

Inhaltsverzeichnis

Symbolverzeichnis

VII

1 Einleitung	1
1.1 Ziele der Arbeit	3
1.2 Einordnung der Arbeit	4
1.3 Struktur der Arbeit	5
2 Physikalisches Signalmodell	9
2.1 Entstehung von Regentropfen	9
2.1.1 Regentropfengrößenverteilung	10
2.1.2 Partielle Benetzung von Oberflächen	13
2.1.3 Parametrisierung der Tropfenoberfläche	14
2.2 Kameramodellierung	21
2.2.1 Zentralprojektion	21
2.2.2 Reales optisches System	23
2.2.3 Unschärfe von Regentropfen	24
2.3 Methode der Strahlverfolgung	26
2.3.1 Strahlenoptik	27
2.3.2 Radiometrie	28
2.3.3 Charakteristik von Regentropfen	31
2.4 Bewegungsverhalten	35
2.4.1 Epipolargeometrie	35
2.4.2 Anhaftbedingung	37
2.4.3 Dynamik umströmter Regentropfen	39

3 Erkennung von Regentropfen in Einzelbildern	43
3.1 Grundlagen	44
3.1.1 Detektion markanter Bildregionen	44
3.1.2 Beschreibung markanter Bildregionen	48
3.1.3 Klassifikationsverfahren	50
3.2 Formale Beschreibung	52
3.3 Systementwurf einer Regentropfenerkennung	55
3.3.1 Objektrepräsentation	55
3.3.2 Objekthypothesen	58
3.3.3 Abschätzung und Kompensation von Modellfehlern	62
3.3.4 Bayes Inferenz	70
3.4 Zusammenfassung	74
4 Erkennung von Regentropfen in Bildfolgen	75
4.1 Grundlagen	76
4.1.1 Rekursive Zustandsschätzung	76
4.1.2 Datenassoziation	79
4.1.3 Multi-Hypothesen Schätzung	81
4.2 Formale Beschreibung	83
4.3 Systementwurf eines Bayes-Filters für Regentropfen	85
4.3.1 Systemmodelle	86
4.3.2 Datenassoziation	92
4.3.3 Modellwahl	95
4.3.4 Trackmanagement	99
4.4 Zusammenfassung	101
5 Experimentelle Ergebnisse	103
5.1 Referenzdaten	103
5.2 Bewertungskriterium	105
5.3 Vergleich von Verfahren zur Regentropfenerkennung	106
5.4 Leistungsfähigkeit von Verfolgungsfiltern	109

5.5	Visueller Vergleich	111
5.6	Zusammenfassung	113
6	Verbesserungspotenzial für Fahrerassistenzfunktionen	115
6.1	Videobasierte Regelung des Scheibenwischers	115
6.2	Fahrspurerkennung	116
6.3	Visuelle Odometrie	120
6.4	Bildverbesserung	124
6.5	Zusammenfassung	124
7	Zusammenfassung und Ausblick	127
A	Anhang	131
A.1	Experimentelle Bestimmung der Kontaktwinkel	131
A.2	Experimentelle Validierung des Regentropfenmodells	134
A.3	Experimentelle Untersuchung der Anhaftbedingung	135
A.4	Experimentelle Untersuchung der Regentropfendynamik	137
A.5	Versuchsträger und Hardware	138
A.6	Parametrierung der Erkennungssysteme	139
	Literaturverzeichnis	143