

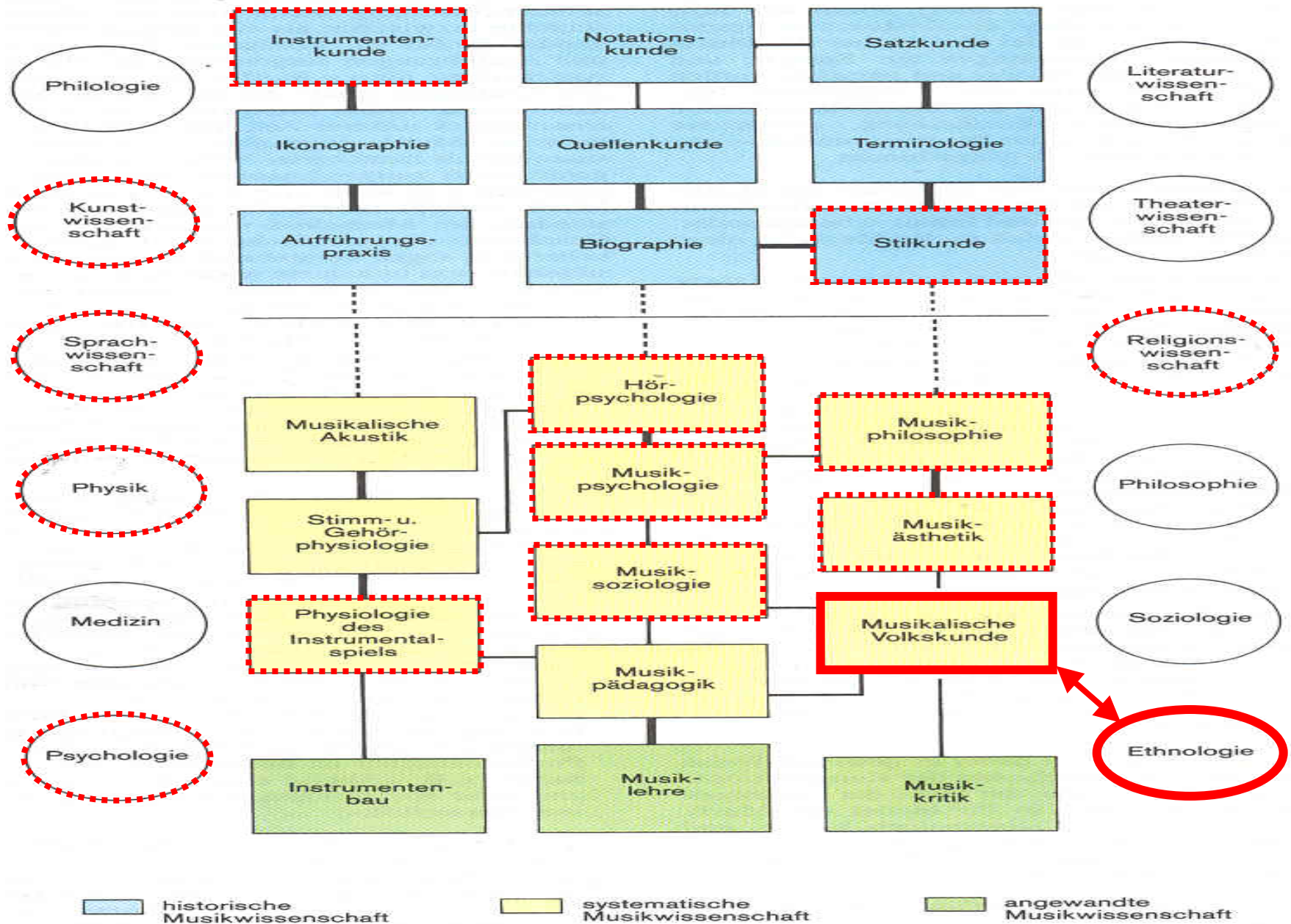
**Arbeitskreis Musikethnologie:**  
**Die Natur der Musik: Universalien des Klanges**

**19.6.06**

**Gerhard Apfelauer**

1. Teilgebiete der Musikwissenschaft
2. Teilbereiche der Ethnologie
3. Universalien
4. Typen von Instrumenten
5. Arabische Musik
6. Gamelan
7. Ton und Klang, physikalisch
8. Der Klang
  - Tonerzeugung und Hören
  - Schwingung
  - Resonanz
  - Musikalische Wahrnehmung
  - Musikpsychologie
  - Klangspektren
  - Formant, Formantstrecken
  - 4 Klangfarbengesetze

# Teilgebiete der Musikwissenschaft



# Die Teilbereiche der Ethnologie

- Politikethnologie
- Religionsethnologie
- Verwandtschaftsethnologie
- Religionsethnologie
- Medizinethnologie
- Ethnologie der Emotionen
- Ethnologie der Sinne
- Ethnologie der Ästhetik
- Visuelle Ethnologie
- **Musikethnologie ?**

Quelle: Einführung in die  
Ethnologie, Prof. Heidemann

# Universalien (z.B.)

- Tonarten (Dur und Moll, Kirchentonarten, **Maqam**,  
**laras slendro** und **laras pelog** ),
- Materialtonleiter (Europa: 12 Töne, Arabische Musik: 24 Töne),
- Tonhöhen, Stimmungen (Hertz, Cent),
- Intervalle (Pythagoras, Boethius, Leibnitz u.a.),
- Akkorde (Drei-, Vierklänge, Bourdon, Tristan Akkord, Cluster...),
- 8 Konsonanztheorien:  
Proportionstheorie, Mikrorhythmentheorie, Schwebungs- und  
Klangverwandtschaftstheorie, Verschmelzungstheorie, Koinzidenztheorie,  
Differenztontheorie, Tonigkeitentheorie, Multiplizitätstheorie
- Frequenzanalyse, Klangspektren, Formanten
- Partialtöne / Obertöne
- Melodik,
- Rhythmik,
- (Schluß-)kadenzen, Floskeln,
- Finalis und Zentralton (Rezitationston), ...

# Instrumente: Einteilung (gilt weltweit)

Chordophone (Saiten)

Membranophone (gespannte Membranen)

Idiophone (Selbstklinger)

Aerophone (Luftsäulenschwingung)

Elektrophone (Schaltkreise, Computer...)

# Arabische Musik, Al Ud

- o Modus (**Maqam**) besteht aus 7 Tönen pro Oktav mit Tonschritten von  $\frac{1}{2}$ -Ton,  $\frac{3}{4}$ -Ton, Ganz-Ton,  $\frac{3}{2}$  Ton (arabische Temperierte Stimmung)
- o Der **Maqam** besteht aus zwei aufeinander sitzenden charakteristischen **Tetrachorden** → vgl. europ. Mittelalter (i. d. Regel: reine Quart):  
Einteilung nach den vorkommenden Intervallen
- o Grundton und Rezitationston (vgl. Pasalmodien)
- o charakteristische melodische Wendungen, Stimmungsgehalt
- o Form, Ausdruck und Gestaltung der Musik
- o Es gibt Familien von Maqams mit charakteristischen  
Schlußformeln

Beispiel: Intervalle des **Rast**:

$1 - \frac{3}{4} - \frac{3}{4}$        $1 - \frac{3}{4} - \frac{3}{4}$

vgl. unser Tetrachord: Intervalle für **dorisch**:

d-e-f-g       $1 - \frac{1}{2} - 1$

a-h-c-d       $1 - \frac{1}{2} - 1$

**dorische** Tetrachorde entsprechen dem **Maqam Nahawand**!

Andere Maqams (Beispiele):

**Kurdi**       $\frac{1}{2} - 1 - 1$  (entspricht phrygisch!)

**Saba zamzama**       $\frac{1}{2} - 1 - \frac{1}{2}$

**Saba**       $\frac{3}{4} - \frac{3}{4} - \frac{1}{2}$

**Bayyati**       $\frac{3}{4} - \frac{3}{4} - 1$

Maqam wird “abwärts” gedacht.

# Intervalle der Al Ud um 900 (entsprechend Monochord):

G-G = 1:1 (Oktave)

G-Ab = 256:243 !!!

