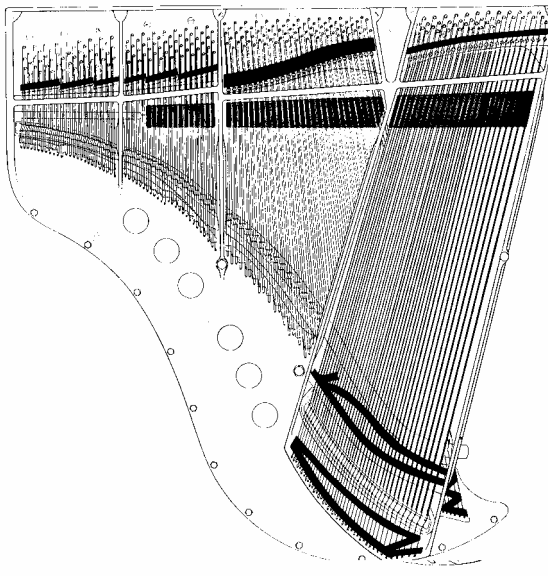


Jürg Jecklin

floatsound@bluewin.ch

4. Musik-Schallquellen



Inhalt

1. Musikinstrumente
 - 1.1 Einteilungskriterien
 - 1.2 Instrumentenarten
 - 1.3 Akustische Perspektive
 - 1.4 klangliche Eigenheiten
2. Musikinstrumente als Schallquellen
 - 2.1 Definitionen
 - 2.2 Musikschallquellen und Hörfläche
 - 2.3 Schalleistung
 - 2.4 Frequenzbereich der Musikschallquellen
 - 2.5 Energiespektren
 - 2.6 Schallstärke und Dynamikbereich
 - 2.7 Abstrahlcharakteristik
3. elektroakustische Schallquellen
4. Musikalische Schallquelleneigenschaften der Musikinstrumente

Uebersicht Scripts

Theorie der Tontechnik

1. Geschichte der Tontechnik	tt01.pdf
2. Gehör	tt02.pdf
3. Mikrofone	tt03.pdf
4. Schallquellen	tt04.pdf
5. Lautsprecher und Kopfhörer	tt05.pdf
6. Akustik und Raumbeschallung	tt06.pdf
7. analoge Audiotechnik	tt07.pdf
8. digitale Audiotechnik	tt08.pdf
9. Signalaufzeichnung	tt09.pdf
10. Technik der Musikaufnahme	tt10.pdf
Anhang	
Grundlagen	ttA.pdf

Tontechnik special

Aufnahmen	ttspecial.aufnahmen
Grundlagen	ttspecial.grundlagen
Lautsprecher im Raum	ttspecial.L-imraum
Mhs2	ttspecial.mhs2
Mikrofone	ttspecial.mikrofon
Musikakustik	ttspecial.musikakustik
Surround	ttspecial.surround

Materialien zur Tontechnik

Computer	computer.pdf
Diverses	diverses.pdf
HD-Recording	hdrecording.pdf
Headphon	headphone.pdf
Lautsprecher	lautsprecher.pdf
Manuals	manuals.pdf
Mikrofone	microphone.pdf
Sound absorption	soundabsorption.pdf
Surround	surround.pdf
Technik	technik.pdf
Tube Data	tubedata.pdf

1. Musikinstrumente

1.1 Einteilungskriterien

1.1.1 Grundsätzliche Einteilung

- Mechanische M.
- Elektromechanische M.
- Elektrische und elektronische M.

1.1.2 Funktionsweise

- Aerophone
- Chordophone
- Idiophone
- Membranophone

1.1.3 Klang

- Klangerzeuger
- Geräuscherzeuger

1.1.4 akustische Perspektiven

- Dynamikumfang
- Einschwingvorgang
- Frequenzumfang
- Klangspektrum
- Richtcharakteristik

1.2 Instrumentenarten

1.2.1 Aerophone

Die Luftsäule in einem Hohlraumresonator wird durch Anblasen in Schwingungen versetzt. Dafür gibt es folgende Möglichkeiten:

- Die Schallerzeugung erfolgt durch Wirbelablösung an einer Schneide (Flöteninstrumente).
- Der Luftstrom wird durch schwingende Zungen oder Rohrblätter periodisch unterbrochen (Rohrblattinstrumente).
- Die Schwingungserzeugung geschieht direkt über die Lippenschwingungen des Bläusers (Blechblasinstrumente)

1.2.2 Chordophone

Gespannte Saiten werden durch unterschiedliche Mechanismen (Anschlagen, Anzupfen, Anstreichen) zu Schwingungen angeregt. Der Schall wird immer durch einen angekoppelten Resonator (Resonanzboden des Klaviers, Korpus der Streichinstrumente) abgestrahlt.

