

# Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis.....</b>	<b>I</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis.....</b>	<b>VII</b>
<b>Verzeichnis der Formelzeichen.....</b>	<b>XI</b>
<b>1 Einleitung.....</b>	<b>1</b>
1.1 Aktuelle Herausforderungen im Lebenszyklus von automatisierten Produktionssystemen .....	1
1.2 Zielsetzung und Betrachtungsbereich der Arbeit.....	4
1.3 Aufbau der Arbeit .....	6
<b>2 Begriffsbestimmung und Grundlagen .....</b>	<b>7</b>
2.1 Begriffsdefinitionen .....	7
2.2 Entwicklungsprozesse automatisierter Anlagen .....	11
2.2.1 Vorgehensmodelle und Methoden für die Entwicklung technischer Systeme.....	11
2.2.2 Digitale Werkzeuge in Entwicklungsprozessen.....	12
2.3 Einordnung und Bestandteile der Montage.....	13
2.4 Automatisierte Montagesysteme.....	15
2.4.1 Bestandteile .....	15
2.4.2 Steuerungsstrukturen und industrielle Kommunikationstechnik ....	18
2.5 Programmierung von automatisierten Montagesystemen.....	19
2.5.1 Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS).....	19
2.5.2 Programmierung von Industrierobotern .....	20

2.5.3	Grundlagen der aufgabenorientierten Programmierung .....	22
2.6	Montageplanung .....	24
2.6.1	Methoden der Montageplanung .....	24
2.6.2	Grundlagen der rechnergestützten Montageplanung .....	25
<b>3</b>	<b>Stand der Wissenschaft und Technik .....</b>	<b>27</b>
3.1	Digitale Modelle im Umfeld der Automatisierungstechnik .....	27
3.1.1	Domänenübergreifende Modellierungssprachen und Standards.....	27
3.1.2	Modellierung von Produkten.....	30
3.1.3	Modellierung von Prozessen und Verhalten .....	31
3.1.4	Modellierung von Betriebsmitteln .....	33
3.2	Ansätze aus der Forschung zur Modellierung von Produkten, Prozessen und Betriebsmitteln.....	34
3.2.1	Produktentwicklung .....	34
3.2.2	Konfiguration von Produktionssystemen.....	35
3.2.3	Produktionsplanung.....	39
3.2.4	Virtuelle Inbetriebnahme .....	40
3.3	Konzepte zur rechnergestützten Montage- und Prozessplanung.....	41
3.4	Konzepte zur impliziten bzw. aufgabenorientierten Programmierung....	44
3.4.1	Übergreifende Programmier- und Steuerungskonzepte mit Fokus auf Industrieroboter .....	44
3.4.2	Übergreifende Programmier- und Steuerungskonzepte mit Fokus auf Speicherprogrammierbare Steuerungen.....	52
3.4.3	Programmier- und Steuerungskonzepte für spezifische Anwendungsfälle.....	54
3.5	Kommerzielle Programmiersysteme zur Vereinfachung der Programmierung .....	55

3.6	Methoden und Vorgehen zur Einführung von produktionsnahen Softwaresystemen in Unternehmensprozesse .....	57
3.7	Zusammenfassung und Handlungsbedarf .....	59
<b>4</b>	<b>Anforderungsanalyse an die aufgabenorientierte Programmierung im industriellen Umfeld.....</b>	<b>63</b>
4.1	Vorgehen zur Anforderungsanalyse.....	63
4.2	Analyse des Engineeringprozesses und der Montageplanung .....	63
4.2.1	Engineeringprozess von Montagesystemen in Großunternehmen ...	63
4.2.2	Montageplanungsprozesse in KMU .....	65
4.3	Analyse des Vorgehens zur Offline-Roboterprogrammierung .....	66
4.4	Analyse des Vorgehens zur Programmierung einer SPS .....	67
4.5	Anforderungen an ein adaptierbares aufgabenorientiertes Programmiersystem und die zugehörige Modellierung .....	69
4.5.1	Zielkriterien für den Einsatz der aufgabenorientierten Programmierung .....	69
4.5.2	Methodische und organisatorische Anforderungen.....	70
4.5.3	Strukturelle und modellierungstechnische Anforderungen.....	70
<b>5</b>	<b>Entwicklung eines adaptierbaren aufgabenorientierten Programmiersystems.....</b>	<b>75</b>
5.1	Allgemeines.....	75
5.2	Überblick über das Gesamtkonzept .....	75
5.3	Informationsmodell für die aufgabenorientierte Programmierung von Montagesystemen.....	77
5.3.1	Modellierung der Produkte.....	80
5.3.2	Modellierung der Prozesse .....	81
5.3.3	Vorgehen zur Identifikation von direkten Skills .....	84

