

## Inhaltsverzeichnis

<b>Kapitel 1</b>	
<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Problemstellung.....	3
1.2 Ziel und Inhalt der Arbeit .....	6
1.3 Gliederung der Arbeit .....	8
<b>Kapitel 2</b>	
<b>Einführung in die Problemstellung</b>	<b>10</b>
2.1 Sensoreinsatz bei der Fertigung.....	11
2.2 Aufgabengebiete der Bildverarbeitung bei der flexiblen Fertigung .....	12
2.2.1 Objekterkennung.....	13
2.2.2 Prüfaufträge .....	14
2.2.3 Handhabungsunterstützung .....	14
2.2.4 On-line Servoing.....	15
2.2.5 Kollisionserkennung .....	15
2.3 Anforderungen an Kamerasysteme bei der flexiblen Fertigung .....	16
2.4 Beschreibung räumlicher Relationen .....	18
2.5 Grundlagen der Bildaufnahme .....	20
2.5.1 Beleuchtung .....	21
2.5.2 Kameramodell.....	24
2.5.3 Digitalisierung.....	26
2.5.4 Zusammenfassung.....	27
2.6 Zusammenfassung.....	28
<b>Kapitel 3</b>	
<b>Stand der Forschung</b>	<b>29</b>
3.1 Roboterarchitekturen mit Bildverarbeitungssystemen .....	29
3.2 Handkameraeinsatz .....	33
3.3 Sensorplanung für Bildverarbeitungssysteme.....	35
3.4 Kamerakalibrierung.....	37
3.5 Aktives Sehen .....	39
3.5 Zusammenfassung.....	40
<b>Kapitel 4</b>	
<b>Konzept für den Einsatz autonomer Mehrkamarasysteme</b>	<b>42</b>
4.1 Konfigurierung autonomer Mehrkamarasysteme .....	44

4.1.1	Einzusetzende Kameratypen.....	45
4.1.2	Einzusetzende Beleuchtungseinrichtungen .....	51
4.1.3	Anforderungen an die Konfigurierung.....	54
4.1.4	Art und Anzahl der einzusetzenden Kamera- und Beleuchtungseinrichtungen .....	56
4.2	Integration der Bildverarbeitung in die Fertigungszelle .....	60
4.3	Aufgabendurchführung mit autonomen Mehrkamarasystemen.....	65
4.4	Zusammenfassung.....	67

## **Kapitel 5**

<b>Struktur autonomer Mehrkamarasysteme für die flexible Fertigung</b>	<b>69</b>
5.1 Hardware- & Bildverwaltung .....	71
5.1.1 Hardwareverwaltung.....	71
5.1.2 Bildverwaltung.....	73
5.2 Merkmalsextraktion.....	76
5.2.1 Ablauf der Merkmalsextraktion .....	77
5.2.2 Merkmalsverwaltung.....	81
5.3 Einfache Bildverarbeitungsoperationen .....	85
5.3.1 Bildmerkmale bei der Erkennung .....	87
5.3.2 Merkmalserkennung.....	91
5.4 Komplexe Bildverarbeitungsoperationen .....	95
5.4.1 Kameraauswahl.....	96
5.4.2 Kamerapositionierung.....	98
5.4.3 Suchbewegungen.....	99
5.4.4 Beleuchtungsadaption.....	105
5.5 Kommunikation.....	107
5.6 Zusammenfassung.....	110

## **Kapitel 6**

<b>Einsatz autonomer Mehrkamarasysteme</b>	<b>112</b>
6.1 Objekterkennung mit autonomen Mehrkamarasystemen .....	112
6.1.1 Ablauf einer Objekterkennung .....	113
6.1.2 Objekterkennung mit komplexen BV-Operationen .....	118
6.1.3 Experimente .....	131
6.1.4 Zusammenfassung.....	145
6.2 Bildverarbeitungsgesteuerte Handhabung .....	146
6.2.1 Probleme des Robotereinsatzes bei Handhabungsaufgaben.....	147
6.2.2 Ziel der Handhabungsunterstützung.....	148
6.2.3 Ablauf der Handhabungsunterstützung .....	153
6.2.4 Experimente .....	159
6.2.5 Zusammenfassung.....	164

6.3 Testumgebung.....	165
6.3.1 Das Robotersystem.....	165
6.3.2 Das Bildverarbeitungssystem .....	168
6.4 Zusammenfassung.....	170
<b>Kapitel 7</b>	
<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>172</b>
<b>Anhang A</b>	<b>175</b>
Homogene Koordinaten .....	175
<b>Anhang B</b>	<b>177</b>
Lichttechnische Definitionen .....	177
<b>Anhang C</b>	<b>179</b>
Schärfentiefebereich.....	179
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>181</b>