1.2.3 Idiophone

Der gesamte Instrumentenkörper wird zu Schwingungen angeregt, und zwar durch Schlagen, Schütteln, Reiben, etc.

Folgende Möglichkeiten werden praktiziert:

- schwingende Platten, zum Beispiel Gong, Becken und Glocken. Die Teilschwingungen verhalten sich zur Grundschwingung unharmonisch. Es handelt sich um Geräuschinstrumente.
- schwingende Stäbe. Beispiele sind Vibraphon, Xylophon, Triangel oder auch Stimmgabeln.
- anders geformte Körper, zum Beispiel Holzblock und Kastagnetten.

1.2.4 Membranophone

Als Schwingungssystem dienen am Rand eingespannte Membranen, die durch Schlagen zum Schwingen angeregt werden. Als Resonatoren sind Kessel (Pauken) oder röhrenförmige Gebilde (Trommelinstrumente) gebräuchlich.

1.3 Akustische Perspektiven der Musikinstrumente

1.3.1 Dynamikumfang

Das Verhältnis von maximal möglichem zu minimalem Schalldruckpegel oder Lautstärke.

Beispiele für grosse Dynamik: Klavier

Beispiel für kleine Dynamik: Cembalo

1.3.2 Einschwingvorgang

Es handelt sich um die zeitabhängige Amplitudenzunahme der Grund- und Teilschwingungen zwischen dem Moment der Anregung (zum Beispiel Anzupfen) und dem Stationärzustand eines Klanges.

1.3.4 Frequenzumfang

Das Frequenzband zwischen niedrigster und höchster Grundfrequenz.

Beispiel für grossen Umfang: Orgel, Beispiel für kleinen Umfang: Piccoloflöte

1.3.5 Klangspektrum

Stärke und Verteilung der Teilfrequenzen eines Klanges.

Obertonreicher glänzender Klang: Trompete im ff, Obertonarmer, matter Klang: Querflöte im pp

1.3.6 Richtcharakteristik

Richtungsabhängigkeit der Schallabstrahlung

Beispiel für diffuse Schallabstrahlung: Streichinstrumente, Klavier, Orgel, Harfe

Beispiel für gerichtete Schallabstrahlung: Blechblasinstrumente

1.4 klangliche Eigenheiten

1.4.1 Klangerzeuger

Musikinstrumente mit Schwingungserzeugern, die lang und dünn sind (schwingenden Saiten und Luftsäulen).

Die Frequenzen der Teilschwingungen sind immer ganzzahlige Vielfache der Grundschwingung.

Je nach Art der Schwingungserzeugung sind alle, oder nur die ungradzahligen Teilschwingungen möglich.

Chordophone erzeugen immer alle Teilschwingungen

Aerophone erzeugen je nach Aufbau alle, oder nur die ungradzahligen Teilschwingungen (gedackte Orgelpfeifen, Klarinette)

1.4.2 Geräuscherzeuger

Instrumente die nicht mit etwas langem dünnen (Saiten, Luftsäulen) als Schwingungserzeuger arbeiten.

Der Klang ist geräuschhaft. Beispiele: Membranophone und manche Idiophone.

2. Musikinstrumente als Schallquelle

2.1 Allgemeines

Physikalisch betrachtet man Musikinstrumente, Kammermusikgruppen, Orchester, etc. als Schallquellen, die eine gewisse Schalleistung abstrahlen, und zwar innerhalb eines für die jeweilige Schallquelle typischen Frequenzbereichs.

Diese Schalleistung wird entweder gerichtet oder ungerichtet abgestrahlt. Bei den meisten Musikinstrumenten ist die Abstrahlcharakteristik frequenzabhängig

Schallquelle:

Vorrichtung zur Erzeugung und Abstrahlung von Schall.

Sekundäre Schallquelle:

Schallentstehung durch nicht starr befestigte, schwingfähige Teile, die durch primäre Schwingungen oder Strömungen ihrerseits zu Schwingungen angeregt werden und somit Schall abstrahlen

