

Dipl.-Ing. Thomas Kiefer, Kaiserslautern

**Fehlerlokalisierung und
Parameterkorrektur in
Finite-Elemente-Modellen
anhand gemessener
Schwingungsdaten**

Reihe **11**: Schwingungstechnik

Nr. **246**

Inhaltsverzeichnis

Bezeichnungen	VII
Zusammenfassung	X
1 Einleitung	1
2 Überblick und Stand der Forschung	5
2.1 Parameteridentifikation	5
2.2 Korrekturverfahren	9
2.3 Schadensdiagnose	15
2.4 Beitrag der Arbeit	17
3 Grundlagen	19
3.1 Mechanische Grundlagen	19
3.1.1 Bewegungsgleichungen	19
3.1.2 Laplace-Transformation, Übertragungsverhalten	24
3.2 Experimentelle Modale Analyse	26
3.2.1 Meßaufbau und Meßtechnik	27
3.2.2 Fourier-Transformation	29
3.2.3 Berechnung der Übertragungsfunktionen	33
3.2.4 Bestimmung der modalen Parameter	35
3.3 Die Methode der Finiten Elemente	36
3.3.1 Einzelmassen-, Feder- und Balkenelemente	37
3.3.2 Ebene Plattenelemente	40
4 Expansion und Kondensation	43
4.1 Dynamische Kondensation	43
4.2 Dynamische Expansion mit Modellmatrizen	45
4.3 Dynamische Expansion mit Hilfe von Kalman-Filtern	47
4.4 Voruntersuchungen zur Expansion	52
4.4.1 Expansion mit Modellmatrizen	53
4.4.2 Expansion mit Kalman-Filter	54

5	Entwicklung eines Korrekturverfahrens	58
5.1	Wahl des Parametervektors	58
5.2	Methode der kleinsten Fehlerquadrate	60
5.3	Eigenwert-Residuum	63
5.4	Übertragungsfunktionen-Residuen	65
5.4.1	Direktes Antwort-Residuum	65
5.4.2	Indirektes Antwort-Residuum	66
5.5	Modifikation der Verfahren zur Schadensdiagnose	71
5.6	Lösung des überbestimmten Gleichungssystems	73
5.6.1	Abgebrochene QR-Zerlegung mit Spaltenpivotisierung	74
5.6.2	Abgebrochene Singulärwertzerlegung	77
5.6.3	Methode der konjugierten Gradienten	78
5.6.4	Einzeltest	79
5.7	Iteration	80
6	Anwendungsbeispiele	82
6.1	Vierkant-Rohr	82
6.1.1	Schadensfall I	86
6.1.2	Schadensfall II	93
6.1.3	Schadensfall III	94
6.1.4	Ergebnisse mit Modifikation des Verfahrens	94
6.2	Rechteckige Platte aus Aluminium	96
6.2.1	Lokalisation ohne Modifikation des Verfahrens	100
6.2.2	Lokalisation mit Modifikation des Verfahrens	101
6.3	Aluminium-Rahmen	103
6.4	Vierkant-Rohr mit fester Einspannung	108
6.5	Gekrümmte Platte aus Stahl	110
6.5.1	Untersuchungen zur Krümmung	110
6.5.2	Schadenslokalisierung	116
7	Wichtigste Ergebnisse und Ausblick	117
	Literatur	121