

FORTSCHRITT-
BERICHTE

VDI

Dipl.-Ing. Jens Wohlers, Hamburg

Fahrzeugklassifikation und Schätzung strecken- bezogener Verkehrsdaten mit Methoden der Muster- erkennung

Reihe **12**: Verkehrstechnik/
Fahrzeugtechnik

Nr. **339**

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
2	Signalerfassung und -vorverarbeitung	4
2.1	Signalerfassung	4
2.2	Signalvorverarbeitung	5
3	Diskrete Signaltransformationen zur Merkmalsextraktion	11
3.1	Signalapproximation mit orthonormalen Reihenentwicklungen	12
3.2	Diskrete Karhunen-Loève-Transformation	13
3.3	Whitening-Transformation	15
3.4	Merkmalsextraktion mit der Karhunen-Loève-Transformation	16
3.4.1	Klassenspezifische Transformation	17
3.4.2	Gemeinsame Transformation	18
3.4.3	Anwendung der Karhunen-Loève-Transformation auf Fahrzeugsignale	19
3.5	Diskriminanzanalyse	21
4	Fahrzeugklassifikation	25
4.1	Mustererkennungssystem	26
4.2	Signalvorverarbeitung und Merkmalsextraktion	27
4.3	Klassifikation	28
4.3.1	Bayes-Klassifikation	29
4.3.2	Maximum-a-posteriori- und Maximum-Likelihood-Klassifikation	31
4.4	Parametrische Klassifikationsverfahren	33
4.5	Nichtparametrische Klassifikationsverfahren	35
4.5.1	Nächster-Nachbar-Klassifikator	35

4.5.2	Polynomklassifikator	37
4.5.3	Histogrammklassifikator	38
4.5.4	Klassifikation mit neuronalen Netzwerken	40
4.6	Mehrstufige Klassifikationsverfahren	43
4.7	Verfahrensvergleich	46
4.8	Schätzung des Bayes-Fehlers	54
5	Streckenbezogene Verkehrsdatenerfassung	57
5.1	Mustererkennungssystem	58
5.1.1	Signalvorverarbeitung und Merkmalsextraktion	60
5.1.2	Entscheidungsfunktion	62
5.1.3	Parameterfestlegung	63
5.1.4	Voruntersuchungen	66
5.2	Schätzverfahren mit Fahrzeugfolgenkorrelation	68
5.2.1	Der Schätzalgorithmus	68
5.2.2	Simulationsergebnisse	76
5.3	Schätzverfahren mit Kostenfunktionen	79
5.3.1	Der Schätzalgorithmus	80
5.3.2	Optimierung des Verfahrens	84
5.3.3	Simulationsergebnisse	89
5.4	Schätzverfahren mit Hidden-Markov-Modellen	92
5.4.1	Hidden-Markov-Modelle	93
5.4.2	Der Schätzalgorithmus	103
5.4.3	Optimierung des Verfahrens	106
5.4.4	Beispiel zur Fahrzeugwiedererkennung	112
5.4.5	Simulationsergebnisse	117
5.5	Verfahrensvergleich	118
6	Verkehrszustandsschätzung mit streckenbezogenen Verkehrsdaten	120
6.1	Das makroskopische Verkehrsmodell	122

6.1.1	Variablen des Verkehrsflußmodells	122
6.1.2	Modellvalidierung	125
6.1.3	Modellerweiterung zur Störfallerkennung	126
6.1.4	Modellerweiterung mit streckenbezogenen Verkehrs- daten	127
6.2	Modellgestützte Verkehrszustandsschätzung	129
6.2.1	Das stochastische Verkehrsflußmodell	129
6.2.2	Zustandsraumdarstellung	131
6.2.3	Zustandsschätzung mit dem erweiterten Kalman- Filter	132
6.2.4	Verkehrszustandsschätzung mit Reisezeitinformation	134
6.3	Beobachtbarkeitsanalyse	135
6.3.1	Theoretische Grundlagen	136
6.3.2	Analyse des erweiterten Verkehrsflußmodells	138
6.4	Simulationsergebnisse	141
6.4.1	Parameterfestlegung	141
6.4.2	Ergebnisse der Verkehrszustandsschätzung	143
6.4.3	Ergebnisse der Störungserkennung	145
7	Zusammenfassung	147
	Abkürzungs- und Symbolverzeichnis	149
	Literaturverzeichnis	153