2.2 Musikschallquellen, Hörfläche und Schall-Leistung

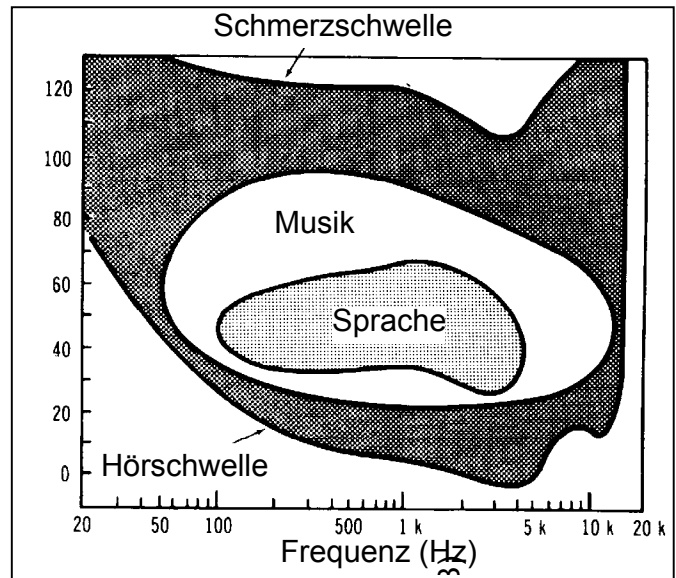
Bild 1 zeigt den Bereich, den die Musikinstrumente innerhalb der Hörfläche abdecken (nach Feldkeller und Zwicker).

Die Schalleistungen von Instrumente und Instrumentengruppen sind in der Tabelle 1 zusammengestellt

Bei den aufgeführten Werten handelt es sich um Spitzenleistung, angegeben von Sivian, Dunn und White (1959).

Tabelle 1 - Schalleistung (Watt)

Triangel	10.500
Klavier	0.437
Klarinette	0.050
Posaune	6.400
Horn	0.550
Becken	9.500
Piccolo	0.084
kleine Trommel	11.900
Kontrabass	0.156
Orgel	12.600
Basstuba	0.206
Kammerorchester	9.000
Bass-Sax	0.288
Sinfonieorchester	66.500
Trompete	0.314
Lautsprecherbox (mit 50-W-Verstärker)	0.500



2.3 Frequenzbereich

Bild 2 (links)
Grund- Oberton-
und „Geräusch“-
Bereich

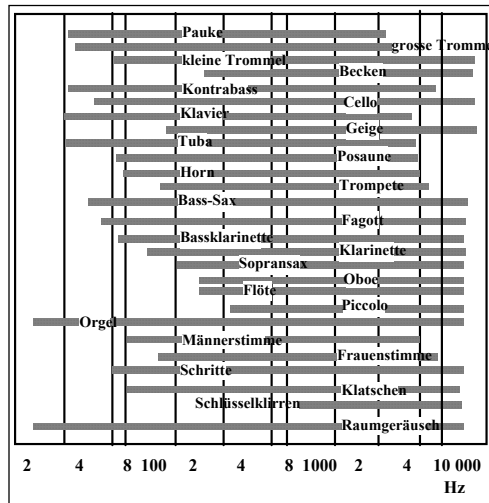
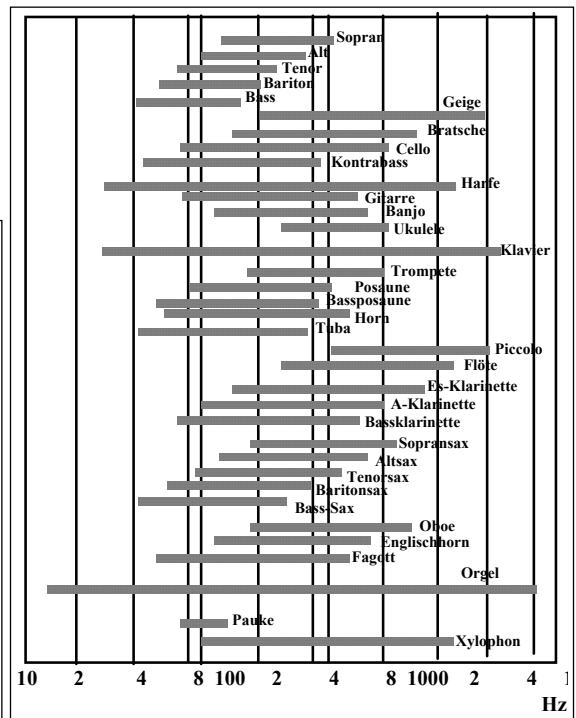


