

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Modellierungsmethoden	3
2.1	Methoden zur Modellierung von Körperschall	4
2.1.1	Mathematisch exakte und Näherungslösungen	6
2.1.2	Das Ritz'sche Näherungsverfahren	7
2.1.3	Die Finite Elemente Methode (FEM)	9
2.1.4	Die Modalanalyse	11
2.2	Methoden zur Modellierung von Luftschall	19
2.2.1	Analytische Lösungen und Näherungen	22
2.2.2	FEM in der Akustik	25
2.2.3	Die Randelementemethode (BEM)	27
2.2.4	Superpositionsmethoden	31
3	Designzyklus zur Konstruktion lärmarmen Produkte	34
3.1	Der rechnergestützte Weg	34
3.2	Ein zweiter meßdatenbasierter Weg	36
3.3	Werkzeuge für den zweiten Weg	39
3.3.1	Experimentelle Modalanalyse (EMA)	40
3.3.2	Modellierung der Betriebsschwingform	41
3.3.3	Schallfeldberechnung mit BEM	43

3.3.4	Werkzeuge zum Schließen des Optimierungszyklus	44
4	Das Modellsystem	49
4.1	Zylinder mit einfach unterstütztem Rand	50
4.2	Das Schallfeld des schwingenden Zylinders	54
4.2.1	Der unendliche Zylinder	55
4.2.2	Der finite Zylinder im Schallschirm	56
4.2.3	Numerische Berechnung des Zylinderschallfeldes	57
4.3	Kenngrößen der Schallabstrahlung am Modellsystem	60
5	Parameterstudien am Modellsystem	64
5.1	BEM Parameterstudien am Zylinder	65
5.1.1	Die Randelementmodelle des Zylinders	65
5.1.2	Einfluß der Diskretisierung des Schalldruckfeldes	71
5.1.3	Einfluß der Diskretisierung der Schwingform	74
5.1.4	Zusammenfassung der Einflußuntersuchungen	78
5.1.5	Instabilität der Lösung im Variationsverfahren	79
5.2	EMA Parameterstudien am Zylinder	80
5.2.1	Modales Zylindermodell und Meßfehlerarten	81
5.2.2	Einfluß von verrauschten $\ddot{U}F$	84
5.2.3	Einfluß von inkonsistenten $\ddot{U}F$	91
5.3	Durchgriff der Meßfehler auf die Schallfeldsimulation	95
5.4	Ersatzkraftverteilungen am Modellsystem	102
5.4.1	Äquivalenz von Original- und Ersatzkräften	103
5.4.2	Eigenschaften der Ersatzkräfte	108
5.4.3	Zusammenfassung der Ergebnisse	114

6	Verifikation der Methode an einem realen Zylinder	116
6.1	Das Meßobjekt	116
6.1.1	Mechanischer Aufbau	116
6.1.2	Modellierung mittels Randelementen	117
6.2	Experimentelle Modalanalyse am Meßzylinder	118
6.2.1	Meßtechnik	118
6.2.2	Extraktion der Modalparameter	119
6.3	Messung von Körper- und Luftschall am Meßzylinder	125
6.4	Synthese der Betriebsschwingform	127
6.5	Vergleich von Messung und Simulation	128
7	Schallfeldberechnung an einer technischen Struktur	132
7.1	Modellierung des Testobjekts KFZ-Lichtmaschine	133
7.2	Experimentelle Modalanalyse	136
7.2.1	Meßtechnik	136
7.2.2	Extraktion der Modalparameter	137
7.3	Messung von Körper- und Luftschall bei Statoranregung	138
7.4	Synthese der Betriebsschwingform	141
7.5	Vergleich von Simulation und Messung bei Statoranregung	143
7.6	Wiederholung des Versuchs am Generator im Betrieb	150
7.7	Zusammenfassung der Ergebnisse	152
8	Zusammenfassung und Ausblick	156
	Literaturverzeichnis	159