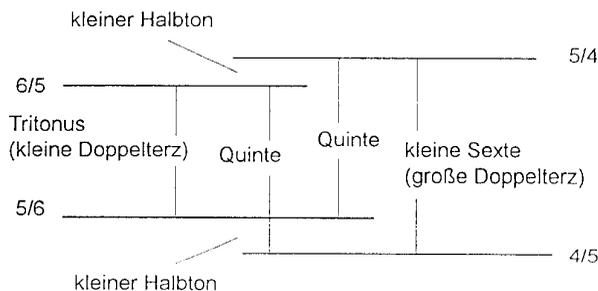
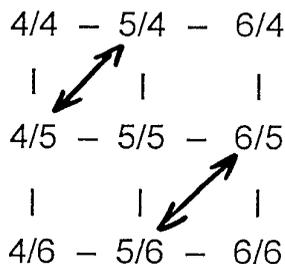


Fig. 20 Darstellung der Tonabstände

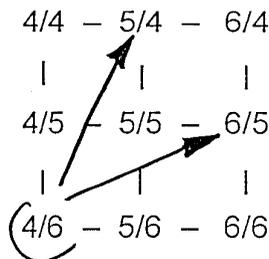
..... Spiele lange und sehr ruhig beide Doppelterzen abwechselnd - jede einmal: erst die kleine Doppelterz in aufsteigender Richtung und dann große Doppelterz in aufsteigender Richtung. Höre das unglaubliche Schwirren im Hintergrund und die sanften Schläge im Vordergrund des Klangbildes.

i) Die aufsteigende große und die aufsteigende kleine Septime

Vom tiefsten Ton des Terzenfeldes ($4/6$) zum Punkt $5/4$ ist es eine große natürliche Septime weit. Das Intervall beträgt $5/4 : 4/6 = 30/16 = 15/8$. Das ist gleichzeitig der 15. Naturton. Es ist das Intervall einer Quinte plus großer Terz. In cent beträgt dieses Intervall 1088 cent, es liegt also etwas unterhalb des Leittones der temperierten Dur-Tonleiter.

Fig. 21

Die große Septime
($4/6$ nach $5/4$)
und kleine Septime
($4/6$ nach $6/5$)



Vom tiefsten Ton des Terzenfeldes zum Punkt $6/5$ ist es eine kleine natürliche Septime weit. Das Intervall beträgt $6/5 : 4/6 = 9/5 = 1018$ cent. Das bedeutet einen Ganzton unterhalb der Oktave oder eine große Terz unterhalb des Punktes $6/4$ - dem höchsten Ton im Terzenfeld.

Spiel: Das ruhige Anschlagen des Grundtones (Punkt $4/6$) und der kleinen Septime (Punkt $6/5$) erzeugt ein stilles Bild - fast schwebungsfrei. Ich wiederhole dieses Anschlagen sehr oft. Der hohe und der tiefe Ton stehen für sich.

Spielen ich die große Septime (Punkt $5/6$) und den Grundton, so entsteht ein sehr ähnliches Bild.

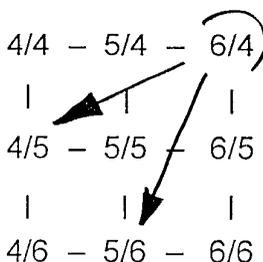
Erst beim Wechsel zwischen den beiden Septimen kommt das Schwirren der beiden Septimen, das heißt der kleine Halbton zwischen den beiden Septimen. Dieses Schwirren steht weit über dem Grundton.

j) Die fallende große und fallende kleine Septime

Die Septimen haben rechnerisch die gleichen Werte wie die steigenden Septimen. Bei den fallenden Septimen gehe von dem höchsten Ton des Terzenfeldes aus.

Fig. 22

Die große Septime fällt um
2 große und 1 kleine Terz
(oberer Pfeil) -
die kleine Septime fällt um
1 große und 2 kleine Terzen
(unterer Pfeil)



Spiel: Melodiehaftes Anschlagen der Punkte 4/5 und 5/6.
Der Halbtonabstand schwirrt, ist aber freundlicher als beim Spiel vorher.
Der Grundton liegt tiefer - es trägt das Schwirren und den hohen Ton in Punkt 6/4, den ich hin und wieder aufklingen lasse.

k) Die None

Das größte Intervall im Terzenfeld ist die None - sie überbrückt zwei Quinten oder zwei große plus zwei kleine Terzen. Das gesamte Intervall beträgt 6/4 zu 4/6, das sind 9/4 und das bedeutet auch eine Oktave plus Ganzton 9/8 - und es ist der neunte Oberton.

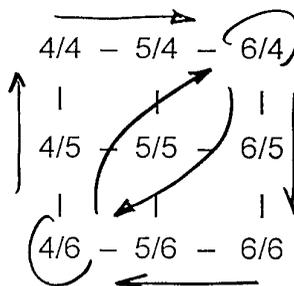
Es gibt viele schöne Wege von tiefsten zum höchsten Ton im Terzenfeld:

Grundton - große Terz - kleine Terz - große Terz - kleine Terz - None
Grundton - große Terz - kleine Terz - kleine Terz - große Terz - None
Grundton - kleine Terz - große Terz - große Terz - kleine Terz - None
Grundton - kleine Terz - große Terz - kleine Terz - große Terz - None

Es sind Mischungen, die musikalisch und klanglich alle ihren eigenen Reiz haben.

Fig. 23

Die None überbrückt zwei
Quinten oder eine Oktave
und einen Ganzton oder
zwei große und zwei kleine
Terzen



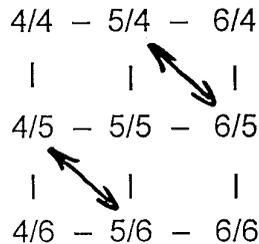
..... *Es ist gut, die None und ihre Mitte - die Quint - zu spielen.
 Es sind die Hauptstationen des Terzenweges.
 Es ist schön, die vier verschiedenen Wege der Terzen vom tiefsten
 zum höchsten Ton des Terzenfeldes und wieder zurück zu beschrei-
 ten.*

1) Der natürliche Halbton

Wir haben diesen Halbton schon sehr oft gespielt, sein Schwirren gehört, seine Bedeutung gespürt. Dieser Halbton unterscheidet die große Terz von der kleinen Terz. Die beiden Halbton-Abstände im Terzenfeld sind gleich groß: $5/6 : 4/5 = 25/24$. Dieser natürliche Halbton ist 30 % kleiner als der temperierte Halbton auf dem Klavier - er klingt geradezu zart im Verhältnis zu dem fast riesigen Halbtonabstand auf dem Klavier.

Fig. 24

Der Halbton 25/24 im Terzenfeld in seiner hohen und tiefen Lage.



In der Musiktheorie gibt es eine ganze Menge an verschiedenen Halbtönen. Während die neuere tonale Tonsatzlehre (Schönberg) sowie die Zwölftontechnik nur mit dem gleichschwebend temperierten Halbton rechnen, gibt es in der übrigen Musik (vor allem in der asiatischen Musik) so viele Halbtöne, wie es verschiedene Terzen gibt.

