

Simulation und Applikation eines Helmholtz-Resonators an einem Stranggranulator unter Verwendung einer akustischen Netzwerkbeschreibung

Jan Troge¹, Welf-Guntram Drossel¹, Holger Kunze¹, Moritz Linke¹, Ulrich Kreuz², Erich Stockmann²

¹ Fraunhofer Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik (IWU), 09126 Chemnitz,
E-Mail: jan.troge@iwu.fraunhofer.de

² Reduction Engineering GmbH, 70825 Korntal-Münchingen

Einleitung

Ein wesentlicher Punkt bei der Fabrikplanung ist die Beachtung des zu erwartenden Geräuschpegels in Summe aller beteiligten Maschinen der Prozessketten. Zur Herstellung von Kunststoffgranulat kommen für die einzelnen Prozessschritte verschiedene Anlagen zum Einsatz. Dazu gehören Stranggranulatoren, Rüttelsiebe, Trockner etc. Im Hinblick auf arbeitsschutztechnisch geforderte Grenzwerte muss der Geräuschbeitrag jeder einzelnen Prozessstufe möglichst niedrig sein. Granulatoren haben einen dominierenden Anteil am Gesamtschallpegel. Deren Geräusch setzt sich vor allem aus der Luftschallanregung durch den Schneidrotor (Maschinengeräusch) und der Anregung beim Schneiden bzw. Brechen des Materials (Prozessgeräusch) zusammen.

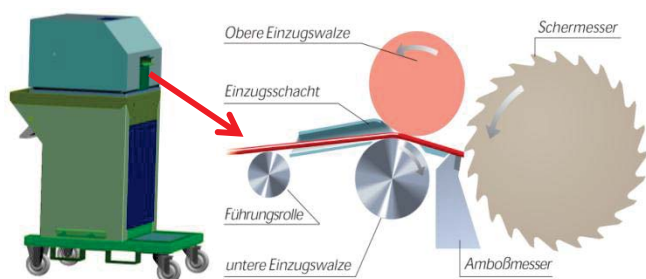


Abbildung 1: Stranggranulator und Prinzip der Granulatherstellung

Das Vorbeigleiten der Schneidkanten an einem festen Amboßmesser (Abbildung 1) erzeugt zyklische Druckschwankungen, die bereits im Leerlauf zu einem hohen Schalldruckpegel führen können. Das Gesamtgeräusch wird durch die Pegel der einzelnen schmalbandigen Töne dominiert (Abbildung 2).

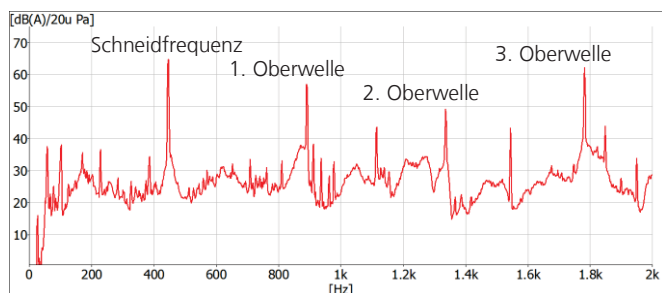


Abbildung 2: Beispielhaftes Geräuschspektrum eines Granulators im Leerlauf

Mit Hilfe eines akustischen Resonanzabsorbers (Helmholtz-Resonator) soll eine Reduktion der abgestrahlten Schallleistung durch Verringerung der Schallabstrahlung in der dominierenden Schneidfrequenz erreicht werden.

Netzwerkmodellierung

Um den Einfluss eines Helmholtz-Resonators auf die abgestrahlte Schallleistung durch die verschiedenen Öffnungen des Granulators beurteilen zu können, wurde ein Simulationsmodell basierend auf einer akustischen Netzwerkbeschreibung aufgebaut. Die Netzwerkmodellierung basiert auf Abstraktion der realen akustischen Elementen wie Volumen und Kanälen und deren Überführung in konzentrierte Bauelemente mit Hilfe der Analogiebeziehung zur Elektrotechnik [1], [2], [3], [4].

