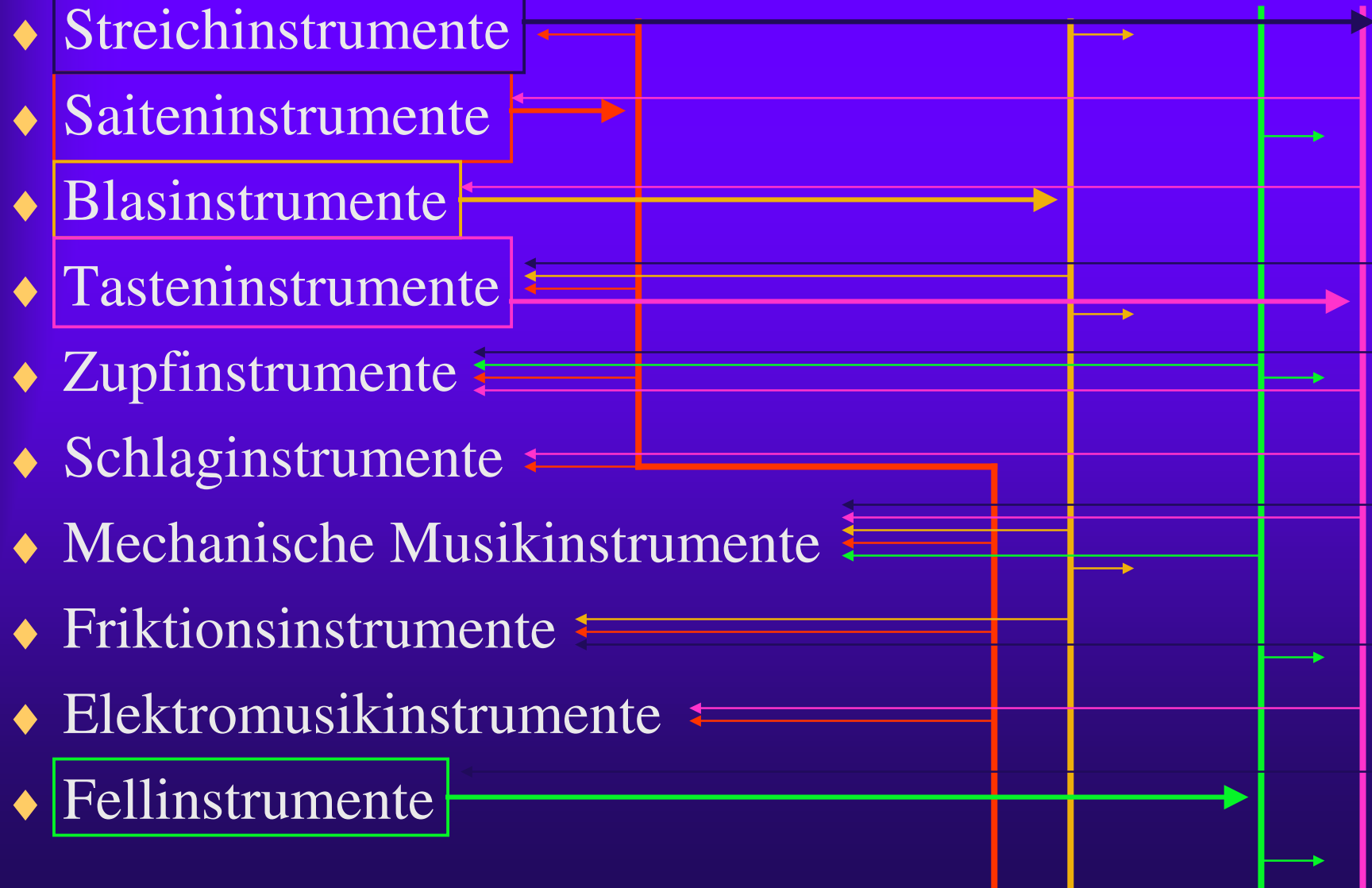




MUSIKINSTRUMENTE

Das Schlüsselproblem einer
allgemeingültigen Systematik

...instrumente I



...instrumente II

◆ Historische Musikinstrumente

- Archaische Instrumente
- Vorzeitliche Musikinstrumente
- Renaissanceinstrumente
- Barockinstrumente
- Klassische Musikinstrumente
- Romantisches Instrumentarium

◆ Zeitgenössische Musikinstrumente

◆ Europäische Musikinstrumente

◆ Außereuropäische Musikinstrumente

- Asiatische, Südamerikanische, Australische ... (n. Kontinenten)
- Polnische, Italienische, Griechische ... (n. Ländern/Nationen)
- Javanische, Germanische, Italische ... (n. Kulturkreisen)