Spiel: Ruhiges Wechselspiel zwischen 4/5 und 5/6. Das Klangbild ganz geschlossen halten. Die Klangrohre längere Zeit mal oben anschlagen, gleich unterhalb der Aufhängung. Das helle Schwirren anhören. Dann die Rohre in der Mitte anschlagen. Es entsteht ein scheinbar gemeinsamer Grundton, über dem das Schwirren liegt.

Es sind vor allem die Obertöne, die miteinander tanzen. Wenn ich das oben liegende Halbtonintervall spiele, entsteht ein helles Singen über dem sanften Grundton. Es ist ein schönes Intervall.

m) Etwas Theorie:

Die natürliche Dur-Tonleiter aus dem Terzenfeld abgeleitet.

Das Ausgangsmaterial ist die Quintenreihe $4/6 - 4/4 - 6/4$. Jeder Wert dieser Reihe wird dem Dur-Dreiklang unterworfen, d.h. mit 1, mit $5/4$ und mit $3/2$ multipliziert. Hieraus entstehen die 8 Töne der diatonischen Tonleiter:

$$1 - 9/8 - 5/4 - 4/3 - 3/2 - 5/3 - 15/8 - 2$$

Es ist der "große" Ganzton (die natürliche Sekunde), die große natürliche Terz, die reine Quarte, die reine Quinte, die natürliche große Sexte, die große Septime und die Oktave.

Dabei wurden die Intervalle in dieselbe Oktave transformiert durch Teilen durch 2, wenn sie die Oktave überschreiten.

$4/6$	$\times 1$	$=$	$4/6$	d.h.	$4/3$
	$\times 5/4$	$=$	$20/24$	d.h.	$5/3$
	$\times 3/2$	$=$	$12/12$	d.h.	1 oder 2
$4/4$	$\times 1$	$=$	$4/4$	d.h.	1 oder 2
	$\times 5/4$	$=$	$20/16$	d.h.	$5/4$
	$\times 3/2$	$=$	$12/8$	d.h.	$3/2$
$6/4$	$\times 1$	$=$	$6/4$	d.h.	$3/2$
	$\times 5/4$	$=$	$30/16$	d.h.	$15/8$
	$\times 3/2$	$=$	$18/8$	d.h.	$9/8$

Rechts stehen die Zahlenverhältnisse der gesuchten Tonleiter. Diese Berechnung ist zum Beispiel bei Helmholtz zu finden.

n) Die natürliche Moll-Tonleiter aus dem Terzenfeld abgeleitet:

Das Ausgangsmaterial bleibt die Quintenreihe $4/6 - 4/4 - 6/4$. Jeder Wert dieser Reihe wird jetzt dem Moll-Dreiklang unterworfen, d.h. mit 1, mit $6/5$ und mit $3/2$ multipliziert.

Neu sind hierbei nur die Multiplikationen mit $6/5$. Sie ergeben die neuen Intervalle: $8/5$, $6/5$ und $9/5$. Die anderen Intervalle bleiben wie in der Dur-Tonleiter. Die 8 Tonschritte sind:

$$1 - 9/8 - 6/5 - 4/3 - 3/2 - 8/5 - 9/5 - 2$$

Wir erkennen die kleine Terz $6/5$, die wir aus den Moll-Dreiklängen kennen.

Neu ist die natürliche kleine Sexte das $8/5$. Diese kleine Sexte ist nicht aus der großen Doppelterz (das $25/16$) entstanden. Die natürliche kleine Sexte der natürlichen Moll-Tonleiter liegt 13 cent über der temperierten kleinen Sexte.

Und dann ist da noch das $9/5$, die kleine Septime. Sie liegt 18 cent über der temperierten Septime. Wir kennen diese kleine Septime aus unserem Spiel unter dem Punkt i). Es ist die Quinte plus die kleine Terz.

Anhang I

Das Terzenfeld als Klangobjekt

Die Klangbilder und Spielbeispiele im vorliegenden Text wurden im wesentlichen auf einem Röhren-Terzenfeld gespielt. Ein solches Terzenfeld besteht aus 9 Messingrohren, die in einem Holzgerüst hängen. Die Rohre werden mit einem Schlegel angeschlagen. Dieses Musikinstrument wird im Folgenden beschrieben. Vielleicht will es sich der eine oder andere nachbauen.

Die Klangrohre bestehen aus Messing (Ms63): Durchmesser 22 mm, Wandstärke 1 mm. Die Rohre können auch aus Aluminium sein, wie es bei den Windspielen verwendet wird.

Die Längen der Messing-Rohre sind in cm:

77,75	69,45	63,20
87,12	77,75	70,90
95,48	85,32	77,75

Die Rohre hängen in einem Abstand von 20 cm in einem Netz von Gummischnüren (Segler-Gummischnur aus dem Seilerei- oder Sport-Geschäft), das von einem Holzgerüst aufgespannt wird. Die Schnüre werden durch Quetsch-Ösen (auch aus der Seilerei) zusammengehalten. Damit die Rohre nicht durchrutschen, bekommen sie aus der gleichen Gummischnur einen kleinen Ring.

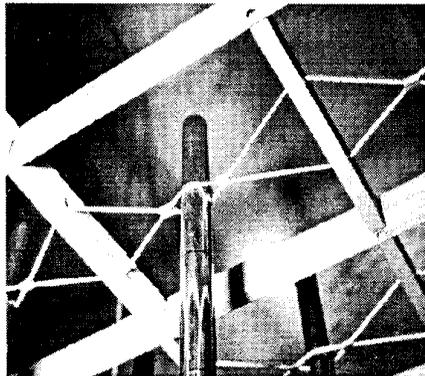


Fig. 25

*Aufhängung der
Klangrohre im
Terzenfeld*

Die Stelle der Aufhängung der Rohre (ein Schwingungsknoten) bestimmt man am besten durch Probieren: Mit zwei Fingern hält man das Rohr und schlägt es an. Das Rohr läßt man langsam durch die Finger gleiten, schlägt es immer wieder an und hört auf den Klang. Wo der Klang am längsten ausschwingt, ist der gesuchte Knoten. Er liegt etwa 13 % vom oberen Ende entfernt. Tiefer gibt es noch weitere Knotenstellen, die wie hier nicht verwenden.

Der Schlegel besteht aus einem schweren Rundholz - z.B. Buche - mit einem Durchmesser von ca. 35 mm. Sehr geeignet ist ein konisches Tischbein, 45 cm lang, vom Schreiner. Das Holz wird mit Filz beklebt, damit der Klang kräftig und zugleich sanft ist.

