

4.3 Resonatoren nach Helmholtz

Hersteller, Ort: Hauck, Wien	Baujahr: 1878
Besitzer: Technische Universität Graz	Inventarnummer: IV 16
Abbildungen: 39	zugehörige Literatur: [11], [24], [48]

Entwickelt um 1858 von Hermann von Helmholtz sind die Resonatoren nach Helmholtz akustische Resonatoren. Hermann von Helmholtz wollte mit ihnen einen einzigen Grundton aus einem Klanggemisch nachweisen.

Auf Abbildung 39 ist die einfachste Art eines akustischen Resonators zu sehen. Er besteht dabei aus einer offenen Flasche. Früher wurden sie aus Glas hergestellt, später wurden sie wie in der Abbildung 39 aus Messingblech gebaut. Weitere alltägliche Formen eines akustischen Resonators sind zum Beispiel der Korpus eines Saiteninstrumentes oder die Bassreflexzonen im Lautsprecher.

Ein Helmholtz-Resonator besteht aus einem beliebig geformten Luftvolumen. Wichtig für die Funktionsweise des Resonators ist, dass er einen kurzen, engen Hals als Öffnung hat. Die Luft in dieser Öffnung dient als Pfropfen, wodurch das System Pfropfen- Luftkammer als ein akustisches Feder-Masse System angesehen werden kann. Dabei kann der Luftpfropfen als kompakte, inkompressible Masse angenommen werden, solange die Wellenlänge groß gegenüber den Abmessungen des Halses sind. Gleich wie ein mechanisches Feder-Masse System hat auch das akustische System eine (falls das Luftvolumen eine Kugel darstellt) oder mehrere (Luftvolumen ist ein Zylinder oder ein Quader) Eigenfrequenz. Um den Resonator einer gewissen Frequenz des Klanggemisches anzupassen können drei Parameter angepasst werden:

- das Volumen der Luftkammer V
- die Halslänge l_H
- der Radius des Halses r_H

Dabei wird die Resonanzfrequenz nach Formel 7 berechnet:

$$f = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{A_H}{V l_{H,eff}}} \quad (7)$$

mit

$$\begin{aligned} c & \dots \text{Schallgeschwindigkeit} \\ A_H & \dots \text{Fläche der Öffnung} \\ l_{H,eff} & \dots \text{Korrigierte Halslänge} \end{aligned}$$

Die Größe $l_{H,eff}$ wird dabei verwendet, da die Länge des schwingenden Pfropfens nicht genau der Länge des Halses entspricht. Sie berechnet sich aus

$$\begin{aligned} \Delta l_H & = k_c \cdot r_H \\ l_{H,eff} & = l_H + 2\Delta l_H \end{aligned}$$

mit der Konstanten k_C , welche abhängig von dem Rohr ist (als Beispiel typischer Wert: 0,85 [48]).



Abbildung 39: Bild von drei Resonatoren nach Helmholtz

Drei unterschiedlich große Helmholtz-Resonatoren, gut erkennbar ist die schmale, lange Öffnung, welche dafür sorgt, dass sich der darin befindliche Luftpfropfen wie eine Masse verhält.