

Die Naturtonreihe

Horn ohne Züge und Ventile

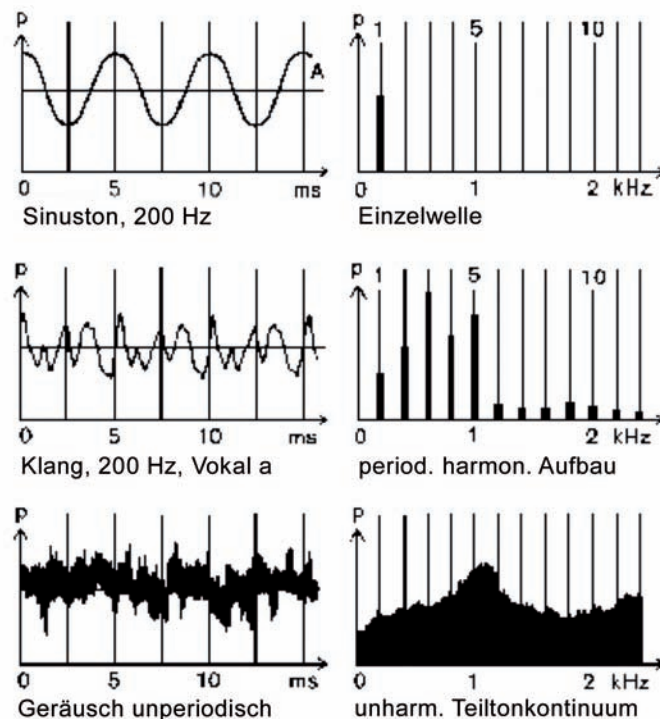
von

Hans-Jürg Sommer

Die Naturtonreihe

Musikalische Grundlagen

Klänge gleich welcher Art, ob Ton oder Geräusch, wohlklingend oder schräg, konsonant oder dissonant, beruhen immer auf den Schwingungen eines Mediums. Zur Fortpflanzung dieser Schwingungen dient die uns umgebende Luft; ohne sie wäre alles um uns herum absolut lautlos, die Sprache fiel als Verständigungsmittel aus. Eine Schwingung (Vibration), die sich in einem Medium ausbreitet, nennt man Schallwelle. Zur Übertragung und Verstärkung der Schwingungen dient in der Regel ein fester Körper wie ein Stück Holz oder Metall. Alle Musikinstrumente enthalten ein elastisches Element (Saite, Membran, Lippen etc.) das vom Musiker mehr oder weniger kunstvoll in Schwingungen versetzt wird, so dass Töne oder Geräusche entstehen.



Sind die Schallwellen regelmässig, spricht man von periodischen Schwingungen. Eine Periode ist der Zeitabschnitt, nach dem sich die Schwingungsform identisch wiederholt. Bei geräuschhaften Klängen ist die wahrnehmbare Wiederholung nicht gegeben, man bezeichnet sie daher als aperiodische Schwingungen. Die Zahl der (periodischen) Schwingungen pro Sekunde nennt man Frequenz. Oder anders ausgedrückt: Die Frequenz ist die Anzahl der Perioden in einer Sekunde. Die Frequenz wird in Hertz (Hz) angegeben. Die Frequenz einer periodischen Schwingung ist in der Musik von grosser Bedeutung, denn sie entspricht der hörbaren Tonhöhe. Der «Kammerton» a' hat eine Frequenz von 440 Hz. Je höher die Frequenz (grössere Anzahl Schwingungen pro Sekunde) ist, desto höher erklingt der Ton.

Die einfachste Form einer Schwingung ist die so genannte Sinusschwingung. Sie kann nur elektronisch generiert werden, in der Natur kommt sie nicht vor. Alle anderen mechanisch oder elektronisch erzeugten Schwingungen haben eine andere, komplexere Schwingungsform. Diese Form ist ein sehr wichtiges Kriterium bei der Beschreibung einer Klangfarbe. Spielen eine Trompete und eine Geige z.B. den Kammerton a' und auch mit der gleichen Lautstärke, also gleichen Amplitude, sind sie dennoch leicht zu unterscheiden, denn sie erzeugen einen Ton in unterschiedlicher Klangfarbe. Obwohl auch noch verschiedene andere Vorgänge für die typische Klangfarbencharakteristik eine Rolle spielen (geräuschhafte Anteile, zeitabhängige Klangveränderungen, spieltechnische Eigenheiten usw.), so ist es doch im Wesentlichen die Form der Schwingung, die die Klangfarbe eines Instrumentes prägt.