Zum Nachmessen der Tonhöhen mit einem Frequenzmesser:

4/4	5/4	6/4
A	CIS -14	E +2
440	550	660
4/5	5/5	5/6
F +14	A	C +16
352	440	528
4/6	5/6	6/6
D -2	FIS -16	A
293,3	366,7	440

Die Brüche sind uns ja inzwischen bekannt. Darunter habe ich die Note im temperierten System mit der Abweichung in cent angegeben. Die Angabe cent kennen wir vor allem vom üblichen Frequenzmesser oder Stimmgerät. Die dritte Zahl ist die Frequenz in Hertz.

Beim Spiel des Terzenfeldes ist es gut, die Rohre relativ weit oben anzuschlagen, damit sie nicht zu stark pendeln. Um auch die inneren Rohre leicht zu spielen, kann ich die äußeren Rohre mit der Hand nach außen ziehen und festhalten, soweit sie beim Spiel nicht gebraucht werden.

Rohre haben ein recht komplexes Klangbild, ähnlich wie Kirchenglocken. Am Obertonspektrum kann ich mich also nicht orientieren. Mit etwas Übung lerne ich in das Klangbild hineinzuhorchen, um die jeweiligen Grundtöne deutlich herauszuhören.

Das große Klangröhren-Lambdaoma

Für die PHÄNOMENA in Zürich (1984) habe ich das gesamte Lambdaoma bis zur Zahl 12 gebaut, das sind 144 Klangrohre. Die Abmessungen im Bereich der Terzen sind so wie beim Terzenfeld als Musikinstrument beschrieben. Die Grundfläche des großen Lambdaoma beträgt 2,5 m mal 2,5 m, das kürzeste Rohr hatte 213 mm und das längste 2724 mm.

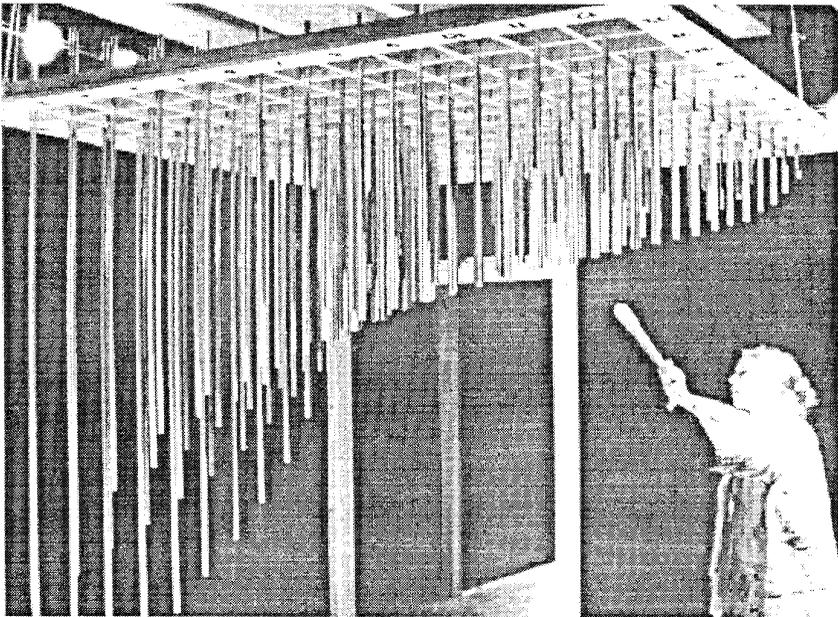


Fig. 26 Großes Klangrohren-Lambdaoma auf der PHÄNOMENA in Zürich

Das Schöne an diesem Lambdaoma als Klangobjekt ist, daß man richtig hineingehen und die Töne und Klänge mit den Ohren und den Augen wahrnehmen und hören kann.

Das Saiten-Terzenfeld

Um das Terzenfeld mit einem Saiteninstrument (Monochord) zu realisieren, genügen 3 Saiten, die in der Untertonfolge $1/4$, $1/5$, $1/6$ gestimmt sind. Wenn ich mit einem Tonabnehmer die Töne hörbar machen will, genügt ein Brett (z.B. Zedernholz wegen der relativen Verzugsfreiheit) mit einem Querschnitt von 8 cm mal 4 cm und einer Länge von 150 cm. Auf dieses Brett spanne ich 3 Saiten mit Zither-Wirbeln und je einem Steg auf jeder Seite. Der Tonabnehmer sollte gut sein, d.h. vor allem brummkompensiert. Man bekommt die Gitarrentonabnehmer in jedem Musikerladen.

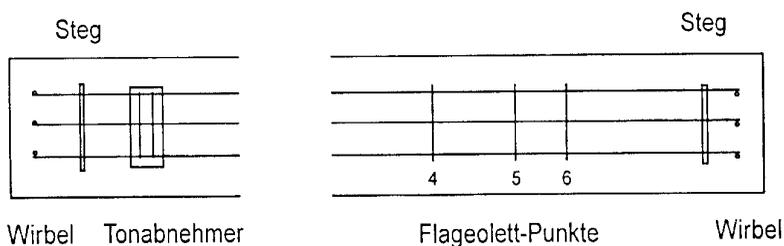


Fig. 27 Das Terzenfeld als Saiteninstrument (Monochord)

Um die Flageolett-Punkte zu finden, teile ich die Saitenlänge (zwischen den Stegen) durch 4, durch 5 und durch 6. Diese Längen trage ich vom rechten Steg ab und markiere die Orte (siehe Fig. 27). Jetzt kann ich die Saiten sehr einfach stimmen: die Flageolett-Töne

6 auf der untersten Saite
5 auf der mittleren Saite
4 auf der obersten Saite

müssen gleich sein. Wenn ich die drei Saiten in den angegebenen Punkten als Flageolett spiele, darf ich "keine" Schwebungen mehr hören. Natürlich werde ich immer sehr langsame Schwebungen hören - und das ist gut so. Jetzt sind die drei Saiten in der Untertonfolge:

$6/4$ - $5/4$ - $4/4$

gestimmt. Wenn ich die freien Saiten (ohne Flageolett) von unten nach oben spiele, dann höre ich den ansteigenden Moll-Akkord.

Spiele ich nun alle Flageolett-Punkte auf jeder der drei Saiten, dann höre ich das Terzenfeld genauso und in der richtigen Lage, wie es beschrieben wurde. Rein spieltechnisch ist es gut, die Saiten mit einem kleinen Schlegel nahe am rechten Steg anzuschlagen. Den Schlegel kann man sich aus einem kleinen Kinderxylophon-Schlegel bauen, wie sie in Musikgeschäften zu kaufen gibt. Das Holzkügelchen wird mit etwas (dünnem) Filz (Molton aus dem Kaufhaus) umwickelt.

Für die Verstärkung genügt ein normaler Mikrofonverstärker, wie er an einem Walkman, der für Aufnahmen geeignet ist, zu finden ist.