...instrumente III

◆ Pädagogische Musikinstrumente

- Kleininstrumente
- Orffsches Instrumentarium
- Keyboards

◆ Spielzeuginstrumente

◆ Orchesterinstrumente

◆ Bigband-Instrumentarium

◆ Jazz-Instrumente

◆ Volksinstrumente

Ordnungssysteme I

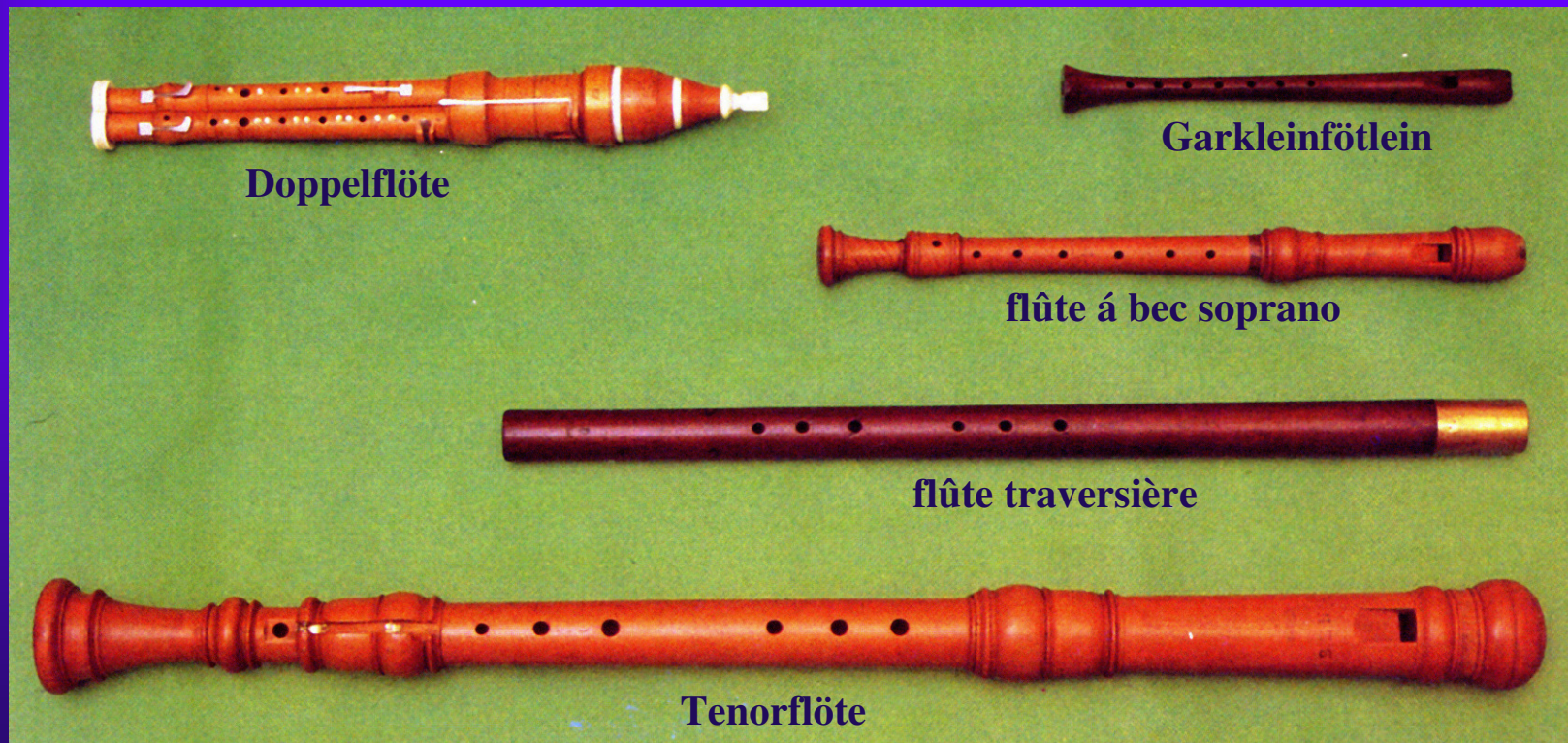
◆ Ordnung nach Instrumentenfamilien

- Gambenchor
- Flötenchor
- Fagottenchor
- Lautenchor
- Posaunenchor

Seit etwa dem 16. Jahrhundert dokumentieren musiktheoretische Schriften die Instrumente in Familien nach deren Gebrauch. So baute man die gebräuchlichsten Instrumente nach den 4 Stimmgattungen der menschlichen Stimme. Auch um diese Instrumente als Ersatz für fehlende Sänger bei mehrhörigem Singen einzusetzen. Für alle oben benannten Instrumentenchöre gab es Sopran-, Alt-, Tenor- und Bassinstrumente. Die Sopraninstrumente wurden auch als Diskantinstrumente bezeichnet. Die Sopranlage der Gambenfamilie war also die Diskantgambe. Nur bei der Flötenfamilie, und hier sind immer nur die Blockflöten gemeint, gab es eine Sopranflöte.

Ordnungssysteme I

Familie der Flöten im 17. und 18. Jahrhundert



Ordnungssysteme II

◆ Ordnung nach Orchesterpartitur

- Holzblasinstrumente
- Blechblasinstrumente
- Pauken (in verschiedenen Größen)
- Schlaginstrumente
- Tasten- und Zupfinstrumente
- Chor
- Streichinstrumente

Die Anordnung erfolgt nach der Partiturordnung des klassisch-romantischen Orchesters.

Kl. Flöte
 Flöten I II
 Oboen I II
 Klarinetten I in A II
 Fagotte I II
 Kontrafagott
 Hörner I in D II
 Hörner III in D IV
 Trompeten I in D II
 Alt- u. Tenorposaunen Bass
 Pauken
 Sopran
 Alt
 Tenor
 Bass
 Sopran
 Alt
 Tenor
 Bass
 Violine I
 Violine II
 Viola
 Violoncell
 Kontrabaß

Beethoven, IX. Sinfonie

Ordnungssysteme II

TRISTAN UND ISOLDE
PRELUDE VORSPIEL PRÉLUDE

Langsam und schmachkend
Lento e languente Richard Wagner (1813 - 1883)

3 große Flöten
 2 Hoboen
 Englisch Horn
 2 Klarinetten in A
 Bassklarinete in A
 3 Fagotte
 1. 2. in F
 4 Hörner
 3. 4. in E
 3 Trompeten in F
 3 Posaunen
 Baßtuba
 Pauken
 Harfe
 1. Violinen
 2. Violinen
 Bratschen
 Violoncelle
 Kontrabässe

Ordnungssysteme II

◆ Ordnung nach Orchesterpartitur

- Holzblasinstrumente
 - Flöten (Piccolo, Große Flöte, Altflöte in G)
 - Oboen (Oboe, Englischhorn in F, Heckelphon)
 - Klarinetten (Klarinette in B/A, Bassklarinetten in B, Saxophone [Alt in Es, Tenor in B, Bariton in Es, Bass in B])
 - Fagotte (Fagott, Kontrafagott)
- Blechblasinstrumente
 - Hörner in F [D, Es ...]
 - Trompeten in B [A, F ...] (Piccolo in hoch B, Basstrompete)
 - Posaunen (Altposaune, Tenorposaune, Bassposaune, Tenorbassposaune)
 - Tuba
- Pauken (in verschiedenen Größen)
- Schlaginstrumente
 - Fellinstrumente (gr. / kl. Trommel ...)
 - Stabspiele (Glockenspiel, Marimbaphon, Xylophon, Vibraphon)
 - Metallinstrumente (Becken, Tamtam, Gongs, Plattenglocken, Röhrenglocken ...)
- Tasten- und Zupfinstrumente
 - Harfe, Mandoline, Gitarre, Zither
 - Klavier, Celesta, Orgel
- Chor
 - Sopran, Alt, Tenor, Bass
- Streichinstrumente
 - Violinen
 - Violen
 - Violoncelli
 - Kontrabässe

Ordnungssysteme II

◆ Ordnung nach Orchesterpartitur – **Transpositionen** / Oktavtranspositionen

– Holzblasinstrumente

- Flöten (Piccolo, Große Flöte, **Altflöte** in G)
- Oboen (Oboe, **Englischhorn** in F, Heckelphon, **Piccolo-Heckelphon** in F, **Terz-Heckelphon** in Es)
- **Klarinetten** (**Klarinette** in B/A, **kl. Klarinette** in As, **Bassklarinette** in B,
- **Saxophone** (**Sopran** in B, **Alt** in Es, **Tenor** in B, **Bariton** in Es, **Bass** in B)
- Fagotte (**Fagottino** in F/G, Fagott, Kontrafagott)

– Blechblasinstrumente

- Hörner in F [D, Es ...]
- **Trompeten** in B [A, F ...] (Piccolo in hoch B, Basstrompete)
- Posaunen (Altposaune, Tenorposaune, Bassposaune, Tenorbassposaune)
- Tuba

– Pauken (in verschiedenen Größen)

– Schlaginstrumente

- Fellinstrumente (gr. / kl. Trommel ...)
- Stabspiele (Glockenspiel, Marimbaphon, Xylophon, Vibraphon)
- Metallinstrumente (Becken, Tamtam, Gongs, Plattenglocken, Röhrenglocken ...)

– Tasten- und Zupfinstrumente

- Harfe, Mandoline, Gitarre, Zither
- Klavier, Celesta, Orgel

– Chor

- Sopran, Alt, Tenor, Bass

– Streichinstrumente

- Violinen
- Violen
- Violoncelli
- Kontrabässe

Ordnungssysteme II

◆ Transponierende Instrumente

Transponierende Instrumente sind solche, deren Notation sich vom Klang in der Tonhöhe unterscheidet. Am häufigsten findet man Transpositionen unter den Blasinstrumenten. Oktavierende Notation bei besonders hoch oder tief liegenden Instrumenten geschieht wegen der besseren Lesbarkeit und der damit verbundenen Vermeidung von zu vielen Hilfslinien. Diese Oktavtranspositionen sind in der Regel keine echten Transpositionen. Echte Transpositionen sind ursächlich mit der Bau- und Spielart der Instrumente verbunden. Ihre Notation in anderen als der Originaltonart erleichtert das Spiel.

Die echten Transpositionen werden in der Partitur durch den Zusatz „in ...“ angegeben. Bezugston für die Angabe ist der Ton C, abhängig vom Oktavbereich. Hier ein paar Beispiele:

Instrument	spielt/greift Ton	klings Ton	Notation in C-Dur	Notation in D-Moll	Transposition (Klang zu Note)
Trompete in B	C	B	D-Dur	E-Moll	gr. Sekunde
Horn in F	C	F	G-Dur	A-Moll	r. Quinte
Klarinette in A	C	A	Es-Dur	F-Moll	kl. Terz
Altsaxphon in Es	C	Es	A-Dur	H-Moll	gr. Sexte

Ordnungssysteme II

◆ Transponierende Instrumente II

Instrument	spielt/greift Ton	klingt Ton	Notation in C-Dur	Notation in D-Moll	Transposition (Klang zu Note)
Trompete in B	C	B	D-Dur	E-Moll	gr. Sekunde
Horn in F	C	F	G-Dur	A-Moll	r. Quinte
Klarinette in A	C	A	Es-Dur	F-Moll	kl. Terz
Altsaxophon in Es	C	Es	A-Dur	H-Moll	gr. Sexte

The image displays musical notation for four instruments, comparing their notation in C-Dur (left) and D-Moll (right). A double bar line with repeat dots separates the two systems. The instruments listed on the left are Trompete in B, Horn in F, Klarinette in A, and Altsaxophon in Es. The notation shows the instrument's key signature and the specific note being played in each system.