5.3.4	Modellierung der Skills.....	92
5.3.5	Modellierung der Ressourcen .....	100
5.3.6	Aufgabenmodell .....	103
5.3.7	Umweltmodell.....	105
5.3.8	Integration des Informationsmodells in ein Beschreibungsformat	105
5.3.9	Informationsverarbeitung bei der Generierung von Umwelt- und Aufgabenmodell .....	109
5.4	Konzeption eines modularen Planungsmoduls.....	114
5.4.1	Detailierung der Anforderungen .....	114
5.4.2	Auswahl eines Architekturmusters .....	114
5.4.3	Überblick der Architektur des Planungsmoduls .....	116
5.4.4	Koordination des Planungsprozesses durch die Strategie.....	119
5.4.5	Problemlösung im Blackboard.....	122
5.4.6	Optimierung des Ablaufs im Rahmen des Planungsprozesses .....	123
5.4.7	Wiederverwendung von bestehendem Lösungswissen.....	126
5.4.8	Übergreifende Wissensquellen in der Aufgabenebene .....	126
5.4.9	Definition der Anforderungen an Wissensquellen der Spezialistenebene .....	130
5.4.10	Beschreibung des Planungsprozesses an einem Beispiel.....	130
5.5	Konzeption weiterer Bestandteile des aufgabenorientierten Programmiersystems.....	134
5.5.1	Strukturierung der Benutzerschnittstellen für die aufgabenorientierte Programmierung von Montagesystemen.....	134
5.5.2	Generierung und Test der Steuerungsprogramme.....	137
5.5.3	Integration von Simulationssystemen .....	139
5.6	Zusammenfassung .....	140

<b>6 Vorgehensmodell zur Integration eines aufgabenorientierten Programmiersystems in den Engineeringprozess eines Unternehmens .....</b>	<b>141</b>
6.1 Auswahl einer Grundlage für das Vorgehensmodell.....	141
6.2 Übersicht des angepassten Vorgehensmodells .....	142
6.3 Orientierungsphase bei der Einführung .....	143
6.3.1 Vorüberlegungen für ein Reifegradmodell für die aufgabenorientierte Programmierung .....	144
6.3.2 Übersicht des Reifegradmodells.....	144
6.4 Analysephase bei der Einführung .....	147
6.5 Designphase bei der Einführung .....	148
6.6 Realisierungsphase bei der Einführung.....	149
6.7 Betriebsphase bei der Einführung .....	149
6.8 Zusammenfassung.....	149
<b>7 Umsetzung und Erprobung .....</b>	<b>151</b>
7.1 Aufbau des Kapitels .....	151
7.2 Softwaretechnischer Umsetzung eines Grundaufbau des aufgabenorientierten Programmiersystems.....	151
7.3 Anwendung in Referenzszenarios.....	153
7.3.1 Referenzszenario „Roboterbasiertes MIG/MAG Schweißen“ .....	153
7.3.2 Referenzszenario „SPS-gesteuertes Montagemodul“ .....	159
7.4 Zusammenfassung.....	164
<b>8 Technische und wirtschaftliche Bewertung .....</b>	<b>165</b>
8.1 Methodische und technische Bewertung.....	165
8.2 Wirtschaftliche Bewertung .....	166

<b>9</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick.....</b>	<b>171</b>
<b>10</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>173</b>
<b>Anhang</b>	<b>.....</b>	<b>209</b>
A1	Übergreifende Vorgehen zur Programmierung von Industrierobotern und SPS.....	209
A2	Klassen von Skills und trennende Merkmale .....	213
A3	Reifegradmodell für die aufgabenorientierte Programmierung.....	223
A4	Zuordnung von Benutzergruppen, Informationsarten und technischen Konzepten für Benutzerschnittstellen.....	227
A5	Blackboard in AutomationML.....	228
	<b>Verzeichnis betreuter Studienarbeiten .....</b>	<b>229</b>