

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Visuelle Informationsverarbeitung für einen aktiven Roboter	4
2.1	Stand zu Beginn der Arbeit und eigener Beitrag	4
2.2	Visuelle Hinderniserkennung und aktive Objektverfolgung	5
2.2.1	Visuelle Hinderniserkennung	6
2.2.2	Visuell gesteuerte Objektverfolgung (Tracking)	7
2.3	Basiselemente der Informationsverarbeitung	8
2.3.1	Das „active vision“-Konzept	8
2.3.2	Ein „neuronaler Instruktionssatz“	10
2.4	Kontrollstrukturen mobiler Roboter	11
2.5	Eine verhaltensorientierte Hierarchie von Aufgaben	13
2.6	Der visuell gesteuerte Roboter MARVIN	15
2.6.1	Das aktive Stereokamerasystem	15
2.6.2	Die Systemstruktur des autonomen Roboters	16
3	Die invers-perspektivische Kartierung	18
3.1	Mathematische Grundlagen der Abbildung	18
3.1.1	Die Zentralprojektion	18
3.1.2	Homogene Koordinaten	21
3.1.3	Transformation von Bild- in Speicherkoordinaten	24
3.2	Der statische Fall - die geometrische Transformation	25
3.2.1	Eine intuitive Beschreibung der invers-perspektivischen Abbildung	25
3.2.2	Definition eines Hindernisses	26
3.2.3	Herleitung der Transformationsgleichungen	27
3.2.3.1	Fall der reinen Neigung	27
3.2.3.2	Allgemeiner Fall mit Neigen, Gieren und Rollen	29
3.2.3.3	Anpassung an das aktive Kamerasystem	30
3.2.4	Eigenschaften der Transformation	30
3.2.5	Fehlerbetrachtung	33
3.2.5.1	Parameterungenauigkeiten	33
3.2.5.2	Einfluß der endlichen Auflösung des Targets	37
3.2.6	Anmerkungen zur Implementierung	40
3.2.6.1	Prinzip der Rücktransformation	40
3.2.6.2	Skalierung des Zielbildes	42
3.2.6.3	Interpolation	44
3.2.7	Stereoptische Hinderniserkennung mit inverser Perspektive	46

3.3	Der dynamische Fall — Verbindung der inversen Perspektive mit optischem Fluß	47
3.3.1	Intuitive Beschreibung des optischen Flusses	48
3.3.2	Theoretische Aspekte des gemeinsamen Ansatzes - Prinzip des monokularen Verfahrens	49
3.3.2.1	Eine höhenskalierte Hindernisrepräsentation	49
3.3.2.2	Das kartierte Vektorfeld ist von erster Ordnung	51
3.3.2.3	Die inverse Perspektive erleichtert die Bewegungsdetektion	51
4	Der optische Fluß	53
4.1	Methoden zur Bestimmung von Bewegung aus Bildfolgen	53
4.2	Optischer Fluß und zweidimensionales Bewegungsfeld	55
4.2.1	Definition des optischen Flusses	57
4.2.2	Das Aperturproblem	59
4.2.3	Verfahren zur Berechnung des optischen Flusses	60
4.2.3.1	Gradientenansätze	60
4.2.3.2	Korrelationsmodelle	62
4.3	Ein korrelatives Verfahren zur Berechnung des optischen Flusses	65
4.3.1	Beschreibung des Verfahrens	65
4.3.1.1	Anforderungen des Korrelationsmodelles	65
4.3.1.2	Definition der Vergleichsfunktion	67
4.3.1.3	Der Algorithmus	67
4.3.2	Eine optimierte Implementation	70
4.3.3	Die Wahl der Korrelationsfunktion	74
4.3.4	Ergebnisse des optischen Fluß-Algorithmus	80
4.3.4.1	Verhalten bei translatorischer Eigen- und Fremdbewegung	80
4.3.4.2	Betrachtung von Rotation und Verhalten beim Aperturproblem	88
4.3.5	Theoretische Analyse des Korrelationsmodelles	96
4.4	Integration des Korrelationsalgorithmus in eine Auflösungspyramide	100
4.4.1	Prinzip der Auflösungspyramide	101
4.4.2	Der pyramidale Korrelationsalgorithmus	103
4.4.2.1	Beschreibung des modifizierten Ansatzes	103
4.4.2.2	Strategien für das pyramidale Verfahren	106
4.4.3	Vergleich von Gradienten- mit Korrelationsverfahren	108
5	Resultate zur Hinderniserkennung und zum Tracking	112
5.1	Die monokulare Hinderniserkennung	112
5.1.1	Prinzip des Verfahrens	112
5.1.2	Einordnung der Methode	113
5.1.3	Ergebnisse auf natürlichen Bildsequenzen	114
5.1.4	Schätzung von Entfernungen in der Szene	118
5.1.5	Verbesserung des Laufzeitverhaltens	121
5.1.6	Erweiterung auf einen pyramidalen Ansatz	122

5.2	Ergebnisse der stereoptischen Hinderniserkennung	126
5.3	Die aktive Verfolgung von Objekten in zeitlich aufeinanderfolgenden Bildsequenzen	129
5.3.1	Einordnung der Methode	129
5.3.2	Ein Tracking-Verfahren zur Verfolgung von Fußgängern	131
5.3.3	Einbindung in eine Auflösungsramide	134
5.3.4	Ergebnisse	135
6	Zusammenfassung und Ausblick	137
6.1	Zusammenfassung	137
6.2	Ausblick	139
	Literaturverzeichnis	143