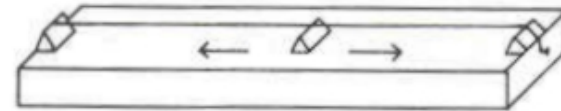
G-A = 9:8 (Ganzton)

G-B = 32:37

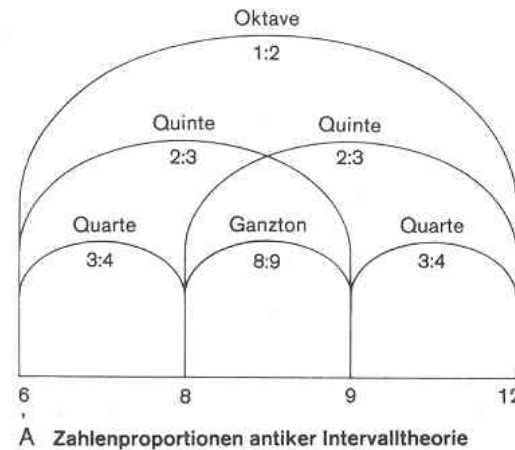
G-H = 81:64 (2 Ganztöne)

G-C = 4/3 (Reine Quart)

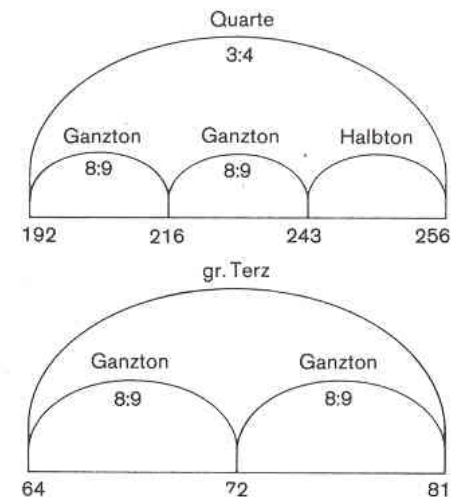
## Das Schwingungsverhältnis



Monochord



(Europa)



Quelle: VL von Prof. El Mallah und dtv Atlas

**Gamelan** stammt von den Fürstenhöfen in Indonesien

Dichotomie der Spielweise:

Melodieinstrumente und Gerüstinstrumente

Perkussiver Charakter des Gamelan, ineinander verschränkte Rhythmen der Instrumente

i.a. geradzahlige Taktanordnungen

paarige Instrumente, gegeneinander geringfügig verstimmt, erzeugen Schwebungen

(vgl. trichordische Saiten des Klaviers)

**„laras“ = musikalische Stimmung**

alle Gamelan Ensembles sind unterschiedlich gestimmt !!!  
nicht einmal oktavidentisch ! (→ Oktavspreizung)

2 Stimmungsgeschlechter:

**laras slendro** und **laras pelog**

5 Töne innerh. Oktav, 6,5,3,2,1 (slendro)

3 Varianten: s. nem, s. sanga, s. manyura

7 Töne innerh. Oktave: 7,6,5,4,3,2,1 (pelog)

3 Varianten: p. nem, p. lima, p. barang

keine einheitliche Materialtonleiter (wie bei Dur und Moll) i.a.  
Keine Notation. Orchester üben stundenlang nach Gehör...

Vokalisten (bzw. Saiteninstrument rehab) singen auch Töne,  
die es auf den Gamelan Instrumenten nicht gibt bzw. höher  
enge und weite Intervalle (ca. 150 cent und ca. 400 cent)

Verschränkung der Skalen bringt neue Intervalle

z.B. 5-tönige Stimmung:

die Instrumente gender, gambang, siter,  
paarige Instrumente

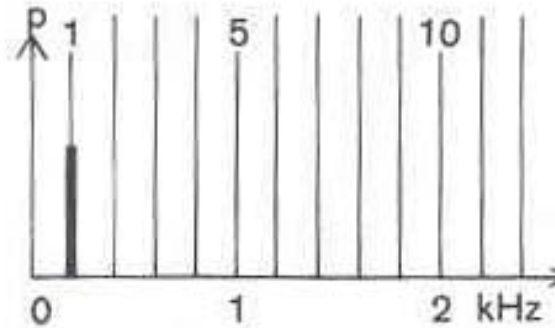
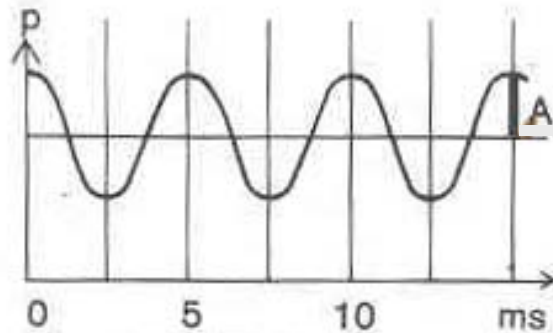
Charaktere von Tonarten und Tonart-Kombinationen !

Quelle: [www.gamelan-java.de](http://www.gamelan-java.de)

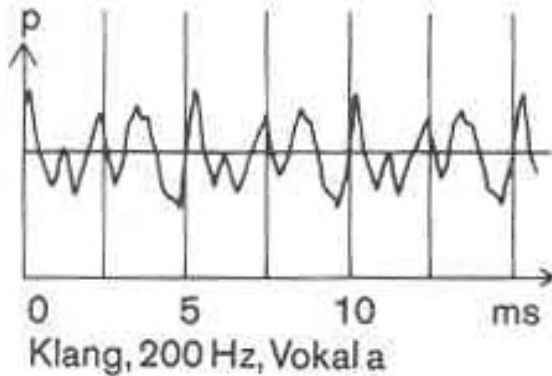
# Ton und Klang (I)

p.....Schalldruck (bar), Phon

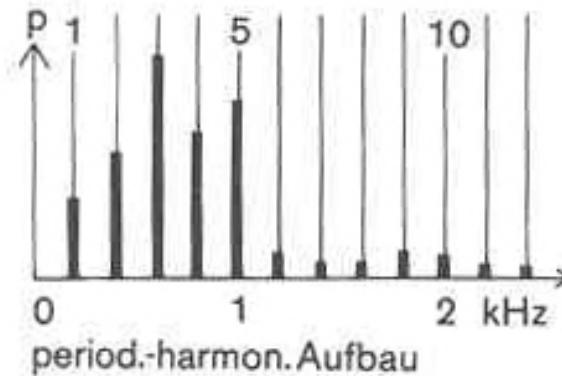
Ton  
(Sinus)



Klang



Klang, 200 Hz, Vokal a



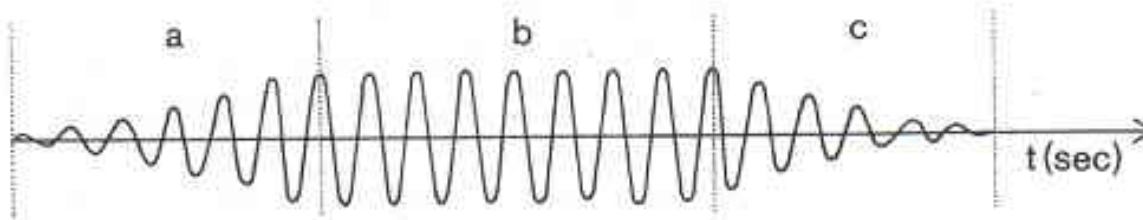
period.-harmon. Aufbau

Periodische Schwingungen

Spektrum → Klangfarbe (Timbre)

