

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	5
Abstract	7
1 Einleitung	13
1.1 Vorstellung des Bionischen Handling-Assistenten (BHA)	15
1.2 Stand der Technik	18
1.2.1 Realisierungsformen hyper-redundanter und kontinuierlicher Roboter	18
1.2.2 Konstruktiver Entwurf der Aktoren intrinsisch aktuierter kontinuierlicher Roboter	21
1.2.3 Kinematische Modellbildung kontinuierlicher Roboter	23
1.2.4 Kinetische Modellbildung kontinuierlicher Roboter	25
1.2.5 Modellbasierte Regelungskonzepte kontinuierlicher Roboter	25
1.3 Ziele der Arbeit	27
1.4 Gliederung der Arbeit	29
2 Strukturmechanische Optimierung der Wellengeometrie gesinterter Balgaktoren	31
2.1 Anforderungen an den Balgaktor	32
2.1.1 Geometrische Anforderungen	32
2.1.2 Funktionale Anforderungen	33
2.1.3 Fertigungstechnische Anforderungen	38
2.1.4 Parametrierung der Anforderungen	38
2.1.5 Zusammenfassung der Anforderungen	39
2.2 Methodik des systematischen Aktorentwurfs	39
2.2.1 Konzeptionsprozess	40
2.2.2 Dimensionierungsprozess	45
2.2.3 Bewertungsprozess	51
2.2.4 Formulierung und Lösung des Optimierungsproblems	60
2.2.5 Zusammenfassung der Methodik des systematischen Aktorentwurfs	62
2.3 Ergebnisse des systematischen Aktorentwurfs	63
2.3.1 Darstellung der dimensionierten Wellengeometrie	63
2.3.2 Strukturmechanische Analyse der dimensionierten Wellengeometrie	64
2.4 Fazit	69
3 Kinematische Modellbildung	71
3.1 Darstellung von Position und Orientierung	72
3.2 Koordinatentransformation	74
3.3 Direkte Kinematik kontinuierlicher Roboter	75
3.3.1 Aufgabendefinition	77

3.3.2	Annahme konstanter Sektionskrümmungen	81
3.3.3	Annahme stückweise konstanter Sektionskrümmungen	90
3.3.4	Zusammenfassung der direkten Kinematik	102
3.4	Direkte differentielle Kinematik kontinuierlicher Roboter	103
3.4.1	Aufgabenspezifische Jacobi-Matrix	104
3.4.2	Allgemeingültige Jacobi-Matrix	105
3.4.3	Roboterspezifische Jacobi-Matrix	108
3.4.4	Zusammenfassung der differentiellen Kinematik	110
3.5	Direkte Kinematik des Bionischen Handling-Assistenten	111
3.5.1	Annahme konstanter Sektionskrümmungen	111
3.5.2	Annahme stückweise konstanter Sektionskrümmungen	114
3.6	Ergebnisse der kinematischen Modellbildung	116
3.6.1	Vergleich der Ansätze zur Modellierung der direkten Kinematik	116
3.6.2	Validierung der direkten Kinematik des Bionischen Handling-Assistenten	120
3.7	Fazit	124
4	Kinetische Modellbildung	125
4.1	Entkoppelte Kinetik des Bionischen Handling-Assistenten	125
4.1.1	Ventilmodell	127
4.1.2	Modell des Messvolumens	131
4.1.3	Schlauchmodell	132
4.1.4	Balgaktormodell	133
4.1.5	Zusammenfassung der entkoppelten Kinetik	134
4.2	Identifikation der Modellparameter	135
4.2.1	Ventilmodell	135
4.2.2	Schlauchmodell	139
4.2.3	Balgaktormodell	140
4.3	Ergebnisse der kinetischen Modellbildung	142
4.3.1	Modellvalidierung ohne Ventilmodell	142
4.3.2	Modellvalidierung mit Ventilmodell	145
4.4	Fazit	146
5	Regelungsentwurf	147
5.1	Bahnplanung	148
5.1.1	Differentielle inverse Kinematik	150
5.1.2	Integrierendes Filter	153
5.1.3	Zusammenfassung der Bahnplanung	154
5.2	Trajektorienfolgeregelung der Aktoren	154
5.2.1	Balglängenregelung	155
5.2.2	Balgdruckregelung	158
5.2.3	Zusammenfassung der Trajektorienfolgeregelung der Aktoren	163
5.3	Rekonstruktion	163
5.4	Ergebnisse des Regelungsentwurfs	165
5.4.1	Simulationsstudien der Bahnplanung	165
5.4.2	Prüfstandsversuche der Trajektorienfolgeregelung des Effektors	174
5.5	Fazit	180

6 Zusammenfassung	183
A Roboterspezifische Abbildung	187
A.1 Segmentkinematik kontinuierlich biegender Aktoren	187
A.2 Segmentkinematik seilzuggeführter Aktoren	188
A.3 Winkelbeziehung der Segmentkinematik konischer, seilzuggeführter Aktoren	190
B Ableitungen	193
B.1 Annahme konstanter Sektionskrümmungen	193
B.1.1 Allgemeingültige Abbildung	193
B.1.2 Roboterspezifische Abbildung	195
B.1.3 Regularisierung	198
B.2 Annahme stückweise konstanter Sektionskrümmungen	199
B.2.1 Allgemeingültige Abbildung	199
B.2.2 Robotersepezifische Abbildung	201
B.2.3 Regularisierung	204
C Parameter der Kinetik des Bionischen Handling Assistenten	205
Abbildungsverzeichnis	207
Tabellenverzeichnis	211
Abkürzungs- und Symbolverzeichnis	213
Literaturverzeichnis	227