

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Radarsensorik im Automobil	3
2.1	Eigenschaften der Millimeterwellen-Radarsensorik	4
2.2	Sensoren	6
3	Ein modulares Systemkonzept	9
4	Radarsignale und Signalverarbeitung	13
4.1	Einfluss der Signalmodulation auf die Systemeigenschaften	13
4.1.1	Entfernungs- und Geschwindigkeitsschätzung	14
4.1.2	Empfindlichkeit und Signaldynamik	16
4.1.3	Eignung für dynamische Szenarien	19
4.1.4	Eignung für integrierte Sende-/Empfangsmodule	21
4.2	FMCW-Modulation	22
4.2.1	Signalform und Prinzip	22
4.2.2	Auflösung der Entfernungs-/Geschwindigkeitskopplung	26
4.2.3	Einfluss nichtidealer Signalmodulation	30
4.3	Array-Anordnungen und digitale Signalverarbeitung	35
4.3.1	Signalmodell	36
4.3.2	Einfluss der Array-Geometrie	39
4.3.3	Räumliche Kovarianzmatrix	44
4.3.4	Strahlformung	46
4.3.5	Adaptive Verfahren	47
5	Arrays aus FMCW-Sende-/Empfangsmodulen	57
5.1	Bestehende Array-Systemarchitekturen	57
5.2	Mögliche Betriebsarten	60
5.2.1	Monostatischer homodyner Betrieb	62
5.2.2	Bistatischer heterodyner Betrieb	66
5.2.3	Bistatischer homodyner Betrieb	68

5.3	Modulations- und Auswertungskonzept	69
5.3.1	Modulationszyklus	70
5.3.2	Eindeutigkeitsbereich der Objektparameter	74
5.3.3	Genauigkeit der Objektparameterschätzung	76
5.4	Antennenkonzept der Module	81
5.4.1	Eigenschaften der Richtcharakteristik	82
5.4.2	Einfluss benachbarter Elemente im Array	82
5.5	Eindeutiger Azimut-Winkelbereich	85
5.5.1	Periodisches Array	85
5.5.2	Nichtperiodische Anordnung	86
6	Systemdemonstrator und integrierte Komponenten	87
6.1	Demonstratoraufbau im Frequenzbereich 76 - 77 GHz	87
6.1.1	Aufbau	88
6.1.2	Signalauswertung	91
6.2	Untersuchungen zur Integration	93
6.2.1	Millimeterwellen-Leitungstechnologie	93
6.2.2	Oszillatoren	94
6.2.3	Integrierte Antenne	100
7	Messergebnisse	107
7.1	Strahlungscharakteristik der Module	107
7.2	Hochfrequenzspektren und Basisbandsignale	111
7.3	Kalibrierung	114
7.4	Messungen mit monostatischer Signalauswertung	116
7.4.1	Genauigkeit der Entfernungs- und Geschwindigkeitsschätzung	117
7.4.2	Dynamische Objekte	121
7.4.3	Winkeltrennfähigkeit	123
8	Zusammenfassung	127
	Anhang	129
A	Ausbreitung elektromagnetischer Wellen	129
B	FMCW-Basisbandsignal	132
C	Phasen- und Amplitudenrauschen	134
	Literaturverzeichnis	141