Instrument	C-Dur (Notation)	D-Moll (Notation)
Trompete in B	D (two sharps)	E (one sharp)
Horn in F	G (one sharp)	A (one sharp, one flat)
Klarinette in A	A (two flats)	F (two flats)
Altsaxophon in Es	A (two sharps)	H (one sharp, one flat)

Ordnungssysteme III

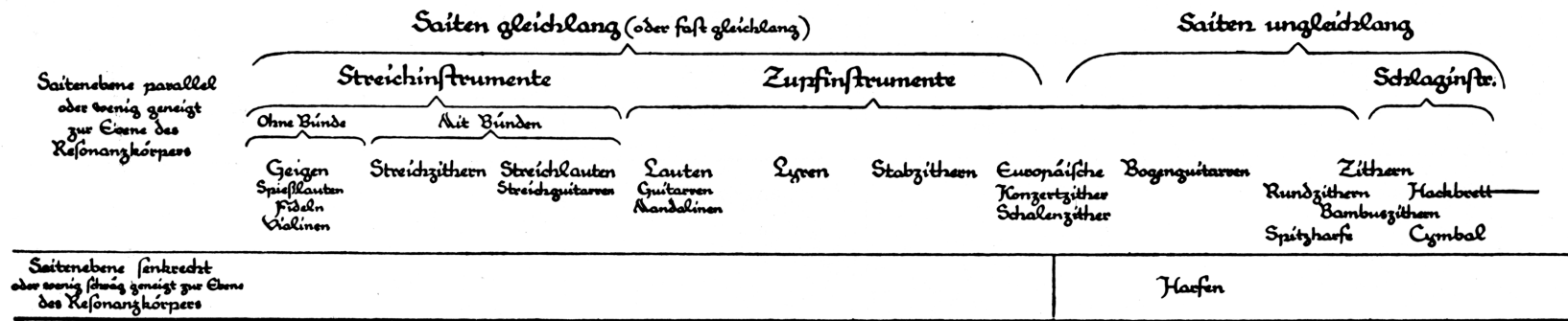
◆ Ordnung nach musikwissenschaftlicher Systematik

- Aerophone (= Luftklinger)
 - Alle Blasinstrumente
- Chordophone (= Saitenklinger)
 - Alle Saiteninstrumente
- Membranophone (= Fellklinger)
 - Alle Fellinstrumente
- Idiophone (= Selbstklinger)
 - Alle Instrumente, die nicht über eine Trennung von Klangerzeuger und Resonator verfügen
- Elektrophone (= elektronische Tonerzeugung)
 - Instrumente mit elektronischer oder elektromechanischer Klangerzeugung
- Automatophone (= selbstspielende, mechanische Instrumente)
 - Orchestrions oder ähnliches

Die Anordnung erfolgt nach Klassifizierungen der Klängenstechung. Der bedeutendste Vertreter war der Musikwissenschaftler Curt Sachs.

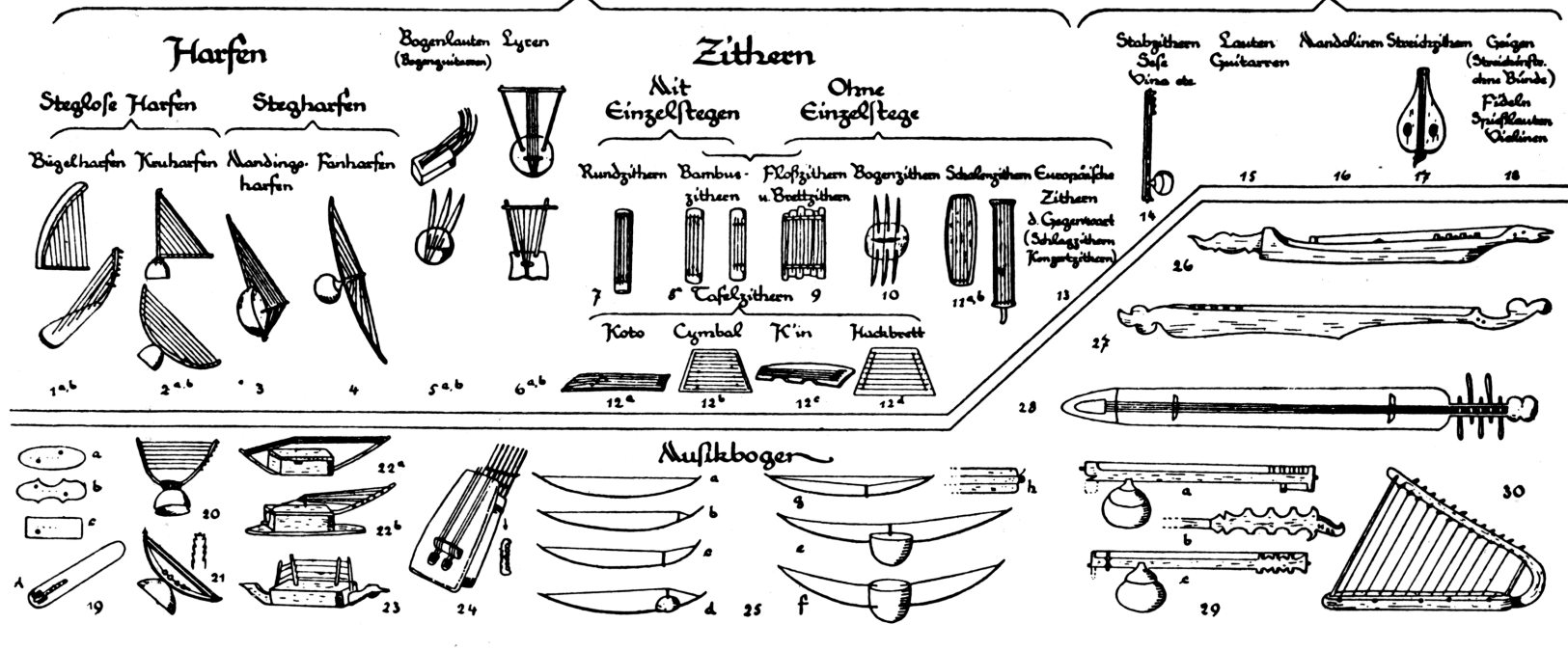
Ordnungssysteme III

Saiteninstrumente



Die Saiten werden während des Spielens nicht verkürzt, geben also stets den Ton auf den sie abgestimmt sind. Die Instrumente müssen daher immer eine größere Anzahl Saiten haben.

Die Saiten können während des Spielens mittelst der Finger verkürzt, also im Ton verändert werden.



Informationstechnische Systematik

Sie wurde 1971 durch Herbert Heyde in Leipzig entwickelt und von ihm als „Natürliches System der Musikinstrumente“ bezeichnet, wonach alle Ordnungssysteme „Künstliche Systeme“ seien. Die Terminologie „künstlich – natürlich“ ist bezüglich des nicht natürlichen Gegenstandes problematisch.

Der Unterschied zu den Ordnungssystemen besteht formal darin, dass bei dieser Systematik

1. die Instrumente unter dem Gesichtspunkt des Systems betrachtet werden,
2. verschiedene Abstraktionsklassen gebildet werden, mit deren Hilfe die Instrumente auf der Grundlage unterschiedlicher Abstraktionsgrade klassifiziert werden können (Abstraktionsklassen),
3. alle Elemente und Eigenschaften eines Musikinstruments berücksichtigt und nach ihrem Entwicklungsgrad untersucht werden,
4. die Entwicklung des Instrumentariums stammbaummäßig darstellbar wird (Verwandtschaftsreihen).

Informationstechnische Systematik / Abstraktionsklassen

Die Anwendung von Abstraktionsklassen bei der Analyse der Instrumentensysteme ist eine Voraussetzung, um die Instrumente nach ihrer Verwandtschaft einstufen zu können. Die Abstraktionsklassen abstrahieren die verschiedenen Eigenschaften der Instrumente.