Quelle: dtv Atlas

# Ton und Klang (II)

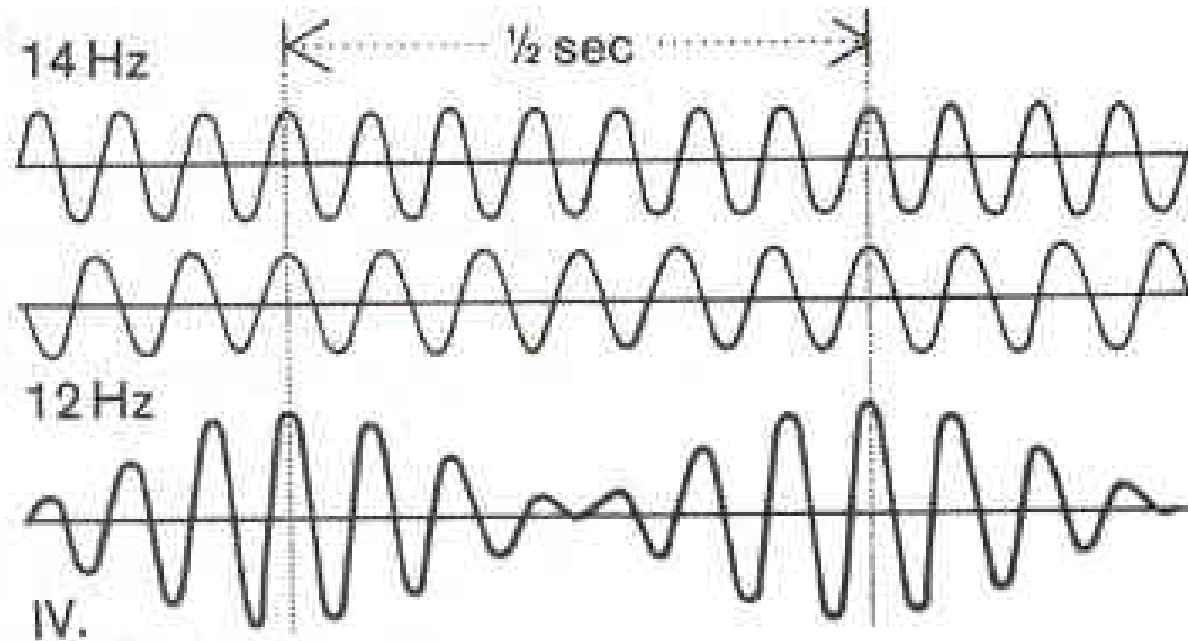


- a Einschwingzeit
- b ungedämpfte Welle
- c Ausschwingzeit

**F Ein- und Ausschwingvorgang bei gleicher Wellenlänge**

Quelle: dtv Atlas

# Ton und Klang (III)



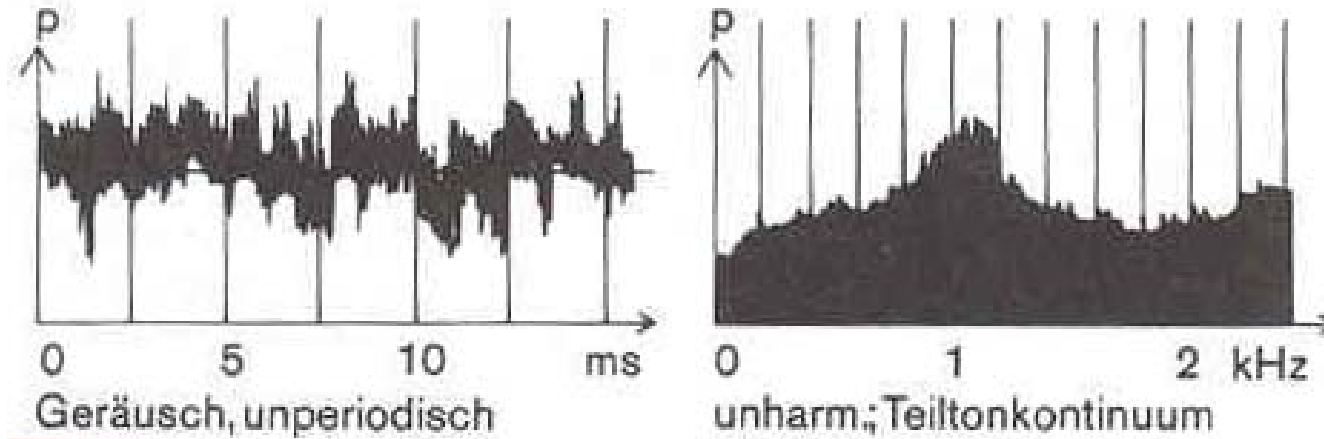
440 Hz,  
+30 cent

C Überlagerung von Wellen

Quelle: dtv Atlas



# Geräusch



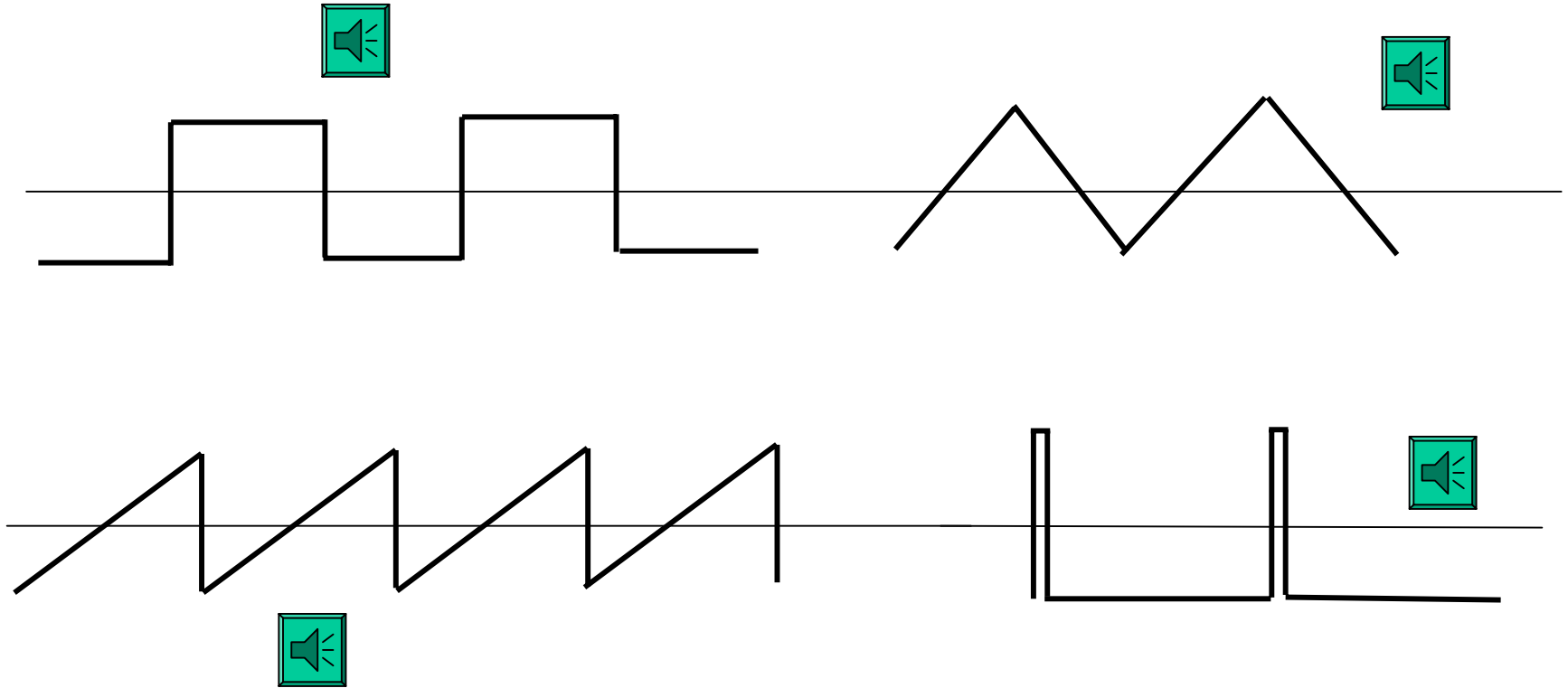
## Unperiodische Schwingungen

Vgl.

