

# Charakterisierung einer Körperschallquelle am Beispiel einer Servopumpe

Judith Kokavec, Carsten Spehr

Institut für Technische Akustik, Berlin; Email: [kokavec@cs.tu-berlin.de](mailto:kokavec@cs.tu-berlin.de)

## Thema

Bei Körperschallquellen, hier handelt es sich um die Servopumpe eines PKWs, können Probleme auftreten, da es durch Leistungstransport von der Quelle in das Gesamtsystem an anderen Stellen zu Schallabstrahlungen kommen kann.

Von Interesse ist vor allem ein Verfahren, das die Quelle unabhängig von ihrer Aufhängung beschreibt, da damit Bedingungen speziell an die Quelle gestellt werden können, um die Körperschallübertragung zu verringern. In dieser Arbeit wurden zwei Methoden zur Berechnung von Körperschalleistungsübertragung von einer Quelle zu einem Empfänger untersucht. Dabei stand vor allem die Brauchbarkeit dieser Verfahren im Vordergrund.

## Theoretischer Zusammenhang

Bei der Servopumpe ist vor allem der Leistungstransport von der Pumpe zur Aufhängung von Interesse. Deshalb kann man die Leistungsbetrachtung auf die Kontaktstellen zwischen Pumpe und Aufhängung beschränken. Dabei sind sowohl die Kraft  $f$  als auch die Schnelle  $v$  in eq. 1 Spaltenvektoren, deren Länge sich nach der Anzahl der Kontaktpunkte und der betrachteten Raumrichtungen richtet.

$$W = \frac{1}{2} \operatorname{Re} \left\{ f^* v \right\} \quad \text{eq. 1}$$

## Mobilitäten

Hier werden die Quelle (Pumpe) und der Empfänger (Platte) zunächst getrennt voneinander betrachtet. An den Kontaktstellen der Quelle und des Empfängers werden die Punkt- und Transfermobilitäten (Admittanzen) gemessen. Ausserdem muss noch die freie Schnelle der Pumpe an diesen Kontaktpunkten bestimmt werden. Die Mobilitäten und die freie Schnelle werden dann zur Berechnung der übertragenen Leistung benutzt. Mit Hilfe von Matrizen kann man die Gesamtleistung wie folgt schreiben:

$$W = \frac{1}{2} \operatorname{Re} \left\{ \left( \left[ Y_R^* + Y_S^* \right]^{-1} v_{fs}^* \right)^T \left( Y_R \left[ Y_R + Y_S \right]^{-1} v_{fs} \right) \right\} \quad \text{eq. 2}$$

## Interface-Mobilitäten-Konzept

Beim Interface-Mobilitäten-Konzept werden nicht mehr Punkt- und Transfermobilitäten sondern sogenannte Interfacemobilitäten zur Berechnung der Leistung benutzt. Die Interfacemobilitäten ergeben sich dabei aus einer räumlichen Fourierentwicklung über die Mobilitäten der drei Kontaktpunkte. Somit beschreiben die Interfacemobilitäten Wellenspektren, die nicht mehr vom Ort (Kontaktpunkt) sondern von Wellenzahlen abhängen.

$$W = \frac{1}{2} \operatorname{Re} \left\{ \left( \left[ \hat{Y}_R^* + \hat{Y}_S^* \right]^{-1} \hat{v}_{fs}^* \right)^T \left( \hat{Y}_R \left[ \hat{Y}_R + \hat{Y}_S \right]^{-1} \hat{v}_{fs} \right) \right\} \quad \text{eq. 3}$$

## Experimentelle Durchführung und Ergebnisse

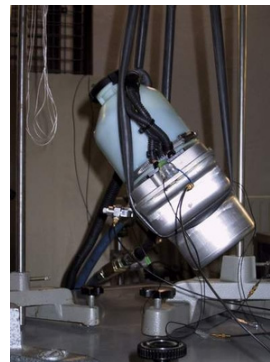


Abbildung 1: Pumpe, dynamisch frei hängend

Die Messung der Mobilitäten erfolgte bei der Pumpe und der Aufhängung separat. Die Pumpe wurde dynamisch frei aufgehängt (Abbildung 1). Als Impulsanregung bei der Messung der Mobilitäten diente ein Shaker mit Metallkegelaufsatz. Die Mobilitäten wurden in zwei Richtungen gemessen, parallel zu den Aufhängungspunkten (axial (a)) und senkrecht dazu (radial (r)). In Abbildung 2 sind die Punkt- und Transfermobilitäten in axialer Richtung dargestellt.

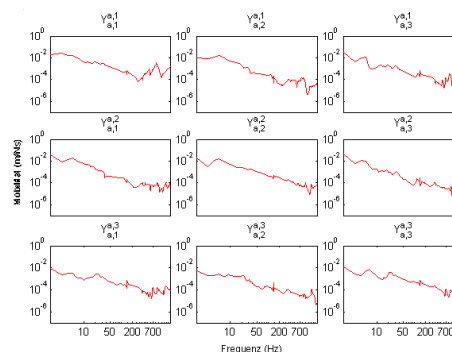


Abbildung 2: Mobilitäten in axialer Richtung

Die freie Schnelle  $v_{fs}$  wird an den Kontaktpunkten der Pumpe, während diese in Betrieb ist, gemessen. Dabei ist zu beachten, dass eine freie Bewegung der Pumpe ermöglicht wird. Die freie Schnelle der drei Aufhängungspunkte in axialer Richtung ist in Abbildung 3 zu sehen.

