

Dipl.-Ing. Frank Thomanek, München

Visuelle Erkennung und Zustandsschätzung von meh- reren Straßenfahrzeugen zur autonomen Fahrzeugführung

Reihe **12**: Verkehrstechnik /
Fahrzeugtechnik

Nr. **272**

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Hintergrund	1
1.2	Aufgabenstellung und Zielsetzung	2
1.3	Struktur der Arbeit	3
2	Stand der Technik	4
2.1	Situationserfassung durch Bildverarbeitung	4
2.2	Autonome Straßenfahrzeuge	5
2.2.1	VaMoRs	6
2.2.2	VITA I	7
2.2.3	VaMP	7
2.2.4	VITA II	8
2.2.5	Projekte in Japan	8
2.2.6	Autonome Teilfunktionen und Warnsysteme	8
2.2.6.1	Das IITB-Versuchsfahrzeug MB 609 D	8
2.2.6.2	OSCAR	9
2.2.6.3	ProLab 2	9
2.3	Hinderniserkennung mit aktiven Sensoren	9
2.3.1	Radar	10
2.3.2	Laser	10
2.3.3	Ultraschallsensoren	11

2.4	Objekterkennung mittels Bildverarbeitung	11
2.4.1	Modell-basierte Objekterkennung	11
2.4.2	Objektverfolgung mit räumlich-zeitlichen Modellen und Formerkennung	12
2.4.3	2D-Formmodelle	13
2.4.4	Objekterkennung mit Stereo-Bildverarbeitung	15
2.4.5	Optischer Fluß zur Objekterkennung	16
3	Objektdetektion	17
3.1	Beschreibung der Aufgabe	17
3.1.1	Zielsetzung	17
3.1.2	Systemvoraussetzungen	18
3.2	Hierarchie der Bildverarbeitung	18
3.3	Grundsätzliche Verarbeitungsstrategien	20
3.3.1	Verstehen des Wahrnehmungsprozesses	21
3.3.2	Statische Modelle	21
3.3.3	Dynamische Modelle	22
3.3.4	Situationsanalyse	23
3.3.5	Zusammenfassung	23
3.4	Kantenextraktion	23
3.5	Primäre Erkennungsmerkmale von Fremdfahrzeugen	25
3.6	Unterkanten-Analyse für multiple Objekterkennung	26
3.7	Abbildungsgeometrie	28
3.8	Objekthypothese	33
3.8.1	Lösung des Korrespondenzproblems	33
3.8.2	Innere Konturen	35
3.9	Verifikationen	36
3.9.1	Vermessung der seitlichen Außenkonturen	36
3.9.2	Zuordnung der vertikalen Kanten	39

3.9.2.1	Detektion	39
3.9.2.2	Verfolgung	39
3.9.3	Verdeckungen	39
3.10	Die Paar-Kontur-Analyse zur Objekterkennung	41
3.10.1	Detektion	41
3.10.2	Verfolgung	43
3.10.3	Erkennung von Motorrädern	44
3.11	Bestimmung des Nickwinkels	45
3.11.1	Nickwinkelbeobachtung	46
3.11.2	Nickwinkelgeschwindigkeit aus der Bildinformation	46
4	Objektverfolgung und Szeneninterpretation	50
4.1	Zustandsschätzung	50
4.1.1	Modellierung der Längsdynamik	51
4.1.2	Querdynamik	53
4.2	Das Kalman-Filter	53
4.3	Steuerung des Schätzprozesses	56
4.4	Lokale Überwachung der Objektverfolgung	58
4.4.1	Vertrauensattribute	58
4.4.2	Meßwertausfälle	59
4.4.3	Sichtbarkeitsanalyse	60
4.5	Globale Verwaltung	61
4.5.1	Integration der Objektdaten	62
4.5.2	Mehrdeutigkeiten	63
4.5.3	Fusion der Meßwerte zweier Brennweiten	63
4.5.4	Auswahl des relevanten Objektes für die Fahrzeugführung	64
4.5.5	Überwachung der toten Winkel	64
4.6	Informationsverwaltung	65
4.7	Zusammenfassung	67

5 Implementierung	69
5.1 Systemarchitektur	69
5.1.1 Transputerkonfiguration	71
5.1.2 ODT-Prozeßverteilung und Datenraten	73
5.2 Testfahrzeuge	75
5.2.1 LKW-Systeme	75
5.2.2 PKW-Systeme	78
6 Systemauslegung und experimentelle Ergebnisse	81
6.1 Dynamik des Kalman-Filters	81
6.1.1 Bestimmung der Eigenwerte des Kalman-Filters	82
6.1.2 Verifikation der Filterauslegung	83
6.2 Simulation	86
6.3 Vergleich der Schätzgrößen mit Referenzmessung	87
6.4 Vollautonome Spurwechsel durch Überwachung der toten Winkel	90
6.5 Quantitative Bewertung des Systems	95
7 Zusammenfassung	97
7.1 Fazit	97
7.2 Ausblick	98
Symbole	100
Abkürzungen	101
A Informationsverwaltung und Systemauslegung	103
Literatur	107