

Optimierung von Raummodendämpfern mit PC-Unterstützung

Ingolf Bork¹, Daniel Popken²

¹ *Arbeitsgruppe Geräuschmesstechnik 1.63, Physikalisch-Technische Bundesanstalt Braunschweig
38116 Braunschweig, E-Mail: ingolf.bork@ptb.de*

² *Jade Hochschule Oldenburg, Abteilung Technik und Gesundheit für Menschen
E-Mail: daniel.popken@web.de*

Einleitung

Der wirksame Einsatz von Helmholtz-Resonatoren zur Unterdrückung der unerwünschten Eigenschaften von Raummoden in kleinen Räumen wurde bereits auf der letzten DAGA 2015 dargestellt [1]. Die theoretischen Grundlagen hierzu sind in [2] beschrieben. Im Rahmen einer Bachelorarbeit wurde ein PC-Programm entwickelt, das den Anwender von der Bestimmung der Raummoden bis zur Dimensionierung geeigneter Helmholtz-Resonatoren interaktiv unterstützt [3]. Ziel der Entwicklung ist die Vermeidung teurer Hardware-Messsysteme insbesondere für die spektrale Analyse, Filterung und Messsignalerzeugung.

Die Wirkung von Resonatoren auf die Klangqualität bei der Schallübertragung in kleinen Räumen

In Abbildung 1 ist beispielhaft dargestellt, wie eine chromatische Tonburstfolge durch die Anwesenheit einer Raummode sowohl in ihrem Pegelverlauf als auch in den Ein- und Ausschwingvorgängen verfälscht wird (oberer Bildteil). Durch Einsatz eines optimierten Helmholtz-Resonators kann die Wiedergabequalität im Bereich der Raumresonanzfrequenz, wie in der unteren Bildhälfte dargestellt, verbessert werden. Sowohl die geringeren Pegeldifferenzen als auch die transienten Vorgänge zeigen wesentlich günstigere Zeitverläufe [1].

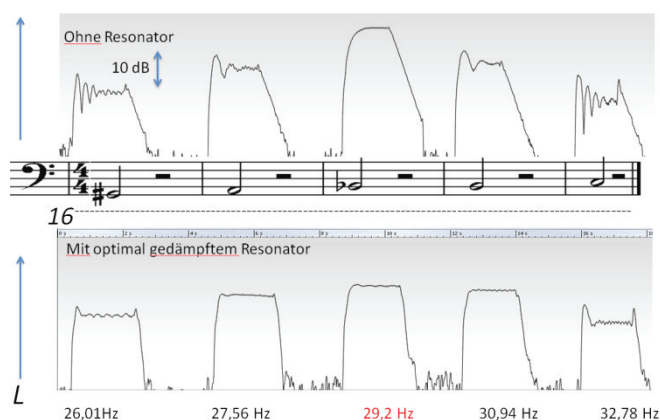


Abbildung 1: Vergleich einer chromatischen Tonfolge ohne und mit optimiertem Resonator in einem Tonregieraum. Die (1,0,0)-Mode liegt bei 29,2 Hz.

Zur Durchführung einer solchen Optimierung sowie der akustischen Demonstration der Klangwirkung sind Messgeräte erforderlich, die dem Praktiker meist nicht zur Verfügung stehen: Zweikanaliger FFT-Analysator mit Sinuston-, Sweep- und Burstgenerator sowie Hilbert-Transformation und Filter für die Analyse der schmalbandigen Ausklingvorgänge.

Ziel des interaktiven Optimierungsprogramms

Das Programm soll dem Verwender alle messtechnischen Werkzeuge an die Hand geben, um folgende Arbeiten durchführen zu können:

- Messung der komplexen Raumübertragungsfunktionen,
- Bestimmung der Raumresonanzfrequenzen und deren Ausklingzeiten,
- Ermittlung der Raumpunkte maximalen Schalldrucks für die Anordnung eines Resonators,
- Berechnung der Eigenschaften des Resonators: Resonanzfrequenz, Öffnungsgröße, Güte, Volumen,
- Einmessung der Resonanzfrequenz des Resonators durch Darstellung des Spektrums der Raumübertragungsfunktion zur Frequenzabstimmung,
- Optimierung der Dämpfung durch Anregung mit Tonbursts der Resonanzfrequenz und Messung der Einhüllenden des Zeitverlaufs mit Hilfe der Hilbert-Transformation.

Abbildung 2 zeigt schematisch die Funktionsblöcke des Messprogramms.

Eigenschaften des Messprogramms

Das Programm wurde für eine graphische Benutzeroberfläche unter MATLAB (Studentenversion 2013a) entwickelt. Für die Messung wird ein aktiver Subwoofer (Frequenzbereich 20 Hz..200 Hz) sowie ein Elektretmikrofon für den Anschluss an die interne Soundkarte eines Notebooks benötigt.