- Futurismus: Luigi Russolo: Die Kunst der Geräusche, 1913: „Intona Rumori“
- Musique Concrete: Pierre Schaeffer 1949

Quelle: dtv Atlas

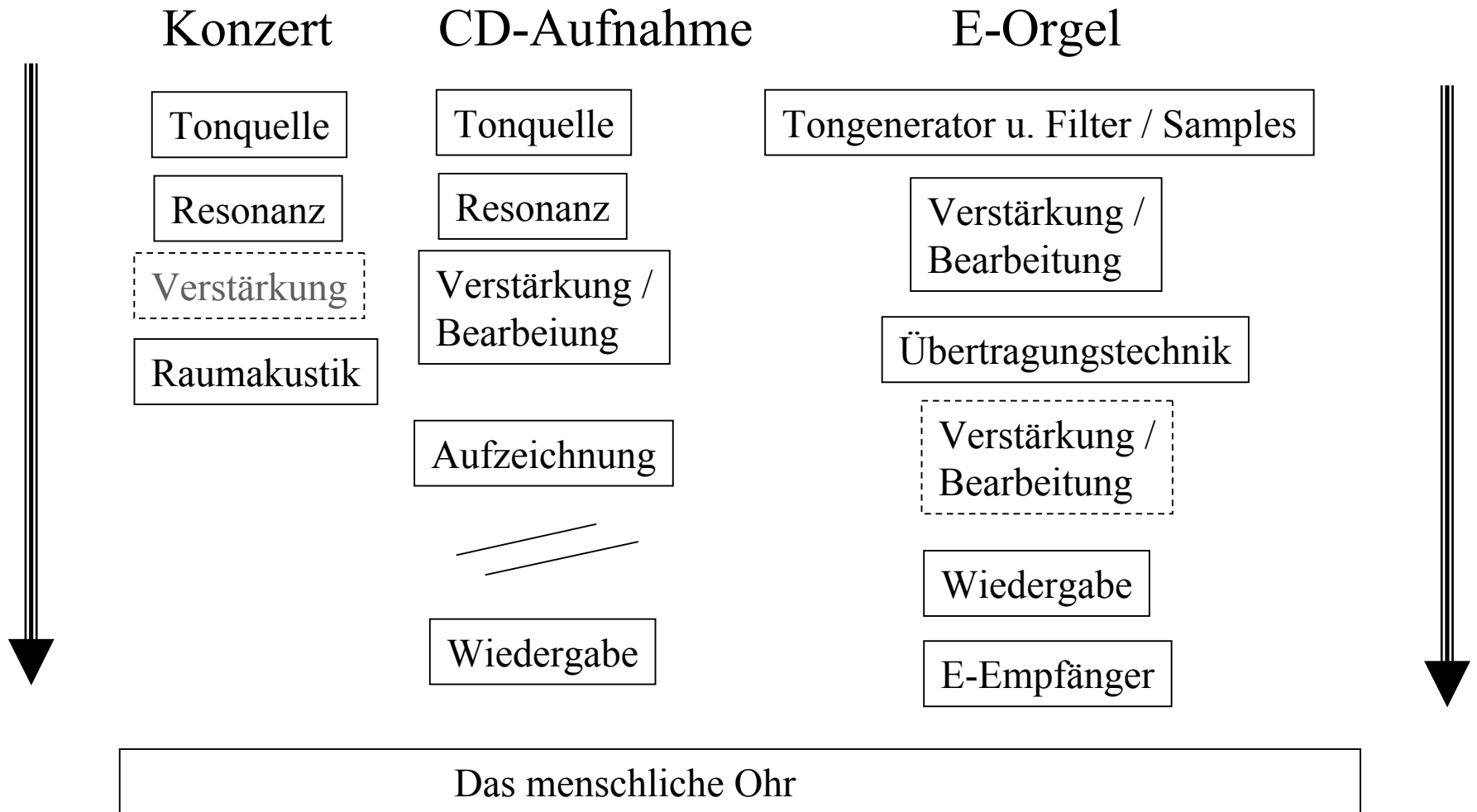
# Schwingungen (digital erzeugt)



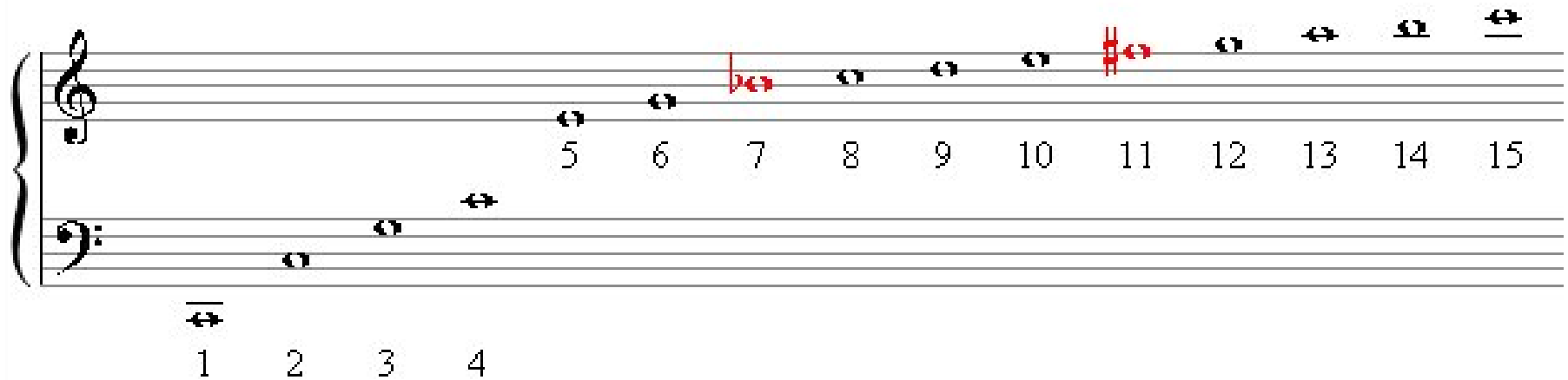
→ Fourieranalyse!

Quelle: dtv Atlas

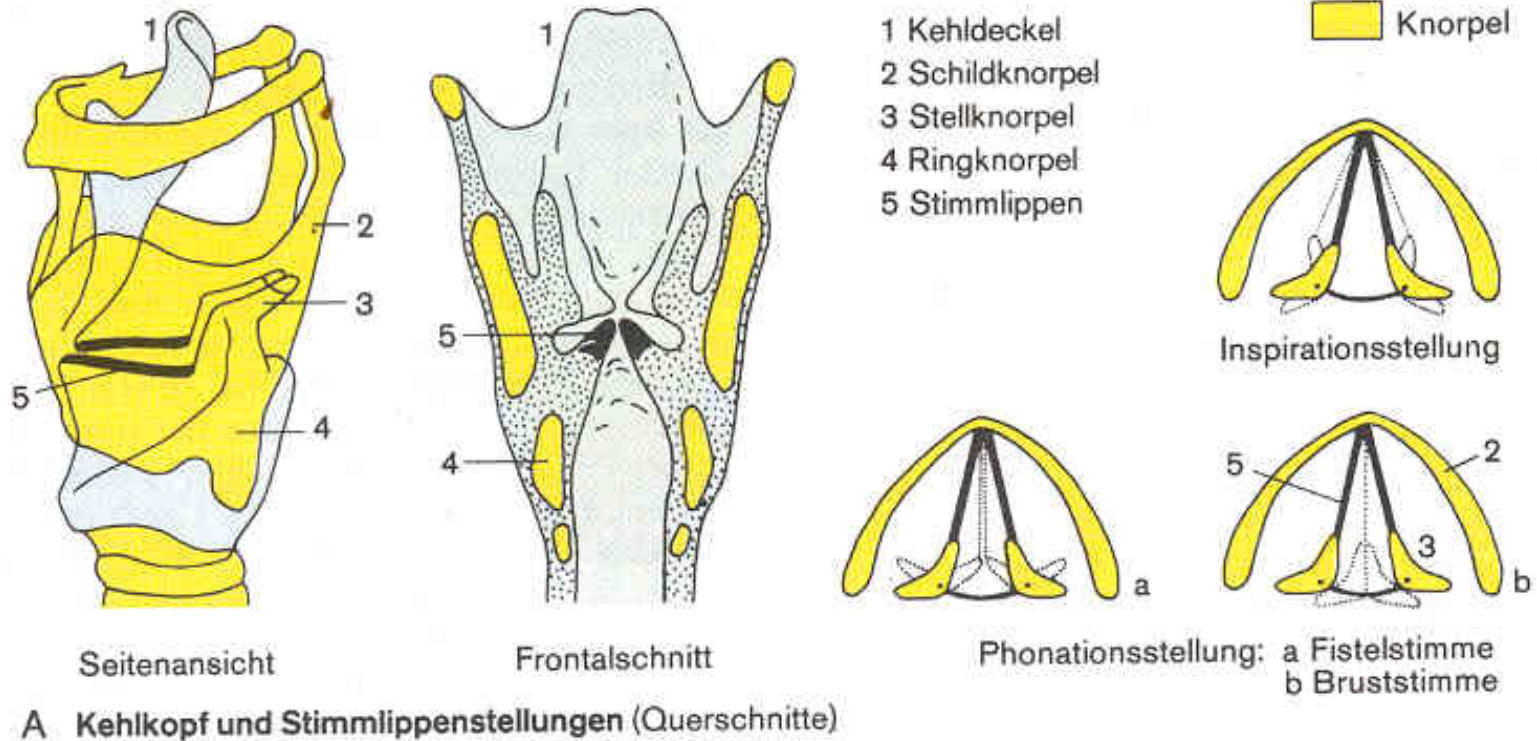
# Tonerzeugung (I):