Schön ist es, zunächst die "Gleichtonlinie" $4/4 - 5/5 - 6/6$ sehr oft zu spielen und den zarten Obertönen und fernerer Schwebungen zu lauschen. Als nächstes kleines Feld können die großen Doppelterzen oben links $4/5 - 5/5 - 5/4 - 4/4$ als sehr harmonisches Intervall-Spiel angeschlagen werden. Als harmonisch höre ich auch das Feld der kleinen Doppelterzen unten rechts $5/5 - 5/6 - 6/6 - 6/5$. Es ist gut die Spielrichtung hin und wieder zu ändern. Heftige Schwebungen höre ich natürlich bei dem Wechselspiel der kleinen und großen Terzen unten links und oben rechts. Denn immer wenn ich auf die nächste Saite gehe, höre ich den kleinen natürlichen Halbton als Intervall, wenn ich die Saiten nicht nach jedem Anschlagen wieder dämpfe.

Eine richtige kleine Musik entsteht, wenn ich die Eckpunkte des Terzenfeldes spiele: $4/4 - 4/6 - 6/6 - 6/4$. Der Ton $6/4$ ist sehr hoch in dieser Musik. Ich kann diesen "Bruch" abfangen, wenn hin und wieder auch die Saiten als freie Saiten spiele. Dann höre ich die Mächtigkeit des Grundtones.

Auch die einfachen Melodien im Durdreiklang, wie sie beschrieben wurden, sind gut zu spielen und zu hören. Zum Einstimmen sollte immer wieder die Gleichtonlinie angeschlagen werden.

Natürlich kann man sich auch ein Monochord mit 12 Saiten bauen und alle Saiten nach Untertönen stimmen. Man braucht dazu nur die "Gleichtonlinie" aus dem Terzenfeld heraus nach oben und unten fortzusetzen. Auf diese Weise entsteht ein Saitenlambdoma mit 12×12 Spielpunkten. Die oberste Saite ist hierbei technisch schwer zu realisieren. Sie liegt immerhin 3 Oktaven und eine Quinte über der tiefsten Saite. Die tiefen Saiten müssen auf jeden Fall umspannen - d.h. sehr schwer sein.

Das Lambdoma als Berührungsfeld

1977 entstand das unten abgebildete Lambdoma unter dem Namen "Teilton-Spielfeld". Die Entwicklung wurde von der "Engelhorn-Stiftung zur Pflege und Förderung der Kunst" unterstützt. Auf einer Tafel sind $12 \times 12 = 144$ Punkte, die beim Berühren den entsprechenden Ton aufrufen. 1977 war eine digitale Computer-Lösung finanziell noch zu aufwendig. Die Tafel des Teiltonspielfeldes erzeugt Spannungen linear abhängig vom Zahlenverhältnis des Spielpunktes. Zum Beispiel ergibt der Punkt $12/1 = 12$ Volt, $4/4 = 1$ Volt oder $7/11 = 0,636$ Volt. Diese Spannungen werden in einem absolut linearen Tongenerator in die entsprechenden Frequenzen umgesetzt - z.B. 12 Volt = 1200 Hz, 1 Volt = 100 Hz und 0,636 Volt = 63,6 Hz. Dies entspricht unmittelbar den gesuchten Tönen der Teilverhältnisse. Beim Berühren der Punkte entsteht gleichzeitig ein "Trigger-Signal" für einen "Hüllkurven-Generator", der den Tonverlauf bestimmt, z.B. ein schlagartiger Lautstärkenanstieg mit nachfolgendem ruhigen Ausklingen. Dieses Instrument existiert und funktioniert noch einwandfrei.

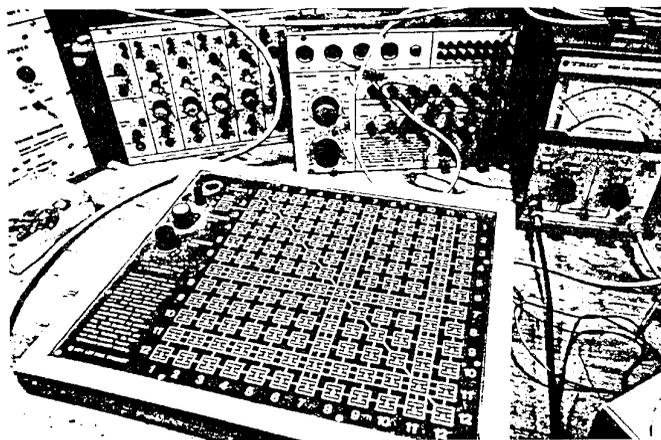


Fig. 28 Das Lambdoma als Berührungsfeld auf der Basis eines Analog-Rechners. Vorne ist die Spieltafel mit der Einstellmöglichkeit des Grundtones und den 144 Spielpunkten. Im Hintergrund stehen die "linearen" Synthesizer zur Ton- und Hüllkurvenerzeugung. Dieses Musikinstrument wurde bereits bei vielen öffentlichen Konzerten eingesetzt.

Von Peter Neubäcker gibt es eine reine Computer-Lösung des Teilton-Feldes: auf dem Bildschirm wird das Zahlenfeld abgebildet und mit der Computer-Maus können die Punkte angeklickt werden. Der Computer rechnet die Zahlenverhältnisse so um, daß sie von dem angeschlossenen Sound-Gerät in der entsprechenden Tonhöhe wiedergegeben werden. Es lassen sich Intervalle mehrerer Töne auch parallel spielen. Das Spielfeld kann in allen notwendigen Größen realisiert werden.

Das Ch'in

Wie bereits erwähnt, ist das ehrwürdige chinesische Ch'in ein geeignetes Musikinstrument, auf dem Ober- und Untertonreihen gespielt werden können.

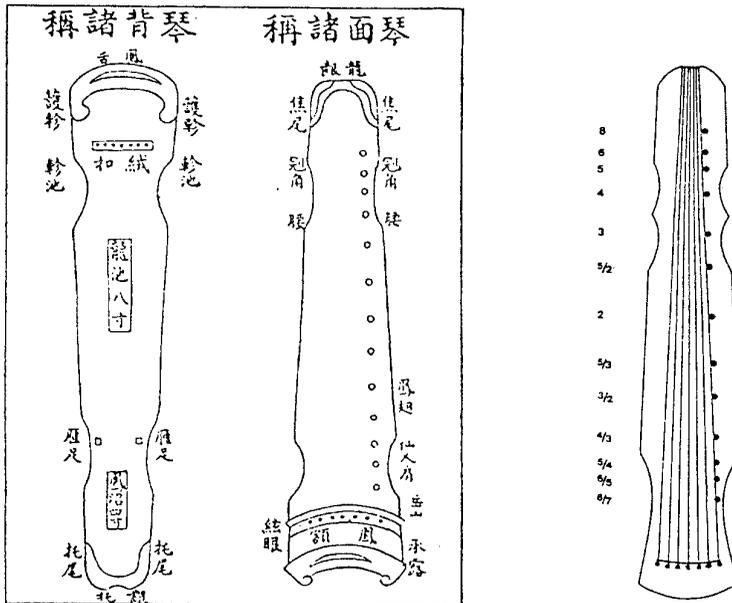


Fig. 29 Links ist eine Originalzeichnung des Ch'in wiedergegeben, die die Rück- und Vorderseite des Instrumentes zeigt. Rechts ist eine Grafik des Ch'in mit den 7 Saiten und den Ziffern zu den Spielpunkten.