Bild 3 (rechts)
Grundtonbereich

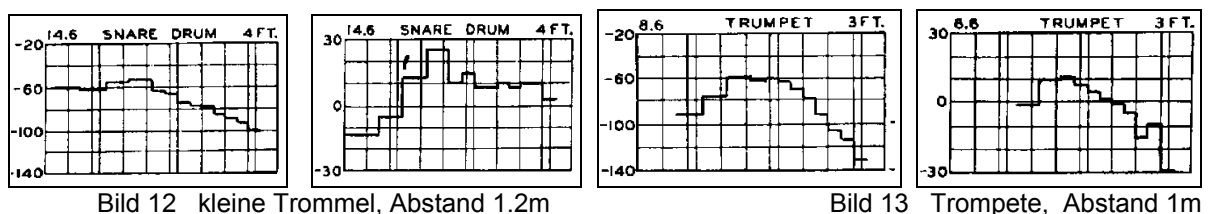
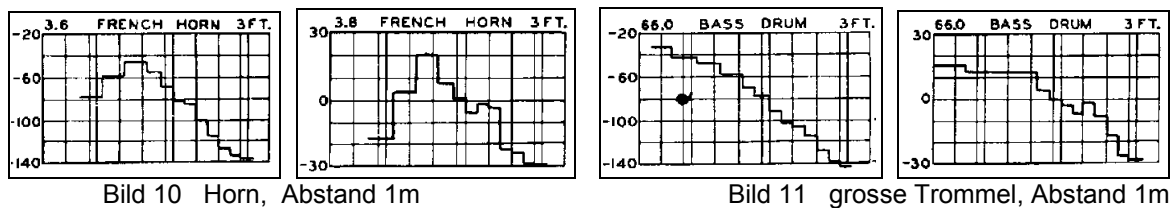
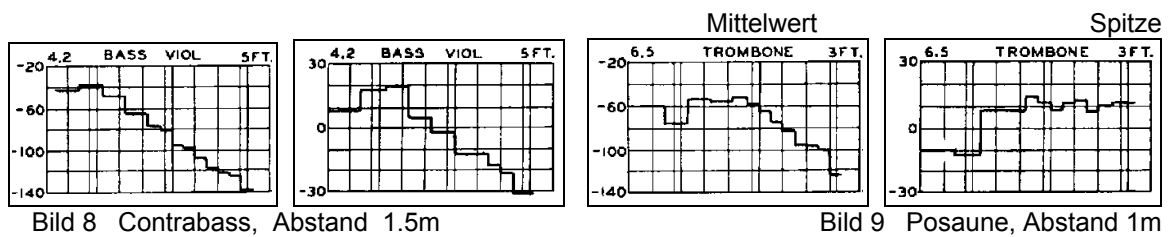
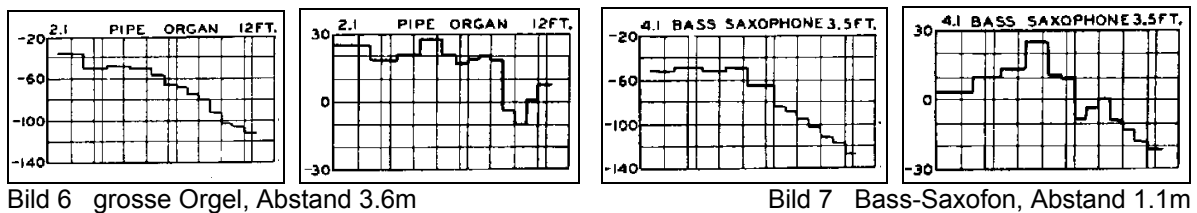
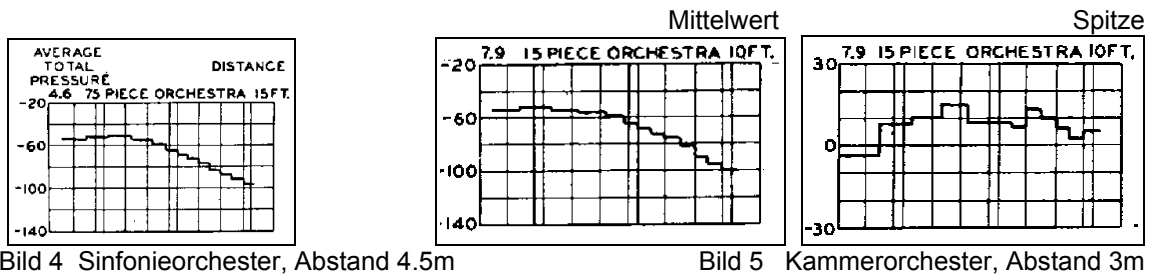


2.4 Energiespektren

Musikinstrumente, Ensembles und Orchester haben typische Leistungs-Frequenzgänge.

In den Bildern 4 -21 sind die frequenzmässigen Energieverteilungen verschiedener Musikinstrumente dargestellt.

Bemerkenswert ist, dass die Hauptenergie meistens im Bereich der grössten Ohrempfindlichkeit (bei 1000 Hz) abgestrahlt wird.



