

INHALTSVERZEICHNIS

I Einleitung

1 Einführendes Beispiel 3

Motivation 3 • Zustandsraum-Modellierung 7 : *Zeitkontinuierliche Systembeschreibung* – *Zeitdiskrete Systembeschreibung* – *Beobachtbarkeit* • Rauschen 12 : *Systemrauschen* – *Messrauschen* • Kalman-Filter Gleichungen 15

II Grundlagen

2 Zustandsraumbeschreibung 23

Beschreibung dynamischer Systeme 24 • Allgemeine Darstellung von Differentialgleichungen 28 • Systemeigenschaften 30 : *Beobachtbarkeit* – *Steuerbarkeit* • Lösung der Zustandsgleichung 37 • Beschreibung zeitdiskreter Systeme 39

3 Wahrscheinlichkeitstheorie 49

Definitionen und Begriffe 49 : *Zufälliges Experiment* – *Ergebnis und Ergebnismenge* – *Zufallsvariable* – *Wahrscheinlichkeit* • Dichtefunktion 54 : *Gleichverteilung* – *Normalverteilung* – *Weitere Verteilungen* • Momente und zentrale Momente 61 : *Erwartungswert und Mittelwert* – *Varianz und Kovarianz*

4 Signaltheorie 71

Stochastischer Prozess 71 • Autokorrelation und Kreuzkorrelation 74 • Spezielle Stochastische Prozesse 78 : *Weißes Rauschen* – *Gauß-Markov-Prozess*

III Kalman-Filter

- 5 Klassischer Kalman-Filter** 83
- Struktur Kalman-Filter 83 • Herleitung Kalman-Filter-Gleichungen 85 : *Prädiktion* – *Korrektur* • Alternative Berechnung der Kalman-Verstärkung 89
- 6 Adaptiver Kalman-Filter (ROSE-Filter)** 93
- Grundprinzip 93 • Adaptive Bestimmung des Messrauschens 95 • Adaptive Bestimmung des Systemrauschens 96 • Algorithmus 97
- 7 Systemrauschen** 99
- Ausgangspunkt 100 • Direkte Diskretisierung 101 • Partielles konstantes Rauschen 102 • Diskretisiertes zeitkontinuierliches Modell 102 • Kinematische Modelle 104 : *Modellierung* – *Modell 2. Ordnung* – *Modell 3. Ordnung* – *Modell höherer Ordnung*

IV Anwendungsbeispiele

- 8 Prinzipielles Vorgehen** 115
- Zeitkontinuierliche Systembeschreibung 115 • Zeitdiskrete Systembeschreibung 116 • Beobachtbarkeit 117 • Bestimmung des System- und Messrauschens 118
- 9 Beispiel: Bias-Schätzung** 119
- Filterentwurf 120 • Kalman-Filter 125 • Übergang in IIR-Filter 1. Ordnung 130 • ROSE-Filter 131
- 10 Beispiel: Messrauschen mit Offset** 137
- Problematik 137 • Filterentwurf 139 • Implementierung und Ergebnisse 144
- 11 Beispiel: Alternatives Bewegungsmodell der Mondfähre** 149
- Filterentwurf 149 • Implementierung und Ergebnisse 155
- 12 Beispiel: Umfeldsensor mit ROSE-Filter** 159
- Umfeldsensor 160 • Implementierung und Ergebnisse 167

13	Beispiel: Fahrstreifenerkennung	173
	Problembeschreibung 174 • Filterentwurf 178 • Implementierung und Ergebnisse 183	
 V Anhang		
A	Vektor- und Matrizenrechnung	189
B	Sammlung wichtiger verwendeter Formeln	197
C	Lösung Matrix-Exponentialgleichungen – Einführendes Beispiel	199
	 Literaturverzeichnis	 201
	Stichwortverzeichnis	205