

Inhaltsverzeichnis

| | Seite |
|--|-------|
| 1. Einführung | 1 |
| 1.1 Die Notwendigkeit der Fahrerunterstützung | 1 |
| 1.2 Aufbau der Arbeit | 2 |
| 2. Hintergrund | 4 |
| 2.1 Grundlagen der Fahrerunterstützung | 4 |
| 2.2 Stand der Technik der Fahrerunterstützung | 8 |
| 2.2.1 Meßtechnische Grundlagen | 8 |
| 2.2.2 Unterstützung bei Stabilisierung und Lenkung | 8 |
| 2.2.2.1 Fahrzeugtechnische Maßnahmen | 8 |
| 2.2.2.2 Automatisierung von Teilen der Fahraufgabe | 8 |
| 2.2.2.3 Warnende Systeme | 9 |
| 2.2.3 Navigationshilfen | 11 |
| 2.2.4 Allgemeine Informations- und Managementsysteme | 12 |
| 2.2.5 Fahrerzustandserkennung | 12 |
| 2.3 Modellierung des Systems Fahrer-Fahrzeug-Umwelt | 13 |
| 2.3.1 Allgemeines | 13 |
| 2.3.2 Modellierung des Fahrers | 13 |
| 2.3.2.1 Kontinuierliche sensomotorische Modelle | 14 |
| 2.3.2.2 Diskontinuierliche sensomotorische Modelle | 15 |
| 2.3.2.3 Gesamtmodelle | 17 |
| 2.3.2.4 Ein operationalisierbares Gesamtmodell | 18 |
| 2.3.3 Modellierung des Fahrzeugs | 21 |
| 2.3.4 Modellierung der Umwelt | 25 |
| 3. Systembeschreibung auf Konzeptebene | 28 |
| 3.1 Grundgedanken zur Konzeption | 28 |
| 3.2 Architektur | 31 |
| 3.3 Beschreibung der Module | 33 |
| 3.3.1 Der Referenzfahrer (RF) | 33 |
| 3.3.2 Diskrepanzinterpretation (DI) | 34 |
| 3.3.3 Fahrerspiegel (FS) | 36 |
| 3.3.4 Warnungsausgabe und MMS (WA/MMS) | 37 |
| 3.4 Interaktion der Module | 39 |

| | |
|--|----|
| 4. Systembeschreibung auf Modellebene | 42 |
| 4.1 Situationsmodelle | 42 |
| 4.1.1 Allgemeines Situationsmodell | 42 |
| 4.1.2 Modell für die externe Situation | 43 |
| 4.1.3 Prädiktionsmodell | 43 |
| 4.1.4 Verhaltenssituationsmodell | 43 |
| 4.2 Zielgeschwindigkeitsmodell | 46 |
| 4.3 Ein Gefährdungsmodell | 48 |
| 4.3.1 Herleitung | 48 |
| 4.3.2 Betrachtung im Parameterraum | 52 |
| 4.3.3 Anwendungen | 55 |
| 4.3.3.1 Auffahrunfall | 56 |
| 4.3.3.1.1 Gefährdungsverminderungsaktion Bremsen | 56 |
| 4.3.3.1.2 Gefährdungsverminderungsaktion Ausweichen | 58 |
| 4.3.3.2 Lenkunfall | 59 |
| 4.3.3.3 Kurvenunfall | 62 |
| 4.4 Das Behinderungsmodell | 62 |
| 4.5 Individuelles Fahrerverhaltensmodell | 64 |
| 4.5.1 Modell für die Querführung | 66 |
| 4.5.1.1 Zeitreserve | 66 |
| 4.5.1.2 Situationsraum | 66 |
| 4.5.2 Modell für die Längsführung | 68 |
| 4.5.2.1 Zeitreserve | 68 |
| 4.5.2.2 Situationsraum | 72 |
| 4.6 Das Fahrerzustandsmodell | 74 |
| | |
| 5. Systembeschreibung auf Wissensrepräsentationsebene | 76 |
| 5.1 Allgemeine Eigenschaften | 76 |
| 5.2 Wissensrepräsentation | 77 |
| 5.2.1 Zu repräsentierendes Wissen | 77 |
| 5.2.2 Repräsentationsformen | 78 |
| 5.2.2.1 Niedere Datenstrukturen | 78 |
| 5.2.2.2 Automaten | 79 |
| 5.2.2.3 Entscheidungsbäume | 80 |
| 5.2.2.4 Boolesche Ausdrücke | 82 |
| 5.2.2.5 Mathematische Funktionen | 83 |
| 5.2.2.6 Empirische Verteilungen | 84 |
| 5.3 Zusammenwirken der Wissensrepräsentationsstrukturen | 84 |

