

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>1</b>
1.1	Problematik .....	1
1.2	Zielsetzung .....	2
1.3	Vorgehensweise .....	3
<b>2</b>	<b>Automatisierte Fertigungssysteme</b> .....	<b>5</b>
2.1	Flexibel automatisierte Fertigungssysteme .....	5
2.2	Dezentrale Intelligente Automation .....	6
2.2.1	Intelligente Objekte .....	7
2.2.2	ION- Intelligente Objekte im Netzwerk .....	7
2.2.3	Das Integrierte Netzwerk .....	9
2.3	Steuerungstypen und -netzwerke .....	10
2.3.1	PROFIBUS .....	11
2.3.1.1	Das PROFIBUS-Konzept .....	11
2.3.1.2	Das hybride Zugriffsverfahren .....	12
2.3.2	LON .....	12
2.3.2.1	Der Neuron-Chip .....	13
2.3.2.2	Das LONTALK-Protokoll .....	13
2.3.3	Industrial Ethernet .....	14
2.4	Förderhardware eines flexiblen Fertigungssystems am Beispiel Montrac .....	14
2.4.1	Module des Baukastens .....	16
2.4.2	Steuerungsaufgaben .....	17
2.4.2.1	Kurvenüberwachung .....	17
2.4.2.2	Weiche .....	18
<b>3</b>	<b>Integrierte Softwareentwicklung automatisierter Fertigungssysteme (Problemanalyse)</b> .....	<b>21</b>
3.1	Der Entwicklungsprozess von Steuerungssoftware .....	21
3.2	Die Spezifikationssprache .....	23
3.2.1	Umfang der Spezifikationssprache .....	23
3.2.2	Ausrichtung auf die Funktionen .....	24
3.2.3	Schnittstellen zwischen den Domänen .....	25
3.2.4	Zuordnung der Funktionen .....	28
3.3	Anforderungen an die Spezifikationssprache .....	28
3.3.1	Flexibilität .....	28
3.3.2	Modularität .....	29
3.3.2.1	Horizontale und vertikale Anordnung von Modulen .....	30
3.3.2.2	Parametrisierbare Module .....	30

3.3.3	Die Objektorientierung .....	31
3.3.3.1	Klassen, Objekte und Instanzen .....	31
3.3.3.2	Attribute .....	33
3.3.3.3	Assoziationen und Operationen .....	34
3.3.3.4	Vererbung und Polymorphie .....	35
3.3.3.5	Aggregationen .....	35
3.3.4	Integriert in der Entwicklung .....	36
3.3.4.1	Die syntaktische Integration .....	37
3.3.4.2	Die semantische Integration .....	38
3.3.4.3	Die Vorgehensintegration .....	38
<b>4</b>	<b>Stand der Technik .....</b>	<b>39</b>
4.1	Vorgehensmodelle .....	39
4.1.1	Phasenmodell .....	40
4.1.2	V-Modell .....	42
4.1.2.1	Die Struktur des V-Modells .....	43
4.1.2.2	Submodell „Softwareerstellung“ (SWE) .....	46
4.1.2.3	Die Anwendung des V-Modells .....	47
4.1.2.4	Vorteile des V-Modells .....	48
4.1.3	Unified Software Development Process (USDP) .....	48
4.1.3.1	Merkmale des USDP .....	50
4.1.3.2	Das Vorgehen beim USDP .....	52
4.2	Spezifikationstechniken der Software-Entwicklung .....	53
4.2.1	UML .....	55
4.2.1.1	Anwendungsfalldiagramme (Use Cases) .....	56
4.2.1.2	Kollaborationsdiagramme .....	57
4.2.1.3	Sequenzdiagramme (Sequence Charts) .....	59
4.2.1.4	Klassendiagramme (Objekt-Modell) .....	60
4.2.1.5	Zustandsdiagramme (State Charts) .....	62
4.2.1.6	UML in der Fertigungssteuerung .....	63
4.2.2	Specification and Description Language (SDL) .....	66
4.2.2.1	SDL-Prozessdiagramme .....	67
4.2.2.2	SDL-Prozessinteraktionsdiagramme .....	68
4.2.2.3	SDL-Blockinteraktionsdiagramme .....	69
4.2.2.4	SDL zur Programmierung der Fertigungssteuerung .....	70
4.2.3	Petrinetze .....	71
4.2.3.1	Modellierung mit Petrinetzen .....	71
4.2.3.2	Petrinetze in der Fertigungsautomatisierung .....	72
4.2.3.3	Erweiterungen der Petrinetze .....	74
4.3	Spezifikationstechniken der Fertigungsplanung .....	75
4.3.1	Projektierung von Fertigungsanlagen .....	75
4.3.1.1	Flussorientierte Modellierung .....	76
4.3.1.2	Virtual Reality (VR) Modelle, die digitale Fabrik .....	78

