



Winfried Mayer (Autor)
Abbildender Radarsensor mit sendeseitig geschalteter Gruppenantenne



<https://cuvillier.de/de/shop/publications/1495>

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

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Einleitung | 1 |
| 2 | Elektronisch abbildende Kleinradare | 5 |
| 2.1 | Mechanische Strahlschwenkung | 5 |
| 2.2 | Verfahren zur elektronischen Winkelabbildung | 6 |
| 2.2.1 | Differenzkeulenverfahren | 6 |
| 2.2.2 | Multilateration | 7 |
| 2.2.3 | Frequenzgeschwenkte Antenne | 8 |
| 2.2.4 | Elektronisch gesteuerte Gruppenantenne | 10 |
| 2.2.5 | Digitale Strahlformung | 13 |
| 3 | FMCW-Radarsensor mit sendeseitig geschalteter Gruppenantenne | 15 |
| 3.1 | Grundüberlegungen | 15 |
| 3.1.1 | Anforderungen an das Sensorsystem aus Anwendersicht | 15 |
| 3.1.2 | Auswahl der Verfahren und Technologien | 15 |
| 3.2 | Vorstellung des Sensorkonzepts | 18 |
| 3.2.1 | Grundaufbau | 18 |
| 3.2.2 | Technische Herausforderungen | 19 |
| 3.2.3 | Typische Parameter der Realisierung des Sensorkonzepts | 20 |
| 3.2.4 | Bezeichnung des Sensorkonzepts | 20 |
| 4 | Systemanalyse des konzipierten Radarsensors | 21 |
| 4.1 | Grundlagen | 21 |
| 4.1.1 | Grundlagen zum FMCW-Radar | 21 |
| 4.1.2 | Punktstreuungsfunktion eines Radarsensors | 23 |
| 4.1.3 | Vielrampenverfahren und Einrampenverfahren | 25 |
| 4.1.4 | Synthetische Apertur des Sensors | 28 |
| 4.2 | Grundverfahren zur Radarabbildung | 31 |
| 4.2.1 | Anwendbarkeit der schnellen Fourier-Transformation | 31 |
| 4.2.2 | Erzielbare Punktstreuungsfunktionen | 33 |
| 4.2.3 | Anwendung von Fensterfunktionen | 35 |
| 4.3 | Spezielle Verfahren zur Abbildung in Querrichtung | 39 |
| 4.3.1 | Nichtlineares Verfahren mit inverser Abbildung | 39 |
| 4.3.2 | Autoregressive Verfahren zur Aperturauswertung | 44 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 4.4 | Bewegte Ziele im Vielrampenmodus | 55 |
| 4.4.1 | Zwischenfrequenzsignal bei bewegten Zielen | 55 |
| 4.4.2 | Eindeutigkeitsbereich und Auflösung der Geschwindigkeit | 60 |
| 4.4.3 | Ansätze zur Extraktion korrekter Zielinformationen bei bewegten Objekten | 61 |
| 4.5 | Auswirkungen nichtidealer Baugruppen und Störungen | 67 |
| 4.5.1 | Störungen im FMCW-Radar | 67 |
| 4.5.2 | Zusätzliche Effekte im abbildenden Radarsystem | 71 |
| 4.6 | Systemsimulation | 72 |
| 4.6.1 | Modell des FMCW-Radars | 72 |
| 4.6.2 | Vollständiges Modell des abbildenden Radarsystems | 75 |
| 4.6.3 | Erweiterung des FMCW-Modells zur Beschreibung ver- schiedener Störeffekte | 76 |
| 5 | Beschreibung des realisierten Demonstrationssystems | 83 |
| 5.1 | Gesamtarchitektur | 83 |
| 5.1.1 | Verteilung der Funktionsblöcke | 86 |
| 5.2 | Technische Daten des Demonstrationssystems | 87 |
