

Dr.-Ing. Tobias Rommel

**„Development, Implementation, and Analysis of a Multiple-Input
Multiple-Output Concept for Spaceborne High-Resolution Wide-
Swath Synthetic Aperture Radar“**

Kurzfassung:

Seit Entwicklung des ersten Radars mit synthetischer Apertur (SAR) hat sich Radar zu einem wichtigen Sensor für bildgebende Anwendungen entwickelt. Vielfältige Anwendungsgebiete, von der Forschung am Klimawandel, über die Veränderungsdetektion und 4-D-Kartierung, bis hin zu Erdbeben- und Hochwasserschutz werden von SAR abgedeckt. Insbesondere die hochauflösende und wetterunabhängige Bildgebung bei Tag und Nacht führte zum Erfolg der jüngsten Satelliten-SAR-Missionen. Aufgrund der hohen Nachfrage nach globalen SAR-Datensätzen gelangen modernste Sensoren jedoch hinsichtlich Auflösung, Streifenbreite, Wiederholungszyklus und Flexibilität an ihre Grenzen.

Zur Behebung von SAR-inhärenten Limitationen, wird in dieser Arbeit eine neue Generation von SAR-Sensoren mit mehreren Sende- und Empfangskanälen (MIMO) und der Fähigkeit digitaler Strahlformung (DBF) vorgeschlagen. Abgesehen von einer erhöhten Flexibilität ermöglicht dies eine Vielzahl von neuen Betriebs- und Aufzeichnungsmodi für hochauflösende SAR-Abbildungen mit großer Streifenbreite.

Etablierte Prozessierungstechniken können in der Nachprozessierung nicht zur Kanaltrennung angewendet werden, da SAR höchst empfindlich gegenüber Interferenzen ist. Daher wird ein Raum-Zeit-Frequenz-adaptiver Algorithmus (STFAP) hergeleitet, welcher eine Kanaltrennung ohne jegliche Interferenzen ermöglicht. Im Wesentlichen formt STFAP frequenz- und zeitvariante Antennenrichtdiagramme, die den Echosignalen jeder gesendeten Wellenform individuell folgen. Dieses Verfahren erfordert jedoch Wellenformen mit bestimmten Strukturen. Die Anforderungen daran werden beschrieben und geeignete Wellenformtypen werden im Detail verglichen.

STFAP und andere DBF-SAR-Techniken benötigen Antennen mit sehr hoher Richtwirkung in Elevation. In Gegenwart von unbekannter Topographie, wenn das zugrundeliegende geometrische Modell der Erde nicht passt, kann die Antenne in eine falsche Richtung zeigen. Um dieses Problem zu umgehen, wird vorgeschlagen, vor DBF einen zusätzlichen Algorithmus anzuwenden, welcher den Winkel des einfallenden Echosignals auf dem Antennenarray bestimmt. Der Algorithmus, der in dieser Arbeit vorgeschlagen wird, basiert auf dem Matrizenbüschelverfahren und ermöglicht ein hochgenaues und signaladaptives DBF in Echtzeit.

Zur experimentellen Verifikation neuer Bildgebungsmodi und STFAP, wurde ein bodenbasierter MIMO-SAR-Demonstrator im X-Band entwickelt. Die Arbeit schließt mit dessen

Beschreibung und vielversprechenden Messergebnissen ab, welche beweisen, dass die vorgeschlagenen Konzepte das Potenzial besitzen, die Leistungsfähigkeiten von modernen SAR- Sensoren erheblich zu verbessern.

Laudatio

Im Rahmen seiner Promotion entwickelte, modellierte und analysierte Tobias Rommel höchst innovative und einsatzfähige SAR-Verfahren. Diese ermöglichen unter anderem ultrahohe Swath-Widths unter Verwendung von höheren Puls-Wiederhol frequenzen durch die Kombination von MIMO-Verfahren mit OFDM-basierten Wellenform-Radarsignalen sowie Smart-Digital-Beam-Forming-Algorithmen. Dies führte zur Aufhebung der Mehrdeutigkeiten, erheblichen Verbesserungen des Signal-Rausch-Verhältnisses und gezielter Trennung bzw. Reduzierung der Clutter-Signale. Diese erstmalige Kombination der Verfahren führte zusätzlich zur Eliminierung von Störungen durch Mehrwegstreuung von kanonischen Streuern innerhalb eines Streuvolumens. Mit Hilfe eines selbstgebauten Demonstrator-Systems und eines selbst erstellten Signal-Prozessors verifizierte Herr Dr. Rommel seine originalen Ansätze und stellte die Funktionalität der eingeführten Verfahren voll unter Beweis.

Die Inhalte der Dissertation wurden grammatisch klar und korrekt, unterstützt durch zahlreiche leserfreundliche Diagramme, präsentiert. Eine ausführliche und ‚state-of-the-art‘ Literaturliste und Zitate waren ein wertvoller und zweckmäßiger Bestandteil der Promotionsarbeit. Die in der Arbeit behandelten Themen verleihen der Interdisziplinarität und Kombination unterschiedlicher Verfahren Nachdruck. Dieses Leistungsspektrum gehört zu den beachtungswürdigsten Promotionsarbeiten, die ich aus meinem Berufsleben kenne.

Die wissenschaftliche Begabung und Handfertigkeiten, die Herr Dr. Rommel in seiner Promotionsarbeit präsentiert, wird auch in seiner Tätigkeit als Lehrbeauftragter wieder gespiegelt. Die Wissensbasis von Herrn Dr. Rommel umfasst Expertenkenntnisse im Bereich Radar-Fernerkundung, Mikrowellentechnik, Signal-Prozessierung und Hardware-Design. Die Tiefe dieser Kenntnisse und seine Fähigkeit diese bei der Entwicklung von innovativen Verfahren einzusetzen, werden in seiner Doktorarbeit überzeugend dargestellt. Mit seiner Promotionsarbeit hat Herr Dr. Rommel eine signifikante Ergänzung zum aktuellen Stand der vordersten Forschung im Bereich Radarfernerkundung geleistet.

Prof. Dr. Madhukar Chandra