

Dipl.-Ing. Kai-Ulrich Machens, Stuttgart

Anwendung der Vergleichsquellenmethode zur Berechnung von Schallfeldern

Reihe **11**: Schwingungstechnik Nr. **254**

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen und Symbole	vii
1 Einleitung	1
1.1 Die Vergleichsquellenmethode	1
1.2 Entwicklung der Vergleichsquellenmethode	2
1.3 Fragestellung und Aufbau	4
2 Grundprinzip der Vergleichsquellenmethode	8
2.1 Allgemeine Formulierung des Schallabstrahlungsproblems	8
2.2 Das Vergleichsquellen-system	9
2.3 Optimierungskriterien	11
3 Lösung der Helmholtz-Gleichung in elliptischen Zylinder-Koordinaten	13
3.1 Verwendung elliptischer Koordinaten	13
3.2 Elliptische Zylinder-Koordinaten	14
3.3 Separation der Helmholtz-Gleichung	15
3.4 Periodische Lösungen der azimutalen Mathieu-Differentialgleichung	16
3.5 Zugehörige radiale Lösungen	20
3.6 Entwicklung ebener Wellen nach elliptischen Zylinderwellen	21
3.7 Elementare Beispiele für die Anwendung der Mathieu-Funktionen	22
3.7.1 Streuung an einer Halbellipse in einem Schallschirm	22
3.7.2 Abstrahlung von einer Halbellipse in einem Schallschirm	25
4 Abstrahlproblem bei angepaßter Strahlergeometrie	28
4.1 Einleitung	28
4.2 Schallabstrahlung ebener Strahler	29
4.3 Überlegungen zur Definition des Abstrahlgrades	33
4.4 Schallabstrahlung von Kreiszyklindern	34
4.5 Schallabstrahlung elliptischer Zylinderstrahler	39
4.6 Berechnung der abgestrahlten Leistung elliptischer Zylinderstrahler	40
4.7 Vergleich von elliptischen und Kreiszyklinderstrahlern	42
4.8 Richtcharakteristik einzelner Mathieu-Ansatzfunktionen	44
4.9 Angepaßte Gewichtungsfunktion für elliptische Zylinderstrahler	47
5 Schallabstrahlung der Quermoden eines freien Plattenstreifens	50
5.1 Einleitung	50
5.2 Ermittlung der Quermode eines freien Plattenstreifens	51
5.3 Projektion der Randschnelle auf elliptische Koordinaten	52
5.4 Strahlersynthese	54
5.5 Vergleich mit Platte in einer Schallwand	58
5.6 Geeignete Skalierung zur Verbesserung der Numerik	61
5.7 Grenzen der Analyse breiter Strahler	65

5.8	Interferenz überlagerter Schwingungsmoden	68
6	Anwendung auf allgemeine Körpergeometrien	71
6.1	Methodik	71
6.2	Skalierung der Ansatzfunktionen	72
6.3	Vermeidung linearer Abhängigkeiten	73
6.4	Simulationsrechnungen	75
6.4.1	Testkonfiguration	75
6.4.2	Multipol-Entwicklung im Schwerpunkt des Körpers	79
6.4.3	Verteilte Quellen niedriger Ordnung	84
6.4.4	Anwendung verschiedener Gewichtungen	88
6.4.5	Konfidenzgrenzen	91
6.5	Fernfeldapproximierung durch Multipol-Entwicklung	94
7	Zusätzliche Anwendungsmöglichkeiten	96
7.1	Überblick	96
7.2	Innenraumprobleme	96
7.2.1	Vorgehensweise zur Bestimmung von Plattenresonanzen	97
7.2.2	Anwendung der Kollokations-Methode	98
7.3	Schallabstrahlung überlagerter Schwingungsmoden	101
7.3.1	Modale Zerlegung der Strukturschwingung	101
7.3.2	Optimale Anregung der Schwingungsmoden	102
7.3.3	Direkte Optimierung der Sekundärkräfte	104
8	Abschließende Bemerkungen	106
8.1	Zusammenfassung	106
8.2	Ausblick	107
Anhang		109
A	Optimierungskriterien	109
A.1	Optimierungskriterium der Nullfeldmethode	109
A.2	Optimierungskriterium der Cremer-Methode	110
B	Ergänzungen zu den Mathieu-Funktionen	112
B.1	Weitere Eigenschaften der azimuthalen Mathieu-Funktionen	112
B.2	Randbedingungen der radialen Mathieu-Funktionen	113
B.3	Ableitung der radialen Mathieu-Funktionen nach dem Argument	116
C	Näherungen der modalen akustischen Impedanz bei Zylinderstrahlern	118
D	Die Singulärwertzerlegung	120
Literatur		121
Lebenslauf		127