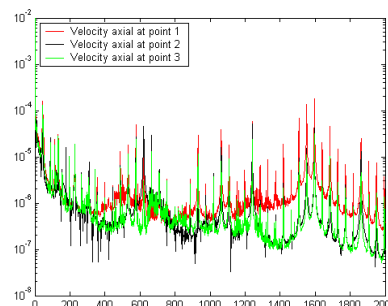


Abbildung 3: Freie Schnelle in axialer Richtung

Die Aufhängung der Pumpe bestand aus einer 12 mm Pressspanplatte, auf die drei Stahlstützen zur Befestigung der Pumpe geschraubt waren. Bei der Messung der Mobilitäten der Aufhängung wurde die Platte elastisch auf Stützen gelagert, wie man in Abbildung 4 sehen kann. Die Lagerung mit den Stahlstützen nach unten erfolgte nur, weil so eine Impulsanregung mit einem Shaker einfacher war. Auch hier erfolgte die Messung der Mobilitäten wieder in zwei Richtungen, parallel zu den Stahlstützen (axial) und senkrecht dazu (radial).



Abbildung 4: Platte, elastisch gelagert

Die axialen Punkt- und Transfermobilitäten sind in Abbildung 5 zu sehen.

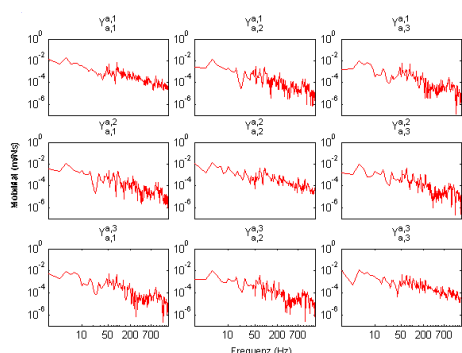


Abbildung 5: Mobilitäten der Platte in axialer Richtung

Abschliessend wurde die Pumpe auf der Platte montiert (Abbildung 6) und die übertragene Leistung von der Pumpe zur Platte an den drei Kontaktpunkten gemessen.



Abbildung 6: Pumpe auf der Platte montiert

Diese Referenz wurde dann mit der nach eq. 2 berechneten Leistung in Abbildung 7 verglichen. Dabei wurden nur die Leistungsspitzen verglichen, damit keine Fehler durch Rauschen entstehen.

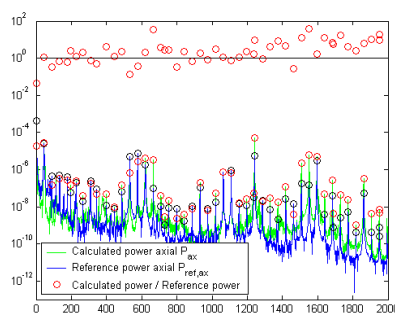


Abbildung 7: Leistungsvergleich (Mobilitäten)

Ausserdem wurde die nach eq. 3 mit den Interfacemobilitäten berechnete Leistung auch mit der Referenz verglichen (eq. 3). Dabei wurden die Diagonalmatrizen der Interfacemobilitäten benutzt. Diese Vereinfachung [1] ist der grosse Vorteil des Interface-Mobilitäten-Konzepts und führt zu ausreichend genauen Näherungen.

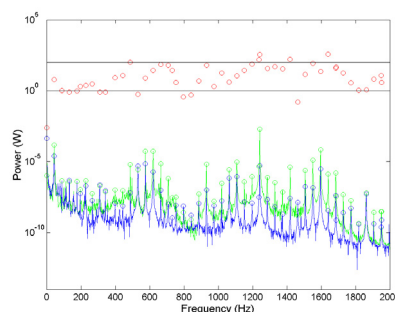


Abbildung 8: Leistungsvergleich (Interfacemobilitäten)

## Fazit

Will man eine Körperschallquelle genau beschreiben, so müssen auf jeden Fall alle drei Raumrichtungen berücksichtigt werden. Allerdings führt das zu einem erheblichen Messaufwand. Abhilfe kann da das Interface-Mobilitäten-Konzept mit seinen Vereinfachungen schaffen.

Die grössten Schwierigkeiten ergaben sich jedoch bei der Bestimmung der freien Schnelle. Hierbei besteht noch Forschungsbedarf, um eine abgesicherte und stabile Methode zur Bestimmung der freien Schnelle zu erhalten.

## Weitere Bemerkungen

Diese Arbeit ist unter Hinzunahme folgender Literatur entstanden.

[2][3][4][5][6]

- 1| Petersson Interface mobility – theory and applications – DAGA 2001
- 2| Spehr Characterisation of a servo steering pump as source of structure borne sound – Forum Acusticum, Sevilla 2002
- 3| Kokavec Characterisation of a servo steering pump as source of structure borne sound – Studienarbeit, Institut für Technische Akustik, Technische Universität Berlin 2002
- 4| Petersson, Gibbs Towards a structure-borne sound source characterization – Applied Acoustics 61, 2000
- 5| Petersson Procedures four sound path quantification definition of state-of-the-art part 5: Structure-borne sound transmission between machinery and foundations revisited in particular rigid path – TNO Research 1991
- 6| Mondot, Petersson Characterization of structure-borne sound sources; The source descriptor and the coupling function – Journal of Sound and Vibration 114(3) 1987