Die Naturtöne

Bereits die alten Griechen haben das Wesen der Naturtonreihe gekannt (Pythagoras hat mit ihr experimentiert), aber erst der gelehrte Pariser Ordenspriester Marin Mersenne (1588-1648) gilt als eigentlicher Entdecker der Naturtöne. Er fand, dass bei jedem einzelnen genügend kräftigen Ton auch noch andere (Ober-)Töne leise, aber hörbar mitklingen. Es sind dies die in jedem Grundton spektrumartig enthaltenen Töne, die durch einfaches und gerades Vervielfachen der Grundtonschwingungen entstehen. Das Mitschwingen und Mitklingen dieser Obertöne geschieht stets in einer ganz bestimmten, naturgesetzlich aufgebauten Ordnung. Die systematisch richtig angeordnete Aufstellung dieser von selbst mitklingenden Teil- oder Partialtöne ergab folgende Natur- oder Obertonreihe:

- = gegenüber der temperierten Stimmung zu tief
- + = gegenüber der temperierten Stimmung zu hoch

Zählung nach Ober- resp. Teiltönen:

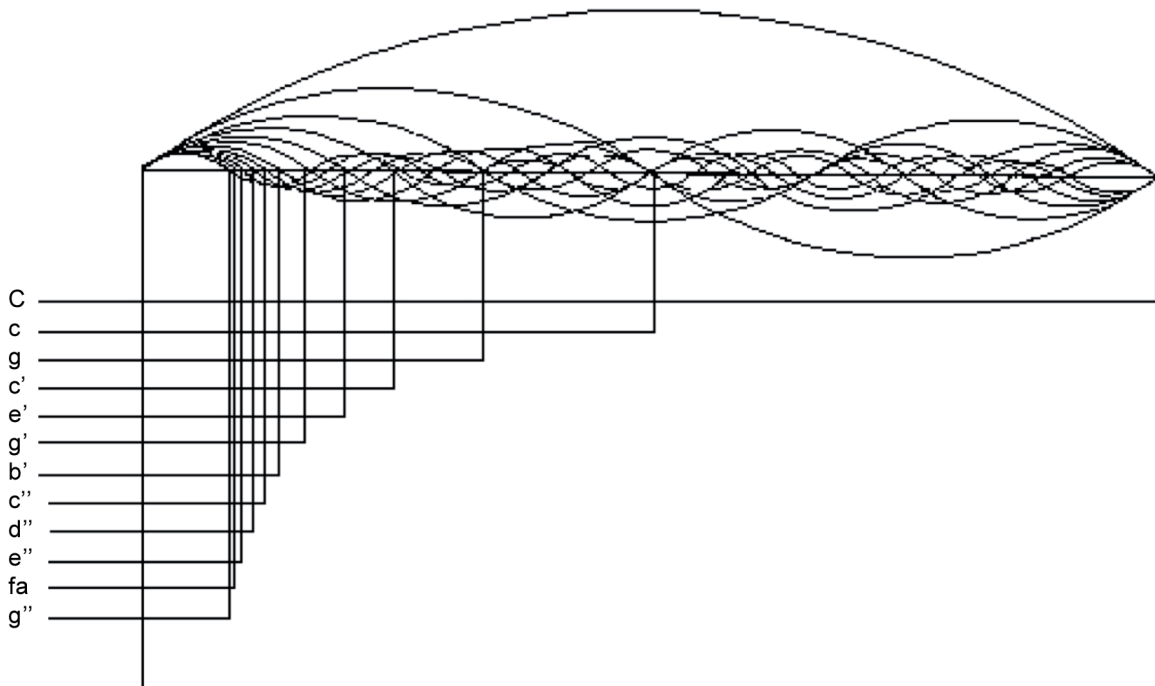
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
					-				+		-	-		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Zählung nach Partial- resp. Naturtönen:															
Grundton	Bass-c	Bass-g	c'	e'	g'	b'	c''	d''	e''	Alph.-fa	g''	a''	b''	h''	c'''

Zwar nimmt die Schwingungsintensität der einzelnen Teiltöne bei höheren Ordnungszahlen generell mehr und mehr ab, aber dessen ungeachtet fallen die Amplituden der einzelnen Teilschwingungen für jede Klangfarbe unterschiedlich aus, und höhere Teiltöne können durchaus auch einmal stärker sein als tiefere. Die Klangfarbencharakteristik

eines Tones hängt also wesentlich von diesem Verhältnis der Teilschwingungsintensitäten ab. Zum Beispiel verfügt ein Trompetenton über sehr stark ausgeprägte höhere Teiltöne, während die Querflöte nur sehr wenige intensiver sich auswirkende Obertöne aufweist.