Naturtöne = Obertöne +1

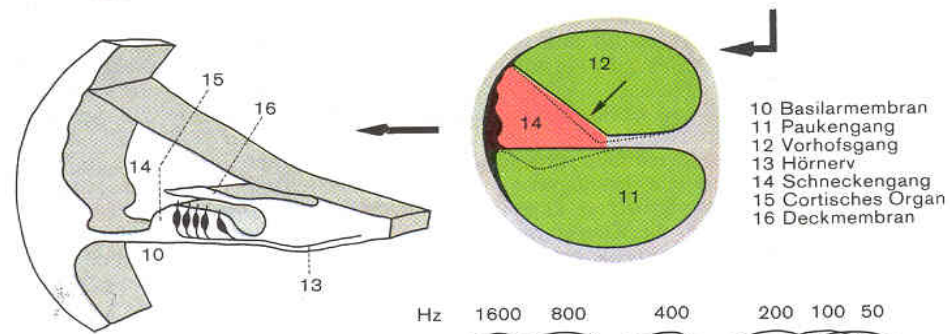
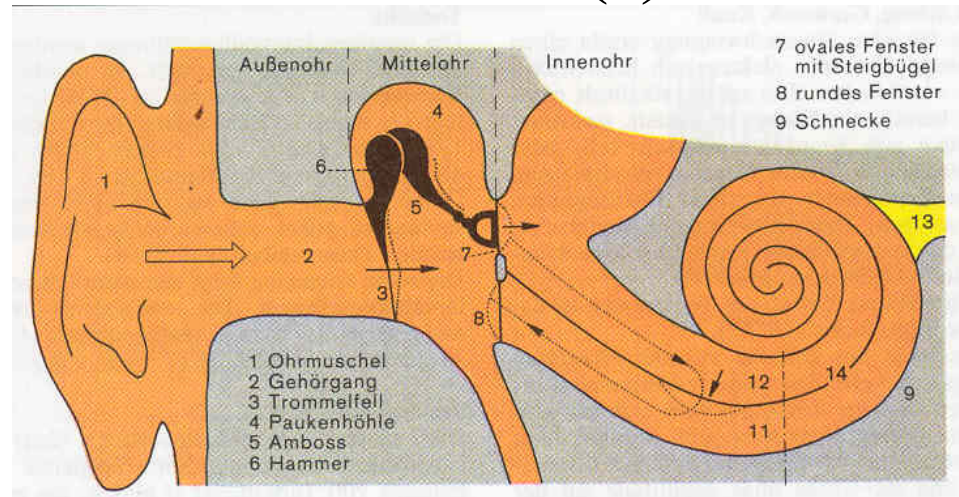


# Tonerzeugung (II)

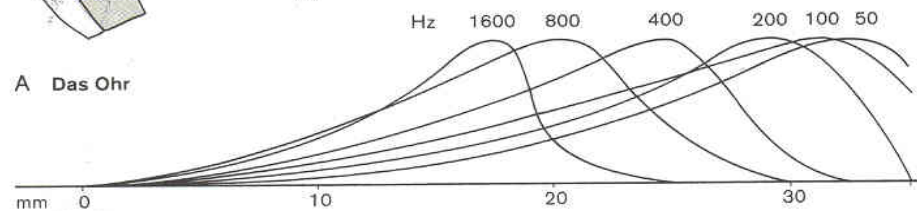


Quelle: dtv Atlas

# Hören (I)



A Das Ohr



B Ausbauchungen der Basilarmembran bei verschiedenen Frequenzen

Quelle: dtv Atlas

# Resonanz

- Anregen zum Mitschwingen
- Führt zu Verstärkung
- Aliquotsaiten – cordes sympathiques – unterhalb der Spielsaiten (z.B. Trumscheit, Baryton, Sitar)
- Aliquotstimmen (Orgel, Mixtur: aus mehreren A. zus.)
- Hohlkörper (z.B. Violine)
- Analogie in der Elektrotechnik: kein Radio funktioniert ohne Resonanz / Schwingkreise / Verstärker

# Musikalische Wahrnehmung

- Verschiedene Ebenen
  - Physiologische Ebene: Physik – Wahrnehmung
  - Kognitive Ebene: Wahrnehmung / Gedächtnis
    - Anwendung kognitiver Bezugssysteme zur Strukturierung und Analyse von akustischen Reizmustern
    - z.B. Struktur einer Melodie
  - Soziale Ebene, gesellschaftl. Funktion

# Musikpsychologie (I)

- erforscht die universellen Gesetzmäßigkeiten beim Musikhören und Musikmachen
- Überschneidungsbereich zwischen
  - Psychologie und
  - systematischer Musikwissenschaft
    - Musiktheorie
    - Musiksoziologie
    - Musikästhetik

# Musikpsychologie (II)

- Wahrnehmen, Erkennen und Wiedererkennen von Ton- und Klangstrukturen
- Entwicklung musikalischer Fähigkeiten
- Einstellungsveränderungen zu musikalischen Formen und Stilen im Laufe des Menschenlebens, der Epochen
- Zusammenhang zwischen Persönlichkeitsstruktur und musikalischen Vorlieben
- Soziokulturelle Prägung des musikalischen Geschmacks
- Rolle der Musik im Zusammenleben sozialer Gruppen
- Funktionelle Musik (Therapeutik)

# Konsonanzphänomen

- Konsonanz:
  - Klangliche Einheit
  - Wohlgefälligkeit, Angenehmheit
- Abhängigkeit von Epochen bzw. Regionen
- Konsonante Intervalle (vorharmonische Musik) und
- Dreiklangskonsonanz (harmonische Musik)
- Die Naturtöne / Obertöne

# Was ist Konsonanz?

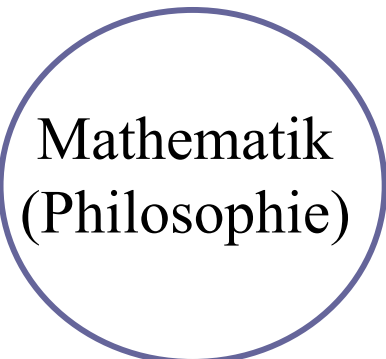
## 8 Deutungsversuche

# 1. Proportionstheorie

6. Jahrhundert v. Chr.: Pythagoras

Neuzeit (17./18. Jahrhundert): z.B. Leibniz, Euler

Konsonanzgrad eines Intervalls nimmt mit  
Einfachheit des Schwingungsverhältnisses zu



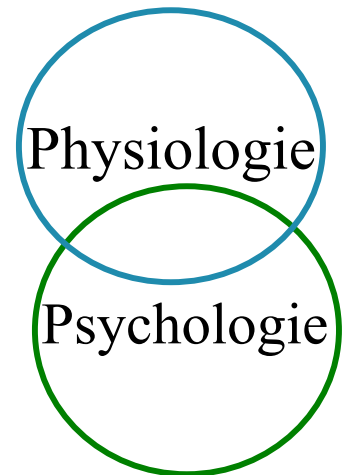
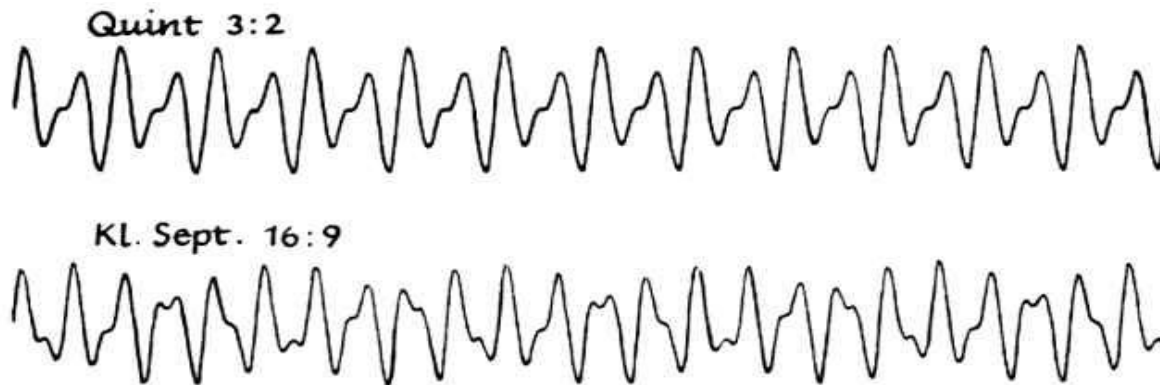
Mathematik  
(Philosophie)

