

Dipl.-Ing. Winfried Tölle, Pfinztal

Ein Fahrmanöverkonzept für einen maschinellen Kopiloten

Reihe **12**: Verkehrstechnik/
Fahrzeugtechnik

Nr. **299**

Inhaltsverzeichnis

Notation und Formelzeichen	VIII
1 Einleitung	1
1.1 System Umgebung–Fahrzeug–Mensch	1
1.2 Fahrer–Unterstützung durch Fahrer–Assistenzsysteme	2
1.3 Motivation und Aufbau der vorliegenden Arbeit	6
2 Fahrzeugführung im Straßenverkehr	8
2.1 Manuelle/Automatische Fahrzeugführung und Fahrzeugregelung	8
2.2 Modellierung des Diskursbereichs Fahrzeug–Straße	11
2.2.1 Fahrbahnmodell	11
2.2.2 Modell der Fahrzeugdynamik	13
3 Fahrmanöver für Kopilotensysteme	20
3.1 Experimentierfahrzeuge zur sichtsystemgestützten Manöverrealisierung . .	20
3.2 In den Experimentierfahrzeugen realisierte Fahrmanöver	28
3.3 Eine Menge von 9 Fahrmanövern	31
3.3.1 Klassifikation der Fahrmanöver	32
3.3.2 Qualitative Charakterisierung der Fahrmanöver	34
3.3.3 Freiräume zur Manöverdurchführung	35
3.3.4 Straßenform- und -zustandsparameter für Fahrmanöver	37
4 Generischer Ansatz für Manövertrajektorien	41
4.1 Mathematische Modellierung von Solltrajektorien	41
4.1.1 In den Experimentierfahrzeugen verwendete Ansätze zur Generie- rung von Solltrajektorien	42
4.1.2 Diskussion der Konstruktionselemente zur Solltrajektorienplanung .	45
4.2 Berechnung von Solltrajektorien mittels Sigmoid–Funktion	49

4.2.1	Definition der Sigmoid-Funktion	49
4.2.2	Eigenschaften der Sigmoid-Funktion	50
4.2.3	Herleitung der Solltrajektorien	52
4.2.4	Parametrisierung der Solltrajektorien	54
4.3	Anwendungsbeispiele	55
4.3.1	Fahrmanöver MR6 (Fahrspurwechsel)	55
4.3.2	Fahrmanöver MR7 (Abbiegen)	58
4.3.3	Fahrmanöver MR8 (Umkehren)	61
4.4	Parametersatz für die Fahrmanöver	63
5	Experimentierplattform	67
5.1	Experimentierfahrzeug	67
5.2	Eingesetzte Rechnerkonfiguration	70
5.3	Koordinatensysteme und -transformationen	72
5.4	Kalibrierung der Sensoren	74
5.4.1	Kamerakalibrierung	74
5.4.2	Kalibrierung der Wegmessung	77
5.4.3	Kalibrierung des Lenkwinkels	80
5.5	Entwurf einer Quer- und Längsregelung	81
5.5.1	Fahrzeugquerregelung	82
5.5.2	Fahrzeuglängsregelung	87
6	Programmsystem zur sichtsystemgestützten Fahrzeugführung	92
6.1	Verfahren zur Fahrspurdetektion KAL	94
6.2	Erweiterung von KAL um das Verfahren MUL zur Mehrspurdetektion . . .	100
6.3	Erweiterung von KAL um das Verfahren OBS zur Detektion und Verfolgung von Fahrzeugen	102
6.4	Erweiterung von KAL um das Verfahren TURN zum Wenden	105
6.5	Erkenntnisse	107
6.5.1	Gesamtsystem	107
6.5.2	Bildauswertungsverfahren	108
7	Realisierung der Manöversequenz Fahrspurwechsel – Wenden	111
7.1	Experimente	113
7.2	Zusammenfassung der experimentellen Ergebnisse	121

8 Zusammenfassung und Ausblick	123
A Manöverparameter	126
B Approximative Berechnung der Solltrajektorie	128
B.1 Solltrajektorie bei Vorgabe der 1. Ableitung der Sigmoid-Funktion	129
B.2 Solltrajektorie bei sigmoidförmiger Vorgabe	133
C Reglerentwurfsverfahren: Riccati-Reglerentwurf	139
D Diskretes erweitertes Kalman-Filter zur Zustandsschätzung	141
E Fahrzeugzustandsgrößen und Fahrzeugparameter	144
E.1 Definition der Fahrzeugzustandsgrößen	144
E.2 Definition der Fahrzeugparameter	145
F Reglerparameter und Koeffizienten der Gewichtungsmatrizen	146
Literaturverzeichnis	149