

Fahrerassistenzsystem zum autonomen Spurwechsel

Von der Fakultät für Maschinenwesen der
Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen
zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der
Ingenieurwissenschaften genehmigte Dissertation

vorgelegt von

Jian Chen

Berichter:

Universitätsprofessor Dr.-Ing. H. Wallentowitz

Universitätsprofessor Dr.-Ing. D. Abel

Tag der mündlichen Prüfung:

05. Oktober 2009

Inhalt

1	Einleitung	9
2	Unfallstatistik und Stand der Technik.....	11
2.1	Unfallstatistik	11
2.2	Potenzieller Sicherheitsgewinn und sozioökonomische Auswirkungen.....	13
2.3	Stand der Technik	16
2.4	Definition des autonomen Spurwechselassistenten.....	18
3	Detektion des Fahrzeugumfeldes	20
3.1	Anforderung an die Detektionsreichweite.....	20
3.1.1	Auswertung der Messschleifendaten	21
3.1.2	Fahrzeugbezogene Messungen	25
3.1.3	Verkehrssimulation mit PELOPS	28
3.1.4	Zusammenfassung der Analysen	30
3.2	Kommunikationsbasierte Fahrzeugdetektion	31
3.2.1	Globales Navigationssatellitensystem.....	32
3.2.2	Fahrzeug-Fahrzeug-Kommunikation.....	35
3.2.3	Inhalt der Datenkommunikation	37
3.2.4	Synchronisierung mit der Satellitenzeit	38
3.2.5	Bestimmung der relativen Position	40
3.3	Fahrspurerkennung	46
4	Situationsanalyse und Spurwechselstrategie.....	48
4.1	Verkehrszustand und lokale Verkehrssituation	48
4.1.1	Klassifizierung der Verkehrszustände.....	48
4.1.2	Erkennung der lokalen Verkehrssituation	53

4.2	Fahrerverhalten bei Spurwechselforgängen	57
4.3	Spurwechselstrategie	60
4.3.1	Motivation zum Spurwechsel	60
4.3.2	Überprüfung der Durchführbarkeit	61
4.3.3	Durchführung des Spurwechsels	63
5	Algorithmen für die Fahrzeugquerführung	65
5.1	Fahrzeugquerführung	65
5.1.1	Prädiktive Abweichungsregelung	65
5.1.2	Modellgestützte prädiktive Regelung	68
5.1.3	Neuronales Netz	76
5.1.4	Theoretischer Vergleich der Konzepte	80
5.2	Auslegung der Spurwechseltrajektorie	81
5.3	Implementierung der Spurwechseltrajektorie in der Querführung	84
6	Mensch-Maschine-Schnittstelle	87
6.1	Auslegungsprinzip der MMS	87
6.2	Visualisierungskonzept	88
6.2.1	Angemessene Displays für den SWA	89
6.2.2	Auswahl des Visualisierungskonzepts	92
6.3	Gestaltung der visuellen MMS	92
6.3.1	Darstellung der Fahrumgebung	93
6.3.2	Darstellung der Indikatoren	95
6.4	Design der akustischen MMS	97
7	Implementierung des Spurwechselassistenten	99
7.1	Versuchsfahrzeug	99
7.2	Steuerungsprogramm	101

8	Validierung und Bewertung des Systems	104
8.1	Tests der Fahrzeugdetektion.....	104
8.1.1	Genauigkeitstest	104
8.1.2	Anwendungstest	106
8.1.3	Zusammenfassung der Fahrzeugdetektionstests	108
8.2	Vergleich der Querführungskonzepte.....	108
8.3	Tests bei freien Spurwechseln	112
8.3.1	Spurwechsel auf der geraden Strecke.....	113
8.3.2	Spurwechsel in Kurven	116
8.4	Funktionstest des Spurwechselassistenten.....	118
9	Zusammenfassung und Ausblick.....	123
10	Literatur.....	126