

Inhaltsverzeichnis

Nomenklatur	V
1. Einleitung	1
1.1. Ziel der Arbeit	2
1.2. Aufbau der Arbeit	2
2. Mathematische und systemtheoretische Grundlagen	5
2.1. Systemdarstellung im Zeitbereich	6
2.2. Systemdarstellung im Frequenzbereich	9
2.2.1. Frequenzgang	10
2.2.2. Übertragungsfunktion	10
2.3. Fehlermaße	11
2.3.1. Fehlerbestimmung im Frequenzbereich	11
3. Projektionsbasierte Modellreduktion	13
3.1. Einleitung	14
3.2. Problemstellung	15
3.3. Projektion und Projektoren	16
3.4. Projektionsbasierte Modellreduktion	17
4. Krylov-Unterraum-basierte Modellreduktion	21
4.1. Einleitung	22
4.2. Momente der Übertragungsfunktion	23
4.3. KRYLOV-Unterräume	26
4.4. Momentenabgleich	31
4.5. Numerische Umsetzung	35
4.6. ARNOLDI- und SOAR-Algorithmus	37
4.7. Ungedämpfte Systeme und Systeme mit RAYLEIGH-Dämpfung	43
4.7.1. Ungedämpfte Systeme	43
4.7.2. Systeme mit RAYLEIGH-Dämpfung	44
4.8. Erzielen von reellwertigen Systemen	45
4.9. Erweiterte KRYLOV-Unterraum-Verfahren	48
5. Grundlagen der Substrukturtechniken	53
5.1. Einführung in die Substrukturtechnik	54
5.2. Hilfsmittel \mathcal{B} und \mathcal{L}	56
5.3. Primärformulierung	58
5.4. Dual-Formulierung	59

5.5.	Primär- und Dualformulierung für reduzierte Substrukturen	60
5.5.1.	Primärformulierung für reduzierte Substrukturen	61
5.5.2.	Dualformulierung für reduzierte Substrukturen	62
6.	Component Mode Synthesis	65
6.1.	Einleitung	66
6.2.	Klassische-Komponenten-Moden	67
6.2.1.	Normal-Moden	67
6.2.2.	Constraint-Moden & Starrkörper-Moden	69
	Constraint-Moden	69
	Starrkörper-Moden	70
	Gemeinsamkeit von Constraint-Moden und Starrkörper-Moden . .	70
6.2.3.	Attachment-Moden	70
	Kragarm-Attachment-Moden	71
	Trägheitsbefreite-Attachment-Moden	71
	Residuum-Nachgiebigkeits-Attachment-Moden	72
6.3.	s_0 -Krylov-Moden	73
6.4.	Methoden mit gefesselten Verbindungsstellen	75
6.4.1.	Craig-Bampton-Verfahren	76
6.4.2.	Craig-Hale-Verfahren mit gefesselten Randknoten	77
6.5.	Methoden mit freien Verbindungsstellen	77
6.5.1.	Verfahren von MacNeal	79
6.5.2.	Verfahren von Rubin	80
6.5.3.	Dual Craig-Bampton-Verfahren von Rixen	81
6.5.4.	Craig-Hale-Verfahren mit freien Randknoten	83
6.5.5.	Verfahren mit s_0 -Krylov-Unterräumen	84
	Vergleich:	85
7.	Frequenzgang-basierte Substrukturtechnik	87
7.1.	Einleitung	88
7.2.	Impedanz-Kopplungsmethode	89
7.3.	Admittanz-Kopplungsmethode	90
7.4.	Lagrange-Multiplikator-FBS	92
7.4.1.	LM-FBS für reduzierte Subsysteme	94
8.	Anwendung	97
8.1.	Einleitung	98
	Anmerkung:	99
8.2.	Beispiel 1: zwei ebene Platten	99
8.2.1.	Zwei ebene Platten, ungedämpft	100
8.3.	Beispiel 2: PKW-Achsträger	107
8.3.1.	PKW-Achsträger im Frequenzbereich von 0 bis 1 kHz	108
8.3.2.	PKW-Achsträger im Frequenzbereich von 10 kHz bis 11 kHz . . .	121

8.4.	Beispiel 3: PKW-Motorträger	133
8.4.1.	PKW-Motorträger im Frequenzbereich von 0 bis 1 kHz	134
8.4.2.	PKW-Motorträger im Frequenzbereich von 10 bis 11 kHz	142
8.5.	Beispiel 4: Windkraftanlage	152
8.5.1.	Entwicklungspunkt 0,12 Hz	154
8.5.2.	Entwicklungspunkt 50 Hz	157
8.5.3.	Entwicklungspunkt 80 Hz	159
9.	Ausblick und Zusammenfassung	163
A.	Anhang	173
A.1.	Mathematische Grundlagen	173
A.1.1.	FOURIER-Transformation	173
A.1.2.	LAPLACE-Transformation	174
A.2.	Herleitung: Ausgangs-Krylov-Unterraum zweiter Ordnung	176
A.3.	Sortierabbildung	177
A.4.	Zerlegung von Matrizen in symmetrische und schiefsymmetrische Anteile	178
A.5.	Inverse der Steifigkeitsmatrix	178
A.6.	Herleitung der trägheitsbefreienden Projektionsmatrix	179
A.7.	Übertragungsfunktion zweiter Ordnung mit Frequenzverschiebung	180
A.8.	Herleitung: Realtransformation von komplexen Vektoren	181
A.9.	Herleitung: LM-FBS für reduzierte Subsysteme	181