

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Stand der Technik	2
1.2	Ziele und Inhalt der Arbeit	5
2	Klassische Verfahren der Funkortung	7
2.1	Trilateration	8
2.2	Triangulation	9
2.3	Hyperbelverfahren	9
2.4	Abstands- und Winkelmessung	10
3	Viersensorsystem zur Positionsbestimmung	13
3.1	Modellierung des Sensorsystems	14
3.2	Parameterschätzung mittels Nonlinear Least-Squares-Estimator	15
3.2.1	Allgemeine Beschreibung des NLSE	16
3.2.2	Näherung des NLSE durch das Gauss-Newton-Verfahren	17
3.2.3	Das Gauss-Newton-Verfahren mit Dämpfung	18
3.3	Erweitertes Signalmodell mit Zeitabhängigkeit	19
3.4	Erweitertes Signalmodell mit absoluter Entfernung	20
3.5	Implementierung und simulative Untersuchungen	21
3.5.1	Gauss-Newton-Verfahren	23
3.5.2	GNV mit Dämpfung	25
3.5.3	GNV für mehrere Zeitschritte	26
3.5.4	GNV mit Dämpfung für mehrere Zeitschritte	29
3.5.5	GNV mit relativer und absoluter Entfernung	30
3.5.6	Simulationsergebnisse	31
3.6	Einfluss des Abbruchkriteriums auf die Konvergenz	37
3.7	Einfluss nichtsystematischer Fehlergrößen	41
3.7.1	Beurteilung der Schätzvarianz mittels CRLB	42
3.7.2	Zusammenhang von CRLB und DOP	43
3.7.3	Rauschen als nichtsystematische Fehlergröße	46
3.8	Einfluss einer Skalierung des Sensorsystems	49
3.9	Vergleich der Modellansätze	50
3.9.1	Bezugssystem	50

3.9.2	Ausnutzung mehrerer Zeitschritte	50
3.9.3	Ausnutzung der absoluten Entfernungsinformation	53
3.9.4	Folgerungen	54
4	Radarverfahren	57
4.1	Dauerstrich Radar (CW-Radar)	57
4.2	Radar mit Frequenzumtastung (FSK-Radar)	60
4.3	Moduliertes Dauerstrich Radar (SFCW-Radar)	63
5	Aufbau eines vierkanaligen Demonstrationssystems	69
5.1	HF-Frontend	69
5.1.1	Sendezweig	71
5.1.2	Empfangszweig	72
5.1.3	Antennen	73
5.2	Datenerfassung	74
5.3	FPGA-Steuerung	76
6	Ergebnisse	83
6.1	Metallisierte Kugel	83
6.2	Person auf Symmetrieachse	86
6.3	Person entlang einer Diagonalen	90
7	Schlussfolgerungen und Systemerweiterungen	95
7.1	Wahl des Lösungsverfahrens	95
7.2	Mehrzielfähigkeit	96
7.2.1	Radarverfahren mit Auflösung	96
7.2.2	Trackingverfahren	97
7.3	Bistatische Messung	98
7.4	Nutzung weiterer Sensoren	99
8	Zusammenfassung	101
A	Anhang	105
A.1	Konvergenz des Gauss-Newton-Verfahrens	105
A.2	Äquivalenz von FMCW- und SFCW-Radar	106