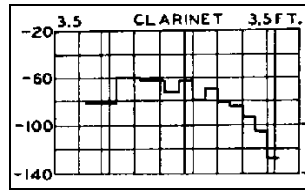


Bild 14 Klarinette, Abstand 1.1m

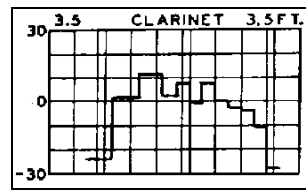


Bild 15 Flöte, Abstand 1.1m

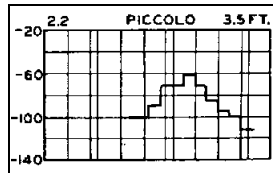
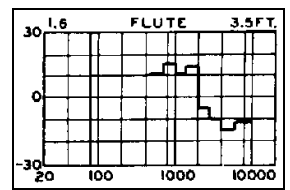


Bild 16 Piccolo, Abstand 1.1m

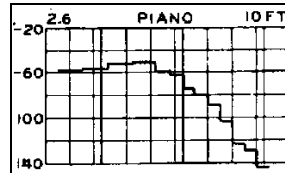
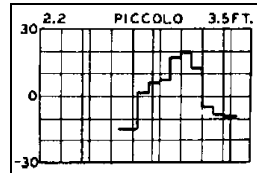


Bild 17 Klavier (Flügel), Abstand 3m

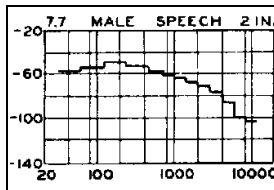
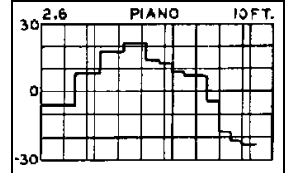


Bild 18 männliche Stimme, Abstand 5cm

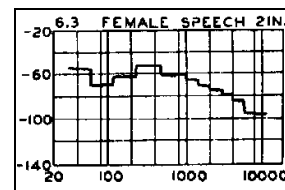
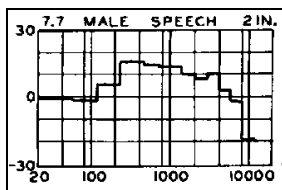


Bild 19 Frauenstimme, Abstand 5cm

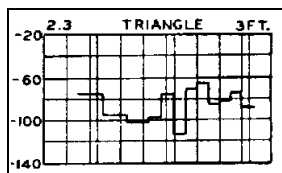
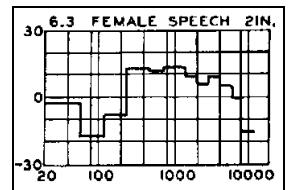


Bild 20 Triangel, Abstand 1m

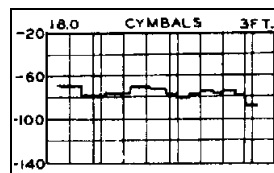
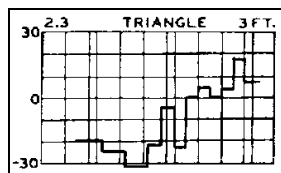
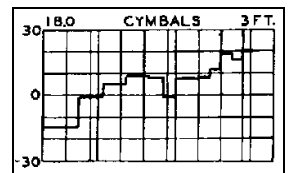


Bild 21 Becken, Abstand 1m



2.5 Schallstärke und Dynamikbereich

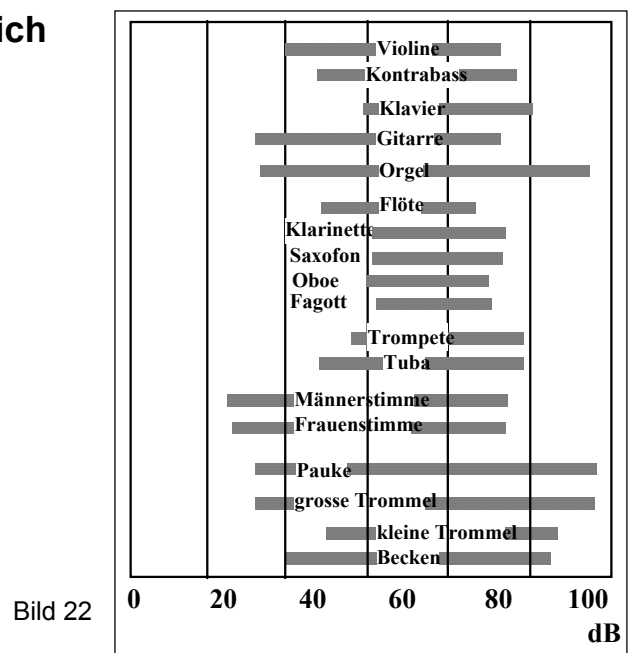


Bild 22

2.6 Abstrahlcharakteristik

Musikinstrumente strahlen den Schall meist mehr oder weniger gerichtet ab. Die Richtcharakteristik ist frequenzabhängig und oft sehr komplex.

