

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Stand der Technik	3
1.1.1	Regelung von Tragwerken	4
1.1.2	Fehlertolerante Regelung	10
1.1.3	Hydraulische Kraft-Folgeregelung	12
1.2	Zielsetzung	14
1.3	Gliederung	14
2	Hochhaus-Demonstrator D1244	17
2.1	Tragwerkstruktur	17
2.2	Automatisierungskonzept	18
2.2.1	Aktuierung	19
2.2.2	Sensorsysteme	22
2.2.3	Hardware und Kommunikationsnetzwerke	25
2.2.4	Software und Regelungsarchitektur	27
2.2.4.1	Pumpenregelung	27
2.2.4.2	Überlagerte Regelung	28
2.2.4.3	Unterlagerte Kraft-Folgeregelung	29
2.2.5	Verschleiß-Überwachungssystem	29
3	Modellierung adaptiver Tragwerke	31
3.1	Lineare Tragwerke	32
3.1.1	Sensormodelle	33
3.1.2	Einfluss der Diagonalenvorspannung auf das Tragwerksverhalten	36
3.1.3	Modalanalyse	37
3.1.4	Modale Ordnungsreduktion	38
3.1.5	Modellidentifikation	40
3.2	Nichtlineare Tragwerke	45
3.2.1	Modellierung der lokalen Nichtlinearitäten	45

3.2.2	Hauptkomponentenanalyse	46
3.2.2.1	Modellordnungsreduktion mittels POD	49
3.2.3	Systemanalyse nichtlinearer Tragwerke	52
3.3	Störgrößenmodell	58
4	Modellierung und Regelung der hydraulischen Aktuierung	61
4.1	Aktormodelle	61
4.1.1	Modellierung der Stützenaktoren	62
4.1.2	Modellierung der Diagonalaktoren	65
4.2	Modellidentifikation	67
4.2.1	Parameteridentifikation der Stützenaktoren	68
4.2.2	Parameteridentifikation der Diagonalaktoren	72
4.3	Kraft-Folgeregelung	75
4.3.1	Reglerentwurf für die Stützenaktoren	75
4.3.2	Reglerentwurf für die Diagonalaktoren	79
4.4	Systemanalyse	81
5	Regelung adaptiver Tragwerke	85
5.1	Statische Lastkompensation	87
5.1.1	Modellbasierter Kompensationsentwurf	87
5.1.2	Experimentelle Validierung	88
5.2	Schwingungsdämpfung	94
5.2.1	Lineare Modellprädiktive Regelung	95
5.2.2	Nichtlineare Modellprädiktive Regelung	97
5.2.3	Performance-Vergleich unter Berücksichtigung unterschiedlicher Prädiktionsmodelle	99
5.2.3.1	Auswertung der Prädiktionsgenauigkeit	100
5.2.3.2	Auswertung der Performance der Schwingungsdämpfung	104
5.2.4	Experimentelle Ergebnisse	109
5.3	Stellgrößenaufteilung bei mehreren Regelzielen	111
5.4	Verschleißorientierte Regelung	118
5.5	Fehlertolerante Regelung	127
6	Zusammenfassung und Ausblick	137
A	Spezifikationen der Steuerungen des D1244	143

B Knoten-, Element- und Akturnummern des Demonstrator- hochhauses D1244	149
C Quadratische Optimierung	151
Abkürzungen	155
Symbolverzeichnis	157
Abbildungsverzeichnis	163
Tabellenverzeichnis	169
Literaturverzeichnis	171