## 2. Mikrorhythmentheorie

Theodor Lipps (19./20. Jahrhundert)

Unbewusste Wahrnehmung der Frequenz-  
verhältnisse in Form von Mikrorhythmen

Besseres Zusammenpassen der Rhythmen erhöht  
den Konsonanzgrad

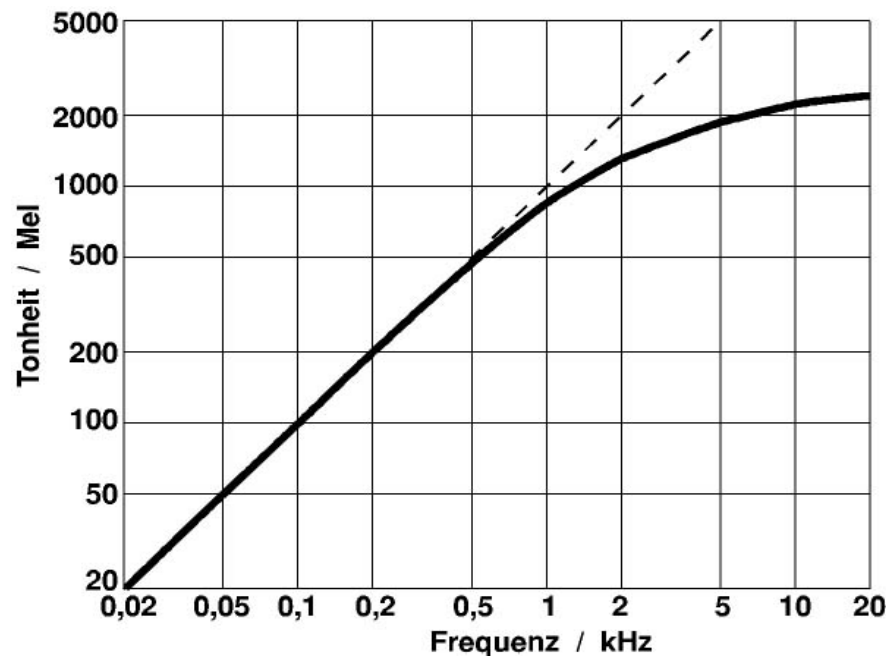


# Einwände

## gegen Proportions- und Mikrorhythmentheorie

♪ geringfügige Verstimmungen wie z.B. temperierte Stimmung:  
Konsonanzempfinden bleibt erhalten!

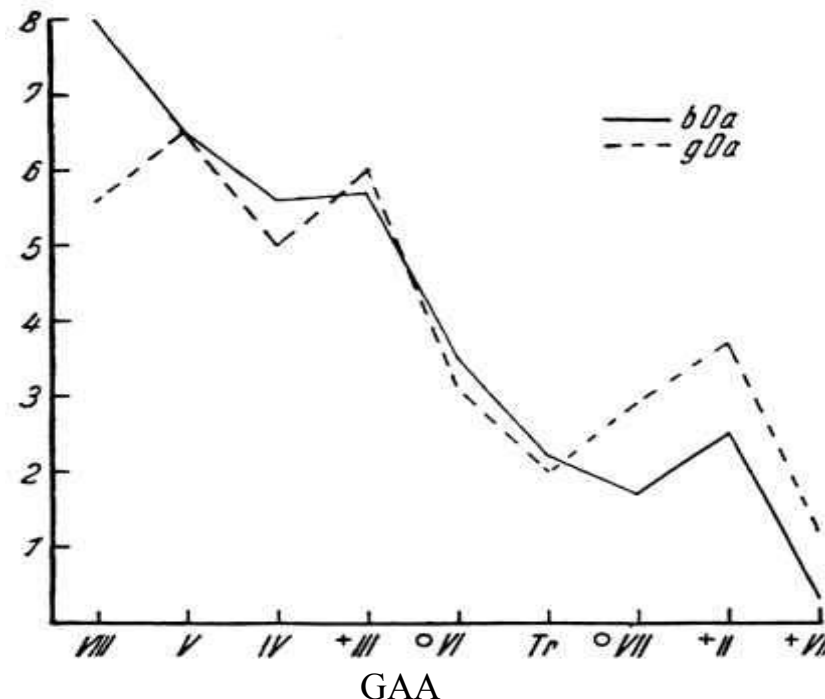
♪ Differenz zwischen Frequenz und Tonheit



# Einwände

## gegen Proportions- und Mikrorhythmentheorie II

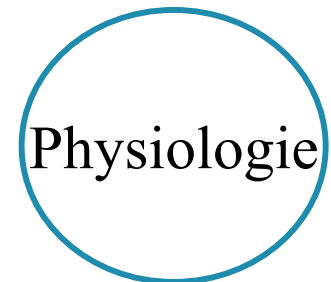
- ♪ Schwellenproblem: Intervall muß vergrößert werden → komplizierte Verhältnisse
- ♪ Versuche mit **Sinustönen** und dichotischem Hören



# 3. Schwebungs- und Klangverwandtschaftstheorie

Hermann von Helmholtz (19. Jahrhundert)

1. Schwebungen verursachen Dissonanzempfindung
2. Gemeinsame Obertöne verursachen Konsonanzempfindung



# Einwände

## gegen Schwebungs- und Klangverwandtschaftstheorie

♪ Stumpf: Schwebungen ohne Dissonanz, Dissonanz ohne Schwebungen

ABER: subjektive bzw. Ohr-Obertöne

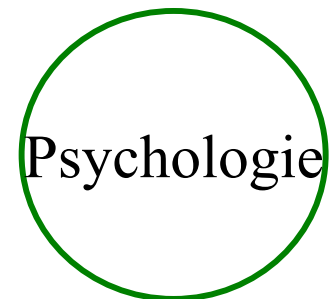
♪ Versuche mit dichotischem Hören von obertonhaltigen Tönen

♪ Schwellenproblem

## 4. Verschmelzungstheorie

Carl Stumpf (19. Jahrhundert)

Mit zunehmendem Konsonanzgrad werden  
Intervalle häufiger mit Einklängen  
verwechselt



# Einwände gegen Verschmelzungstheorie

♪ Versuche mit Sinustönen: Septime wird konsonant empfunden

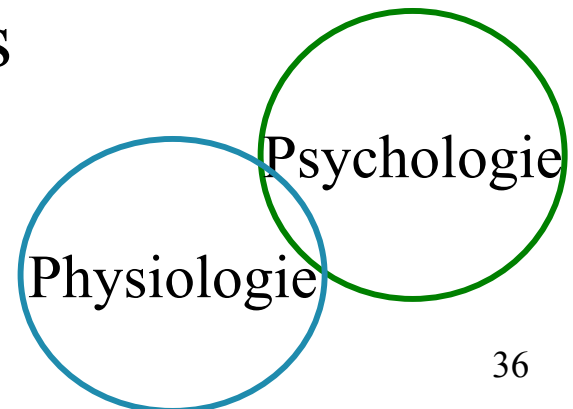
♪ Versuche mit dichotischem Hören von obertonhaltigen Tönen:  
Verschmelzung nicht möglich, trotzdem werden nicht alle  
Intervalle für Dissonanzen gehalten

## 5. Koinzidenztheorie

Heinrich Husmann (Mitte 20. Jahrhundert)

Neufassung der Klangverwandtschaftstheorie auf der Basis  
der neuen Versuchsergebnisse:

Verbindung der Primärtöne durch Ohr-Obertöne  
Ursache für Konsonanz-/Dissonanzempfindung  
auch bei dichotischem Hören, durch physikalische  
Obertöne Verstärkung des Effekts



# Einwände gegen Koinzidenztheorie

♪ asymmetrische Klänge (z.B. Klarinette): nur ungeradzahlige Obertöne:

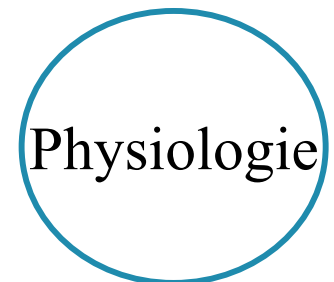
Dodezime=keine neuen Obertöne, Oktave=neue Obertöne, also Dd konsonanter ???