4.3.2	SPS-Programmierung - IEC 61331 .....	80
4.3.2.1	AWL und SCL .....	81
4.3.2.2	KOP und FUP .....	82
4.3.3	IEC 61499 .....	84
4.4	Handlungsbedarf .....	85
<b>5</b>	<b>Die Spezifikationstechnik für das funktionale Design .</b>	<b>87</b>
5.1	Das Konzept .....	87
5.1.1	Basis .....	87
5.1.2	Die Struktur .....	88
5.1.2.1	Objektsicht .....	89
5.1.2.2	Klassensicht .....	90
5.2	Die Sprachelemente .....	90
5.2.1	Funktionsobjekte .....	90
5.2.1.1	Aktionsobjekte .....	91
5.2.1.2	Die Bedingungsobjekte .....	92
5.2.2	Die Datenobjekte .....	93
5.2.3	Die Ports .....	94
5.2.4	Die Kanäle .....	94
5.2.4.1	Notation der Kanäle .....	94
5.2.4.2	Offene Ports .....	96
5.2.4.3	Verknüpfungen von Kanälen .....	96
5.2.4.4	Kanalbündel .....	97
5.2.5	Spezifikation der Funktionsobjekte .....	97
5.2.6	Kardinalität von Objekten .....	99
5.2.7	Notizen .....	100
5.3	Die Objektsicht (Modellierungssicht) .....	101
5.3.1	Verwendung von Instanzen .....	101
5.3.1.1	Anschluss von Aktoren und Sensoren .....	101
5.3.1.2	Zuordnung von Instanzen zu dedizierten Steuerungen .	102
5.3.2	Parametrisierung .....	102
5.4	Abstraktion von Objekten .....	103
5.4.1	Klassenbildung .....	103
5.4.2	Vererbung .....	104
5.4.2.1	Regeln für die Vererbung .....	104
5.4.2.2	Notation der Vererbung .....	105
5.4.2.3	Beispiel einer Vererbung .....	105
5.4.2.4	Vererbung von Datenobjektclassen .....	106
5.4.2.5	Mehrfachvererbung .....	107
5.4.3	Assoziationen höherer Kardinalität .....	107
5.4.3.1	Abstrakte Klassen .....	108
5.5	Der Zeitaspekt .....	109
5.5.1	Synchronität .....	109

5.5.2	Modellierung von Zeit .....	109
5.6	Das Metamodell .....	110
5.7	Einbindung in die UML .....	116
5.7.1	Semantische Integration .....	116
5.7.2	Syntaktische Anbindung an die Anforderungsanalyse ...	117
5.7.3	Syntaktische Anbindung an das Design .....	118
<b>6</b>	<b>Spezifikation einer Montagezelle .....</b>	<b>121</b>
6.1	Anforderungsaufnahme .....	121
6.2	Anforderungsanalyse .....	122
6.3	Funktionale Spezifikation (Prinziplösung) .....	124
6.3.1	Layout der Montagezelle .....	124
6.3.2	Kurvenüberwachung .....	125
6.3.3	Steuerung der Weichen und des Handarbeitsplatzes. ...	127
6.3.4	Steuerung an der Montage und am Lager .....	134
6.4	Design .....	135
6.5	Realisierung .....	138
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>141</b>
<b>8</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>143</b>
<b>9</b>	<b>Darstellung der Klassen des Meta Modells .....</b>	<b>1</b>
9.1	Diagramm und Instanz_Diagramm .....	1
9.2	Funktions-, Bedingungs- und Aktionsobjekt .....	2
9.3	Port .....	3
9.4	Kanal und Kanalbündel .....	4
9.5	Vererbung (Generalisierbares_Element und Generalisation)	5
9.6	Vollständige Metamodell .....	6
<b>10</b>	<b>Spezifikation einer Montagezelle .....</b>	<b>1</b>
10.1	Handarbeitsplatz .....	1
10.2	Brancher Spezial .....	4
10.3	Brancher .....	5
10.4	Weiche Joiner .....	7
10.5	Montageplatz .....	8
10.6	Lagerplatz .....	10