

INHALTSVERZEICHNIS

Vorwort	vii
Kurzzusammenfassung & Abstract	viii
1 Einführung	1
1.1 Stand der Technik	2
1.1.1 Kontinuum-Manipulatoren	2
1.1.2 Dynamische Modellierung von Kontinuum-Manipulatoren	5
1.1.3 Regelung von Kontinuum-Manipulatoren	7
1.1.4 Trajektoriengenerierung für Kontinuum-Manipulatoren	11
1.2 Ziele der Dissertation & Gliederung der Arbeit	12
2 Modellbildung	15
2.1 Der Bionische Handling-Assistent	15
2.2 Modellierung der Komponenten	19
2.2.1 Einzelbalg	19
2.2.2 Proportionalventil	20
2.2.3 Pneumatischer Schlauch	22
2.3 Modellierung des Manipulators	25
2.3.1 Kinematische Modellierung	25
2.3.2 Bestimmung der differentiellen Kinematik	32
2.3.3 Dynamische Modellierung	35
2.4 Identifikation und Validierung	49
2.4.1 Einzelbalg	49
2.4.2 Proportionalventile	50
2.4.3 Pneumatische Schläuche	54
2.4.4 Manipulatormodell	55
2.5 Zusammenfassung	64
3 Regelung in Aktorkoordinaten	65
3.1 Struktur der Regelung	65
3.2 Unterlagerte Druckregelung	66
3.2.1 Klassische Druckregelkonzepte	67
3.2.2 Balgdruckbeobachter	70
3.2.3 Erweiterte Druckreglerkonzepte	76
3.2.4 Vergleich und Bewertung der Druckregler	82
3.3 Dezentraler Balglängenregler	85
3.3.1 Reglerentwurf	85
3.3.2 Funktionsnachweis am Einzelbalg	86
3.4 Zentraler Balglängen-Entkopplungsregler	89
3.4.1 Reglerentwurf	89
3.4.2 Funktionsnachweis am Manipulator und Performancevergleich	93

3.5	Zusammenfassung	98
4	Trajektorienengineering	101
4.1	Zeitoptimale Punkt-zu-Punkt-Planung	102
4.1.1	Optimalsteuerungsansatz	103
4.1.2	Formulierung der Randbedingungen	104
4.1.3	Lösungsverfahren für das Optimalsteuerungsproblem	107
4.1.4	Optimierte Trajektorien	108
4.2	Geschwindigkeitsbasierte Aufgabenplanung	112
4.2.1	Optimierungsansatz	114
4.2.2	Lösungsverfahren für den Online-Einsatz	116
4.2.3	Experimentelle Validierung	118
4.3	Zusammenfassung	121
5	Zusammenfassung	123
Anhang		
A	Ergänzungen zur Modellierung	127
B	Ausgewählte Parameterwerte	133
Abkürzungsverzeichnis & Glossar		135
Symbol- und Operatorenverzeichnis		136
Abbildungsverzeichnis		139
Tabellenverzeichnis		141
Literaturverzeichnis		143