Die früheste Erwähnung des Ch'in, in einer Ode, datiert aus der Zeit um 1100 v. Chr. Für Konfuzius (551 v. Chr.) hatte das Ch'in als "Lehrmeister" eine große Bedeutung. Konfuzius und Pythagoras waren Zeitgenossen.

Die Teilverhältnisse der Spielpunkte auf dem Ch'in lauten:

8 - 6 - 5 - 4 - 3 - 5/2 - 2 - 5/3 - 3/2 - 4/3 - 5/4 - 6/5 - 8/7

Für das Ch'in werden viele, fast modern anmutende, Spieltechniken in der Literatur genannt: Anzupfen der leeren Saiten, Flageolett, Anzupfen und Wandern mit dem Fingernagel auf der Saite, Drücken der Saite auf das Griffbrett, Vibrato auf vielerlei Art etc.



Mmc. T'sar Tey-yun—Ch'in

Fig. 30 Spieltechniken auf dem Ch'in

Das Ch'in hat eine ähnliche Funktion wie bei uns früher das Monochord: es ist ein Lehr- und Spielinstrument.

Spiel der Untertonreihe auf dem Ch'in: Zupfe ich das Ch'in rechts an und drücke die Saite auf das Griffbrett nacheinander bei den folgenden Stellen und spiele am Schluß die ganze Saite:

$5/4 - 5/3 - 5/2 - 5 -$ ganze Saite

so höre ich fünf Töne der Untertonreihe von oben nach unten.

Das Schnurdreieck als Mollakkord

Zum Abschluß dieser kleinen Instrumentenkunde soll noch das Schnurdreieck erwähnt werden, da es wohl zu den ältesten Beispielen für den Zusammenhang von Zahl und Musik gehört. Gefunden habe ich diese Mitteilung bei Hugo Kükelhaus in seinem Werk "Urzahl und Gebärde" aus dem Jahr 1934. Aus der Schule ist uns das pythagoreische Dreieck bekannt mit seinem Zahlengesetz $a \times a + b \times b = c \times c$ zur Realisierung eines Dreiecks mit einem rechten Winkel. Nur das Zahlenverhältnis der Zahlen $a=3$, $b=4$ und $c=5$ erfüllt für aufeinander folgende ganze Zahlen diese Bedingung.

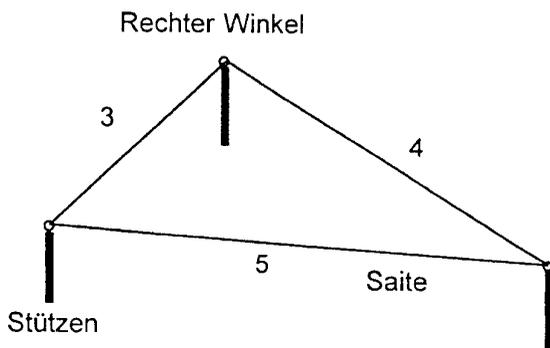


Fig. 31 Das pythagoreische Schnurdreieck klingt als Moll-Akkord

Kükelhaus schreibt hierzu: "Pythagoras spannte eine durchgehende Saiten über die Punkte eines solchen Dreiecks und fand als Tonschwingungen den Mollakkord ut-mi-la. Und er fand darin den Inbegriff für das Geheimnis, daß die Zahlen, Töne und Körper im Weltall durch Zwischen-

räume getrennt sind und dennoch zusammenklingen und zusammenwirken können. Was sie verbindet und zur Erscheinung bringt, ist die wesenslose Zahl."

Zur Erklärung: Die umlaufende Saite hat überall die gleiche Spannung. Die Saitenlängen bilden das Verhältnis 3 : 4 : 5. Die Tonhöhe einer Saite ist umgekehrt proportional zu ihrer Länge. Ich höre im vorliegenden Fall die Tonhöhen $1/3 : 1/4 : 1/5$. Das ist die große Terz und die Quarte, z.B. die Töne c, e, a. Setze ich den Grundton a um eine Oktave tiefer, dann entsteht die Folge A, c, e. Das sind die Töne $1/6, 1/5, 1/4$ in aufsteigender Folge. Dies ist der Mollakkord mit der kleinen und nachfolgenden großen Terz.

Die Abweichung der Teiltöne

Eine Saite mag den Grundton von 100 Hz haben. Wenn ich diese Saite anzupfe, dann höre auch genau diesen Ton von 100 Hz. Diese Saite hat auch Teil- oder Partialtöne, die den Klang der Saite charakterisieren. Vielfach wird nun angenommen, daß diese Teiltöne eine Tonhöhe haben, die exakt dem Vielfachen des Grundtones entsprechen. Diese Annahme ist falsch, auch wenn wir auf diese Annahme unsere gesamte Musiktheorie begründen. Die Abweichungen sind sogar erheblich. Ganz allgemein gilt wohl in der Natur, daß die erwarteten theoretischen Werte nur in der ersten Näherung stimmen. Vielleicht machen diese Abweichungen den Reiz des Natürlichen und Lebendigen aus.

Die nebenstehende Grafik zeigt die Ergebnisse von Messungen, die ich in diesem Zusammenhang durchgeführt habe:

Die Kurven 1 bis 3 beziehen sich jeweils auf dieselbe Saite der Stärke 0,4 mm und der Länge 72 cm, nur die Spannung der Saite wurde geändert. Von der Messung 1 zur Messung 3 wurde die Spannung so erhöht, daß sich bei Messung 2 die Quinte und bei Messung 3 die Oktave ergab.

Wir erkennen, daß die Abweichungen um so geringer sind, je höher die Saitenspannung ist. Dies ist einer der Gründe dafür, daß bei Klavieren die höchstmögliche Saitenspannung gewählt wird.

Die Kurve 3 entspricht ungefähr der Saitenspannung der e-Saite der Violine.

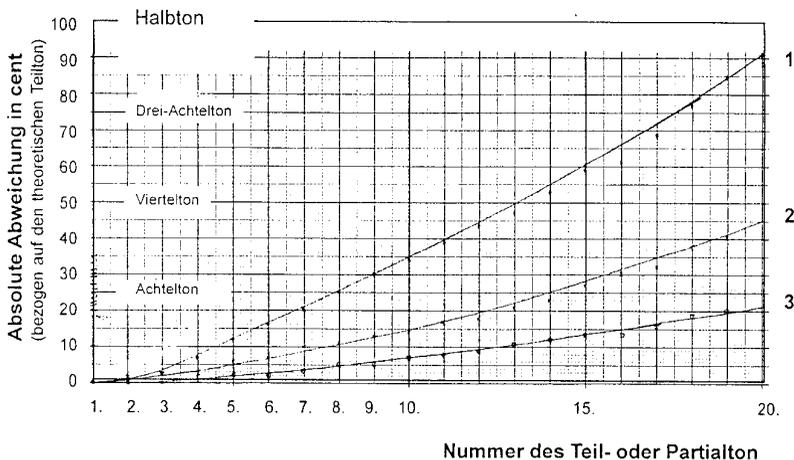


Fig. 32 Messung der Abweichungen der Teiltöne von ihren theoretischen Vielfachen des Grundtones.