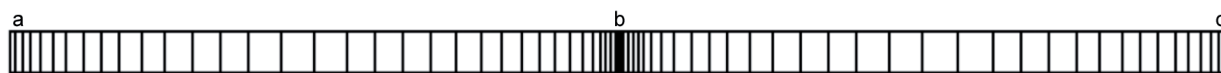
Die Naturgesetzlichkeit eines Klanges kann auch auf schwingende Gegenstände übertragen werden. Wird z.B. eine Saite halbiert, erklingt die Oktav, bei Dreiteilung erklingt die Quinte, bei Vierteilung die Oktav der Oktav usw.



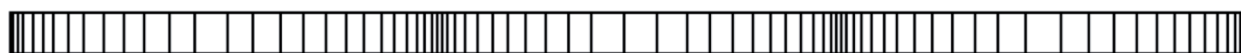
Das Prinzip der Tonerzeugung und die akustischen Vorgänge im Alphorn entsprechen denen der Blechblasinstrumente. Die Kunst des Blasens besteht also weniger im Hindurchblasen von Luft, sondern vielmehr in der rechten «Lippenarbeit». Durch den Atemstrom werden die gespannten Lippen in Schwingungen versetzt. Die Lippen stellen zwei Polster dar, die hin und her, vor und zurück, also räumlich schwingen. Diese Art der Tonerzeugung ist wesentlich komplizierter als die bei Flöten, Rohrblattinstrumenten (Oboe, Klarinette, Fagott) oder Orgelpfeifen.

Nicht minder kompliziert sind die akustischen Vorgänge. Durch die Lippenschwingungen wird der Luftstrom periodisch unterbrochen, so dass in der Luftsäule im Inneren des Horns Zonen der Luftverdichtung und Luftverdünnung entstehen. Verdichtung (hoher Schalldruck) bedeutet aber gleichzeitig, dass die einzelnen Luftteilchen wenig Raum zum Schwingen haben. In Zonen geringen Schalldrucks dagegen ist die Bewegung der Luftteilchen stärker. Die Weitergabe der Schwingbewegung an benachbarte Luftteilchen kann man sich ähnlich vorstellen wie die Fortpflanzung einer Oberflächenwelle, nachdem man einen Stein ins Wasser geworfen hat.

Zwischen den Schalldruckknoten a, b und c liegen zwei Druckbäuche. Eine solche Folge bezeichnet man als Welle. Wie diese Welle genau entsteht und wie sie im Horn gelagert ist, soll uns hier wegen der Kompliziertheit der Materie nicht weiter beschäftigen. Wichtig ist jedoch der elementare Zusammenhang zwischen Wellenlänge und Naturtonreihe:



Halbiert man – wie bereits erwähnt – beispielsweise eine klingende Violinsaite, indem man sie in der Mitte mit dem Finger niederdrückt, so ertönt die Oktave über dem Ausgangston. Ähnliches geschieht, wenn man die Wellenlänge in einer schwingenden Luftsäule halbiert. Man kann dazu entweder das Rohr halbieren oder aber bei gleicher Rohrlänge in die Oktave «überblasen». Im letzteren Fall schwingt die Luftsäule in zwei Wellenlängen. Eine weitere Halbierung bzw. Vierteilung der Ausgangslage ergibt die nächste Oktave.



Die Verwandtschaft der Oktavtöne beruht also auf dem Zahlenverhältnis 1:2. Bezeichnet man nun den Grundton mit der Ordnungszahl 1 (= 1. Partialton), die folgenden Teil- der Naturtonreihe mit 2, 3, 4 usw., so entsprechen die sich ergebenden Zahlenverhältnisse genau den dazugehörigen Verhältnissen der Wellenlängen. Das gleiche gilt für die Verhältnisse der Tonfrequenzen.