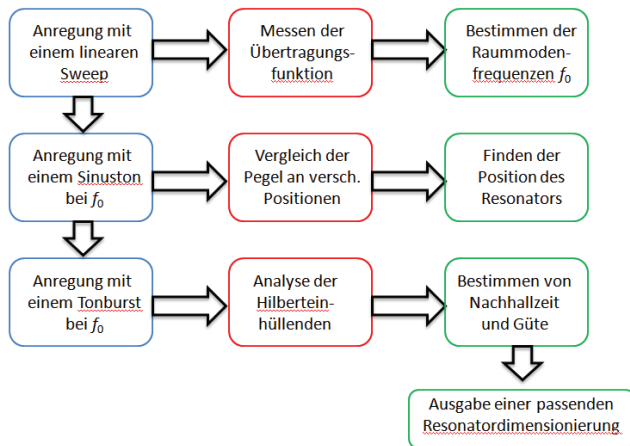


Abbildung 2: Blockdiagramm des Messprogramms

Nach Messung der Übertragungsfunktionen in den Raumecken stehen die Eigenfrequenzen in einer Tabelle zur Verfügung und es kann jeweils eine Frequenz zur Optimierung vom Benutzer ausgewählt werden. Das Programm stellt für die Abstimmung eines Resonators ein Hilfsprogramm bereit, das dem Benutzer bei Impulsanregung der Resonatorwand die Eigenfrequenz anzeigt, die mit einem Mikrofon im Hohlraum gemessen wird. Es ist zu beachten, dass die Resonatorwände genügend steif sein müssen, um mechanische Eigenresonanzen im Bereich der Hohlraumresonanzfrequenz zu vermeiden. Hinweise zur Positionierung einer Stimplatte werden bei FehlAbstimmung auf dem Bildschirm in Klartext angezeigt.

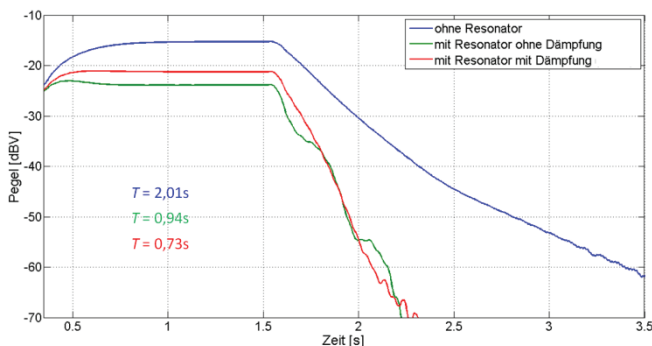


Abbildung 3: Darstellung der Hilbert-Transformation von Tonbursts im Messprogramm: blau – ohne Resonator, grün – mit Resonator ohne Dämpfung, rot – mit optimierter Dämpfung

Zur Optimierung der Resonatordämpfung wird ein Tonburst mit einem Sinuston der gewählten Resonanzfrequenz generiert, dessen Wirkung im Raum analysiert wird. Hierzu wird der Pegel in Abhängigkeit von der Zeit dargestellt (Hilbert-Transformation). Das Mikrofon wird zur Erzeugung eines störfreien Signals durch Bandpass-Filterung mit der Mittenfrequenz der eingestellten Tonfrequenz aufbereitet.

Das Ergebnis des Optimierungsvorgangs der Dämpfung ist in Abbildung 3 dargestellt. Man erkennt, dass durch das Verfahren zwei Verbesserungsstufen erzielt werden können: zunächst wird durch die Verwendung des abgestimmten Resonators ohne Dämpfung eine Verkürzung des Auskling-

vorgangs erreicht, der jedoch noch durch Schwebungen der beiden resultierenden Maxima in der Übertragungskurve gestört wird. Erst durch die Optimierung der Dämpfung kann ein schwebungsfreier und deutlich verkürzter Ausklingvorgang erreicht werden (rote Kurve).

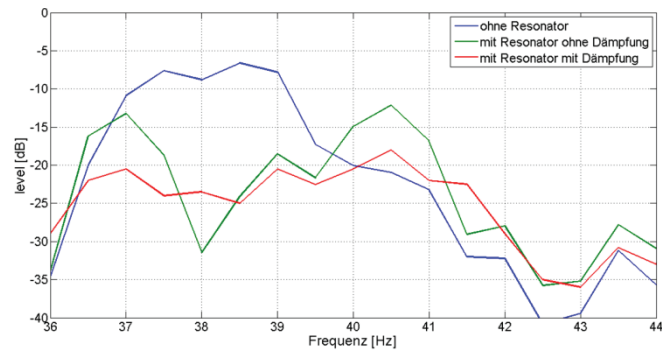


Abbildung 4: Darstellung der gemessenen Übertragungsfunktionen im Messprogramm in der Umgebung der Raumresonanzfrequenz (39 Hz). Die drei Kurven entsprechen den in Abbildung 3 dargestellten Ausklingkurven.

Diskussion und Ausblick

Durch das Programm konnten in der Praxis erfolgreiche Abstimmungen erzielt werden, es zeigte sich aber auch, dass noch einige Verbesserungsmöglichkeiten zur Vermeidung hardwarebedingter Probleme bestehen. Weiterhin sollte untersucht werden, ob eine Umgehung der MATLAB Oberfläche möglich ist, indem die dort verfügbaren Funktionen (FFT, Hilbert-Transformation und Grafik) durch eigene Entwicklungen realisierbar sind, um das Programm auch auf Rechnern ohne MATLAB-Software lauffähig zu machen.

Literatur

- [1] Bork, I.: Raummodendämpfer in der Praxis, Fortschritte der Akustik DAGA 2015, Nürnberg
- [2] Klaus, J., Bork, I., Graf, M., Ostermeyer, G.-P., On the adjustment of Helmholtz resonators, Applied Acoustics 77 (2014) S.37–41
- [3] Popken, D.: Entwicklung, Anwendung und Evaluation eines interaktiven Programms zur praktischen Durchführung einer Raummodendämpfung, Bachelorarbeit, Jade Hochschule Oldenburg WS 2015/2016