Kurve 1: Grundton 100 Hz

Kurve 2: Grundton 150 Hz

Kurve 3: Grundton 200 Hz

Und für die Physiker: Bei der Messung der Abweichung der Teiltöne wurde die Saite vollkommen unberührt gelassen. Das Meßverfahren war: eine Schwingspule regt die Saite zum Schwingen an. Die Frequenz der Schwingspule wurde kontinuierlich nach oben geregelt und sehr genau gemessen. Ein normaler Gitarrentonabnehmer registrierte die Intensität der Saitenschwingung. Bei jedem Teilton gab es ein Maximum der Schwingung (Resonanz-Phänomen). Die jeweiligen Frequenzen der Maxima sollten eigentlich Vielfache der Grundfrequenzen sein. Die Abweichungen von diesen theoretischen Vielfachen sind die Kurven in Fig. 32.

Es gibt auch eine Erklärung für diese Abweichungen: Das wirkliche Ende der eingespannten Saite ist nicht der exakte Ort der beiden Stege auf jeder Seite, sondern liegt etwas weiter innen. Der Steg wirkt auf die Saite so, als wäre sie fest eingespannt, und verlagert so den äußersten Schwingungsknoten etwas nach innen.

Die Chinesen hatten bei ihren Bestimmungen der Tonintervalle ein ähnliches Problem. Sie verwendeten nicht wie Pythagoras die Saite, sondern die Länge der Flöten. Auch hier ist der äußerste Knoten der Schwingung nicht der genaue Ort der Flötenöffnung, sondern liegt etwas weiter außerhalb. Daraus ergaben sich Abweichungen zur theoretischen Berechnung, die die Chinesen sehr beschäftigten - noch vor der Zeit des Pythagoras!

Anhang II

Historische und theoretische Begriffe

Um nicht alles nachzuformulieren, gebe ich in diesem Anhang im wesentlichen die Texte aus dem Riemann Musiklexikon wieder - versehen mit einigen Kommentaren, soweit sie den speziellen Fall des Teilton- und des Terzenfeldes betreffen. Das Riemann Lexikon ist das Standardwerk für Fragen aus der Musik. Von Vorteil ist auch, daß Riemann selbst versucht hat, die Zusammenhänge und Besonderheiten zwischen musikalischen Tonskalen und Intervallen und dem heute wieder an Bedeutung gewonnenen Klang herausgearbeitet hat. Riemann hat selbst Überlegungen und Forschungen angestellt und stellt diese in seinem Lexikon auch dar. Er ist hier nicht mehr reiner, unbeteiligter Lexikonmacher.

Der Dualismus zwischen linearer und vertikaler Tonzuordnung (Mehrstimmigkeit bis hin zur Zwölftontechnik) und der Bedeutung des Klanges im Musikschaffen ist nach wie vor nicht aufgelöst. Musik besteht meiner Meinung nach aus drei Materialien:

der Tonskala (inklusive der Harmonik),
dem Klang und
dem Rhythmus.

Die abendländische Musik lebt von der Harmonik und den beiden Skalen (Dur und Moll), die asiatische Musik lebt vom Klang (und der Individualität des einzelnen Tones) und die afrikanische (und in der Folge auch die südamerikanische) Musik lebt vom Rhythmus.

In den Betrachtungen zum Terzenfeld steht vor allem die Zahl im Vordergrund. Wir haben es hier mit einer musik-ästhetischen Haltung zu tun. Zum Beispiel feiert die indische Musik die Zahl vor allem in ihren komplexen Rhythmen.

In diesem Zusammenhang will ich auf die Bedeutung der Forschungen und Entdeckungen des griechischen Wissenschaftlers Pythagoras (geb. um 570 v. Chr.) hinweisen. Vor allem die Entdeckung, daß die "Wiedergabe" eines "einfachen" Zahlenverhältnisses (z.B. das Verhältnis $\frac{2}{3}$ der Quinte) eine psychische Reaktion auslösen kann, ist für die Entstehung der abendländischen Wissenschaft und auch der Entwicklung unserer Musik von entscheidender Bedeutung.

Die Teiltöne, die Obertöne, der Klang

Zunächst ein längeres Zitat aus dem "Riemann":

"Teiltöne, Partialtöne. Im allgemeinen besteht ein als Ton wahrnehmbarer Schwingungsvorgang nicht aus einfachen Sinusschwingungen; z. B. schwingt eine Saite nicht nur als Ganzes, sondern gleichzeitig auch in ihren aliquoten Teilen ($\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$... der Saitenlänge). Diese Teilschwingungen - auch die Schwingung der Saite als Ganzes ist als Teil des Schwingungsvorgangs anzusehen - können als Teiltöne (Partialtöne) gehört werden.

Der 1. Teilton ist der Grundton; der 2. Teilton (auch Teilton 2. Ordnung) bildet die Oktave zum Grundton und ist der 1. Oberton, usw. Die den ganzzahligen Obertönen der Obertonreihe (auch Aliquotöne, Aliquoten) entsprechenden Teilschwingungen werden auch als Harmonische der Grundschwingung bezeichnet; Teilschwingungen, deren Schwingungszahlen nicht ganzzahlige Vielfache der Schwingungszahl der Grundschwingung sind, heißen Unharmonische (zum Beispiel das Geräusch oder die Glocke).

Partialtonreihe und Naturtonreihe (siehe Intervall-Tabelle im Musiklexikon, Riemann) stimmen in ihren zahlenmäßigen Relationen zum Grundton überein, doch sind die durch Überblasen hervorgebrachten Naturtöne ebenso wie die auf Saiteninstrumenten darstellbaren Flageoletöne von den Teiltönen zu unterscheiden, die stets nur als Teil eines Tones (Klanges) wahrgenommen werden können.

Der Terminus Teilton wird, obwohl er allein Darstellungen psychologischer Vorgänge der Wahrnehmung vorbehalten bleiben sollte, oft für den Begriff Teilschwingungen eingesetzt und für Darstellungen im physikalisch-

akustischen Bereich verwendet; jedoch werden mit dem Begriff Schwingungen die physikalischen Abläufe hinreichend umschrieben.

Die graphische Darstellung der einen Schwingungsablauf konstituierenden Teilschwingungen heißt Frequenzspektrum; die Teilschwingungen werden durch Frequenzanalyse ermittelt. Für die Klangfarbe sind nicht (wie H. v. Helmholtz vermutete) Teilschwingungen einer bestimmten Ordnungszahl entscheidend, sondern für jedes Instrument und für jede Stimme charakteristische Frequenzbereiche, in denen die Teilschwingungen durch Resonanz besonders intensiv verstärkt werden (Formant).