| 5.3 | Frontend | 87 |
| 5.3.1 | Gesamtaufbau | 87 |
| 5.3.2 | Spezielle Hochfrequenzbaugruppen | 93 |
| 5.3.3 | Signalerzeugung | 100 |
| 5.4 | Radarelektronik | 103 |
| 5.5 | Softwarearchitektur | 105 |
| 5.5.1 | Operationsprogramm | 105 |
| 5.5.2 | Signalverarbeitungssoftware | 105 |
| 6 | Experimentelle Untersuchungen | 109 |
| 6.1 | Sensorkalibrierung | 109 |
| 6.1.1 | Kalibrierbare systematische Fehler im Gesamtsystem . . . | 109 |
| 6.1.2 | Bestimmung der Kalibrierparameter durch Messung eines Referenzziels | 110 |
| 6.1.3 | Anwendung der Kalibrierung | 111 |
| 6.1.4 | Qualität der Kalibrierdaten | 113 |
| 6.1.5 | Stabilität der Kalibrierung | 115 |
| 6.2 | Experimentelle Untersuchungen zum Funktionsnachweis | 115 |
| 6.2.1 | Messergebnisse zur Radarabbildung statischer Szenerien . | 116 |
| 6.2.2 | Entfernungskompensation in Verkehrsszenerien | 120 |
| 6.2.3 | Experimentelle Untersuchungen zu bewegten Zielobjekten | 122 |
| 6.2.4 | Schlussfolgerungen aus den experimentellen Untersuchun- gen zum Funktionsnachweis | 124 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 6.3 | Zieldynamik der Demonstrationsaufbauten | 125 |
| 6.3.1 | Bestimmung des Zieldynamik beim FMCW-Radar | 125 |
| 6.3.2 | Messergebnisse zur Zieldynamik | 126 |
| 6.3.3 | Experimentelle Verifikation des erweiterten Simulationsmodells | 128 |
| 7 | Untersuchungen zu Sensorapplikationen | 131 |
| 7.1 | Feldtests zur Kraftfahrzeugsensorik | 131 |
| 7.1.1 | Abbildung statischer Hindernisse vor einem Kraftfahrzeug | 131 |
| 7.1.2 | Lokalisierung und Isolation bewegter Fahrzeuge | 134 |
| 7.1.3 | Rechenaufwand der Signalverarbeitungssoftware | 138 |
| 7.2 | Radarsensorik im Tagebau | 143 |
| 7.2.1 | Anforderungsdiskussion | 143 |
| 7.2.2 | Abbildung des Arbeitsbereichs eines Schaufelradbaggers . | 143 |
| 7.2.3 | Anpassung des Sensorkonzepts für Tagebauanwendungen | 146 |
| 7.3 | Weitere Applikationsmöglichkeiten | 147 |
| 8 | Ausblick | 149 |
| 9 | Zusammenfassung | 151 |
| A | Anhang | 155 |
| A.1 | Dokumentation der Burg-Methode | 155 |
| A.2 | Modellierung von Linearitätsstörungen durch eine PLL-Schaltung | 157 |
| A.2.1 | PLL-Dimensionierung | 157 |
| A.2.2 | Koeffizienten eines digitalen Filters zur PLL-Modellierung | 160 |
| A.2.3 | Gültigkeitsgrenzen zur Simulation nichtlinearer Modulationsrampen mit dem vereinfachten FMCW-Modellkern . . | 161 |
| A.3 | 77 GHz-System zur Verifikation des erweiterten Simulationsmodells | 163 |
| A.4 | Ergänzende Informationen zum Demonstrationssystem | 165 |
| A.4.1 | Treiberstufen für die sendeseitigen MMIC-Schalter | 165 |
| A.4.2 | Grundlegendes zu DDS-Bausteinen | 166 |
| A.5 | Typische Betriebseinstellungen des Sensorsystems | 168 |
| | Literaturverzeichnis | 169 |