

INHALTSVERZEICHNIS

Vorwort	iii
Kurzfassung & Abstract	v
1 Einleitung	1
1.1 Stand der Technik	3
1.1.1 Druckschlaffe Elemente	4
1.1.2 Statische Lastkompensation	5
1.1.3 Aktive Schwingungsdämpfung	7
1.1.4 Eingangstransformationen	9
1.1.5 Aktorplatzierung	11
1.1.6 Zusammenfassung und Bewertung	14
1.2 Zielsetzung der Dissertation	15
1.3 Inhaltliche Gliederung	15
2 Anwendungsbeispiele	17
2.1 Demonstrator-Hochhaus D1244	17
2.2 Maßstabsmodell	21
2.3 Balken mit integrierten Fluidaktoren	23
3 Modellierung adaptiver Tragwerke	25
3.1 Tragwerke	26
3.1.1 Mechanische Gleichungen	26
3.1.2 Störungen	30
3.1.3 Aktuierung	31
3.1.4 Mess- und Ausgangsgrößen	38
3.1.5 Stationäre Lösung	43
3.1.6 Experimentelle Untersuchung	44
3.2 Elemente mit integrierten Fluidaktoren	45
3.2.1 Verteiltparameterische Modellgleichungen	46
3.2.2 Analytische Lösung	49
4 Systemanalyse und Ordnungsreduktion	51
4.1 Schwingungsanalyse	52
4.1.1 Modalanalyse	52
4.1.2 Proper Orthogonal Decomposition	56

4.1.3	Vergleich der Eigenmoden und POD-Moden	59
4.2	Modellordnungsreduktion	62
4.2.1	Modale Ordnungsreduktion	63
4.2.2	Ordnungsreduktion mit POD-Moden	64
4.2.3	Dezentrale reduzierte Tragwerksmodelle	66
4.3	Zustandsraumdarstellung	73
4.3.1	Lineare Zustandsraumdarstellung	73
4.3.2	Zustandsraumdarstellung mit druckschlaffen Elementen	74
4.3.3	Zustandsraumdarstellung dezentraler Modelle	75
4.4	Systemtheoretische Eigenschaften	75
4.5	Stationäre Lösung und Redundanz	77
5	Optimale Aktorplatzierung	81
5.1	Aktorplatzierung für Tragwerke	82
5.1.1	Optimierungsproblem und dessen Lösung	82
5.1.2	Statische Aktorplatzierung	84
5.1.3	Dynamische Aktorplatzierung	96
5.1.4	Kombinierte Aktorplatzierung	103
5.2	Statische Aktorplatzierung für aktuierbare Euler-Bernoulli-Balken	108
5.2.1	Verteilte stationäre Kompensierbarkeit	108
5.2.2	Definition des Gütekriteriums	109
5.2.3	Optimierungsproblem	111
5.2.4	Anwendung auf den Balken mit integrierten Fluidaktoren	112
6	Regelung adaptiver Tragwerke	117
6.1	Regelungskonzepte	118
6.2	Statische Lastkompensation	119
6.2.1	Optimale Kompensation für Tragwerke mit druckschlaffen Elementen	119
6.2.2	Experimentelle Untersuchung	121
6.3	Aktive Schwingungsdämpfung	126
6.3.1	Approximativ linearisierende Eingangstransformation	128
7	Zusammenfassung	139
A	Ausführliche Spezifikation der Versuchsstände	143
A.1	Dimensionen und Modellparameter	143
A.1.1	Demonstrator-Hochhaus	143
A.1.2	Maßstabsmodell	143
A.2	Sensorik und Ausgangsgleichungen	145
A.2.1	Optisches Messsystem	145
A.2.2	Dehnungsmessung	146
A.2.3	Linearisierung zur Berechnung der Elementlängen und Dehnungen	147
A.3	Aktorik	148

A.3.1	Mechanische Kraftübersetzung	148
A.3.2	Unterlagerte Regelung	148
A.4	Hardware Struktur	149
A.5	Knoten-, Element- und Aktonummerierung	149
B	Betrachtungen zu druckschlaffen Elementen	155
B.1	Stabilitätsnachweis mit Lyapunov	155
B.1.1	Vereinfachtes Beispiel	155
B.1.2	Demonstrator-Hochhaus	158
B.1.3	Approximativ linearisierende Eingangstransformation	159
C	Statische Unbestimmtheit und Redundanzkonzept	161
C.1	Statische Unbestimmtheit	161
C.2	Redundanzkonzept	162
C.2.1	Herleitung der Redundanzmatrix	163
C.2.2	Eigenschaften der Redundanzmatrix	165
C.2.3	Redundanzmatrix und Kraftredundanzmatrix an einfachen Beispielen	167
	Abkürzungen	169
	Symbolverzeichnis	171
	Abbildungsverzeichnis	177
	Tabellenverzeichnis	179
	Literaturverzeichnis	181