Das Frequenzspektrum der gedeckten Orgelpfeife (Gedackt) ist dadurch gekennzeichnet, daß ihm die geradzahligen Teilschwingungen fehlen (z. B. Quintaden); der Gesamtklang der Orgel wird, um ihn obertonreicher zu gestalten, durch die selbständig im Obertonabstand zu den Grundtönen erklingenden Pfeifen der Aliquotstimmen und Gemischten Stimmen modifiziert.

Der Tonhöhereindruck ist nicht immer vom Vorhandensein der Grundschwingung abhängig, sondern kann unter bestimmten Umständen durch Teilschwingungen höherer Ordnung aufrechterhalten werden (Residualtonhöhe). Fallen Teilschwingungen zweier simultaner Schwingungsvorgänge zusammen, so tritt Verschmelzung ein.

Die Naturklangtheorie betrachtete die Partialtonreihe als das naturgegebene Vorbild der musikalischen Tonbeziehungen (Harmonie). Auch den Molldreiklang hat man unter dem Aspekt der Partialtonreihe zu betrachten versucht."

Der letzte Satz drückt aus, das dieses Thema nicht abgeschlossen ist. Soweit ich in der Musik bei einstimmigen Melodien bleibe, spielt es für die Aussage der Musik keine wesentliche Rolle, ob ich die gewählten Töne aus der natürlichen oder z.B. aus der temperierten Skala verwende. Lege ich gleichzeitig auf die Aussage des begleitenden Klanges wert, dann wird die natürliche Skala wichtig.

Die Untertöne (Riemann)

Einerseits ist es wohl so, daß die Untertöne als physikalische - den Klang konstituierende - Erscheinung nicht existieren. Andererseits kann ich Untertöne zu einem gegebenen Grundton jederzeit herstellen und als musikalisches Material einsetzen.

Im Musiklexikon von Riemann (1967) steht unter "Untertöne" folgendes:

"Untertöne nannte H. Riemann diejenige Reihe von Tönen, welche sich im umgekehrten Verhältnis der Obertonreihe nach der Tiefe erstreckt, d. h. diejenigen Teilschwingungen, die sich als Umkehrung z.B. der Reihe 4:5:6 in die Reihe 1/4 : 1/5 : 1/6 verstehen lassen. Für Tartini und v.Oettingen waren die Untertöne eine Hypothese. Riemann bemühte sich um den Nachweis dieser Schwingungen, da es nahelag, analog zur (physikalischen) Deutung der Konsonanzwirkung des Durakkords auch die Wirkung der Mollkonsonanz auf Teilschwingungen zurückzuführen. Er vermutete zunächst, angeregt durch die Helmholtzsche Hypothese der Tonempfindungen, daß nach dem Gesetze des Mittönens die den Untertönen entsprechenden Fasern der Membrana basilaris ebenso wie frei aufgespannte Saiten partielle Schwingungen ausführten, welche dem angegebenen Tone entsprechen (Riemann 1875). Später glaubte Riemann, die Untertöne in seinen Beobachtungen an Zweiklängen experimentell belegt zu haben. Seine Versuchsergebnisse lassen jedoch heute erkennen, daß diese vermeintlichen Untertöne nichts anderes als die auf nichtlinearer Verzerrung beruhenden Kombinationstöne waren (Reinecke 1963). Stumpf wandte sich gegen die physikalische Erklärung des Dur-Moll-Phänomens, während Kruegers Beobachtungen ein erster experimenteller Beweis dafür waren, daß Untertöne, wenn sie überhaupt existieren, außerhalb des menschlichen Hörbereichs liegen müssen. Inzwischen sind Untertöne von B. van der Pol in einem elektrischen Schwingkreis hörbar gemacht worden (1927). Ebenso wurde das Entstehen von Untertönen an einem Instrument zur elektronischen Schallerzeugung (Trautonium) durch elektroakustische Schalltechnik ermöglicht."

Für die Konstruktion des Teilton-Feldes (Lambdoma) ist die Reihe der Untertöne unabdingbar. Ich kann das Teilton-Feld als reine (ästhetische) Gedankenkonstruktion ansehen ohne Bezug auf die Frage, ob Untertöne eine weiterreichende Bedeutung haben als die Töne entsprechend gestimmter Saiten eines Musikinstrumentes. Das Teilton-Feld als Musikinstrument hat dennoch eine eigene (musikalische) Qualität.

Die Terz

Das Terzen-Feld innerhalb des Teilton-Feldes lebt von den verschiedenen Größen der Terzen. Deshalb möchte ich an dieser Stelle ausführlich den "Riemann" zu Wort kommen lassen. Das Wort "Terz" hat überhaupt nichts mit den Zahlen innerhalb des Teilton-Feldes zu tun

und natürlich auch nichts mit den Zahlen des Obertonspektrums des Klanges - es ist ganz einfach der "dritte" Ton in der (diatonischen) Dur- bzw. Moll-Tonleiter.

Riemann unter "Terz":

"Terz (lat. tertia, dritte, in der älteren Musiklehre auch Ditonus), die 3. Stufe in diatonischer Folge, das zusammen mit der reinen Quinte den Dreiklang konstituierende Intervall. Die musikalische Praxis kennt die Terz als groß, klein, vermindert und übermäßig.

Die musikalische Akustik kennt die große und kleine Terz als natürlich (4:5 und 5:6), pythagoreisch (64:81 und 27:32) und gleichschwebend temperiert ($1/3$ und $1/4$ der Oktave). Der akustische Unterschied zwischen pythagoreischer und natürlicher Terz, das syntonische Komma, wird in der musikalischen Praxis nicht berücksichtigt.

Die Terz, in der einstimmigen Musik der Antike und des Mittelalters als emmelisches Intervall gewertet, erscheint in der Klassifikation der Intervalle bei Johannes de Garlandia und Franco von Köln als Concordantia imperfecta. Die bis zur Mitte des 16.Jh. gültige Deutung der Terz als unvollkommener Konsonanz besagt, daß die Terz im mehrstimmigen Satz zwar notwendig und wohlklingend sei, daß sie aber, zumindest in der Klausel am Schluß eines Abschnitts, in die vollkommenen Konsonanzen Einklang oder Quinte aufgelöst werden solle.

Bei dem seit dem 16.Jh. üblichen Schlußklang mit Terz wurde bis ins 18.Jh. regelmäßig auch in Mollsätzen die große Terz (wegen ihres höheren Konsonanzgrades) verwendet (Picardische Terz).

