

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1	EINLEITUNG 1
1.1	Stand der Forschung 4
1.1.1	Geschlossene Lösungen zur Berechnung der Schalldämmung von Zylinderschalen 5
1.1.2	Numerische Diskretisierungsverfahren für Struktur-Akustik Interaktionsanalysen 7
1.2	Ziel der Arbeit 9
2	GESCHLOSSENE LÖSUNG ZUR SCHALLDÄMMUNG EINES KREISRINGBALKENS IN EINEM ZWEIDIMENSIONALEN FLUIDBEREICH 11
2.1	Aufstellung der dynamischen Grundgleichungen 12
2.1.1	Bewegungsgleichung des Kreisrings 12
2.1.2	Ansätze zur Lösung der Wellengleichung 14
2.1.3	Lösungen des Innenraumproblems 16
2.1.4	Lösungen des Außenraumproblems 17
2.1.5	Aufstellung des Gleichungssystems 19
2.1.6	Eigenfrequenzen und gemittelte Antwortgrößen 21
2.2	Beschreibung des Antwortverhaltens 24
2.2.1	Darstellung des Frequenzgangs verschiedener Antwortgrößen und Vergleich mit den Eigenfrequenzen 24
2.2.2	Erklärung des Antwortverhaltens 35
2.2.3	Einfluß der Schallabstrahlung auf die Dynamik des Gesamtsystems 39
2.2.4	Einfluß der Strukturdämpfung und der Wandabsorption auf die Schalldämmung 45

	Seite
3	GESCHLOSSENE LÖSUNG ZUR SCHALLDÄMMUNG DES UNENDLICH LANGEN, ORTHOTROPEN ZYLINDERS IN EINEM DREIDIMENSIONALEN FLUIDBEREICH 50
3.1	Bewegungsgleichungen und Randbedingungen. 50
3.2	Berechnung der mittleren Schallpegelreduktion bei Anregung durch eine ebene Welle 53
3.3	Beschreibung des Antwortverhaltens einer raumfahrttypischen Leichtbau-Sandwichschale 58
3.3.1	Schalldämmung und mittlere Verschiebung bei Anregung durch eine schräg einfallende ebene akustische Welle 59
3.3.2	Einfluß der Schubverformung des Kerns und des Massenträgheitsmoments 61
3.3.3	Einfluß des Einfallswinkels der ebenen Welle 63
3.3.4	Vergleich der Schalldämmung eines Sandwichzylinders mit einem typischen Aluminiumzylinder gleichen Durchmessers 66
3.4	Untersuchung von Näherungsansätzen für die Kopplung mit dem Außenmedium 69
4	SCHALLDÄMMUNGSANALYSEN MIT DER METHODE DER FINITEN ELEMENTE 75
4.1	Kurze Beschreibung der "einfachen" Formulierung zur Struktur-Akustik Interaktion mit der Methode der finiten Elemente 75
4.1.1	Differentialgleichungen des gekoppelten Problems 75
4.1.2	Schwache Formulierungen der Differentialgleichungen 77
4.1.3	Verfahren zur Lösung des Eigenwertproblems 79

	Seite
4.2 Modalverfahren zur Bestimmung der Systemantwort	83
4.2.1 Anmerkungen zur Konvergenz	84
4.2.2 Berücksichtigung der Abstrahlung in der Bewegungsgleichung durch die Abstrahlimpedanzmatrix	84
4.3 Vergleich der mit der Methode der finiten Elemente berechneten Schalldämmung des Kreisringbalkens in einem zweidimensionalen Fluidbereich mit der geschlossenen Lösung	89
4.4 Berechnung der Schalldämmung eines endlich langen Zylinders aus Kohlefasersandwich mit der Methode der finiten Elemente	102
4.4.1 Modellbeschreibung	102
4.4.2 Modellgenerierung, ungekoppelte und gekoppelte Eigen- frequenzen und Eigenformen	105
4.4.3 Näherungsweise Ermittlung der Abstrahldämpfung aus der geschlossenen Lösung des endlich langen, gelenkig gelagerten Zylinders	119
4.4.4 Frequenzganganalyse zur Berechnung der mittleren Schallpegelreduktion	124
4.5 Bemerkungen zu Numerik und Rechenaufwand	129
4.6 Vorstellung eines Ansatzes zur Verbesserung der Konvergenz bei Struktur-Akustik Analysen mit dem Verfahren der modalen Synthese	132
4.6.1 Einführung in das Verfahren der modalen Synthese bei Fluid- Struktur Kopplung (einfache Formulierung)	132
4.6.2 Beschreibung des Problems	134
4.6.3 Vorschlag zur Erweiterung der modalen Basis	137
4.6.4 Begründung mit Hilfe ein- und zweidimensionaler Beispiele	138

	Seite
5	AKUSTISCHE SKALIERUNG UND VERGLEICH VON BERECHNUNGSERGEBNISSEN MIT SCHALLDURCHGANGS- MESSUNGEN141
5.1	Allgemeine Bemerkungen zu akustischen Tests 141
5.2	Akustische Skalierung endlich langer Zylinder aus Kohlefasersandwich 142
5.3	Anmerkungen zur Korrelation von Ergebnissen aus Analysen und aus akustischen Schalldurchgangsmessungen 149
6	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSLICK157

ANHANG

A 1	Berechnung des quadratischen Mittelwerts des Drucks im Innenbereich des Rings und der Verschiebungen 160
A 2	Bewegungsgleichung einer orthotropen Sandwich-Zylinderschale mit Berücksichtigung der Schubverformung des Sandwichkerns und der Rotationsträgheit 162
A 3	Betrachtung zur Unabhängigkeit der Abstrahlimpedanz Z_{rad} von der Größe der Anregung 169
	Schrifttum 171