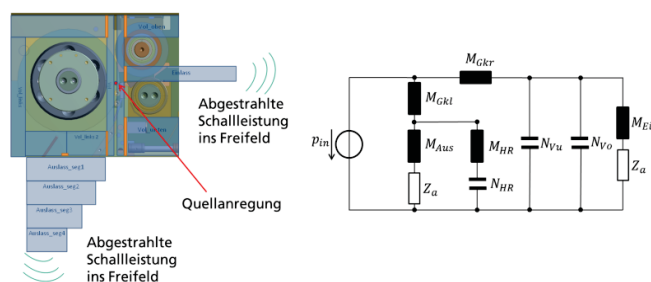


Abbildung 3: Abstrahiertes akustische Modell der Granulierkammer und vereinfachte Netzwerkdarstellung auf Basis der elektro-akustischen Analogiebeziehungen

Das Netzwerk kann mit bekannten Methoden der Netzwerktheorie analysiert werden. Die Betrachtung mit konzentrierten Bauelementen ist jedoch nur für geometrische Abmessungen gültig, die viel kleiner als die betrachtete Wellenlängen sind. Um die dreidimensionale Schallausbreitung in Kanälen unter Berücksichtigung auftretender Raummoden mit in die Beschreibung einfließen zu lassen, musste die Netzwerkdarstellung erweitert werden. Ein Kanalelement wird dazu als eine Überlagerung von akustischen Wellenleitern modelliert, um auftretende Moden im Kanalquerschnitt und in Kanallängsrichtung zu berücksichtigen. Das akustische Netzwerkmodell des Granulators beinhaltet somit das Übertragungsverhalten von der Quellanregung am Schneidmesser über die vorhandenen Volumen in der Granulierkammer, den Einlass- und Auslasskanälen bis zur Abstrahlung ins Freifeld. Effekte der Körperschallabstrahlung sind nicht abgebildet. Anhand des Simulationsmodells wurde der Einfluss eines Helmholtz-Resonators auf das akustische Übertragungsverhalten des Granulators untersucht. Ziel war dabei, die Resonanzparameter und -positionen zu ermitteln, die den größten Einfluss auf die gesamte Geräuschabstrahlung der Maschine haben. Abbildung 4 zeigt das Ergebnis einer Parameterstudie, die mit Hilfe des erweiterten Netzwerkmodells durchgeführt wurde. Anhand der unterschiedlichen Dämpfungseinflüsse des Resonators auf das Übertragungsmaß von der Quellanregung zu den Ein-

und Auslasskanälen wurde eine vielversprechende Variante ausgewählt. Die Berechnung zeigte, dass mit einem Helmholtz-Resonator im oberen Drittel des Auslasskanals die höchste Pegelreduktion sowohl an Einlass- als auch Auslassöffnung erreicht werden kann. Diese Variante wurde im nächsten Schritt als Prototyp umgesetzt.

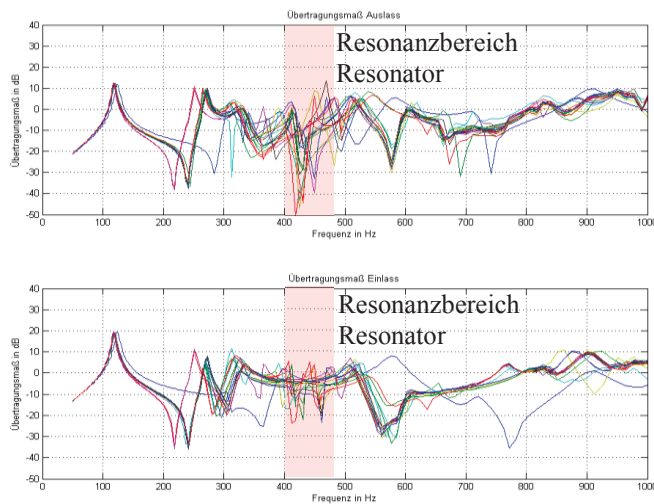


Abbildung 4: Vergleich von Helmholtz-Resonator-Varianten: oben: Übertragungsmaß von der Anregung zum Auslasskanal unten: Übertragungsmaß von der Anregung zum Einlasskanal

Resonatorapplikation

Der Helmholtz-Resonator wurde in Form eines Zylinders am Auslasskanal im vorhandenen Bauraum des Granulators appliziert (Abbildung 5). Mit Hilfe eines verfahrenbaren Kolbens konnte das Resonanzvolumen und damit die Resonanzfrequenz genau auf die Schneidfrequenz bei Betriebsdrehzahl eingestellt werden.