Nachdem seit den Pythagoreern allein die Quinte dem Aufbau des Ton-systems zugrunde gelegt worden war, galt seit dem 16.Jh. (Fogliano, Zarlino) auch die Terz als konstitutives Intervall. In weiterer Verfolgung dieses Gedankens erkannte J.-Ph. Rameau die Terzen-Schichtung als Prinzip des Aufbaus aller Akkorde. Dieses für die Harmonielehre des 18./19.Jh. grundlegende Prinzip wurde im 20.Jh. aufgegeben zugunsten von Klangformen, die auch andere Intervalle als konstitutive Elemente enthalten.

In der Musikethnologie wird das in der Rufmelodik bevorzugt auftretende Distanzintervall als Ruf-Terz bezeichnet."

Die Terz in der Musik anderer Kulturen hat sicher weitaus größere Bedeutung als nur "Ruf-Terz" zu sein. In der islamischen (und vielleicht noch mehr in der indischen) Musik wird die Terz in vielen Gestalten und

Größen in der Melodie eingesetzt. In dieser Musik existiert noch die komplexe Lebendigkeit wie sie auch noch in der mittelalterlichen Musik (Kirchentonarten etc.) Bedeutung hatte.

Die feinen Abstufungen und Bedeutungen der Töne wurde in unserer Musik zu Gunsten der Mehrstimmigkeit aufgegeben.

Über die Dur-Moll-Dualität

Auszug aus Riemann unter dem Stichwort "Moll":

Dieser Text wird ausführlich wiedergegeben, weil er auf die Ober- bzw. die Partialtöne eingeht und weil er zeigt, wie wichtig den Musikern und Wissenschaftlern das Verstehen der Zusammenhänge der Musik mit den Zahlen früher war.

“Dur- und Moll-Dreiklang gelten seit Zarlino (1558) als die zwei Akkorde, auf denen alle Vielfalt tonaler Harmonie beruht. Beide unterscheiden sich durch die Einstimmung ihres mittleren Tones, der in Moll eine kleine Terz zum Grundton bildet. Die unleugbare Tatsache des gleichen oder zumindest ähnlichen Konsonanzgrades, aber unterschiedlichen Klangcharakters beider Dreiklänge hat die Musiktheorie vom 16. bis zum 20. Jh. beschäftigt, ohne daß eine allgemeinverbindliche Erklärung dafür gefunden werden konnte.

Für Zarlino, der die Existenz der Partialtöne noch nicht kannte, war der Moll-Akkord weniger vollkommen als der Durakkord, da die Saitenlängen seiner Töne (nur) der arithmetischen und nicht wie beim Durdreiklang der harmonischen Proportion entsprechen.

Rameau schwankte in der Beurteilung des Moll-Dreiklangs. Anfänglich (1722) gegen Zarlino eingenommen, kommt er 1737 doch auf die arithmetische Proportion zurück und gelangt zu einer quasi dualistischen Moll-Erklärung. Deren akustischer Fragwürdigkeit wird er sich in der Démonstration (1750) bewußt und nimmt für den Moll-Akkord zwei Erzeugertöne an, womit er H. v. Helmholtz' Erklärung vorwegnimmt. Im Anhang seiner Spätschrift Code de musique (1760) benutzt er zur Ableitung des Moll-Dreiklangs ausschließlich die Obertonreihe ($e_2 - g_2 - h_2 = 10:12:15$ über $C = 1$).

Die einseitige Betrachtung des Moll-Akkords unter dem Aspekt der Partialtöne vermag aber dessen Konsonanz nicht zu erklären, da sich einerseits

der Ton *es* des Dreiklangs *c es g* nicht unter den Obertönen von *c* befindet und andererseits der Grundton des Moll-Dreiklangs, der in der Partialtonreihe vorkommt ($e_2 - g_2 - h_2$), nicht mit dem Grundton der Partialtonreihe (*C*) zusammenfällt.

H. v. Helmholtz charakterisiert daher 1862 den Moll-Dreiklang als »getrübt« Konsonanz und analysiert ihn als Kombination der Elemente zweier Durklänge, z. B. *c - es - g* als *c - g* (von *C*) + *es* (von *Es*).

Mit dieser Auffassung verwandt ist die Moll-Erklärung des »Monismus« (A.J. Polak, *Über Zeiteinheit in bezug auf Consonanz, Harmonie und Tonalität*, Leipzig 1900), wonach der Moll-Klang als »vermittelte« (»kombinierte«) Konsonanz nicht unabhängig auf sich beruht, sondern stets von mehreren Dur-(Natur-)Klängen abgeleitet ist.

Der von Hauptmanns dialektischer Erklärung des Dur-Moll-Gegensatzes ausgehende Dualismus A. v. Oettingens und Riemanns sucht dagegen das den Moll-Dreiklang bildende Terz-Quint-Verhältnis nicht oberhalb, sondern unterhalb des harmonischen Zentrums. Dur- und Moll-Dreiklang sind hier zwar polar entgegengesetzte, aber gleichberechtigte Konsonanzen.

Kurth (1913) betrachtet Dur- und Moll-Akkorde gleicher Basis als entgegengesetzt gerichtete relativ schwächste Abweichungen vom (imaginären) Fall absoluter Ruhe. Denn jede große Terz habe Leittonspannung nach oben, jede kleine nach unten.

Die mangelnde Eindeutigkeit des Moll-Geschlechts gibt zwar der Musiktheorie Rätsel auf, hat aber das Komponieren ungemein befruchtet. Moll-Harmonik schwankt zwischen gleichnamigem und parallelem Dur; sie wirkt daher im ganzen farbiger als die Durharmonik und wurde im 19. Jh. dem Dur vorgezogen.”

Literaturhinweise

- Heinrich E. Benedikt: Die Kabbala, Bauer Verlag
- R. H. van Gulik: The Lore of the Chinese Lute, Tokyo, Sophia University, 1940
- Hermann von Helmholtz: Tonempfindungen, Sechste Ausgabe, 1977, Karlsruhe, Band I.
- Hans Kayser: Lehrbuch der Harmonik, 1950, Occident Verlag, Zürich
- Hugo von Kükelhaus: Urzahl und Gebärde, 1. Auflage 1934, hier 3. Auflage 1980, Zürich.
- Robert Lawlor: Sacred geometry, Philosophy and Practice, 1982, Thames and Hudson, London.
- John Levy: Chinese Classical Music, Westminster Records, WBBC-8003, April 1968
- Ulrich Michels (Hrg.): dtv-Atlas zur Musik, Band I, Karlsruhe, 1977
- Barbara Münxelhaus: Pythagoras musicus, Zur Rezeption der pythagoreischen Musiktheorie als quadriviale Wissenschaft im lateinischen Mittelalter, Verlag für systematische Musikwissenschaft, Bonn - Bad Godesberg, 1976
- Hugo Riemann: Riemann Musiklexikon, Sachteil, 1967, B.Schott's Söhne, Mainz.
- Rudolf Stössel: Harmonikale Modelle zur Veranschaulichung der Ober- und Untertonreihe, Schriften über Harmonik Nr. 13, Bern 1985
- Albert von Thimus: Die harmonikale Symbolik des Alterthums, 1868, Köln, Band I, (Seite 132 ff).