

Kurzfassung der Dissertation

Theoretische und experimentelle Untersuchungen zu höchstauflösenden Radarverfahren für die Abbildung komplexer Szenarien

Dipl. Ing. Christian Beine
ehemals Arbeitsgruppe Antennen und Wellenausbreitung
Ruhr-Universität Bochum

Abbildende Mikrowellensysteme können als das Instrument der Informationsgewinnung im Bereich der Fernerkundung bezeichnet werden, da sie als aktive Systeme von natürlichen Beleuchtungsquellen unabhängig sind und auch nur eine geringe Wetterabhängigkeit zeigen. Dabei steigt die Nachfrage nach immer besser aufgelösten Bildern sowohl im militärischen als auch zivilen Sektor. Um die Möglichkeiten zukünftiger operativer Systeme auszuloten, müssen bereits heute Untersuchungen zu höchstauflösenden Radarverfahren durchgeführt werden.

Um die Grenzen der bisherigen Radarsysteme zu überschreiten und neue Erkenntnisse bei der Analyse der Streuzentrenverteilung der Zielobjekte zu gewinnen, sind hochgesteckte Anforderungen an das neue Radarsystem zu stellen. Bedingt durch die Notwendigkeit einer sehr hohen räumlichen Auflösung, muss es auch mit großen Bandbreiten die entsprechenden Messungen durchführen können. Zudem sollen die Rückstreuungseigenschaften der Zielszene in allen Kombinationen der linearen Sendee- und Empfangspolarisation gemessen werden. Um keine Einschränkungen bezüglich des Sendefrequenzbandes hinnehmen zu müssen, soll das System fähig sein, in verschiedenen Frequenzbändern zu messen.

In dieser Arbeit wurde zu diesem Zweck das höchstauflösende Radarsystem „UniRad“ entwickelt, aufgebaut und messtechnisch validiert. Dabei können durch die Verwendung von Bandbreiten bis zu 4 GHz Entfernungsauflösungen im Zentimeterbereich erreicht werden. Zusätzlich ist UniRad in der Lage, mit nur geringen Modifikationen an Antennen und Leistungsverstärkern im gesamten Frequenzbereich von 1 GHz bis 18 GHz Messungen durchzuführen, sodass der an die Untersuchung ideal angepasste Frequenzbereich für die jeweilige Messung ausgewählt werden kann. Eine weitere Eigenschaft, die das Radarsystem zu einem universellen Werkzeug der Fernerkundung macht, ist sein vollpolarimetrischer Aufbau. Durch ihn können die Rückstreuungseigenschaften der Ziele in allen Polarisationskombinationen innerhalb einer einzigen Messung bestimmt werden. Zusätzlich kann es in zwei komplementären Betriebsarten genutzt werden. Als bodengestütztes Seitensicht radar ist UniRad in der Lage, auch größere Szenen in hoher Auflösung zu vermessen, als Radar im ISAR-Modus kann es verwendet werden, um höchstauflösende Signaturen kleinerer Ziele zu erfassen.

Um die Auswirkungen verschiedener Fehler auf die erzeugten Radarbilder zu untersuchen, wurden weiterhin umfassende numerische Simulationen durchgeführt. Dabei wurden neben Positions- bzw. Phasenfehler auch Amplitudenfehler sowie verschiedene Frequenzfehler simuliert. Es zeigte sich, dass durch die hohe mögliche Auflösung bereits kleine Fehler in der Positionsbestimmung schwerwiegende Auswirkungen auf die erzielbare Bildqualität haben.

Für die messtechnische Beurteilung des Gesamtsystems wurden sowohl Messungen im ISAR- als auch im Seitensichtmodus durchgeführt. Der Vergleich der Punktzielantworten von real vermessenen Trihedralspiegeln und simulierten Punktzielen zeigte eine außerordentlich gute Übereinstimmung in allen Bereichen. Die Vermessung von Cornerreflektoren als Punktziele zeigt eine Auflösung von 3 cm sowohl in Azimut- als auch Entfernungsrichtung, bei der Verwendung als Seitensicht radar wurden auch feine Strukturen innerhalb der als Ziel verwendeten Autos aufgelöst.

Der Vergleich von höchst aufgelösten UniRad-Bildern verschiedener realer Objekte mit Bildern niedriger Auflösung zeigt den deutlichen Informationsgewinn durch das neue System. In den hoch aufgelösten Bildern können dabei Details innerhalb der abgebildeten Autos dargestellt werden. So ist es beispielsweise möglich, sogar einzelne umgeklappte Sitze im Radarbild deutlich zu erkennen.