

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung .....</b>	1
<b>2 Grundlagen visueller Wahrnehmung .....</b>	7
2.1 Die menschliche Sinneswahrnehmung .....	8
2.2 Das visuelle System des Menschen .....	9
2.3 Wahrnehmung von räumlicher Tiefe .....	12
2.3.1 <i>Okulomotorische Tiefenkriterien</i> .....	13
2.3.2 <i>Monokulare Tiefenkriterien</i> .....	13
2.3.3 <i>Bewegungsinduzierte Tiefenkriterien</i> .....	14
2.3.4 <i>Querdisparation und stereoskopisches Sehen</i> .....	15
2.3.5 <i>Der wahrnehmungsökologische Ansatz</i> .....	17
2.4 Theorien des Sehprozesses .....	17
2.4.1 <i>Theorie des passiven Sehens</i> .....	18
2.4.2 <i>Sehen als aktiver Prozess</i> .....	19
<b>3 Intelligente Robotersysteme .....</b>	25
3.1 Entwicklung der Robotik .....	26
3.2 Eigenschaften intelligenter Systeme .....	28
3.3 Realisierungen sichtgestützter Roboter .....	30
3.3.1 <i>Autonome mobile Roboter</i> .....	30
3.3.2 <i>Sichtgestützte Manipulatoren</i> .....	33
3.3.3 <i>Ausblick auf intelligente Assistenzsysteme</i> .....	35

<b>4</b>	<b>Sensoren zur Tiefenrekonstruktion</b>	37
4.1	Taktile und annähernde Sensoren	38
4.2	Aktive, nicht optische Sensoren	40
4.3	Optische Sensoren	41
4.3.1	<i>Aktive visuelle Sensoren</i>	42
4.3.2	<i>Passive visuelle Sensoren</i>	47
<b>5</b>	<b>Stereoskopische Objektlagevermessung</b>	49
5.1	Ein aktives binokulares Sehsystem zur Distanzmessung	50
5.1.1	<i>Aufbau des Kamerasytems</i>	50
5.1.2	<i>Das erweiterte Lochkameramodell</i>	52
5.1.3	<i>Kalibrierung des Kamerasytems</i>	58
5.2	Ein Miniaturstereokamerasytem am Roboterarm	61
5.2.1	<i>Aufbau des Miniaturkamerasytems</i>	62
5.2.2	<i>Erweiterung des Kamerasytems um eine aktive Vergenzkontrolle</i>	64
5.2.3	<i>Kalibrierung des Kamerasytems</i>	66
5.3	Stereoskopische Korrespondenzbestimmung	68
5.3.1	<i>Vorverarbeitung und Merkmalsextraktion</i>	68
5.3.2	<i>Berechnung des Ähnlichkeitsmaßes</i>	69
5.3.3	<i>Okklusionsdetektion durch Selbstorganisation</i>	70
5.3.4	<i>Subpixelgenaue Disparitätsberechnung</i>	73
5.4	Dreidimensionale Lageschätzung	74
5.4.1	<i>Rekonstruktion der Stereokoordinaten</i>	74
5.4.2	<i>Lageschätzung von Objekten</i>	78
5.5	Aktive Lasertriangulation zur Lagebestimmung homogener Flächen	79
5.5.1	<i>Extraktion der Laserlinie</i>	81
5.5.2	<i>Gruppierung von Liniensegmenten</i>	86

<b>6 Ein visuell gesteuerter Manipulator als intelligenter Roboter .....</b>	89
6.1 Anforderungen an intelligente Manipulatoren .....	90
6.2 Systembeschreibung des sichtgestützten Manipulators .....	91
6.2.1 <i>Aufbau des Robotersystems</i> .....	91
6.2.2 <i>Handlungsplanung</i> .....	93
6.2.3 <i>Objekterkennung</i> .....	95
6.2.4 <i>Fusion von Erkennungsergebnissen und Tiefeninformation</i> .....	105
6.2.5 <i>Kalibrierung der Auge-Hand-Transformation</i> .....	106
6.2.6 <i>Auge-Hand-Koordination zur Greiferpositionierung</i> .....	109
6.3 Einsatzmöglichkeiten des Robotersystems .....	114
6.3.1 <i>Automatisierte Demontage von Rädern an Altautos</i> .....	114
6.3.2 <i>Automatisiertes Absaugen von Motorflüssigkeiten</i> .....	120
6.3.3 <i>Automatisierte Kabelbaummontage mit einem visuell gesteuerten Greifer</i> .....	122
<b>7 Zusammenfassung und Diskussion .....</b>	129
<b>Symbolverzeichnis .....</b>	135
<b>Literaturverzeichnis .....</b>	139