| | |
|---|-----|
| 6. Untersuchung zur Zielgeschwindigkeitsschätzung | 86 |
| 6.1 Hintergrund | 86 |
| 6.1.1 Modell zur Zielgeschwindigkeitsschätzung | 86 |
| 6.1.1.1 Kurveneinfluß | 87 |
| 6.1.1.2 Längsneigungseinfluß | 89 |
| 6.1.1.3 Einfluß anderer Verkehrsteilnehmer | 90 |
| 6.1.1.4 Eigenbeschleunigungseinfluß | 91 |
| 6.1.1.5 Spureinfluß | 91 |
| 6.1.2 Modell zur Schätzung der freien Überholgeschw. | 92 |
| 6.1.3 Modell zur Schätzung der freien Folgegeschw. | 92 |
| 6.1.4 Implementierung der Modelle | 93 |
| 6.2 Experiment | 93 |
| 6.3 Ergebnisse | 95 |
| 6.3.1 Zielgeschwindigkeitsschätzung | 96 |
| 6.3.2 Schätzung der freien Überholgeschwindigkeit | 97 |
| 6.3.3 Schätzung der freien Folgegeschwindigkeit | 98 |
| 6.4 Zusammenfassung | 98 |
| | |
| 7. Untersuchungen zur Adaptivität | 100 |
| 7.1 Untersuchungsziele | 100 |
| 7.2 Versuch zur Querführung | 101 |
| 7.2.1 Experiment | 101 |
| 7.2.2 Ergebnisse | 102 |
| 7.3 Versuch zur Längsführung | 104 |
| 7.3.1 Experiment | 105 |
| 7.3.2 Ergebnisse | 107 |
| 7.3.2.1 Allgemeines zur Auswertung | 107 |
| 7.3.2.2 Zeitreservenhistogramme und Vergleichsperzentilwert | 108 |
| 7.3.2.3 Unterschiede aufgrund des verschiedenen Absolutgeschwindigkeitsniveaus | 113 |
| 7.3.2.4 Lerneffekte | 112 |
| 7.3.2.5 Intra- vs. interindividuelle Varianz | 113 |
| 7.3.2.6 Unterschiede zwischen den Situationen | 114 |
| 7.3.2.6.1 Unterraum Folgefahren | 115 |
| 7.3.2.6.2 Unterraum Auffahren | 115 |
| 7.3.2.6.3 Konstruktion eines reduzierten Situationsraums | 116 |
| 7.3.2.7 Lernzeiten | 116 |

| | |
|---|-----|
| 7.3.2.8 Überholtoleranz | 116 |
| 7.4 Zusammenfassung | 117 |
| 8. Untersuchung zur Fahrerzustandserkennung | 119 |
| 8.1 Hintergrund und Ziele der Untersuchung | 119 |
| 8.2 Experiment | 119 |
| 8.3 Ergebnisse | 120 |
| 8.3.1 Bestimmung eines Kennwerts | 120 |
| 8.3.2 Kennwertunterschiede zwischen den Läufen | 122 |
| 8.3.3 Festlegung eines Schwellwerts | 122 |
| 8.3.4 Normative vs. adaptive Fahrerzustandserkennung | 123 |
| 8.4 Zusammenfassung | 124 |
| 9. Systembewertung im Versuchsfahrzeug | 125 |
| 9.1 Hintergrund und Ziele der Untersuchung | 125 |
| 9.2 Beschreibung des Versuchssystems | 125 |
| 9.2.1 Systemkomponenten | 125 |
| 9.2.2 Meßwertverarbeitung | 126 |
| 9.2.3 Mensch-Maschine-Schnittstelle | 128 |
| 9.3 Experiment | 128 |
| 9.3.1 Versuchsumgebung | 128 |
| 9.3.2 Versuchsblöcke und -läufe | 129 |
| 9.4 Ergebnisse | 131 |
| 9.4.1 Warnschwellenberechnung | 131 |
| 9.4.2 Warnschwelleevaluation | 131 |
| 9.4.3 Erkennbarkeit der Richtungsinformation | 132 |
| 9.4.4 Wirksamkeit des Warnsystems bei Ablenkung | 133 |
| 9.4.5 Subjektive Bewertung durch die Versuchspersonen | 135 |
| 9.5 Zusammenfassung | 138 |
| 10. Zusammenfassung und Ausblick | 140 |
| Anhang A: Automaten | |
| A1: 'Eigene Spurwechselsituation' | 142 |
| A2: 'Spurwechselsituation Fremdfahrzeug' | 144 |
| A3: 'Schilderlage Geschwindigkeitsbegrenzung' | 145 |
| A4: 'Schilderlage Überholverbot' | 147 |

| | |
|--|-----|
| Anhang E: Entscheidungsbäume | |
| E1: 'Verhaltenssituation Längsführung' | 149 |
| E2: 'Verhaltenssituation Querführung' | 152 |
| E3: 'Spurwechsellmöglichkeit' | 154 |
| E4: 'Geometrische Spursituation' | 156 |
| E5: 'Zielgeschwindigkeitsschätzung' | 158 |
| E6: 'Eigene Gefährdung nach vorne' | 161 |
| | |
| Anhang F: Fragebögen zu Kap. 9 | 163 |
| | |
| Anhang M: Mathematische Herleitungen | |
| M1: TTC-Algorithmus | 166 |
| M2: Analytische Berechnung der Zeitreserve für Bremsen entsprechend G_1 | 172 |
| M3: Iterative Berechnung der Zeitreserve für Bremsen entsprechend G_1 | 176 |
| M4: Untersuchung von Gl. (4.4) für zwei Gefährlichkeitsfunktionen | 180 |
| M5: Analytische Berechnung der Zeitreserve für Ausweichen entsprechend G_2 | 184 |
| M6: Analytische Berechnung der Zeitreserve entsprechend G_3 | 187 |
| M7: Iterative Berechnung der Zeitreserve entsprechend G_3 | 192 |
| | |
| Anhang N: Niedere Wissensrepräsentationsstrukturen | 200 |
| | |
| Anhang S: Simulatorbeschreibung | 204 |
| | |
| Anhang V: Versuchsergebnisse zum Versuch Fahrerzustandserkennung (Kap. 8) | 207 |
| | |
| Anhang W: Ergebnisse zum Simulatorversuch zur Querführung (Kap. 7.2) | 209 |
| | |
| Literaturverzeichnis | 210 |