

---

## Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung .....	1
1.1 Motivation.....	2
1.2 Zielsetzung .....	5
1.3 Struktur der Arbeit .....	6
2. Objekterkennung durch maschinelles Sehen.....	8
2.1 Visuelle Wahrnehmung des Menschen.....	8
2.2 Autonome Mobilität durch Rechnersehen.....	16
2.3 Stand der Technik im Rechnersehen.....	18
2.4 Ansätze zur Objekterkennung .....	19
2.4.1 Hinderniserkennung mit 2D-Formmodell .....	20
2.4.2 Objekterkennung mit 3D-Formmodell.....	22
2.4.3 Neuronale Netze.....	25
2.4.4 Berücksichtigung von Verdeckungen.....	26
3. Systemkonzept der 3D-Objekterkennung .....	28
3.1 Wissensbasierte Systeme.....	31
3.2 Szenenmodell und Verdeckungen.....	32
3.3 Merkmalsextraktion durch Bildverarbeitung.....	34
3.4 Objektentdeckung mit und ohne Verdeckungen.....	35
3.5 Objektverfolgung zur Innovation der Modellvorstellung.....	37
3.6 Analyse von Objekthypothesen .....	38
3.7 Schnittstellen der Objekterkennung.....	40
3.8 Einschränkungen der Aufgabenstellung .....	41
4. Realisierung der 3D-Objekterkennung.....	43
4.1 Wissensbasierte Modellierung in Raum und Zeit.....	44
4.1.1 Koordinatensysteme und Transformationen .....	45
4.1.2 Dreidimensionale Formrepräsentation der Objekte .....	49
4.1.3 Bewegungsmodell eines Straßenfahrzeuges.....	55
4.1.3.1 Modellierung der Längsdynamik.....	56
4.1.3.2 Modellierung der Querdynamik als Straßenfahrzeug .....	61

---

4.1.3.3 Modellierung der Querdynamik als Schienenfahrzeug.....	62
4.1.3.4 Modell der Querdynamik mit fixiertem Gierwinkel .....	63
4.1.3.5 Auswahl des Bewegungsmodells der Querdynamik .....	64
4.2 Sichtbarkeitsanalyse im Szenenmodell .....	68
4.2.1 Verfahren zur Sichtbarkeitsüberprüfung .....	68
4.2.2 Ablauf und Ergebnisse der Aspektanalyse.....	69
4.3 Adaptive modellgesteuerte Bildvermessung .....	72
4.3.1 Kantenorientiertes Meßverfahren mit KRONOS.....	73
4.3.2 Meßaufträge für die Kantenvermessung.....	77
4.3.2.1 Vermessung von prädierten Konturkanten.....	79
4.3.2.2 Vermessung von Detektionsbereichen.....	80
4.3.3 Modellgestützte Extraktion von Konturkanten .....	82
4.3.4 Wissensbasierte Korrespondenzanalyse .....	85
4.3.5 Aufbau und Adaption des Modellwissens über eine Kante .....	88
4.4 Objektentdeckung in 2D durch Form und Position.....	92
4.4.1 Meßaufträge zur Objektdetektion.....	93
4.4.2 Konturgenerierung aus Kantensegmenten.....	94
4.4.3 Objektkandidaten durch Konturanalyse .....	97
4.4.4 Berücksichtigung von Objektverdeckungen.....	100
4.5 Objektverfolgung durch Form- und Bewegungsschätzung .....	101
4.5.1 Rekursives Schätzverfahren nach Kalman.....	101
4.5.1.1 Realisierung des erweiterten Kalman-Filters.....	105
4.5.1.2 Aufbau des rekursiven Schätzverfahrens .....	106
4.5.2 Filterparameter zur Bewegungsschätzung.....	107
4.5.3 Belegung des Meßvektors und der Jacobi-Matrix .....	110
4.5.4 Schätzung von Formparametern.....	112
4.5.5 Maßnahmen zur Rechenzeitoptimierung.....	115
4.6 Wissensbasierte Hypothesenüberprüfung .....	116
4.6.1 Repräsentation von unscharfem Wissen.....	116
4.6.1.1 Bewertungsfunktionen.....	117
4.6.1.2 Verknüpfungsfunktionen.....	119
4.6.1.3 Testverzug und Filterung von Fuzzy-Werten.....	120
4.6.2 Generierung von Hypothesen durch Klassifikation.....	121
4.6.3 Bewertung von Objekthypothesen.....	125

---

5. Versuchsaufbau zur Objekterkennung .....	129
5.1 Simulierte Bildverarbeitung.....	130
5.1.1 Aufbau der Softwaresimulation.....	131
5.1.2 Funktion und Einsatzmöglichkeiten.....	133
5.2 Reale Bildverarbeitung.....	134
5.2.1 Systemkomponenten zur Bildvermessung .....	134
5.2.2 PC-basiertes Transputercluster .....	136
5.2.3 Programmstruktur der Objekterkennung.....	139
5.2.4 Kommunikation mit der 3D-Bildgenerierung.....	140
5.2.5 Einsatz realer Videosequenzen.....	141
5.2.6 Testfahrt mit Versuchsfahrzeug Vamors .....	142
6. Versuchsergebnisse und deren Bewertung .....	144
6.1 Versuchsergebnisse.....	144
6.1.1 Allgemeine Ergebnisse.....	145
6.1.2 Objektentdeckung.....	146
6.1.3 Auswahl und Zuordnung der Merkmale .....	155
6.1.4 Gleichzeitige Form- und Bewegungsschätzung .....	157
6.1.5 Hypothesenüberprüfung.....	159
6.1.6 Verdeckungen .....	161
6.2 Diskussion des Gesamtansatzes.....	165
7. Zusammenfassung und Ausblick.....	168
Anhang: .....	170
A1. Begriffe: .....	170
A2. Notation: .....	172
A3. Parametereinstellungen: .....	174
A4. Startwerte: .....	179
A5. Generisches Formmodell:.....	183
A6. Mathematische Modelle der Querdynamik: .....	186
Literaturverzeichnis: .....	189