1. **Systemklasse** = Funktion der aktiven Elemente und Spezifik der Kopplungen innerhalb des Instrumentensystems
2. **Formalklasse** = Differenzierung nach anthropomorphen und technomorphen Funktionselementen
3. **Kategorialklasse** = Instrumentensysteme oder Elemente nach unmittelbarer Spezifik
4. **Dimensionalklasse** = Betrachtung nach dem Dimensionalen, Messbaren

Informationstechnische Systematik / Verwandtschaftsreihen

Die Methode zur Einstufung des Instrumente nach Entwicklungshöhe und Verwandtschaftsgrad wird in Verwandtschaftsreihen abgebildet.

1. **Substitutionsreihe** = Entwicklungshöhe nach dem Anteil anthropomorpher und technomorpher Elemente
2. **Numeralarreihe** = Entwicklungshöhe nach Anzahl der parallel geschalteten Elemente
3. **Segmentreihe** = Einstufung der Entwicklungshöhe nach steigender Segmentzahl
4. **Modalreihe** = Entwicklungshöhe nach technologischem Entwicklungs- und klanglichem Anpassungsgrad
5. **Funktionalreihe** = Übertragungsverhalten der Elemente und Systeme nach Anzahl der möglichen Funktionszustände
6. **Mutationsreihe** = ordnet die Entwicklungsfolge der spontan auftretenden Entwicklungsformen

Informationstechnische Systematik / Analysemethoden

Die Methoden der Analyse zur Einstufung des Instrumente stellt einen selbstständigen Zweig der Musikwissenschaft dar und begründet die moderne wissenschaftlich orientierte Musikinstrumentenkunde.

1. **Systemanalyse** = Analyse von Struktur und Funktion der Musikinstrumente als Grundlagenwissenschaft
2. **Taxonomie** = systematische Einstufung der Instrumente im Zusammenhang mit der Verwandtschafts- und Entwicklungsforschung

Informationstechnische Systematik / Taxonomie I

Ausgehend vom Kausalgesetz, nach dem jede Wirkung eine Ursache hat, kann für die Entwicklung von Musikinstrumenten geschlussfolgert werden, dass jede Entwicklung im Prinzip Anpassung bedeutet. Es handelt sich dabei wesentlich um Anpassung

1. an die musikalisch leistungsmäßigen Anforderungen,
2. an das klangideelle Konzept,
3. an den technologischen Anspruchsgrad,
4. an ästhetische und materialmäßige Anforderungen.

Die vier genannten kausalen Faktoren sind das Postulat einer Zeit und damit bedingten Veränderungen

1. der leistungsbestimmenden Merkmale (Saitenzahl, Bundzahl, Tonumfang, Dynamik ...),
2. der klangbestimmenden Merkmale (Mensur, Bauform ...),
3. der technischen Eigenschaften und Gebrauchseigenschaften (Stabilität, Dichtung ...),
4. der formalen und materialmäßigen Eigenschaften (Formgebung, Material, Oberflächen ...).

Ein Instrument scheidet aus der Musikpraxis nur dann aus, wenn es aufgrund der kausalen Faktoren einem oder mehrerer Postulate nicht mehr entspricht. Jedes heutige Instrument hat Vorläufer und es gibt auch abgebrochene Entwicklungen.

Informationstechnische Systematik / Taxonomie II

Vorläufer:



Klappentrompete



Hammerflügel (Mozart)



Oboen 18. Jahrhundert

Abbrüche:



Serpent

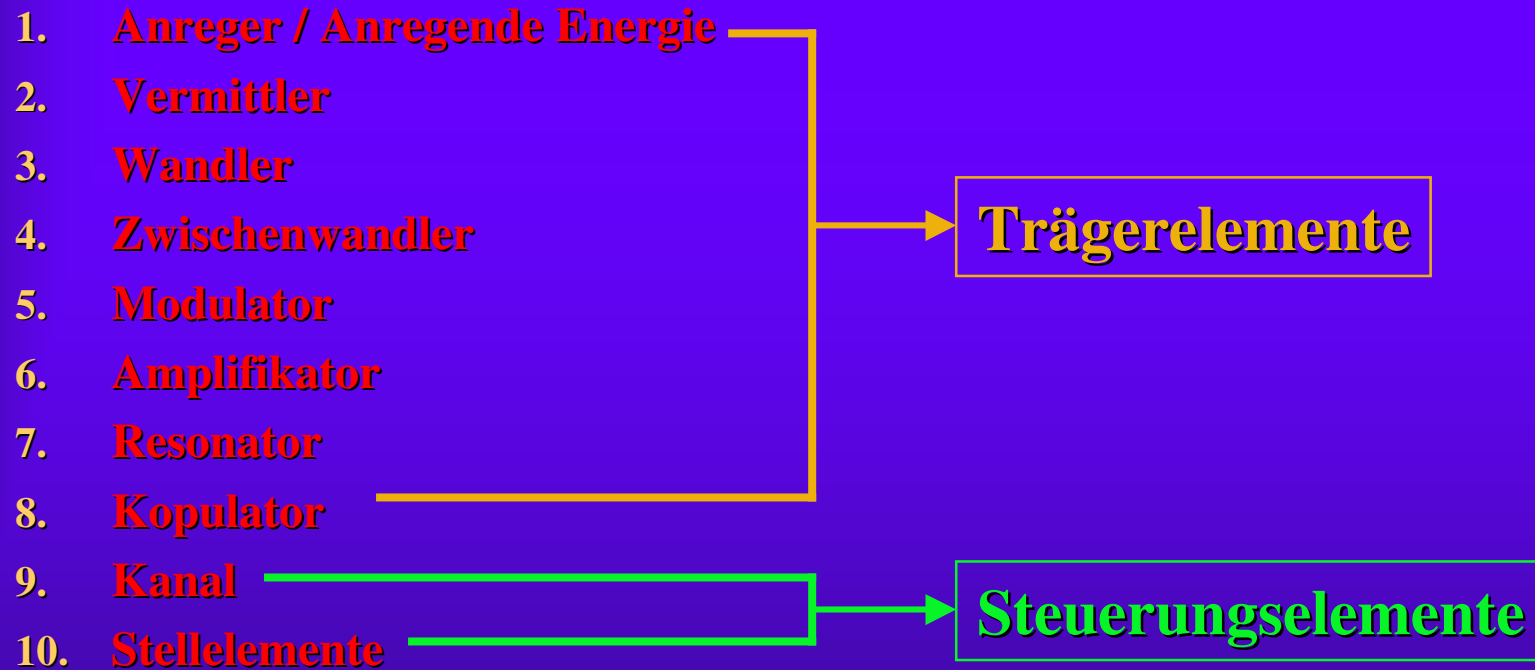


Glasharmonika



Orphika

Informationstechnische Systematik / Funktionselemente



Je nach Instrument können 2 bis 10 Funktionselemente vorhanden sein. Zu den unbedingt notwendigen Funktionselementen gehören Anreger und Wandler. Die Höhe der Entwicklungsstufe eines Musikinstruments lässt sich, unabhängig von übrigen Faktoren wie Entstehungszeit, Entstehungsort oder Verwendung, an der Anzahl der Funktionselemente ablesen.

Informationstechnische Systematik / Anreger

Der Anreger ist das aktive Element, das die für die Tonerzeugung notwendige Energie in geeigneter Form und Meng bereitstellt. Er ist die letzte Umwandlungsstufe, die die anregende Energie unmittelbar abgibt. Mechanische Anreger sind in den meisten Fällen energieumformende Medien (Muskel formt chemische in mechanische Energie um).

Anreger / Anregende Energie

- ◆ Mechanische Energie
 - ◆ Fingermuskeln
 - ◆ Atemdruckluft
 - ◆ Mechanische Druckluft
- ◆ Elektrische Energie
 - ◆ Anregende Energie
- ◆ Lichtenergie
 - ◆ Lichtstrahl

Informationstechnische Systematik / Vermittler

Die Vermittler sind Vorrichtungen, die zwischen Anreger und Wandler treten können. Sie haben die Aufgabe, die vom Anreger abgegebene Energie den Erfordernissen des Instruments und dem Wandler anzupassen.

