



**Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg**  
**Medizinische Fakultät Mannheim**  
**Dissertations-Kurzfassung**

**Simulation and development of RF resonators for preclinical and clinical  $^1\text{H}$  and X-nuclei MRI**

Autor: Matthias Malzacher  
Institut / Klinik: Computerunterstützte Klinische Medizin  
Doktorvater: Prof. Dr. L. R. Schad

Die Magnetresonanztomographie (MRT) ist eine einzigartige Bildgebungsmethode, da sie einen hohen Weichteilkontrast ohne ionisierende Strahlung bietet. Die MRT Hardwaretechnologie hat sich in Richtung Hochkanal Empfangssysteme (Rx) als auch hocheffiziente und homogene Übertragungsspulen (Tx) entwickelt, die sowohl die Bildqualität erhöhen als auch die Messzeit verkürzen. Hochfrequenzsysteme (HF) für die MRT sind so konzipiert, dass sie das höchste Signal-Rausch-Verhältnis (SNR) bieten und gleichzeitig die spezifische Absorptionsrate (SAR) so niedrig wie möglich halten. Aufgrund der Komplexität der heutigen HF Systeme für die MRT gibt es noch einige ungelöste Probleme, wie z.B. vorverstärkergespeistes Rauschen, Performanz von doppeltresonanten klinischen Spulen und SAR Simulationengenauigkeit. Diese Arbeit besteht aus drei Hauptteilen: Erstens die Verbesserung des SNR von Rx Systemen durch Evaluierung neuer Anpassungsstrategien, zweitens die Entwicklung von HF Setups für klinische Natrium MRT Anwendungen und drittens die Evaluierung der Genauigkeit von SAR Berechnungen und elektromagnetischen (EM) Simulationen. Im ersten Teil wurde eine Transmit-only Receive-only (ToRo) Setup für  $^{35}\text{Cl}$ -MRT bei 9,4 T gebaut. Der Effekt der SNR-Degradation durch Spulenkopplung wurde für das aus drei Rx Spulen bestehende Rx Array verifiziert. Eine Verbesserung des SNR um 15-17% konnte mit verschiedenen Anpassungsmethoden im Vergleich zur herkömmlichen Anpassungsstrategie erreicht werden. Das kombinierte SNR des Rx Arrays war bis zu 4,5 höher als das mit der volumetrischen Tx-Spule aufgenommene Referenz SNR Bild. Im zweiten Teil wurden zwei verschiedene doppelresonante HF Setups für die klinische Natrium- und Protonen MRT des Abdomens und des Kopfes realisiert. Ein 16-Kanal Abdomen Natrium Rx Array wurde simuliert und für den Einsatz mit einer asymmetrischen Ganzkörper Natriumspule gebaut. Der Aufbau wurde zusätzlich mit einer lokalen Protonen Sende-Empfangsspule ausgestattet. Natrium SNR wurde bei Phantommessungen um den Faktor 3 bis 6 gegenüber der Volumenspule verbessert. Die Machbarkeit des doppelresonanten Setups wurde durch einen *in-vivo* Natrium- und Protonenscan nachgewiesen. Das Kopf HF Setup bestand aus 8 Natrium und 8 Proton Rx Spulen. Die Erkenntnisse aus dem  $^{35}\text{Cl}$  Setup zur Vermeidung von SNR Degeneration durch gekoppelte Spulen wurden auch für dieses Setup genutzt. Die Leistung der Spule wurde mit handelsüblichen Natrium- und Protonenaufsetups mittels Phantommessungen verglichen. Vergleichbare SNR Ergebnisse zu den kommerziellen Optionen wurden bei Natrium Messungen (SNR Rx array/commercial = 1,14) und vergleichbares SNR (SNR Rx array/commercial = 1,09) sowie parallele Bildgebungsleistung (Rx array/commercial: mean g-factor = -7% bis +6%) bei Protonenmessungen erzielt. Schließlich wurde die Machbarkeit der Spule durch *in-vivo* Natrium- und Protonenmessungen nachgewiesen. Im dritten Teil wurde der Einfluss von Rx Arrays auf SAR Berechnungen durch die Modellierung eines klinischen Setups bei 3T und eines Forschungssetups bei 7T bewertet. Das klinische Setup umfasste eine große Birdcage Tx Spule und verschiedene Rx Arrays, die auf den Kopf (24 Elemente), den Bauch (36 Elemente) und die Wirbelsäule (32 Elemente) zugeschnitten waren. Das Forschungssetup bestand aus einer Kopf Birdcage Spule und einem 32-Element Rx Array. SAR-Simulationen wurden mit und ohne Rx Arrays durchgeführt. Die durchschnittlichen SAR Unterschiede lagen zwischen -4% und 2% für das 3T Setup und bis zu 11% für das 7T Setup. Die maximalen SAR Unterschiede lagen zwischen -10% und +6% für das 3T Setup und bis zu -8% für das 7T Setup. In einem letzten Schritt wurden die Genauigkeit und Leistungsfähigkeit der beiden gängigsten Ansätze zur Lösung von EM Feldern für MR HF Setups evaluiert. Dazu wurden eine Ganzkörper Birdcage Spule bei 3T, eine Kopf Birdcage Spule bei 7T und ein 8-Kanal Tx Array bei 9,4T, 10,5T und 11,7T modelliert. Jedes Setup wurde mit der Zeitbereich (TD) und dem Frequenzbereich (FD) Methode simuliert. Schließlich wurden die resultierenden S-Parameter, B-Felder und SAR verglichen. Bei all diesen Ergebnissen wurde eine Differenz von weniger als 20% erreicht. So eine Abweichung wurde bereits in einer früheren Studie eines einzigen spezialisierten Setups berichtet. Der FD-Solver war bis zu 12 mal schneller als der TD-Solver.