

# 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**