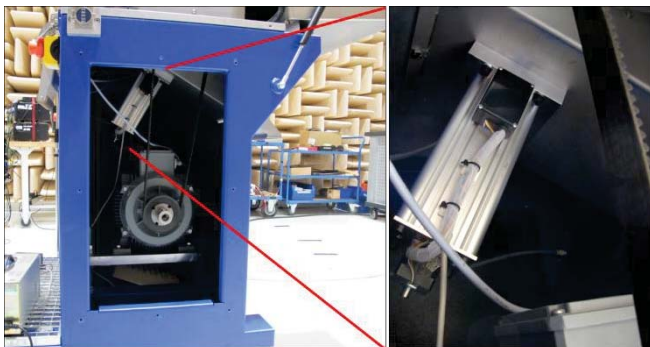


Abbildung 5: Am Granulatorauslass applizierter Helmholtz-Resonator

Weiterhin wurde zur Verbreiterung des wirksamen Frequenzbereichs zusätzlich Dämpfungsmaterial (Fasermaterial) in den Resonatorhals eingebracht (Abbildung 6).

Ergebnisse und Ausblick

Der Resonanzabsorber führte zu einer Absenkung des Schalldruckpegels der Schneidfrequenz um ca. 12 dB und des Gesamtschalldruckpegels um ca. 4 dB (Abbildung 7).

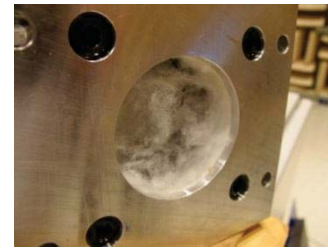


Abbildung 6: Im Resonatorhals eingebrachtes Dämpfungsmaterial

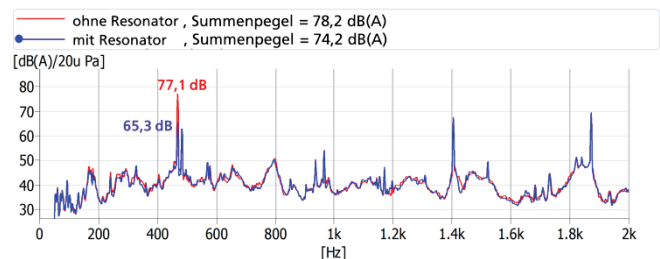


Abbildung 7: Schalldruckspektrum des Granulators mit und ohne Helmholtz-Resonator

Der subjektiv stark störende, tonale Geräuschcharakter konnte dadurch wesentlich verbessert werden. Die Harmonischen der Schneidfrequenz wurden aufgrund der schmalbandigen Resonatorwirkung nur geringfügig beeinflusst. Um eine noch größere Gesamtpegelreduktion zu erreichen, müssen die Pegel der Oberwellen ebenso abgesenkt werden. Deshalb soll im nächsten Schritt eine Kombination aus mehreren Resonatoren (kaskadierter Helmholtz-Resonator) entwickelt werden, die auch die harmonischen Vielfachen der Schneidfrequenz wirksam dämpfen. Zusätzlich wird die Wirkung eines $\lambda/4$ -Absorbers auf die Harmonischen und den Gesamtpegel untersucht sowie eine adaptive Anpassung der Resonatorgeometrie zur Nachführung der Absorberfrequenzen bei veränderlicher Drehzahl realisiert.

Literatur

- [1] Lenk, A.; Pfeifer, G.; Wertschützky, R.: Elektromechanische Systeme. Berlin: Springer, 2000.
- [2] Starobinski, R. Intake and exhaust mufflers, Chapter 10 in the handbook "Noise and vibration control in vehicles", pp. 201-270, St. Petersburg: Politechnika, 1993.
- [3] Munjal, M.L.: Acoustics of ducts and mufflers with application to exhaust and ventilation systems. New York: Wiley, 1987.
- [4] Bazhenov, D.V.; Bazhenova, L.A.; Rimskii-Korsakov, A.V.: Noise Silencer in the Form of a Helmholtz Resonator at the Outlet of an Air Duct of Finite Length. Acoustical Physics, Vol. 46, No.3, pp.256-260, 2000.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

In Kooperation mit