Vermittler

◆ Direkte Vermittler

- ◆ statisch – technomorph
 - ◆ Ausgleichsbälge, Windkammern
 - ◆ Linsensysteme
- ◆ dynamisch – technomorph
 - ◆ Plektren
 - ◆ Streichbögen
 - ◆ Klaviermechaniken
- ◆ statisch – anthropomorph
 - ◆ Mundhöhle
- ◆ dynamisch – anthropomorph
 - ◆ Finger, Arme, Beine

◆ Indirekte Vermittler

- ◆ Rasseln
- ◆ Schwingglocken
- ◆ Schellenbaum
- ◆ Klappern
- ◆ Sistren
- ◆ Ratschen

◆ Verteiler, Umsetzer

- ◆ Verteiler
 - ◆ Eingangsverzweigungen
 - ◆ Konflatorien
 - ◆ Ausgangsverzweigungen
 - ◆ Windladen bei Orgeln
 - ◆ Welle bei Glasharmonika
- ◆ Umsetzer
 - ◆ Elektromagnete

Informationstechnische Systematik / Wandler

Der Wandler ist dasjenige Funktionselement, das die vom Anreger kommende Energie direkt oder über einen Vermittler in eine Energieform umwandelt, die hörbar ist. In der Regel wird mechanische (kinetische) oder elektrische Energie in akustische Energie gewandelt.

Wandler

◆ Mechanoakustische Wandler

- ◆ transitiv (gut schwingungsfähiges Medium)
 - ◆ Saiten, Membrane
 - ◆ Rohrblätter
 - ◆ Stäbe, Platten
- ◆ intransitiv (starr, regt die Anregende Energie selbst zum Schwingen an)
 - ◆ Labium (Blockflöte, Orgelpfeife)
- ◆ passiv
 - ◆ Saiten, Zungen
 - ◆ Rohrblätter
 - ◆ Labium
- ◆ aktiv
 - ◆ Schwirrholtz

◆ Doppelwandler

- ◆ Gegenschlagbecken

◆ Elektromechanische Wandler

- ◆ Stimmgabelsummer
- ◆ Magnetspulen/Zungen
- ◆ Hammodorgel

◆ Elektrische Wandler

- ◆ Kondensatoren, Spulen, Röhren
- ◆ Transistoren
- ◆ entsprechende Schaltkreise

◆ Lichtwandler

- ◆ Rotierende Profil- /Lochscheiben

◆ Zwischenwandler

- ◆ Tonabnehmersysteme (Neo-Bechstein)
- ◆ Mikrophone (Clessophon)

Informationstechnische Systematik / Modulator

Der Modulator ist eine Vorrichtung zur Veränderung der vom elektromechanischen oder elektrischen Wandler oder Zwischenwandler gelieferten Schwingungen. Es handelt sich um die synthetische Bildung oder Veränderung von Klängen.

Modulator

- ◆ Lineare Verzerrer
 - ◆ Filter
- ◆ Nichtlineare Verzerrer
 - ◆ Elektronenröhren
 - ◆ Dedektoren

Informationstechnische Systematik

Amplifikator/Resonator/Kopulator

Der Amplifikator kommt in elektrischen und elektronischen Systemen vor und besteht zumeist aus Verstärker und Lautsprecher. Der Resonator nimmt die Energie eines mechanoakustischen Wandlers auf und verstärkt diese. Der Kopulator ist Element eines gekoppelten Systems.

Amplifikator

- ◆ Verstärker
 - ◆ Röhrensysteme
 - ◆ Transistoren
 - ◆ Schaltkreise
- ◆ Lautsprecher
 - ◆ Potentiometer
 - ◆ Lautsprecher

Resonator

- ◆ Hohlkörper
 - ◆ Korpus bei Streich-
o. Zupfinstrumenten
- ◆ Gefäßform
 - ◆ Kalabasse
- ◆ Platten
 - ◆ Resonanzböden
- ◆ Aliquote
 - ◆ Aloquotsaiten
- ◆ Membrane
 - ◆ Mirlitons

Kopulator

- ◆ Röhren
 - ◆ Korpus bei allen
Blasinstrumenten
- ◆ Gefäßform
 - ◆ Okarina

Informationstechnische Systematik

Kanal/Stellelemente

Kanäle dienen der Weiterleitung von Energie zwischen den Funktionselementen als Glieder eines Kommunikationssystems. Stellelemente dienen der Klangsteuerung.

Kanal

- ◆ Stege
 - ◆ Saiteninstrumenten
- ◆ Kanäle
 - ◆ Windkanäle (Orgel)
 - ◆ Mundstückröhren (Fagott)
- ◆ Leitungen
 - ◆ Elektr. Kabel
 - ◆ Leiterplatten

Stellelemente/Steuerelemente

- ◆ antropomorph
 - ◆ nerval
- ◆ technomorph
 - ◆ Pedale
 - ◆ Hebel
 - ◆ Schalter

Informationstechnische Systematik / Übersicht I

	Anreger	Vermittler	Wandler	Resonator Amplifikator Kopulator	Instrumente
IDEOPHONE	<i>antropromorph</i> Finger, Hände, Füße	<i>technomorph</i> Schlägel Hammerköpfe Gegenschlag Luft <i>antropromorph</i> Luft	liegende, hängende Stäbe Platten sonstige Körper befestigte Stäbe	Resonatorröhren	Xylophon Marimbaphon Röhrenglocken Becken Triangel Zungenpfeifen Akkordeon
AEROPHONE	<i>antropromorph</i> Atem, Lippen, Hände, Füße <i>technomorph</i> Motoren	<i>technomorph</i> Mundstücke wie Rohrblätter, Kessel, Kernspalte <i>antropromorph</i> Lippen	Luftsäule	Schalltrichter	Orgel Flöte, Oboe, Klarinette, Fagott, Horn, Trompete, Posaune, Tuba Okarina, Duduk Drehorgel
CHORDOPHONE	<i>antropromorph</i> Finger, Hände, Füße <i>technomorph</i> Motoren	<i>technomorph</i> Klaviatur Mechanik Streichbogen Schlägel Plektren <i>antropromorph</i> Finger	Saiten	Resonanzkörper Resonanzböden Verstärker Membrane	Klavier Streichinstrumente Zupfinstrumente Hackbrett Psalterium
MEMBRANOPHONE	<i>antropromorph</i> Finger, Hände, Füße	<i>technomorph</i> Schlägel <i>antropromorph</i> Hände	Membrane	Korpus Kessel	Trommeln Pauken

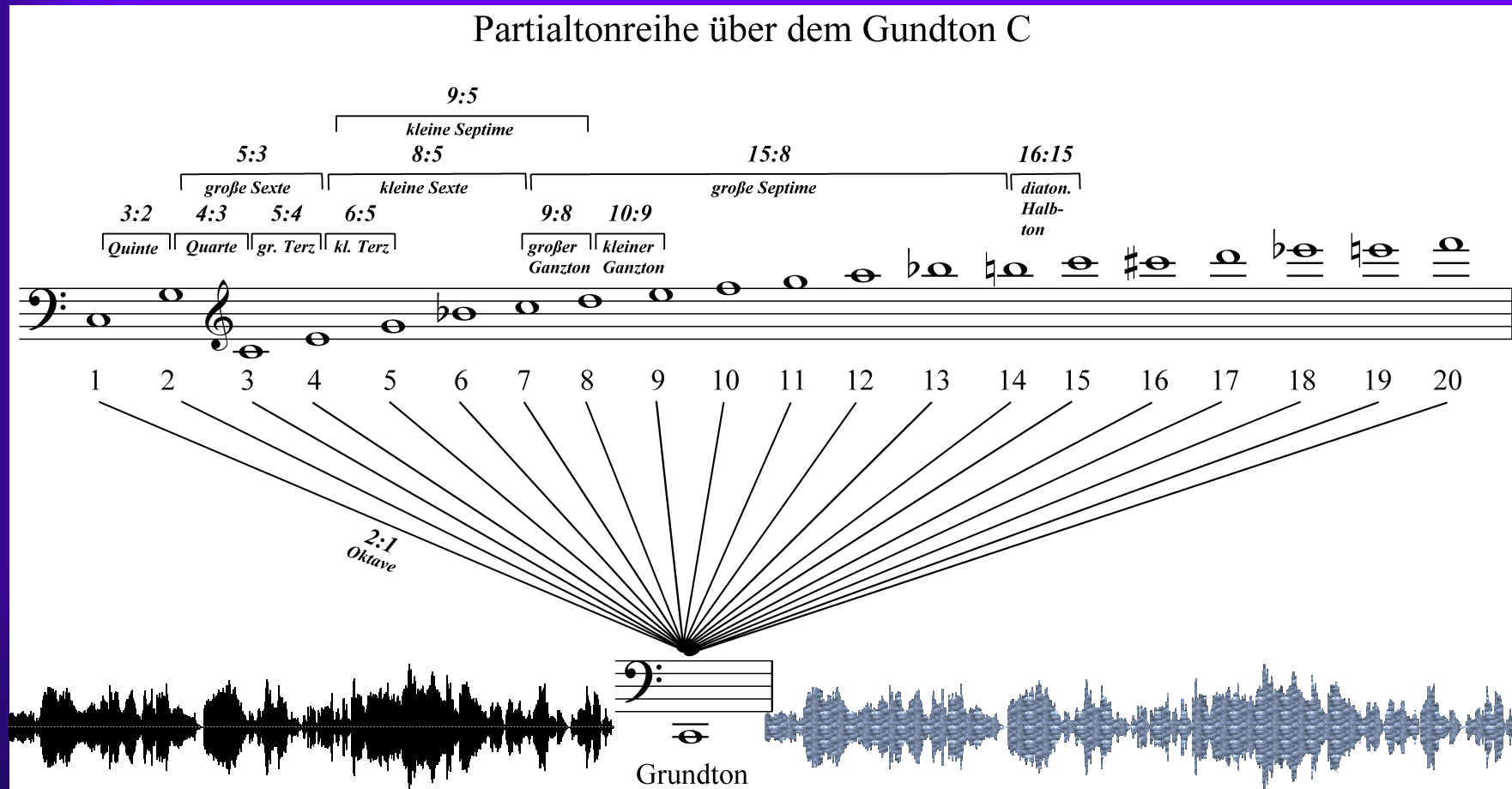
Informationstechnische Systematik / Übersicht II

