

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Entwicklung von autonomen Fahrzeugen	1
1.2	Aufgabenstellungen zur autonomen Fahrzeugführung	3
1.3	Sichtsysteme zur autonomen Fahrzeugführung	5
1.3.1	Sensoren in der Fahrzeugführung	6
1.3.2	Fahrbahnerkennung	6
1.3.3	Hindernisdetektion und Landmarkenerkennung	7
1.4	Motivation und Überblick der Arbeit	8
2	Analyse von Straßenszenen	11
2.1	Geometrische Aspekte von Straßen	12
2.1.1	Generische Geometriemodelle von Straßen	12
2.1.2	Verwendete Geometriemodelle von Straßen	17
2.1.3	Verfahren zur Ermittlung von Modellparametern	18
2.2	Physikalische Aspekte von Straßen	20
2.2.1	Untergliederung von Straßenszenen	20
2.2.2	Straßen der ersten Klasse	22
2.2.3	Straßen der zweiten Klasse	24
2.2.4	Straßen der dritten Klasse	25
2.2.5	Straßen der vierten Klasse	27
3	Bildauswerteverfahren zur Fahrzeugführung: Stand der Forschung	29
3.1	Versuchsträger zur autonomen Fahrzeugführung	30
3.2	Konturbasierte Verfahren zur Fahrbahnerkennung	35
3.3	Bereichsbasierte Verfahren zur Fahrbahnerkennung	39
3.4	Hindernisdetektion	43
3.5	Landmarkenerkennung	46
3.6	Auflistung der Forschungsaktivitäten zur autonomen Fahrzeugführung	49
4	Texturanalyse: Theorien und Verfahren	53
4.1	Texturwahrnehmung beim Menschen	54
4.1.1	Globale Grauwertstatistiken n -ter Ordnung	55
4.1.2	Statistiken lokaler Texturelemente	56

4.2	Statistische Verfahren zur Texturanalyse	57
4.2.1	Stochastische Modelle von Texturen	58
4.2.2	Punktbasierte Statistiken n -ter Ordnung	59
4.2.3	Globale Statistiken	63
4.2.4	Filterbasierte lokale Statistiken	64
4.3	Strukturelle Verfahren zur Texturanalyse	67
4.3.1	Deterministische Modelle von Texturen	67
4.3.2	Extraktion von Texeln	68
4.3.3	Extraktion der Texturen aus Texeln	70
4.4	Multikanalanalyse von Texturen	71
4.5	Schwerpunkte für weitere Forschungen zur Texturanalyse	73
5	Analyse gerichteter Texturen	75
5.1	Orientierungsfelder gerichteter Texturen	76
5.1.1	Detektion der Grauwertänderungen	76
5.1.2	Kovarianzmatrix der Grauwertänderungen	78
5.1.3	Orientierungsfelder von Texturen	83
5.2	Segmentierung von Orientierungsfeldern	89
5.2.1	Grundlage der Bildsegmentation	89
5.2.2	Klassifikation mit modifiziertem <i>Isodata</i> -Algorithmus als Lernverfahren	92
5.2.3	Experimentelle Ergebnisse	96
6	Segmentierung von Straßenbildern durch die Auswertung von Texturen	99
6.1	Bestimmung des optimalen Maßstabs von Filtern	100
6.1.1	Verzerrung eines Texels im perspektivisch abgebildeten Bild	100
6.1.2	Parameter der abgebildeten ellipsenförmigen Texel	101
6.1.3	Optimaler Maßstab von Filtern	104
6.2	Ermittlung von Texturanisotropien mit σ_{opt}	106
6.2.1	Erweiterung des Verfahrens zur Ermittlung von Texturanisotropien	107
6.2.2	Beispiele von ermittelten Texturanisotropien	108
6.3	Klassifizierung von Straßenbildern	115
6.3.1	<i>Isodata</i> -Algorithmus in der Initialisierungsphase	117
6.3.2	Statistische Klassenmodelle	117
6.3.3	Bayesscher Klassifikator in der Verfolgungsphase	117
6.3.4	Beispiele von Klassifizierungsergebnissen	118
6.3.5	Beispiele von Segmentierungsergebnissen durch grauwertbasierte Bereichsklassifikation sowie durch konturbasierte Bereichsanalyse	119
7	Modellgestützte Erkennung von Straßen aus segmentierten Bildern	125
7.1	Geometrisches Modell von Straßen	126
7.1.1	Modellierung von Straßen im Szenenbereich	126
7.1.2	Abbildung des GKG-Modells im Bildbereich	129
7.2	Bestimmung des Straßenbereiches	129

7.3	Schätzung der Parameter des GKG-Modells	131
7.3.1	Merkmalszuordnung	131
7.3.2	Bestimmung der Modelltransformation	132
7.3.3	Initialisierung der Modellposition	133
7.4	Beispiele von Straßenerkennungsergebnissen	135
8	Zusammenfassung und Ausblick	143
8.1	Beiträge dieser Arbeit	143
8.2	Einsetzbarkeit der Verfahren im Fahrzeug	145
	Anhang	147
A	Hauptachsentransformation	147
B	Die k-Mittelwert-Ballung	149
C	<i>Isodata</i>-Algorithmus mit dem Varianzkriterium	151
D	Der <i>Mahalanobis</i>-Abstand	153
E	Segmentierung von Straßenbildern durch konturbasierte Bereichsanalyse	155
E.1	Bestimmung von Konturpunkten	155
E.2	Verkettung von Konturpunkten	156
E.3	Bereichsmarkierung	159
E.4	Beispiele von Segmentierungsergebnissen	160
	Literaturverzeichnis	163