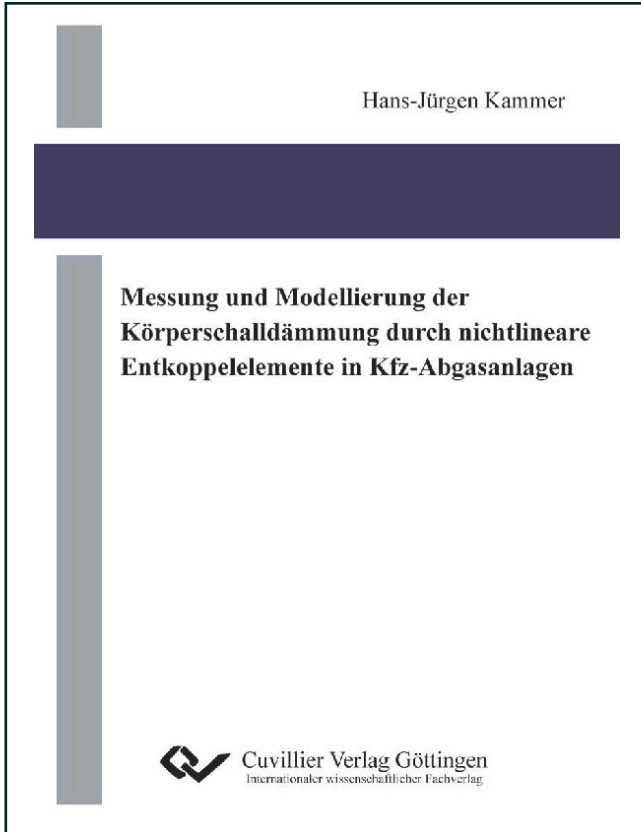




Hans-Jürgen Kammer (Autor)

Messung und Modellierung der Körperschalldämmung durch nichtlineare Entkoppelelemente in Kfz-Abgasanlagen



<https://cuvillier.de/de/shop/publications/490>

Copyright:

Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen, Germany
Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: info@cuvillier.de, Website: <https://cuvillier.de>

Kapitel 1

Einleitung

1.1 Einführung und Motivation

Körperschallentkoppelemente haben die Aufgabe, in einem breiten Frequenzbereich die Ausbreitung von mechanischen Schwingungen zu unterdrücken. Im Rahmen dieser Arbeit werden speziell Entkoppelemente in Kfz-Abgasanlagen untersucht. Bisher lag hierbei das Hauptaugenmerk auf Schwingungen mit Frequenzen deutlich unterhalb von 500 Hz, wie sie z.B. von Motorkippbewegungen und Schlechtweganregungen erzeugt werden. Das höherfrequente Übertragungsverhalten wurde in der Vergangenheit nicht näher untersucht. In die Abgasanlage wird jedoch Körperschall mit weitaus höheren Frequenzen eingeleitet, der bis zu einer Frequenz von etwa 5 kHz in Form von Luftschall abgestrahlt wird. Aktuelle technische Entwicklungen im Automobilbau lassen einen noch weiter anhaltenden Trend zum Ansteigen höherfrequenter Schwingungsanregung erkennen, z.B. durch die Verwendung von Turboladern mit größeren Toleranzbreiten oder Einspritzsystemen bei direkt einspritzenden Benzinmotoren. Auf der anderen Seite steigt die Bedeutung der Akustik und stellt insbesondere im Premiumsegment einen sehr hohen Wettbewerbsfaktor dar. Immer strenger werdende gesetzliche Grenzwerte für maximale Vorbeifahrgeräuschpegel zwingen außerdem die Automobilhersteller zu geräuschkindernden Maßnahmen [3]. Dies führt zu einem verstärkten Interesse an der Kenntniss des höherfrequenten Übertragungsverhaltens der Entkoppelemente [6].

Zur Beschreibung der Schwingungsisolation werden häufig Mobilitäten, Impedanzen [37] und insbesondere dynamische Transfersteifigkeiten [86] verwendet. Hierdurch wird die Schwingungsübertragung von Entkoppelementen bereits in [9] charakterisiert, allerdings nur für tiefe Frequenzen. Durch Einführung der Vierpoltheorie in der Strukturdynamikbe-

rechnung durch [63] ist es möglich, komplexe Subsysteme bezüglich des eindimensionalen Schwingungsverhaltens an den Anschlussstellen vollständig zu charakterisieren. Messungen dieser Parameter sind in den Arbeiten [60] und [81] behandelt. Die Beschreibung von Biegeschwingungen wird durch die Hinzunahme rotatorischer Freiheitsgrade möglich, was in [91] und [31] beschrieben ist. Ein Messverfahren der dynamischen lateralen und rotatorischen Transfersteifen bei höheren Frequenzen ist in einer rudimentären Form in [86] gezeigt.

