

Fortsetzung und Wiederholung Aerophone

Helmholzresonator

$$f_0 = \frac{c}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{A}{l_{\text{eff}} \cdot V}}$$

$$c \approx 343 \frac{m}{s} \text{ bei } T = 20^\circ C$$

A = Mündungsfläche

V = angekoppeltes Volumen

$$l_{\text{eff}} = l + 2 \cdot \Delta l$$

$$\Delta l_{\text{Helmholz}} = 0,8 \cdot r \text{ (bei runden Öffnungen)}$$

Beispiele für Helmholzresonatoren: Gitarre, Bassreflexbox, Streichinstrumente (F-Löcher)

Frequenz des Resonators ist von außen nicht sichtbar (vgl. Orgelpfeife → 16 Hz, gedeckt → 6 m Länge)

Zusammenhänge:

Volumen größer → Resonanzfrequenz kleiner

Mündungsfläche → Resonanzfrequenz größer (Bsp. Gitarre → Schalllochgröße)

Berechnung an einer Glasflasche

$$d = 1,58 \text{ cm} \Rightarrow r = 0,9 \text{ cm} = 9 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$l = 8,3 \text{ cm} \Rightarrow 8,3 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$l_{\text{corpus}} = 1,95 \cdot 10^{-1} \text{ m}$$

$$V = 0,75 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$\Delta l_{\text{helmholz}} = 0,8 \cdot r = 7,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$\Delta l_{\text{röhre}} = 0,57 \cdot r = 5,13 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

Hypothese 1: Es handelt sich um einen $\frac{\lambda}{4}$ -Resonator

$$l_{\text{eff}} = 1,96 \cdot 10^{-1} \text{ m}$$

$$f_n = \frac{c}{4 \cdot l_{\text{eff}}} = \frac{343 \frac{m}{s}}{4 \cdot 1,96 \cdot 10^{-1} \text{ m}} = 437,5 \text{ Hz}$$

Hypothese 2: Es handelt sich um einen Helmholtzresonator

$$A = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot 81 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$l_{\text{eff}} = 97,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$\begin{aligned} f_H &= \frac{c}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{A}{l_{\text{eff}} \cdot V}} = \frac{343 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{\pi \cdot 81 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2}{97,4 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot 0,7 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}} \\ &= 54,59 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \sqrt{\frac{\pi \cdot 81 \cdot \cancel{10^{-6} \text{ m}^2}}{97,4 \cdot 0,7 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4}} \\ &= 54,59 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \sqrt{\frac{81 \cdot \pi}{68,18 \text{ m}^2}} \\ &= 54,59 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 1,932 \frac{1}{\text{m}} \\ &= 105,4 \text{ Hz} \end{aligned}$$

Membranophone

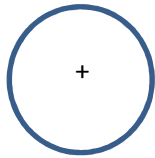
- Prototyp: runde Membran, am Rand eingespannt
- Schwingungszustände von Saiten → streng harmonisch → Frequenzveränderung durch Länge → reale Saite → Anzupfen & Ausschwingen beachten!
- Vgl. Membran/Trommel → keine Töne → nicht harmonisch
- Modell Trommel:

Membran (Generator) → Trommelfell (Resonator) → Schallabstrahlung

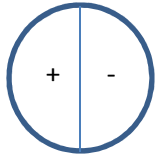
- Betrachtung der Richtcharakteristik von Trommeln:
 - o Teils Kugel, teils acht, teils quanten-verhalten
 - o Verschiedene Moden erzeugen verschiedene Richtcharakteristiken
- Mikrofonpositionierung → Multi-Mikrofonierung führt oft zu ungewünschten Interferenzen
- Kessel bei Trommeln in den meisten Fällen nur zum gut Aussehen, Trommel funktioniert auch ohne Kessel
- Unterschied Holz-Metall bei Snare → Material, Schleifqualität, Rahmenbedingung
- Wirkung des Kessels:
 - o Metall bei Snare schwingt relativ gut → Messungen der Schwingungen
 - o Bei Frequenznähe zum Generator → Energieabzug von Membran → scharfer Ton, wegen Grundtonreduzierung
 - o Wandlung nur bei relativ dünnem Material mit Wirkung