♪ Schwellenproblem: Konsonanzempfindung optimal, wenn Ohr-Obertöne um Haarsbreite nicht koinzidieren!

## 6. Differenztontheorie

Felix Krueger (Anfang 20. Jahrhundert)

Bei Konsonanz entsprechen Differenztöne den Obertönen eines Primärtons, bei Dissonanz bilden sie ein verworrenes Gemisch



# Einwand gegen Differenztontheorie

♪ Versuche mit dichotischem Hören von obertonhaltigen Tönen

## 7. Tonigkeitentheorie

Erich Moritz von Hornbostel (20. Jahrhundert)

Konsonanzgrad steigt mit Verträglichkeit der  
Tonigkeiten (=Eigenfarbe)



# Einwand gegen Tonigkeitentheorie

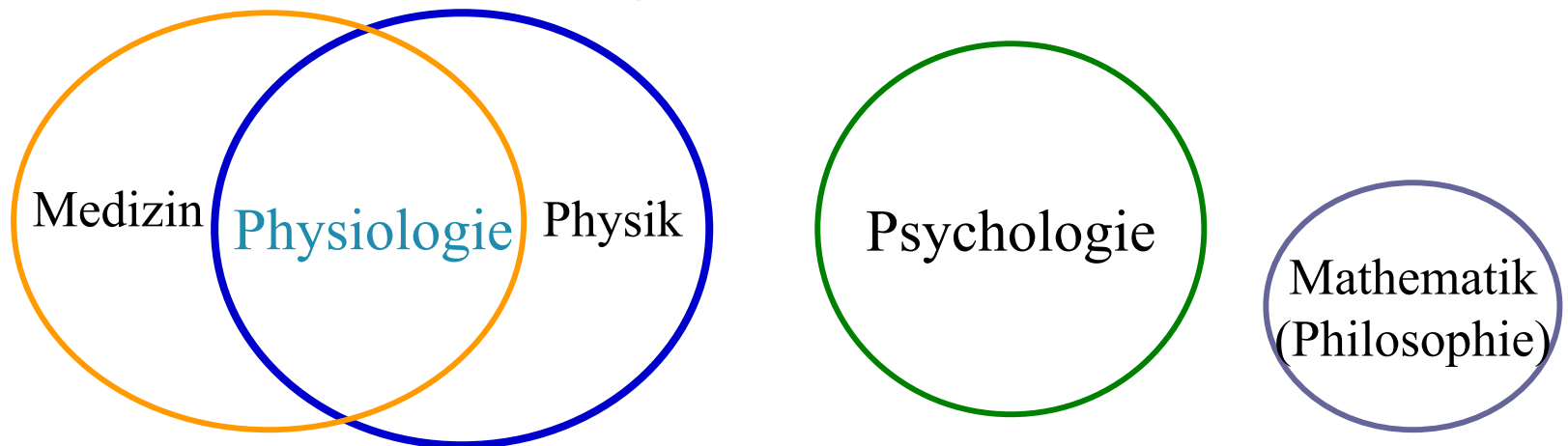
♪ Ganzton wird im beidohrigen Hören als Dissonanz empfunden

## 8. Multiplizitätstheorie

Albert Wellek (Mitte 20. Jahrhundert)

Kombination verschiedener Theorien, v.a.  
Differenzton- und Tonigkeitentheorie

Konsonanzphänomen wegen seiner Komplexität  
nicht aus einem einzigen Prinzip heraus erklärbar

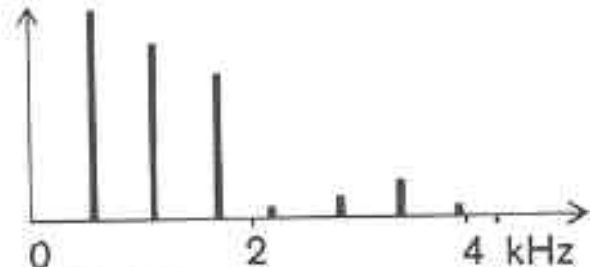


# Quellen:

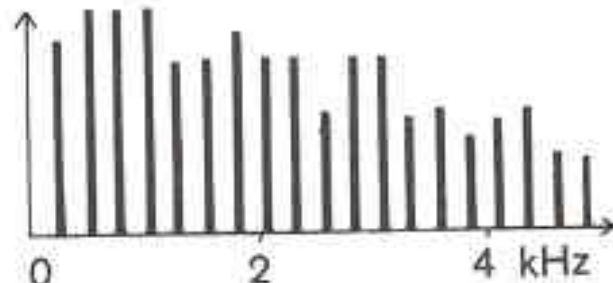
- ♪ MGG – Die Musik in Geschichte und Gegenwart
- ♪ Bruhn, Oerter, Rösing: Musikpsychologie. Ein Handbuch, Rowohlt Verlag, 1993
- ♪ Helmholtz: Die Lehre von den Tonempfindungen, Friedrich Vieweg Verlag, 1870
- ♪ Stumpf: Konsonanz und Dissonanz, 1898
- ♪ [www.wikipedia.de](http://www.wikipedia.de)

# Klangspektren: Flöte, Trompete, Klavier

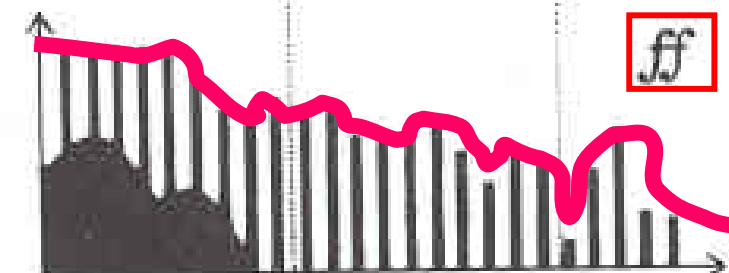
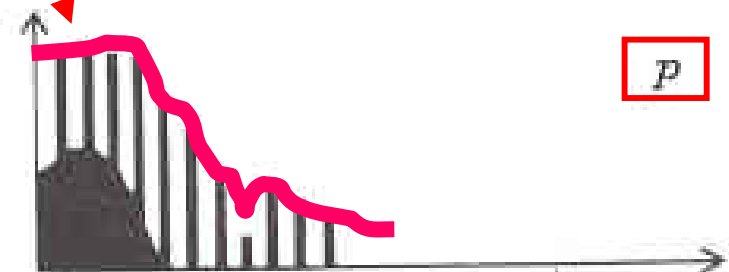
## Formanten = Einhüllende der Spektrallinien



Flöte ( $d^2$ )



Trompete ( $c^1$ )



Klavierton,  $p$  u.  $ff$

Unterschiede bei laut / leise !