In den Bildern 23 - 31 sind die Richtcharakteristika einiger Instrumente und des menschlichen Stimmorgans zu sehen.

Bild 23

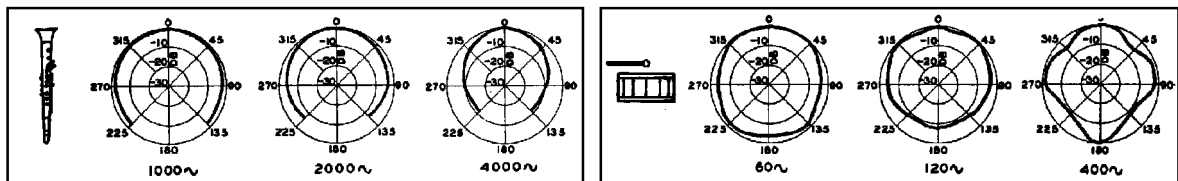
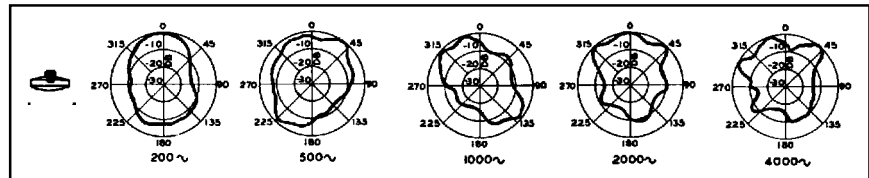


Bild 26

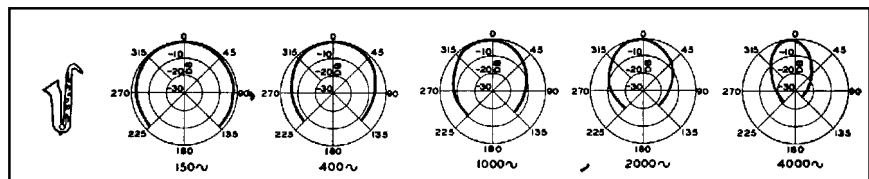
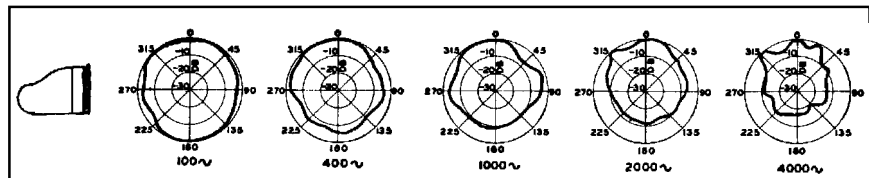


Bild 28

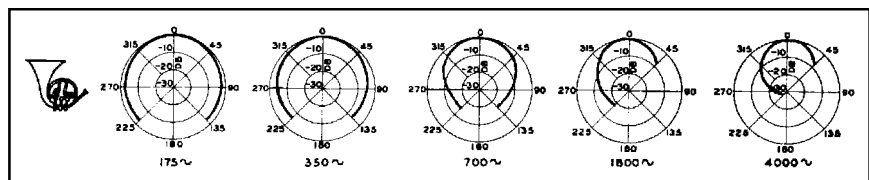
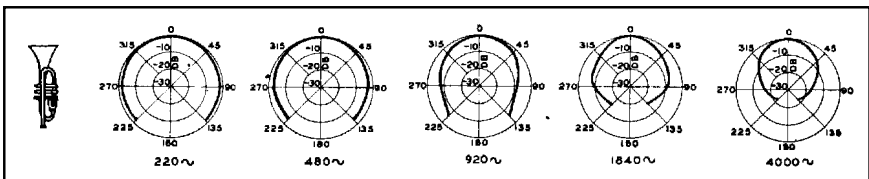
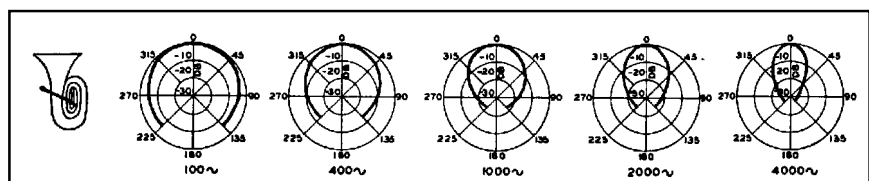