Der Einsatz moderner Energiequellen hat auch das Instrumentarium bedeutend erweitert. Das betrifft besonders auch die Nutzung der Elektronik. Aber schon die zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts brachte eine Fülle von mechanischen Musikinstrumenten hervor, die sich im Verlaufe des 19. Jahrhunderts bis hin zu monströsen Jahrmarktorchestrions ausweiteten. Die Einordnung all diese Instrumente ist bisweilen recht schwer, so dass die Erweiterung des Sachsschen Systems um die Termini Elektrophone und Automatophone immer etwas unbeholfen wirkt, wenn man die Fülle solchen Instrumentariums bedenkt. Heute hat auch der Computer bereits Einzug in die Welt der Elektronischen Musik gefunden und muss somit auch als Musikinstrument angesehen werden.

	Anreger	Vermittler	Wandler	Resonator Amplifikator Kopulator	Instrumente
ELEKTROPHONE	<i>technomorph</i> Elektr. Energie <i>antropromorph</i> Finger, Hände, Füße	<i>technomorph</i> Schlägel Mechaniken Tastaturen <i>antropromorph</i> Schaltkreise	<i>technomorph</i> Elektrische Energie	Verstärker Lautsprecher	E-Piano Hammand-Orgel Sythesizer Elektr. Schlagzeug Keyboard Computer
AUTOMATOPHONE	<i>antropromorph</i> Atem, Lippen, Hände, Füße <i>technomorph</i> Motoren	<i>technomorph</i> Mechaniken <i>antropromorph</i> Hände, Arme, Beine	Kombiniert oder einzeln alle vorgenannten Wandler	Kombiniert oder einzeln alle vorgenannten Elemente	Orchestrions Pianola Drehorgel Welte-Flügel

Akustik / Partialtonreihe

Ohne Verständnis grundlegender akustischer Vorgänge der Tonerzeugung und der Klangsteuerung ist die Betrachtung der Funktionsweise von Musikinstrumenten unmöglich.

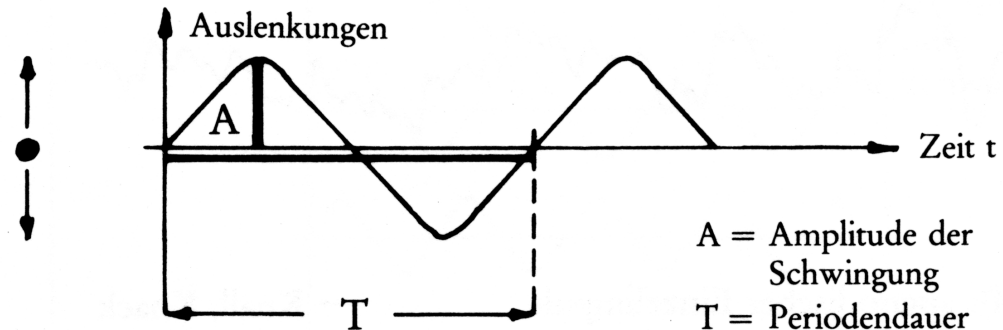


Akustik / Schwingungen I

1a: Sinusförmige Bewegung

Hin und her
des Luftteilchens

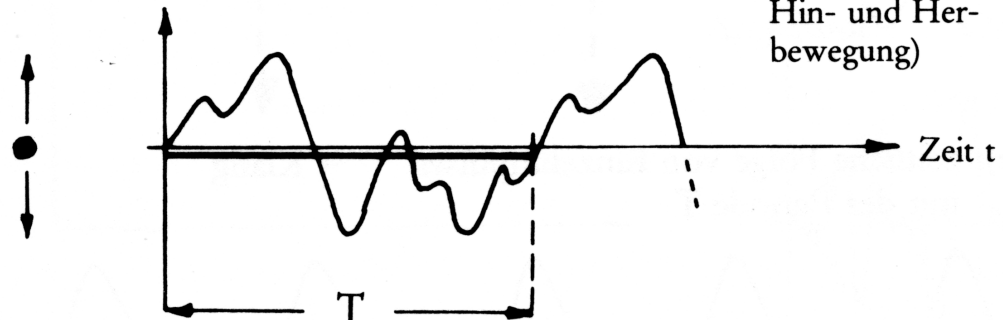
Zeitlicher Verlauf der
Bewegung



A = Amplitude der
Schwingung

T = Periodendauer
(Periode) der
Schwingung
(= Zeit einer
Hin- und Her-
bewegung)

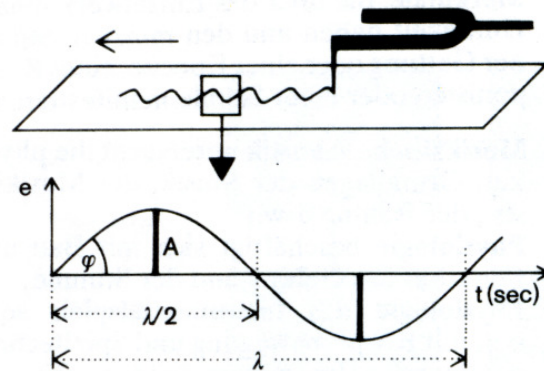
1b: Komplexe, nicht-sinusförmige Bewegung



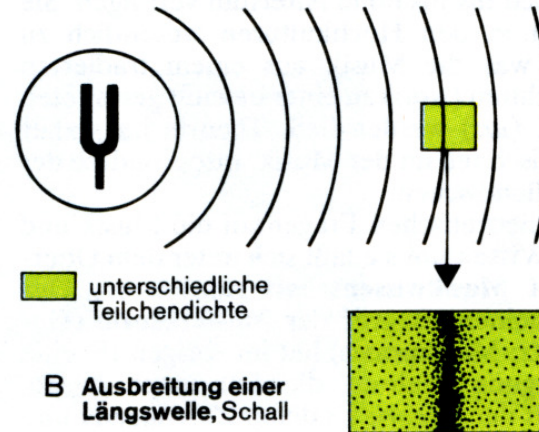
$$\text{Frequenz} = \frac{\text{Anzahl von Schwingungen}}{\text{Sekunde}}$$

