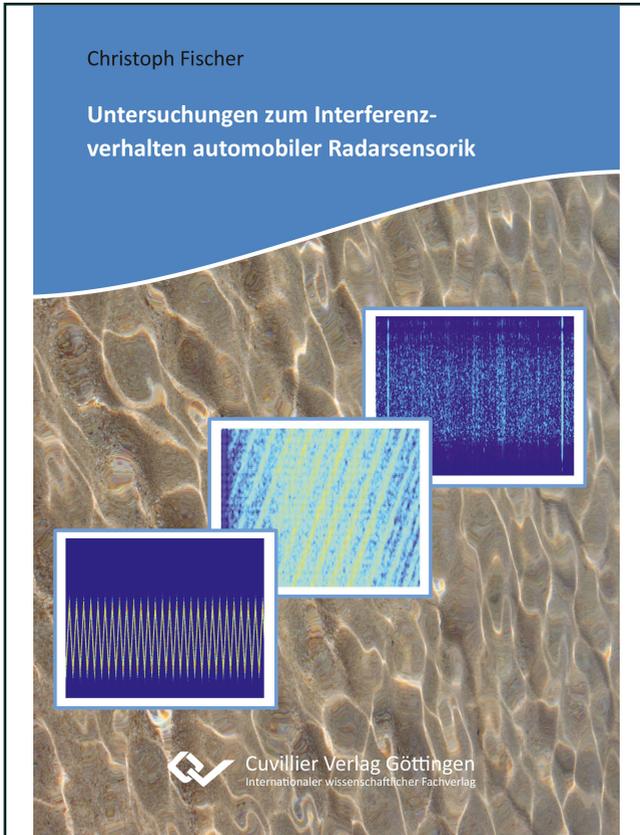




Christoph Fischer (Autor)  
**Untersuchungen zum Interferenzverhalten  
automobiler Radarsensorik**



<https://cuvillier.de/de/shop/publications/7295>

Copyright:  
Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen,  
Germany  
Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: [info@cuvillier.de](mailto:info@cuvillier.de), Website: <https://cuvillier.de>



---

# Inhaltsverzeichnis

---

<b>Abstract</b>	<b>1</b>
<b>1 Einleitung und Stand der Technik</b>	<b>3</b>
1.1 Erfassung der Fahrzeugumgebung . . . . .	3
1.2 Technologien und Trends . . . . .	4
1.3 Ausblick und Motivation dieser Arbeit . . . . .	5
<b>2 Grundlagen automobiler Radarsensorik</b>	<b>7</b>
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



<b>3</b>	<b>Interferenz bei automobilen Radarsensoren</b>	<b>39</b>
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
<b>4</b>	<b>Simulationen</b>	<b>65</b>
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	Radarsignalverarbeitung 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 Zwischenfrequenzbereich . . . . .	73
4.2.2	Detektion der simulierten Interferenzsignale . . . . .	78
4.2.3	Einfluss eines nichtlinearen Verstärkers auf einfache Szenarien . . . . .	80
4.2.4	Simulation komplexer Szenarien . . . . .	86



4.2.5	Unterdrückung des detektierten Interferenzsignals . . .	90
4.3	Zusammenfassung . . . . .	98
<b>5</b>	<b>Experimentelle Untersuchungen</b>	<b>101</b>
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 ei- nem Signalgenerator . . . . .	105
5.2.2	Darstellung der verschiedenen Interferenzeffekte bei rea- len Szenarien . . . . .	110
5.3	Messtechnische Anwendung der Störunterdrückungsverfahren .	124
5.4	Untersuchungen zur Richtungsbestimmung eines Interferenzsignals	129
5.5	Zusammenfassung . . . . .	131
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>133</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>135</b>
	<b>Lebenslauf</b>	<b>147</b>