Ordnungszahl	Notation	Zahlenverhältnis in Bezug		Intervall
		Zum vorangegangenen Ton	Zum Grundton	
1	C			
2	c	1:2	1:2	Oktave
3	g	1:3	2:3	Quinte
4	c'	1:4	3:4	Quarte
5	e'	1:5	4:5	gr. Terz
6	g'	1:6	5:6	kl. Terz

Um in die oberen Bereiche der Naturtonreihe blasen zu können, muss das Instrument eine gewisse Länge aufweisen. Auf kürzeren Rohren ist es ansatztechnisch nicht mehr möglich die oberen, näher beieinander liegenden, Partialtöne zu erreichen. Bei zu kurzen Rohren, beispielsweise allein auf dem Mundstück, entstehen überhaupt keine klaren Teilungen.

Horn oder Trompete

Der Unterschied zwischen den beiden Instrumentengattungen liegt darin, dass das eine in seiner ganzen Länge konisch, das andere dagegen zu einem grossen Teil zylindrisch verläuft. Im Mittelalter waren einige hölzerne Horninstrumente allen damaligen Metallhörnern schon weit überlegen und «musikalisch» bereits wesentlich leistungsfähiger. Als im mitteleuropäischen Kulturraum an die Herstellung dünnwandiger, überwiegend konisch verlaufender Metallrohre absolut noch nicht zu denken war, muss irgendeine Bastlernatur unter den Hirten auf den Gedanken gekommen sein, ein solches Rohr aus einem gewachsenen Bäumchen zu machen, um es zum Blasen zu verwenden.

Der Nachteil von Naturhörnern und Trompeten

Naturhörner besitzen weder Züge noch Ventile. Auf ihnen kann also «nur» die Naturtonreihe erzeugt werden. Aufgrund dieser «Behinderung» werden Naturhörner (vor allem seit der Einführung der temperierten Stimmung) oft als «primitiv» oder «minderwertig» belächelt. Sie finden keinen Platz im modernen Orchester – ausser zur Erzeugung bestimmter Klangbilder in der Programmmusik oder als «exotische» Soloinstrumente mit orchesterlicher Begleitung.

Die Wirkungsweise von Zügen und Ventilen

Normalerweise verwendet man drei Ventile. Das I. stimmt das Instrument um einen Ganzton tiefer (Verlängerung um $1/8$ der Grundlänge), das II. um einen Halbton ($+ 1/15$ der Grundlänge), das III. um eine kleine Terz ($+ 1/5$ der Grundlänge). Die Kombination der Ventile bringt eine Vertiefung bis zu 6 Halbtönen.

Kein Ventil (Instrument in F)

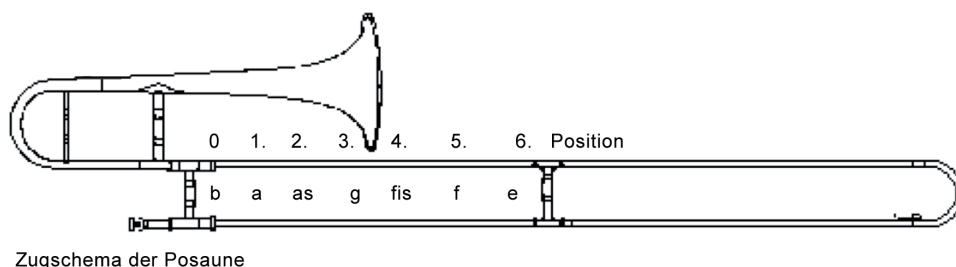
Zweites Ventil (halber Tonschritt tiefer)

Erstes Ventil (ganzer Tonschritt tiefer)

Drittes Ventil (ein-einhalb Tonschritte tiefer)

The image displays four musical staves, each showing a sequence of notes representing the natural harmonic series of a horn in F. The notes are: C2 (two ledger lines), C3 (one ledger line), G2 (below staff), C4 (below staff), E4 (below staff), F4 (below staff), G4 (below staff), A4 (below staff), B4 (below staff), C5 (below staff), D5 (below staff), E5 (below staff), F5 (below staff), G5 (below staff), A5 (below staff), B5 (below staff), and C6 (below staff). The first staff is labeled 'Kein Ventil (Instrument in F)'. The second staff is labeled 'Zweites Ventil (halber Tonschritt tiefer)' and shows the series shifted down by a half step. The third staff is labeled 'Erstes Ventil (ganzer Tonschritt tiefer)' and shows the series shifted down by a whole step. The fourth staff is labeled 'Drittes Ventil (ein-einhalb Tonschritte tiefer)' and shows the series shifted down by one and a half steps.