Grundlagen der Prüfeinrichtungen zur Messung von Körperschallübertragungssystemen sind in den Teilen der Norm DIN 10846 [21] vorgeschlagen. Für den in dieser Arbeit zu untersuchenden Messfrequenzbereich von bis zu 5 kHz ist ein indirektes Messverfahren zu bevorzugen. Spezielle Prüfstände, die auf die indirekte Messung spezifischer Entkoppellemente ausgelegt sind, zeigen beispielsweise [15] und [83].

1.2 Ziele und Aufbau der Arbeit

Das Ziel der Forschungsarbeit ist es, basierend auf experimentellen Untersuchungen, die Übertragungseigenschaften von Entkoppellementen bei Frequenzen bis 5 kHz zu charakterisieren. Die so ermittelten Übertragungsmodelle sollen so umfassend sein, dass sie als Eingabegrößen in CAE-Berechnungen der gesamten Abgasanlage verwendet werden können. Damit ist es möglich, bereits in frühzeitigen Entwicklungsstadien Aussagen über das strukturdynamische Verhalten von Abgasanlagen zu machen, bevor überhaupt Prototypen existieren, an denen Messungen gemacht werden können.

Diese Arbeit beginnt in **Kapitel 2** mit einem kurzen Überblick über gebräuchliche Entkoppellemente in Kfz-Abgasanlagen.

Kapitel 3 fasst die maschinenakustischen Grundlagen der Schwingungsentkopplung durch linear visko-elastische Systeme zusammen.

Besonders die häufig verwendeten Schlauchgelenke und Schlauchleitungen weisen nichtlineare Mechanismen auf, die das Systemverhalten stark bestimmen. In **Kapitel 4** werden daher nichtlineare Modelle mit konzentrierten Parametern diskutiert und mittels numerischer Zeitintegration der zugrundeliegenden Differenzialgleichungen untersucht. Die Methoden der harmonischen und statistischen Linearisierung werden angewendet, da hierdurch lineare Ersatzmodelle ermittelt werden, die auch große Systemaussteuerungen mit minimalem quadratischen Fehler abbilden können.

In **Kapitel 5** werden die messtechnischen Verfahren zur Bestimmung der Modellparameter vorgestellt. Zunächst geht es um die Grundlagen zur nichtparametrischen Frequenzgangsschätzung, worauf die Messungen der linearen Ersatzmodelle beruhen. Bezüglich der Übertragungseigenschaften in longitudinaler Richtung werden die Messmethoden von Transfersteifen und Vierpolen gezeigt. Eine verbesserte Methode zur indirekten Messung der lateralen und rotatorischen Komponenten wird entwickelt, die auf einem einfachen Verfahren nach [86] beruht. Anhand numerischer Simulationen wird die Gültigkeit des Verfahrens überprüft. Des Weiteren werden Messverfahren zur Identifikation nichtlinearer, parametrischer Modelle hergeleitet. Hierbei werden zum einen die Polynomkoeffizienten nichtlinearer Steifigkeitskennlinien und zum anderen die Parameter des Coulomb-Modells durch die Auswertung der Oberschwingungen bei harmonischer Anregung bestimmt. Numerische Simulationen dienen zur Verifizierung der Messverfahren und Überprüfung der Ersatzmodelle.

In **Kapitel 6** wird ein speziell zur Messung der Körperschallübertragung durch Entkoppelemente entwickelter Prüfstand im Detail dargestellt.

Die Messergebnisse von einer Auswahl an repräsentativen Entkoppelementen befindet sich in **Kapitel 7**. Die Übertragungseigenschaften werden abhängig von der Frequenz, Anregungsamplitude und Signalform gezeigt. Die Möglichkeit, das Übertragungsverhalten durch die nichtlinearen Systeme aus Kapitel 4 zu modellieren, wird untersucht.

Die Entkoppelwirkung der Elemente wird in **Kapitel 8** im Verbund mit der Abgasanlage analysiert. Diese kann aufgrund der Resonanzen im betrachteten Frequenzbereich nicht als starrer Körper angesehen werden, was bei der Auswahl geeigneter Entkoppelemente und Berechnung des dynamischen Verhaltens berücksichtigt werden muß. Hierzu wird eine effiziente Berechnungsmethode unter Verwendung von Kettenmatrizen entwickelt und angewendet, die die Verknüpfung von Abgasanlagen-Simulationsmodell und messtechnisch erlangten Systemparametern der Entkoppelemente auf elegante Weise zuläßt.

Abschließend werden in **Kapitel 9** die Ergebnisse zusammengefasst und ein Ausblick auf mögliche zukünftige Forschungsarbeiten gegeben.