Resonanzfrequenzen → Moden

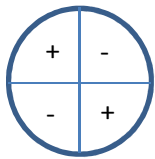
- Bei Membranen → zweidimensionale Moden (radiale & zirkulare Komponente)
- Benennungskonvention: (X, Y -Mode) → X = radiale, Y = zirkulare



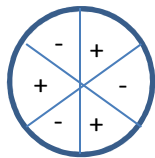
(0 / 1) → Knoten von stehender Welle am Rand → Schwingung nach oben und unten



(1 / 1) → radiale + zirkulare Knotenlinie → Dipolcharakteristik

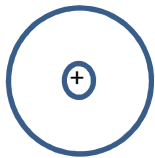


(2 / 1) → schwingende Zonen → Quanten

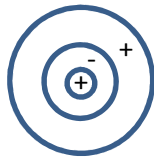


(3 / 1) usw. → immer gerade Anzahl von Zonen

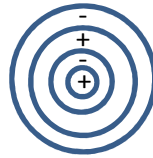
Zirkular:



(0 / 2)



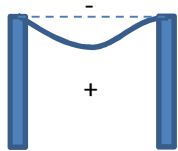
(0 / 3)



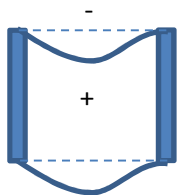
(0 / 4)

Tonerzeugung bei Trommeln → Tabla (indische Trommel) → Kautschukpunkt unterdrückt die zirkularen Moden, stärkt die radialen Moden → Ton wird erzeugt

Schwingverhalten

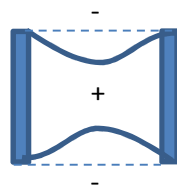


→ Dipolcharakter → Snare mit Phasendrehermikrofon → wirkt nur auf 0/1
→ immer alle Moden vorhanden



(0 / 1)

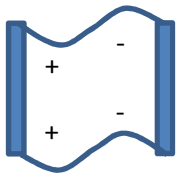
→



(0 / 1)

Monopol → gleichphasig → Kugelstrahler

Vgl. mit (1 / 1) – Mode



→ Rückwirkung auf Generator durch schwingende Luft → unterschiedliche Frequenz bei unterschiedlicher oder gleicher Phasenlage

0 / 1 – Mode → Luft wird komplett verschoben → Belastung des Fells → Kessel greift stark ein

1 / 1 – Mode → Luft wird seitig verschoben → teilweise Belastung des Fells → Kessel greift fast nicht ein

Kessel als Röhrenresonator → lange Rohre sorgen für Töne bei Spezialtrommeln

Schlag auf Trommel nähert Diracstoß an → Impuls, der alle Moden anregt

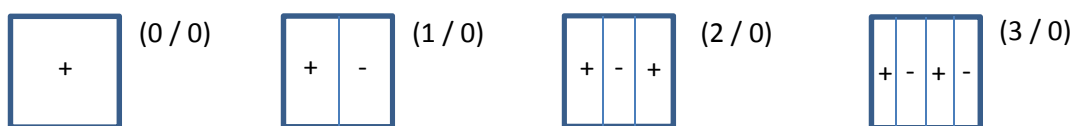
Pauke

- Geschlossen → Ausdehnung der Luft ändert sich
- 1 / 1 – Mode → Verschiebung → problemlos → Frequenz wird kleiner
- 0 / 1 – Mode → Druck wird nicht gefördert → Mode wird unterdrückt
- Verhältnis bei Pauke: 1/1, 2/1, 3/1, 4/1 → werden harmonisch (1 : 1,5 : 2 : 3)

Schwingende Platten

- Beispiele: Resonanzdecke von Gitarre, Violine, Harfe, Klavier
- Hallplatte (60-er Jahre Hallgerät)
- Becken, Glocken, Gong, Tamtam
- Stäbe, Stabspiele, Glockenspiel (nicht harmonisches Spektrum → Eingriff möglich)

2-dimensionale Moden (1 → X, 2 → Y)



→ 2 / 0 taucht nur in Verbindung mit (0 / 2) auf

