

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abstract</b>	<b>i</b>
<b>Zusammenfassung</b>	<b>iii</b>
<b>Danksagung</b>	<b>v</b>
<b>Akronyme</b>	<b>xi</b>
<b>Symbole</b>	<b>xiii</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Motivation . . . . .	1
1.2 Eigener Beitrag . . . . .	3
1.3 Gliederung der Arbeit . . . . .	4
<b>2 Stand der Technik und Forschung</b>	<b>7</b>
2.1 Regelung von mehrachsigen Industrierobotern . . . . .	7
2.1.1 Positionsregelung mit propriozeptiven Sensoren . . . . .	8
2.1.2 Regelung mit exterozeptiven Sensoren . . . . .	12
2.2 Regelung von mobilen Servicerobotern . . . . .	19
2.2.1 Perzeption der Umwelt . . . . .	21
2.2.2 Kartierung und Selbstlokalisierung . . . . .	22
2.2.3 Bahn- und Trajektorienplanung . . . . .	23
2.2.4 Umweltinteraktive Bewegungsregelung . . . . .	23
2.2.5 Regelungsarchitekturen . . . . .	25
2.3 Regelung von humanoiden Robotern . . . . .	28
2.3.1 Manipulation . . . . .	31
2.3.2 Zweibeinige Lokomotion . . . . .	31

2.3.3	Ganzkörperregelung . . . . .	32
2.3.4	Mensch-Roboter Interaktion . . . . .	33
2.4	Abschliessende Bewertung . . . . .	34
<b>3</b>	<b>Diskret-kontinuierliches Regelungskonzept</b>	<b>37</b>
3.1	Grundlagen hybrider Systeme . . . . .	38
3.2	Regelungsarchitektur . . . . .	41
3.3	Multisensorielle Datenfusion zur Systemüberwachung . . . .	43
3.4	Aufgabenplanung mit Aktionsprimitiven . . . . .	46
3.4.1	Grundlagen der Aktionsprimitive . . . . .	47
3.4.2	Erweitertes Konzept von Aktionsprimitiven . . . . .	50
3.5	Modellierung von Aktionssequenzen mit Petri-Netzen . . . . .	54
3.5.1	Grundlagen der Petri-Netze . . . . .	55
3.5.2	Generierung von AP-Netzen . . . . .	57
3.6	Diskrete Regelung durch optimale Entscheidungsfindung . . .	60
3.6.1	Grundlagen der autonomen Entscheidungsfindung . .	61
3.6.2	Bestimmung geeigneter Nutzenfunktionen . . . . .	63
3.6.3	Algorithmen zur Evaluierung der Nutzenfunktion . . .	64
3.6.4	Suche der optimalen AP-Sequenz . . . . .	75
<b>4</b>	<b>Versuchs- und Entwicklungsplattform</b>	<b>87</b>
4.1	Hardware-Komponenten . . . . .	88
4.1.1	Aktoren . . . . .	88
4.1.2	Sensoren . . . . .	92
4.2	Software-Umgebung . . . . .	104
4.2.1	Software-Architektur . . . . .	104
4.2.2	Implementierung von Aktionsprimitiven . . . . .	106
<b>5</b>	<b>Anwendung des diskret-kontinuierlichen Regelungskonzepts</b>	<b>111</b>
5.1	Erprobung anhand unterschiedlicher Grundgeschicklichkeiten	111
5.1.1	Kreisförmige Trajektorie mit Gelenkausfall . . . . .	112
5.1.2	Kraft- und bildgestützter Fügevorgang . . . . .	115
5.1.3	Kraftschlüssiges Tragen glatter Gegenstände . . . . .	121
5.1.4	Sichtgeregeltes Balancieren instabiler Objekte . . . .	123
5.1.5	Schlupf- und kraftgeregeltes Greifen fragiler Objekte .	128
5.2	Regelungsentwurf für ein Fallbeispiel . . . . .	131
5.2.1	Simulationserprobung . . . . .	137
5.2.2	Experimentelle Untersuchungen . . . . .	169

<b>6</b>	<b>Abschlussbemerkungen</b>	<b>187</b>
6.1	Zusammenfassung . . . . .	187
6.2	Ausblick . . . . .	189
<b>A</b>	<b>Datenblätter</b>	<b>191</b>
<b>B</b>	<b>RoMoCo-Software</b>	<b>193</b>
B.1	Graphische Benutzeroberfläche . . . . .	193
B.2	Externe Bibliotheken . . . . .	200
<b>C</b>	<b>Dekomposition des Gravitationsvektors</b>	<b>201</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>205</b>
	<b>Betreute Arbeiten</b>	<b>225</b>
	<b>Eigene Veröffentlichungen</b>	<b>227</b>