

Der akustische Helmholtz-Resonator

INGOLF BORK

Dieses Dokument ist eine Ergänzung zum Artikel „Wenn der Bass wummert“ in **Physik in unserer Zeit**, 46. Jahrgang 2015, Nr. 3, S. 144.



Helmholtz-Resonator mit und ohne Hals.


Ein Hohlraum, der über eine Öffnung akustisch mit seiner Umgebung verbunden ist, zeichnet sich dadurch aus, dass er Schall einer bestimmten Frequenz, seiner so genannten Eigenfrequenz, beeinflussen kann. Diese Eigenfrequenz wird durch seine charakteristischen geometrischen Größen bestimmt:

1. Das Volumen seines Hohlraum V_{HR} ,
2. Die Größe der Öffnungsfläche A und
3. die akustisch wirksame Länge l_{eff} seines Halses und die darin enthaltene schwingende Luftmasse.

Diese umfasst auch die in und vor dem Resonator mitschwingende Luftmasse. Dann lässt sich seine Eigenfrequenz f_0 nach folgender Formel bestimmen, wobei c die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Schalls ist:

$$f_0 = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{A}{V_{HR} l_{eff}}} .$$

Die akustische Resonanz ergibt sich durch die schwingende Luftmasse im Hals bzw. in der Öffnung und die federartige Kompression im Hohlraum vergleichbar dem Verhalten einer Luftpumpe bei verschlossener Öffnung. Die Formel zeigt den Zusammenhang zwischen den charakteristischen Größen und der Resonanzfrequenz. Ein bekanntes Beispiel ist die Flasche,



dessen Volumen durch die enthaltene Flüssigkeit bestimmt wird. Durch geschicktes Anblasen kann die Resonanzfrequenz als Ton hörbar gemacht werden. Die Frequenz bei halb gefüllter Flasche ist um den Faktor 1,41 (Wurzel 2) höher als bei leerer Flasche.

Helmholtz-Resonatoren können zur Verstärkung musikalischer Töne verwendet werden, wie zum Beispiel der Korpus von Streich- und Zupfinstrumenten, oder Klangstabresonatoren. Wird nämlich die Luft im Resonator durch Anregung über die Öffnung oder über Wandschwingungen des Resonators zum Schwingen seiner Eigenfrequenz gebracht, so entsteht in der Öffnung eine starke Luftschwingung, die wiederum nach außen abgestrahlt wird. So verwendete der Erfinder Hermann von Helmholtz die Resonatoren zur hörbaren Filterung von Klängen und damit zur Klanganalyse.

Wird die Luftströmung im Hals gedämpft, etwa durch geeignete Textilien, kann der Resonator zur selektiven Dämpfung des Schalls bei seiner Resonanzfrequenz verwendet werden. Diese Eigenschaft wird in der Raumakustik zur Schalldämpfung eingesetzt. Welche Besonderheiten sich bei verschiedenen Dämpfungs-optimierungen einstellen lassen, wird im Rahmen der hier vorgestellten praktischen Untersuchungen gezeigt.