Bevor um ca. 1830 die Ventile erfunden wurden, kannte man bereits im 15. Jh. den «Posaunenzug». Ihre U-förmigen Röhren werden aus der geschlossenen Stellung (Grundstimmung) in stufenlosem Glissando oder in 6 Positionen, sog. Zügen, auseinander gezogen, wobei die Stimmung jedesmal um einen Halbton sinkt. Die 6 Züge entsprechen den 3 Ventilen und deren Kombinationen.



Eine Ventiltrompete ist also nichts anderes als eine Kombination von sieben Naturtrompeten. Eine (Zug-)posaune demnach eine über sechs Halbtonschritte – stufenlos – verstellbare Naturtrompete. Trompeten und Posaunen werden (aufgrund ihrer relativ kurzen Rohrlänge) meist nur in den unteren Regionen der Naturtonreihe geblasen.

Die spezifischen blastechnischen Schwierigkeiten

Da die Naturtöne in den unteren Regionen weiter auseinander liegen (grössere Intervalle), ist die «Treffsicherheit» grösser als in den oberen Regionen. Die unten aufgeführten Töne von cis' bis g' entsprechen z.B. immer dem «Bass-g» (dritter Teilton der Naturtonreihe) der jeweiligen Rohrlänge. Naturhornbläser, die auf ihrem Instrument bis zum 15. Oberton (transponiert, Bass-C bis c'») blasen können, müssen einen derart flexiblen Ansatz haben, dass sie dem Tonumfang eines guten Trompeters eine weitere

Ventile:	3	3	3	3	1	2	0	3	3	3	3	1	2	0	3	3	1	2	0	3	1	2	0	1	2	0	
	+	+	+					+	+	+					+												
	2	1	2					2	1	2					2												
	+							+																			
	1							1																			

Das dritte Ventil (3) wird meist durch 2 + 1 ersetzt.

Lage innerhalb der Naturtonreihe:

Oktav anhängen können. Mit anderen Worten; ein guter Trompeter, der auf seinem Instrument bis ins c'' spielt, erreicht damit in der Naturtonreihe erst den siebten Oberton. Das heisst aber nicht, dass z.B. alle Alphornbläser mehr Druck erzeugen können als ein guter Trompeter. Da die Rohrlänge einer Trompete wesentlich kürzer ist (in B ca. 1300 mm) als diejenige eines Alphorns (in Fis ca. 3400 mm), muss der Trompeter zur Erzeugung desselben Teiltones mehr Druck erzeugen. Da die Trompete aber auch eine engere Mensur (Rohrdurchmesser) hat, entspricht der Mehrdruck nicht ganz dem Längenverhältnis.

Die Diskussionen über den spieltechnischen Schwierigkeitsgrad von Natur- oder Ventilhörnern sind müssig. Auf jedem Instrument sind eigene spezifische Schwierigkeiten zu überwinden. Fest steht, dass das Spiel auf dem Alphorn einen flexibleren Ansatz erfordert, als das Spiel auf einem Blechblasinstrument – ausgenommen dem Horn. Denn, von der Lippenspannung her wird auf dem Alphorn ein Tonumfang gefordert, der mindestens eine halbe Oktav grösser ist, als bei einer Trompete. Aus oben bereits erwähntem Grund ist auf dem Alphorn auch die «Treffsicherheit» wesentlich schwieriger.

Sind Naturhörner noch zeitgemäss?

Wie bereits erwähnt, wurden die Naturhörner wegen ihres beschränkten Tonvorrats aus den Reihen der Orchesterinstrumente verdrängt. In unserem Kulturraum wird heute zudem fast ausschliesslich in der chromatisch-temperierten Tonskala musiziert. Aber gerade in der heutigen technisierten Welt finden immer mehr Menschen zu den ursprünglichen Klängen, zu der naturgegebenen Tonskala dieser Instrumente Zugang. Die fast magische Wirkung des Alphorns ist oft beschrieben worden. Erst der Sonograph, ein seit etwa 1930er Jahren in der musikalischen Akustik verwendeter Apparat, ermöglichte es, dieses Klangbild auch optisch wahrnehmbar zu machen. Dem Sonogramm eines Alphorntones lässt sich im Vergleich zu anderen Instrumenten entnehmen, dass die Stärke des Alphornklanges in den tiefen Teiltönen liegt. Das erklärt, warum das Alphorn auch über weite Distanzen vernehmbar ist. Allein das Alphorn hat die Gewalt, einen ganzen Bergkessel mit Klängen zu erfüllen.

Hans-Jürg Sommer, Herbst 1995/2018