

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung

1.1	Motivation zur Regelung elastischer Industrieroboter	1
1.2	Entwicklungsstand und eigene Zielsetzung	2

2 Versuchsaufbau und Regelungskonzept

2.1	Laborversuchsstand	8
2.2	Regelungsaufgabe und Vorgehensweise	10

3 Modellierung und Kompensation nichtlinearer Antriebseigenschaften

3.1	Modellbildung am Beispiel des Hochachsantriebes	15
3.2	Beobachtung und Kompensation nichtlinearer Eigenschaften	22

4 Modellbildung für das dreiachsige Gesamtsystem

4.1	Physikalisches Ersatzmodell	34
4.2	Kinematik und Modularisierung des Gesamtsystems	39
4.2.1	Kinematische Grundlagen	39
4.2.2	Relativkinematik	42
4.2.3	Kinematik der Teilsysteme Antriebe und Arme	44
4.2.4	Modulbildung und Moduldaten	51
4.3	Bewegungsgleichungen	58
4.3.1	Linearisierung um eine stationäre Ruhelage	63
4.4	Identifizierung der physikalischen Modellparameter	66
4.4.1	Frequenzgangmessung	66
4.4.2	Anpassung der Modellfrequenzgänge	70

5 Regelungsentwurf

5.1	Regelstrecke für den Entwurf	80
5.2	Systemstruktur und Zielgrößen für den Entwurf	84
5.2.1	Anregung	84
5.2.2	Regelung	91
5.2.3	Bewertung	96
5.2.4	Kopplung der Teilsysteme	100
5.2.4.1	Struktureller Aufbau	103
5.3	Entwurfsverfahren	104
5.4	Optimierung der freien Systemparameter	105
5.4.1	Optimierungsphasen	106

5.4.2	Vollständige Ausgangsvektorrückführung	108
5.4.2.1	Konventionelle Regelung für den Entwurfsstart	108
5.4.2.2	Optimierung der vollständigen Ausgangsvektor- rückführung	112
5.4.2.3	Optimierung der Führungsgrößenaufschaltung	123
5.4.3	Reduzierte Ausgangsvektorrückführung	129

6 Reglerrealisierung, Erprobung im Versuch und vergleichende Simulation

6.1	Hardware und Realisierungsschritte	133
6.2	Erprobung im Versuch und vergleichende Simulation	136
6.2.1	Systemverhalten in unmittelbarer Umgebung des Auslegungspunktes	136
6.2.2	Systemverhalten in größerer Entfernung vom Auslegungspunkt . . .	144

7 Zusammenfassung 149

Anhang

Anhang A:	Technische Daten des Versuchsstandes	154
Anhang B:	Modellierung und Kompensation nichtlinearer Antriebseigenschaften	158
Anhang C:	Modellbildung für das dreiachsige Gesamtsystem	160
Anhang D:	Regelungsentwurf	170

Literaturverzeichnis 178