
Inhaltsverzeichnis

Abstract	1
1 Einleitung und Stand der Technik	3
1.1 Erfassung der Fahrzeugumgebung	3
1.2 Technologien und Trends	4
1.3 Ausblick und Motivation dieser Arbeit	5
2 Grundlagen automobiler Radarsensorik	7
2.1 Einführung und Übersicht	7
2.2 Verbreitete Sendeverfahren	8
2.2.1 Einführung	8
2.2.2 Dauerstrichverfahren	10
2.2.3 Frequenzmoduliertes Dauerstrichradar	12
2.2.4 Das Schnelle-Rampen-Verfahren	14
2.3 Antennentheorie	18
2.3.1 Einführung	18
2.3.2 Gruppenantennen	19
2.3.3 Signalverarbeitung bei Verwendung mehrerer individueller Sender und Empfänger	21
2.4 Grundlagen digitaler Signalverarbeitung	24
2.5 Verfahren zur Spektralanalyse	25
2.5.1 Die Fourier-Transformation für zeitkontinuierliche und zeitdiskrete Signale	26
2.5.2 Adaptive Verfahren	30
2.6 Zieldetektion mittels CFAR	34
2.7 Weiterführende Signalverarbeitung	36
2.8 Zusammenfassung	36

3 Interferenz bei automobilen Radarsensoren	39
3.1 Einführung	39
3.1.1 Definitionen	39
3.1.2 Definition zum Vorliegen einer Störung	40
3.2 Interferenzmechanismen	41
3.2.1 Thermisches Rauschen	41
3.2.2 Interferenz von FMCW-Signalen	42
3.2.3 Interferenz bei Radaren mit schnellen Rampen	43
3.2.4 Nichtlineare Effekte in analogen Baugruppen	44
3.3 Verfahren zur Detektion und Lokalisierung von Interferenz	48
3.3.1 Schwellwerte	48
3.3.2 Energiedetektion	49
3.3.3 Matched Filter	50
3.3.4 Radon-Transformation	51
3.3.5 Weitere Verfahren	53
3.4 Klassifikation von Interferenzsignalen	53
3.4.1 Differenzierung zwischen unterschiedlichen Störquellen .	53
3.4.2 Merkmalsextraktion von Interferenzsignalen	54
3.5 Verfahren zur Unterdrückung von Interferenzen	55
3.5.1 Direkte Verfahren	56
3.5.2 Adaptive Verfahren	58
3.5.3 Bewertung der Unterdrückungsleistung	60
3.6 Kooperatives Verwenden des Interferenzsignals	61
3.6.1 Reichweite	61
3.6.2 Richtungsschätzung mittels Hochauflösungsverfahren .	62
3.6.3 Integration in das System	63
3.7 Zusammenfassung	64
4 Simulationen	65
4.1 Simulation des Radarsystems und dessen Parameter	65
4.1.1 Simulation der Zwischenfrequenzsignale	67
4.1.2 Abtastung und Quantisierung des Zwischenfrequenzsignals	72
4.1.3 Radar-Signalverarbeitung des abgetasteten Zeitsignals .	72
4.1.4 Verifikation der Simulationsumgebung	72
4.2 Simulative Untersuchung verschiedener Interferenzsignale . .	73
4.2.1 Simulation des Interferenzsignals im Zwischenfrequenz- bereich	73
4.2.2 Detektion der simulierten Interferenzsignale	78
4.2.3 Einfluss eines nichtlinearen Verstärkers auf einfache Sze- narien	80
4.2.4 Simulation komplexer Szenarien	86

4.2.5 Unterdrückung des detektierten Interferenzsignals	90
4.3 Zusammenfassung	98
5 Experimentelle Untersuchungen	101
5.1 Vorstellung des verwendeten Sensors	101
5.1.1 Technische Daten	101
5.1.2 Experimentelle Anwendung von Hochauflösungsverfahren	103
5.2 Vorstellung der vermessenen Szenarien	104
5.2.1 Untersuchung verschiedener Interferenzeinflüsse mit einem Signalgenerator	105
5.2.2 Darstellung der verschiedenen Interferenzeffekte bei realen Szenarien	110
5.3 Messtechnische Anwendung der Störunterdrückungsverfahren .	124
5.4 Untersuchungen zur Richtungsbestimmung eines Interferenzsignals	129
5.5 Zusammenfassung	131
6 Zusammenfassung	133
Literaturverzeichnis	135
Lebenslauf	147