

Inhaltsverzeichnis

Symbolverzeichnis	XI
1 Einleitung	1
1.1 Einordnung der Arbeit	2
1.2 Gliederung der Arbeit	5
2 Wirbelstromsensormesssystem (WSS)	9
2.1 Messprinzip des Wirbelstromsensors	9
2.2 Technische Realisierung	10
2.3 Signalentstehungsmodell Schwellen	14
2.4 Prüfstand	16
3 Geschwindigkeitsschätzung und Distanzmessung	17
3.1 Geschwindigkeitsschätzung mit Laufzeitkorrelationsverfahren . .	17
3.2 Geschwindigkeitsschätzung mit Präsignalverzerrung	19
3.2.1 Signalverzerrung durch modellbasierte adaptive Neuab-	
tastung	21
3.2.2 Laufzeitkorrelation mit Parabelinterpolation	25
3.2.3 Kalman-Filter und Ausfalldetektion	26
3.2.4 Experimentelle Ergebnisse der Präsignalverzerrung	26
3.3 Ereignisbezogene Distanzmessung	30
3.4 Zusammenfassung Distanzmessung	34
4 Weichenerkennung	35
4.1 Eisenbahnweichen	37
4.1.1 Eigenschaften	37
4.1.2 Signalentstehungsmodell Weichen	40

4.1.3	Störeinflüsse des Weichensignalmodells	44
4.1.4	Zusammenfassung Weichensignalmodell	45
4.2	Mustererkennung	47
4.2.1	Verdeckte Markowmodelle (HMMs)	49
4.3	Erzeugung der Merkmalsvektoren für HMMs	53
4.4	Detektion von Eisenbahnweichen	57
4.4.1	Signalvorverarbeitung – Signalspezifische Merkmale	58
4.4.1.1	Längenmerkmale	58
4.4.1.2	Leistungsmerkmale	60
4.4.1.3	Merkmalsraum	62
4.4.2	Topologie des Detektions-HMM	64
4.4.2.1	Modellierung strukturspezifischer Merkmale mit HMMs	64
4.4.2.2	Modelltopologie für die Schritt haltende Sig- nalerkennung	65
4.4.3	Modellierung des Detektionsmerkmalsraums mit HMMs	66
4.4.3.1	Modellierung der Signalleistung mit HMMs	66
4.4.3.2	Modellierung der Bauteillänge mit HMMs	66
4.4.4	Dekodierung der WSS-Signale	69
4.4.5	Zusammenfassung Weichendetektion	74
4.5	Klassifikation von Eisenbahnweichen	74
4.5.1	Modelltopologie	75
4.5.2	Merkmalsextraktion	75
4.5.3	HMM-Modellierung der Klassifikationsmerkmale	76
4.5.4	Modellparameterschätzung	79
4.5.4.1	Parameteranpassung für mehrere Weichense- quenzen	80
4.5.4.2	Modellwahl	80
4.5.4.3	Erstellung und Initialisierung der Transitions- matrix	81
4.5.4.4	Initialisierung der Emissionsdichten	84

4.5.5	Modellauswertung	85
4.5.6	Zusammenfassung Weichenklassifikation	85
4.6	Experimentelle Ergebnisse der Weichenerkennung	86
4.6.1	Ergebnisse der Detektion von Eisenbahnweichen	87
4.6.2	Ergebnisse der Klassifikation von Eisenbahnweichen	92
4.6.2.1	Einfluss der Weichendetektion auf das Klassifikationsergebnis	96
4.6.3	Zusammenfassung Ergebnisse Weichenerkennung	99
4.7	Zusammenfassung Weichenerkennung	100
5	Stochastische Lokalisierung in topologischen Karten	101
5.1	Karte	103
5.1.1	Topologische Karten	103
5.1.2	Kartengewinnung	104
5.1.2.1	Bestimmung der Topologie	104
5.1.2.2	Bestimmung der Gleislängen	106
5.1.2.3	Integration spezifischer Merkmale	107
5.2	Szenarien	107
5.2.1	Lokalisierung auf Basis der Weichendetektion	107
5.2.2	Lokalisierung auf Basis der Weichenklassifikation	109
5.3	Rekursive Positionsschätzung	109
5.3.1	Problemformulierung im Zeitbereich	109
5.3.2	Modellierung der Transitionsdichte	111
5.3.3	Modellierung der Likelihood	113
5.3.4	Formulierung für die ereignisbezogene Distanzmessung	117
5.3.5	Dichteapproximation mit sequentiellen Monte-Carlo-Methoden	119
5.3.5.1	Globale Initialisierung	119
5.4	Ergebnisse des stochastischen Lokalisierungsansatzes	122
5.4.1	Ergebnisse der Kartenerzeugung	122
5.4.2	Ergebnisse der rekursiven Positionsschätzung	123

5.4.3	Ergebnisse der Positionsverfolgung	124
5.4.4	Ergebnisse der globalen Initialisierung	130
5.5	Zusammenfassung stochastische Lokalisierung	132
6	Zusammenfassung und Ausblick	135
A	Anhang	139
A.1	Stochastische Prozesse	139
A.2	Dynamische Zustandsschätzung	140
A.2.1	Rekursive Bayes'sche Schätzung	140
A.2.2	Lineare stochastische Systeme	141
A.2.3	Kalman-Filter	142
A.2.4	Sequentielle Monte-Carlo-Methoden	144
A.2.4.1	SIR-Algorithmus	146
A.3	Verdeckte Markowmodelle (HMMs)	149
A.3.1	Rekursive Berechnung der Produktionswahrscheinlichkeiten	149
A.3.2	Der Viterbi-Algorithmus	149
A.3.3	Der EM-Algorithmus	150
A.4	Voruntersuchungen in der Datenbasis	153
A.4.1	Bestimmung der Basisdichtenanzahl	153
A.4.2	Bestimmung der Baum-Welch-Iterationen	153
A.4.3	Bestimmung der Trainingssequenzanzahl	155
A.4.4	Verteilung der Sequenzanzahl in der Datenbasis	155
A.4.5	Parameterstudien für Waveletmerkmale	156
A.4.5.1	Auswahl des Mutterwavelets	156
A.4.5.2	Auswahl der Waveletskalen	156
A.4.6	Schätzung der Gleislängen im Albtal	157
	Literaturverzeichnis	159