$$f = \frac{1}{T} \text{ (Hz)}$$

Akustik / Schwingungen II

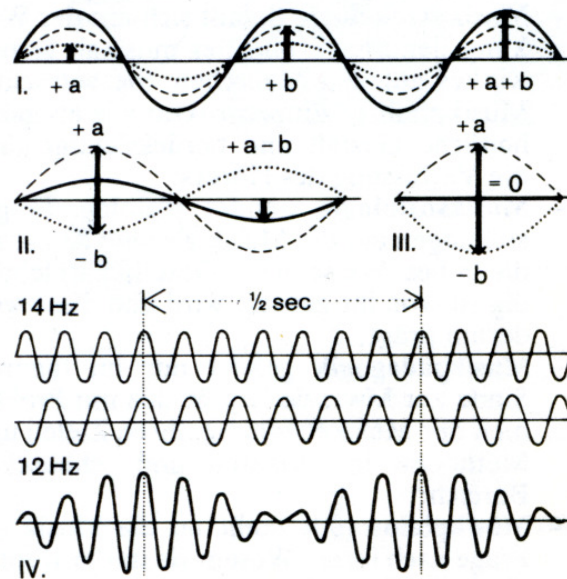


A Harmonische Schwingung einer Stimmgabel

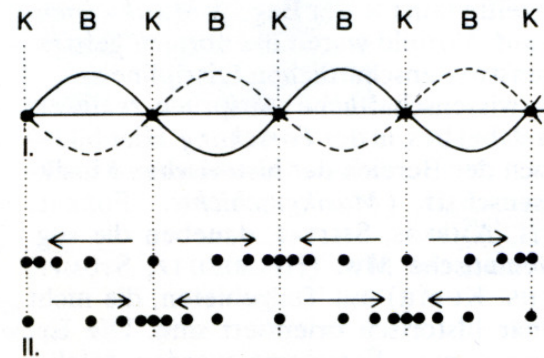


unterschiedliche Teilchendichte

B Ausbreitung einer Längswelle, Schall



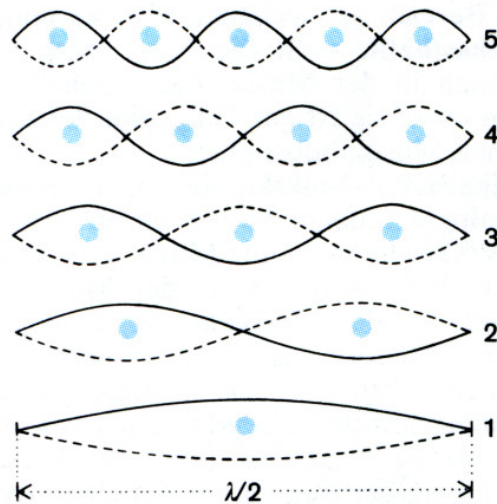
C Überlagerung von Wellen



D Stehende Quer- (I.) u. Längswelle (II.)

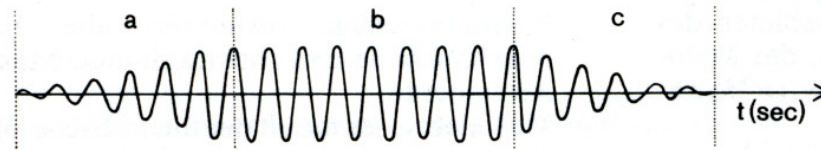
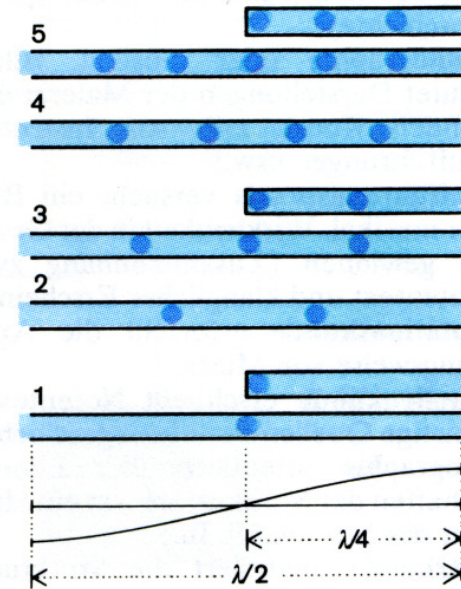
- I. Verstärkung $+a+b$
- II. Schwächung $+a-b$
- III. Auslöschung $a=b$
- IV. Schwebungen 2 Hz

Akustik / Schwingungen III



Wellen-
knoten
Wellen-
bauch

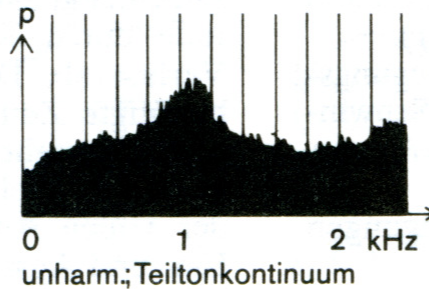
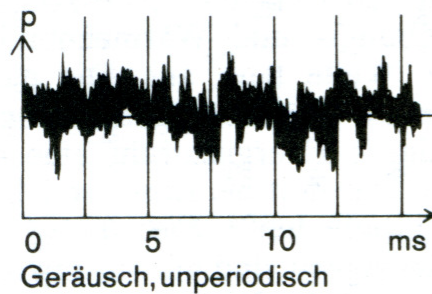
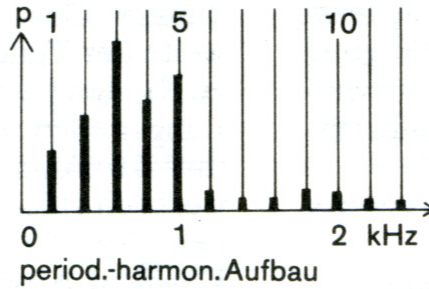
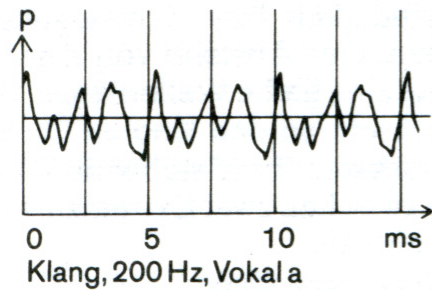
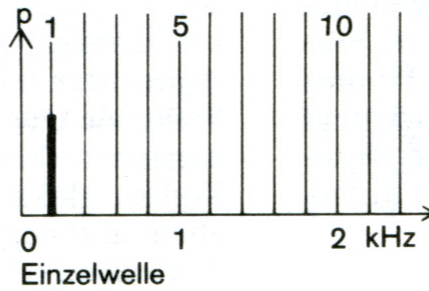
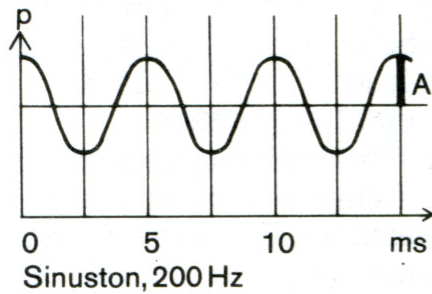
E Schwingende Saiten und Luftsäulen in offenen und gedackten Röhren



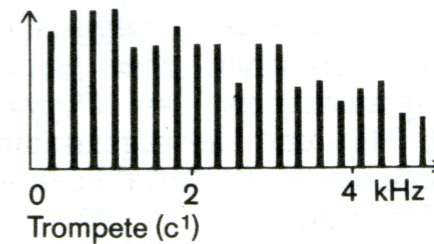
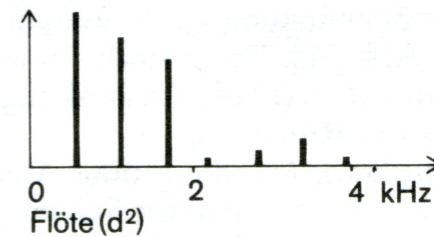
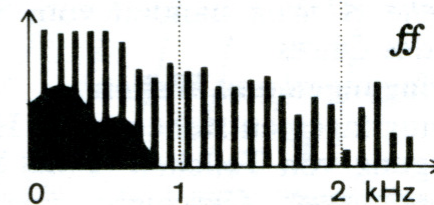
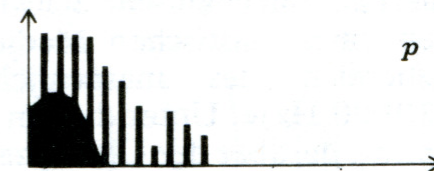
a Einschwingzeit
b ungedämpfte Welle
c Ausschwingzeit

F Ein- und Ausschwingvorgang bei gleicher Wellenlänge

Akustik / Schwingungen IV



A Oszillogramme(l.) und Teiltonspektren(r.)