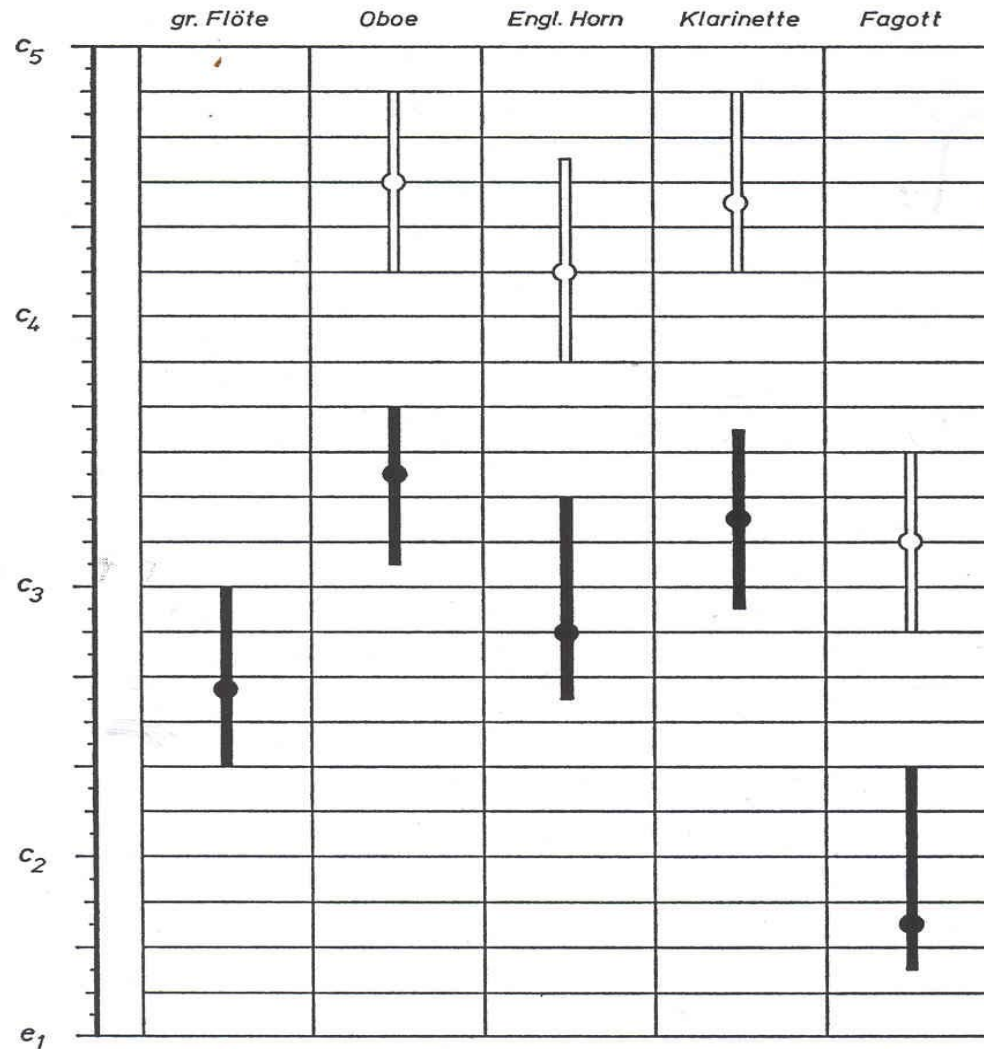
# Schumannsche Klangfarbengesetze II

- **Klangerscheinungen** lassen sich in 2 Kategorien teilen
  - Klangerscheinungen, die best. Hörbedingungen einhalten: z.B.
    - Vokale
    - Melodiefähige Musikinstrumente
    - Klangfarbenkonsonanz
    - Vgl. Békésys Untersuchungen: Formantstrukturen bilden Erregungszonen der Basiliarmembran des Gehörs ab. Vgl. die Vokale
  - Klangerscheinungen, die diese Hb. nicht oder unvollkommen einhalten
- Dynamische Änderungen haben Klangfarbenänderungen (spektrale Änderungen) zur Folge: Beispiele: verstärktes Anblasen, verschiedenes Streichen... „Klangfarbendynamik“
- Instrumente im piano „klingen anders“ als im forte
- → Durch elektronische Verstärkung gibt es ein lautes und ein leises piano

# Schumannsche Klangfarbengesetze III

- Resonanzen führen zur Verstärkung / Abschwächung verschiedener **Frequenzbereiche**
- Obertöne
  - Harmonische Obertöne
  - Nicht harmonische Obertöne
- Die Lage der Frequenzbereiche hängt ab
  - bei Instrumenten: von der Bauform, Material, Gestaltung, Tonerzeugung
  - beim Menschen: Form des Vokaltraktes, wie zum Artikulieren eingestellt wird durch Muskelbewegungen
  - Bei elektronischen Musikinstrumenten: Filter (Bandpässe, Bandsperren) quasi unabh. von der Tonhöhe, Synthesizer, Sampling: verbesserte Instrumente durch Filter,
- Frequenzen aus Klang analysieren m.H. der **Fourieranalyse**

# Formantstrecken der Holzblasinstrumente



Partialtöne

Quelle: Mertens

# 1. Schumannsches Klangfarbengesetz

## Formantstreckengesetz

Klangfarbe wird bestimmt durch Frequenzbereiche (oberhalb des Grundtones), Formantstrecken.

Diese sind unabhängig vom Grundton !!!

Sie sind an feste Tonhöhen gebunden.

Innerhalb der Regionen: unterschiedlich starke Partialtöne, einer ist am stärksten (=100%)

bei **höheren Tönen** wandert das Maximum  
zu **niederwertigen Partialtönen** ....

## 2. Schumannsches Klangfarbengesetz

### Akustisches Verschiebungsgesetz

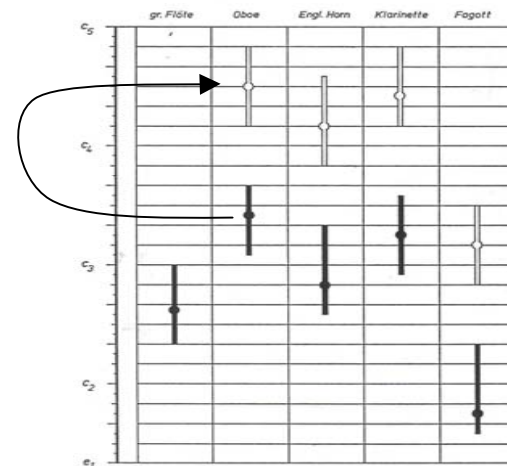
Bei Steigerung der **Lautstärke** verlagert sich das Maximum der Partialtöne auf Partialtöne höherer Ordnungszahlen.

Vgl. Wiensches Verschiebungsgesetz der Strahlungsphysik

# 3. Schumannsches Klangfarbengesetz

## Sprunggesetz (bei 2 Formantstrecken)

Bei sehr starker Tonstärke: das Maximum der Partialtöne des unteren Formanten überspringt die Partialtöne zwischen den Formantstrecken auf einen Partialton des oberen Formanten.

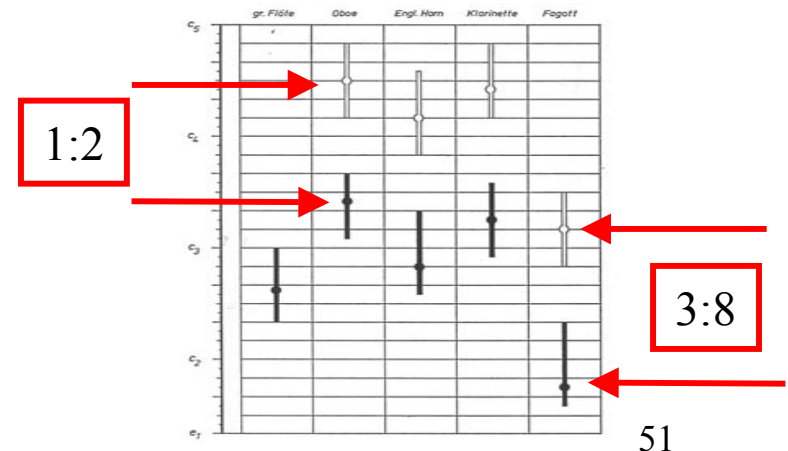


# 4. Schumannsches Klangfarbengesetz

## Intervallgesetz

Für die Tonfärbung ist (neben der absoluten Höhe der Formantstrecken und den Intensitäten der Partialtöne) das Intervall entscheidend, das der stärkste Partialton der einen Formantstrecke mit dem stärksten Partialton der anderen Formantstrecke bildet.

z.B. Oboe: 1:2, Fagott: 3:8



# Schumann: Literatur

- **Die Schumann'schen Klangfarbengesetze und ihre Bedeutung für die Übertragung von Sprache und Musik.**  
von Paul Mertens  
Gebundene Ausgabe - 148 Seiten  
Erscheinungsdatum: 1976  
ISBN: 3920112547  
LMU Musikbibl. Signatur **Sa 107**
- **Erich Schumann's Laws of Timbre as an alternative**  
In: Systematische Musikwissenschaft IV/1-2, Similarity and Sound Structure (with CD). ASCO Art & Science, Bratislava 1996, p. 185-200.
- **Karl Erich Schumann's Principles of Timbre as a Helpful Tool in Stream Segregation Research**  
In: Music, Gestalt, and Computing. Studies in Cognitive and Systematic Musicology (with CD). Springer, Berlin 1997, p. 362-372.
- **Lecture Notes In Computer Science; Vol. 1317 archive**  
**Music, Gestalt, and Computing - Studies in Cognitive and Systematic Musicology table of contents**  
Pages: 362 - 374 , Year of Publication: 1997 , ISBN:3-540-63526-2 Christoph Reuter  
Springer-Verlag London, UK