



Diplomand  
Dozent  
Projektpartner  
Experte  
Themengebiet

Schuler Mathias  
Prof. Bärtsch René  
V-ZUG AG  
Dipl. Ing. ETH Knodel Thomas  
Produktentwicklung & Mechatronik

## Minderung akustischer und struktureller Schwingungen in Haushaltsgeräten mittels vibroakustischer Metamaterialien

### Ausgangslage

Die V-ZUG AG ist als Hersteller von Haushaltsgeräten bekannt für innovative Premium-Produkte mit höchsten Qualitätsansprüchen. Bei der Entwicklung dieser Geräte steht dabei nebst dem Kundennutzen auch immer mehr das Design im Vordergrund. In einem Neuentwicklungsprojekt für Waschautomaten und Wäschetrockner besteht daher der Wunsch nach einer möglichst sickenfreien Seitenwand. Diese Arbeit untersucht, ob und inwiefern vibroakustische Metamaterialien (VAMM) eine Möglichkeit für die V-ZUG AG bieten, die akustischen und strukturellen Schwingungen eines Bauteils zu mindern. Die Untersuchungen werden anhand von diesem möglichen Anwendungsfall der Seitenwand durchgeführt.

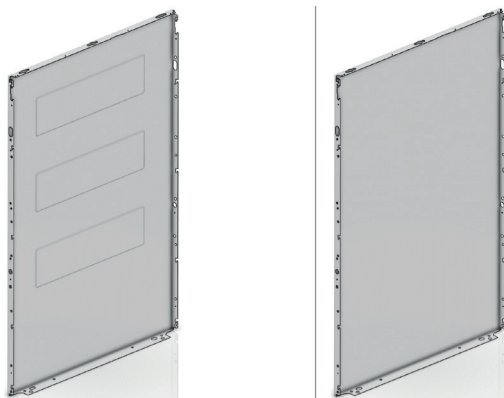


Abb. 1: Seitenwand Waschautomaten und Wäschetrockner mit und ohne Sicken

### Vorgehen

Die Arbeit beinhaltet eine Recherche zum Stand der Technik, der Wirkungsweise und Anwendung von VAMM. Anschliessend werden die grundlegenden dynamischen Eigenschaften der Seitenwand mit und ohne Sicken mittels experimentellen Modalanalysen untersucht. Mit einem abstrakten Simulationsmodell wird dann mit numerischen Modal und harmonischen Analysen das VAMM gezielt auf die Frequenzen ausgelegt, bei denen die Seitenwand aufgrund der Anregung durch die Haupt-Aktoren in Resonanz geraten kann. Auf Basis dieser strategischen Auslegung, werden anschliessend mittels Rapid Prototyping Funktionsmuster des VAMM hergestellt und auf einer Seitenwand appliziert. Mit diesen modifizierten Seitenwänden werden dann wiederum experimentelle Modalanalysen durchgeführt und der Einfluss des VAMM untersucht. Um die akustische Wirkung des VAMM am Gerät zu überprüfen, werden Schallmessungen an einer Waschmaschine durchgeführt, bei der beide Seitenwände mit VAMM ausgestattet sind.



Abb. 2: Waschautomat mit VAMM ausgelegt auf 300 Hz

### Ergebnis

Mit der Auslegung des VAMM auf eine Frequenz von 30 Hz – wo die erste Resonanzfrequenz der Seitenwand liegt und was in etwa der Trommeldrehzahl beim Schleudern entspricht – wird die Beschleunigungsamplitude der Seitenwand um mehr als 75 % reduziert (Abb. 3). Mit einer Auslegung auf 300 Hz – wo der Schallpegel der Maschine sein Maximum hat – wird diese um bis zu 25 % reduziert. Die Reduktion des Gesamtschallpegels bleibt trotz dieser deutlichen Minderung der Vibrationen an der Seitenwand  $< 1$  dB. Weitere Schallmessungen zeigen, dass der «Lärm» primär aus dem Inneren des Gerätes kommt und durch die Luftspalten im Gestell – und nicht wie zunächst angenommen über die Vibrationen der Seitenwand – an die Umgebung gelangt.

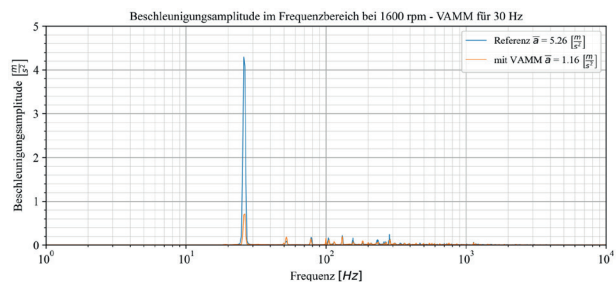


Abb. 3: Beschleunigungsamplitude der Seitenwand ohne VAMM (Referenz) und mit VAMM während dem Endschleudern zeigt Reduktion von ca. 75 % im adressierten Frequenzbereich