Bild 30



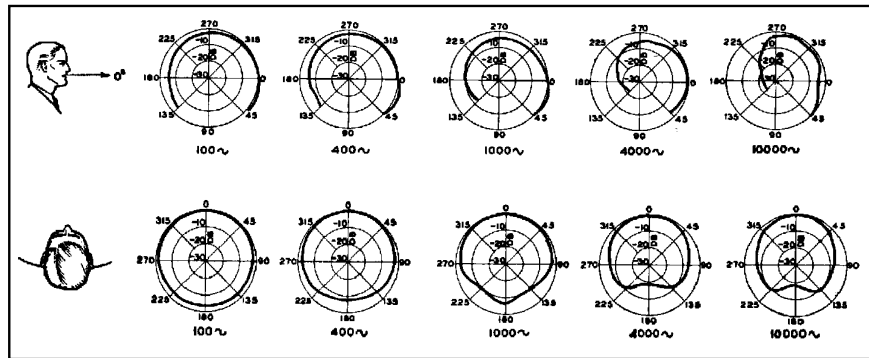


Bild 31, 32

3. elektroakustische Schallquellen

Bild 33 Lautsprecher mit „frequenz- und amplitudenmodulierter Wiedergabe

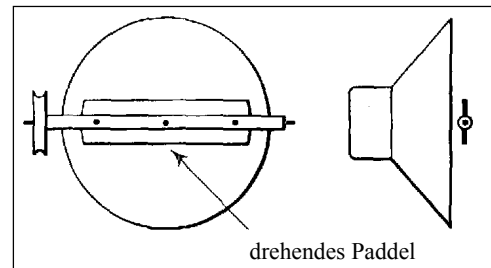


Bild 34 Leslie-Prinzip mit frequenz- und amplitudenmodulierter Wiedergabe

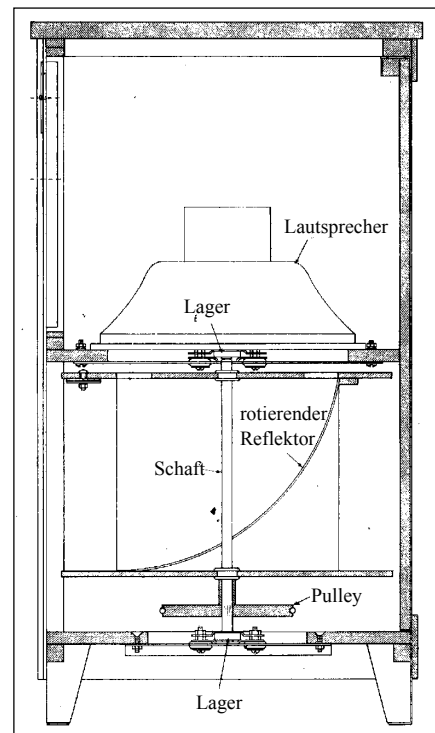


Tabelle: Klangfarbe der Musikinstrumente / Blatt 1

Instrument	Notation	Grundton	Obertonstruktur	Formant	Geräuschkomponenten	Einschwingvorgang	Ausklingvorgang
Fagott	Bass (Tenor)	B'-c'''	obertonreich Komp. bis über 12kHz	150, 500Hz 2kHz, 3.5kHz	im pp, Bereich um 3kHz	klar, prägnant wenig Geräuschanteile	Abreißen des Klanges
Contra Fagott	Bass, transpon. 1 Oktav höher	B'-c' 29-230Hz	obertonreich Grundton schwach	250,400Hz 800Hz	im pp, Bereich um 3000Hz	klar 35ms	Abreißen des Klanges
Pauke	Bass D-c H-g (kleine P.)	73-130Hz 124-196Hz	keine harm.Struktur dominierende Komp. ergibt Tonhöhe	keine	starke Frequ.-Komb. bis 1kHz schwächer bis 4kHz	bis 50ms, keine harm. Komponenten	Geräusch bis 300ms Oberton bis 1s
Trommel	in 1 System	kein kein	keine Harmonischen	kein	bis 1.5kHz (grosse Tr.) bis 8kHz (kleine Tr.)	max. 50ms	
Becken	in 1 System	kein	keine Harmonischen	kein	800-9500Hz	max. 50ms	
Triangel	in 1 System	kein	keine Harmonischen	kein	1kHz-17kHz, stark 13kHz		
Klavier	Viol. und Bass	A''-c'''' 27.5-4200Hz	Grundton überwiegt (ausser tiefe Lage) gleichmässige Struktur	prakt.nicht vorhanden	in einzeln. Bereichen bei grösseren Ampl.	10-30ms geräuschhaltig	20-30s (tiefer Bereich) 5-10 (hoher Bereich)
Cembalo	Viol. und Bass	C-f'' 65-2800Hz	Grundton schwach sehr obertonreich	500-700Hz 2kHz - 3 kHz	schwach	sehr kurz	ähnlich wie Klavier
grosse Flöte	Violin	h-c''' 247-2100Hz	Grundton überwiegt Intensität abnehmend	keine	Geräusch mit Tonhöhen- charakter, (Abh. V.Grundt.	Vorläufer 50ms und Geräuschanteil	Abreißen des Klanges
kleine Flöte	Violin, transp. 1 Oktav höher	d''-c''''	wie gr. Flöte Frequ.Komp bis 10kHz	kein, ev Nebenf. 3kHz	wie gr. Flöte	wie gr. Flöte	Abreißen des Klanges
Oboe	Violin	h-f''	Obertonreich, Grund- ton schwach, Frequ. bis 9kHz und über 12kHz	400Hz, 2.7 und 4.5kHz	gering	klar, 20-40ms auch im Stakkato	Abreißen des Klanges