B Instrumentalspektren

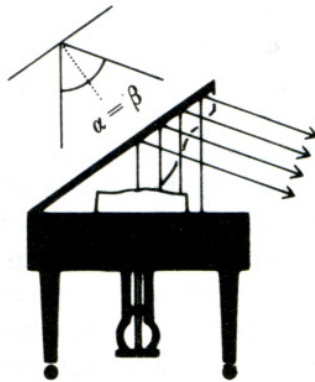
Akustik / Schwingungen V

Noten-name	temper. Stimmung	physikal. Stimmung		Cent	reine Stimmung	Verhältnis zu c ¹	temperierte Stimmung	
c ⁵	4186,03 Hz	~ 2 ¹²						
c ⁴	2093,02 Hz	~ 2 ¹¹						
c ³	1046,51 Hz	~ 2 ¹⁰						
c ²	523,25 Hz	~ 2 ⁹	} →	c ²	1200	528 Hz	2:1	523,25 Hz
c ¹	261,63 Hz	~ 2 ⁸		h ¹	1100	495 Hz	15:8	493,88 Hz
c	130,81 Hz	~ 2 ⁷		b ¹	1000	475 Hz	9:5	466,16 Hz
C	65,41 Hz	~ 2 ⁶		a ¹	900	440 Hz	5:3	440,00 Hz
C ₁	32,70 Hz	~ 2 ⁵		as ¹	800	422 Hz	8:5	415,31 Hz
C ₂	16,35 Hz	~ 2 ⁴		g ¹	700	396 Hz	3:2	392,00 Hz
C ₃	8,15 Hz	~ 2 ³		fis ¹	600	367 Hz	25:18	369,99 Hz
				f ¹	500	352 Hz	4:3	349,23 Hz
				e ¹	400	330 Hz	5:4	329,63 Hz
				es ¹	300	317 Hz	6:5	311,13 Hz
				d ¹	200	297 Hz	9:8	293,67 Hz
				cis ¹	100	275 Hz	25:24	277,18 Hz
				c ¹	0	264 Hz	1:1	261,63 Hz

C Tonhöhen

chromatische Tonleiter

Kammerton



D Schallreflexion

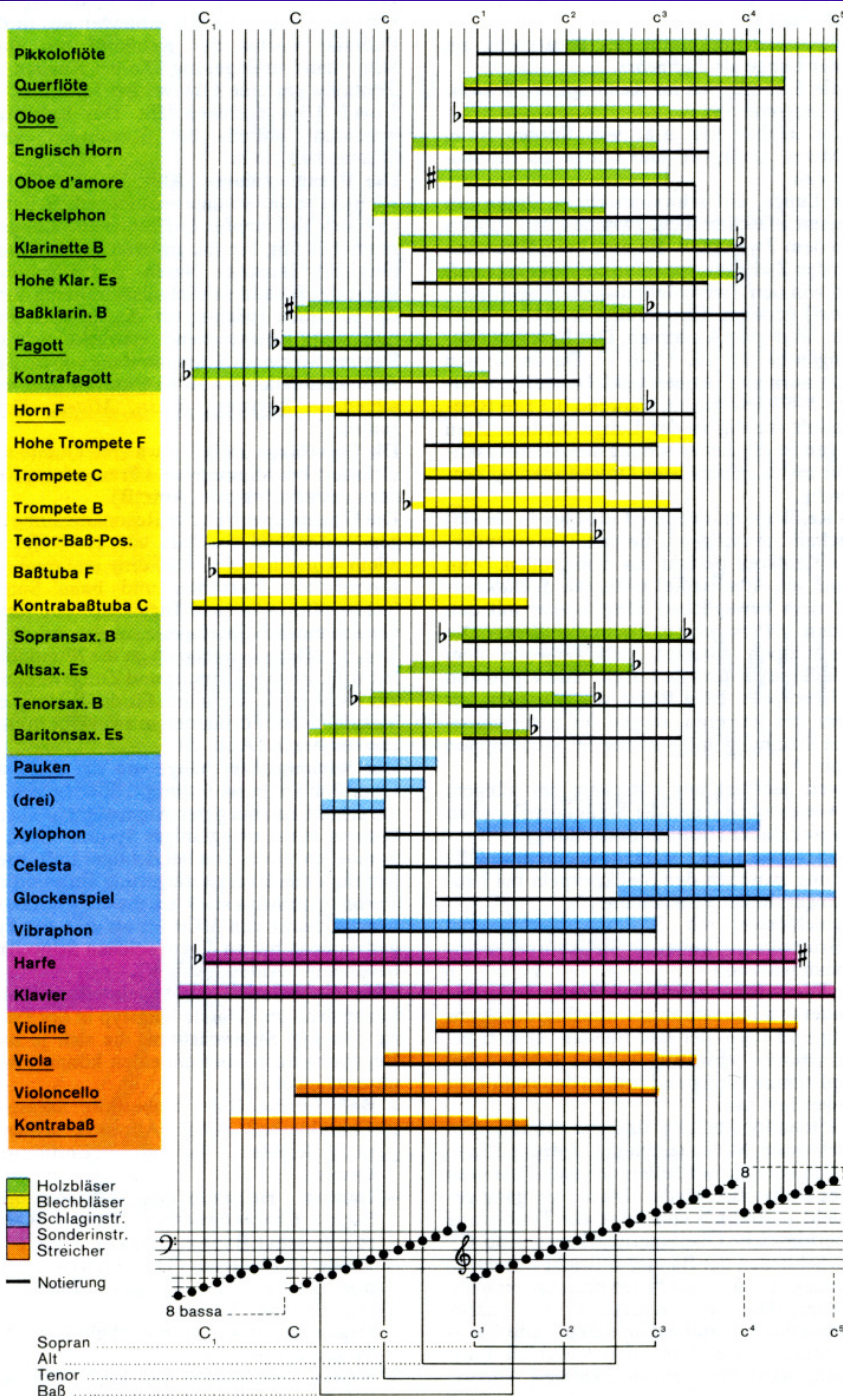
	Leistung Watt (bei ff)	Stärke W/m ²	Druck Pa	Dämpfung dB	musikal. Dynamik
Geige	0,001 Watt	10 ⁻¹²	2 x 10 ⁻⁵	0	—
Flöte	0,013 Watt	10 ⁻¹⁰	2 x 10 ⁻⁴	20	<i>ppp</i>
Kb.	0,089 Watt	10 ⁻⁸	2 x 10 ⁻³	40	<i>p</i>
Tuba	0,28 Watt	10 ⁻⁶	2 x 10 ⁻²	60	<i>f</i>
Flügel	0,42 Watt	10 ⁻⁴	2 x 10 ⁻¹	80	<i>ff</i>
Becken	15,00 Watt	10 ⁻²	2	100	<i>fff</i>
Orch.	27,00 Watt	1	2 x 10 ¹	120	—

E Schallgrößen

Hörbereich bei ca. 2000 Hz

Instrumentenkunde I

Tonumfang der Instrumente



In jeder Instrumentengattung gibt es so viele Instrumente, dass im Prinzip die Tonskala vollständig abgedeckt werden kann. Damit ist das bereits in der Renaissance entworfene Modell der Instrumentenfamilien erweitert und den Bedingungen der modernen Orchesterpraxis angepasst worden. Bestimmte Schwachpunkte sind dann oft unter Mitwirkung von Komponisten ausgeglichen worden. Man denke hier nur an die Wagner-Tuba, die keine Tuba, sondern ein hornartiges Instrument ist. Für Bühneneffekte wurden auf Anregung Verdis die Aidatrompeten in verschiedenen Größen und Ausführungen gebaut. Der Tonumfang eines Instruments ist nicht starr. Professionelle Musiker haben immer einen etwas größeren Umfang als dieser standardmäßig angegeben wird. Meist erfolgt die Erweiterung des Umfangs in der Höhe. Die tiefsten Töne hingegen sind durch die Bauart des Instruments bestimmt.