Tabelle: Klangfarbe der Musikinstrumente / Blatt 2

Instrument	Notation	Grundton	Obertonstruktur	Formant	Geräuschkomponenten	Einschwingvorgang	Ausklingvorgang
Englisch Horn	Violin, transp. 1 Quinte höher	e-b" 165-933Hz	wie oboe	750, 1kHz, 2kHz 4kHz	gering	wie Oboe, aber kürzer 15ms im ganzen Bereich	Abreißen des Klanges
Klarinette in B und A	Violin	d-g" 147- 1570Hz	d-d' ungradzahlige O, über g" gleichmässig	3kHz - 4kHz (nur ob. Tonbereich)	gering	klar, prägnant 15.30ms kein Geräuschanteil weicher Einsatz 50ms	Abreißen des Klanges
Bass-Klar. in B	Violin, transp 1 None höher Bass, transp. 1 Ganzton höher	D-f" 74-700Hz	Grundton stark ungradzahlige Obertöne schwächer als bei Klarinette		gering 404 047 353	ähnlich wie Klar.	Abreißen des Klanges
Violine	Violin	g-g" 196- 2100Hz	variabel, im tiefen Bereich Grundton schwach, Komp bis 10kHz	400Hz, 800- 1.2kHz, 2-2.6kHz 3kHz-4kHz	starkes typisches An- strichgeräusch, starker Einfluss d. Strichart	30-60ms, bei weichem Einsatz bis 300ms pizz. 10ms	gestrichen: Abriss des Klages pizz- 40 -800ms
Bratsche	Altschlüssel	c-c" 130- 1050Hz	wie Geige Komp bis 10kHz,	220, 350, 600Hz 1.6kHz, 3kHz-3.5kHz	wie Violine	30-60ms, bei weichem Einsatz bis 200ms pizz. 10ms	wie Violine pizz 50-600ms
Cello	Bassschlüssel Tenor- und Viol.	C-c" 65-520Hz	wie Geige Komp. Bis 8kHz	250, 300-400, 500, 600, 900Hz Senke 1-1.2kHz	wie Geige	60-100ms, Kurzklänge mit viel Geräusch Grundton zuletzt	wie Violine pizz. 50-200ms (p) bis 14s (ff)
Kontrabass	Bass, transp. 1 Oktav Höher	E'-c' 41-260Hz	wie Violine Komp-7.5kHz	70-250Hz, 400, 800Hz	Typisches Anstrichger. (Sirren), Komp. bis 10kHz	100-200ms, Kurzklänge viel Geräusch bis 10kHz	wie Violine pizz bis 16s
Horn	Violin- Bass transp.	H'-f" 62-700Hz	Tiefton mit Formanten Hochton = Grundton		schwach	20-100ms ,kurzer Vorläuferimpuls	Abreißen des Klanges
Trompete	Violin, transp. 1 Ganzton höher	e-d" 169- 1175Hz	obertonreich, Grundton schwach, bis 15kHz	1.2-1.5kHz 2-3kHz	schwach	20-180ms, kurzer Vorläuferimpuls	Abreißen des Klages
Posaune	Alt-, Tenor- Bass-Schlüssel	E-c" 82-520Hz	obertonreich, Grundton schwach, Komp.-10kHz	480-600Hz 800Hz	schwach	schwacher Vorläufer 20-40ms, weich 70ms	Abreißen des Klages
Tuba	Bass	B'-a' 29-440Hz	Grundton schwach Komp. Bis 2kHz	210-250Hz	schwach	rascher Klangeinsatz	Abreißen des Klages