



Abb.: Aufbau zur Vermessung der magnetischen Flussdichte eines Feldes im Bereich von wenigen μT innerhalb des Berliner magnetisch geschirmten Raums 2. Hier konnte mit dem neuen Verfahren eine statistische Genauigkeit im Bereich von 10^{-7} erreicht werden.

Vorteile

- höhere Genauigkeit im Niedrigfeld
- Verkürzung der Messzeit
- Nutzung von NMR-Verfahren
- Erhalt der Hyperpolarisierung
- schnelle Wiederholbarkeit

Ansprechpartner:

Andreas Barthel
9.112 Technologietransfer
Telefon: +49 531 592-8307
E-Mail: technologietransfer@ptb.de

Wolfgang Kilian
8.11 MR-Messtechnik



Physikalisch-Technische
Bundesanstalt
Bundesallee 100
D-38116 Braunschweig

www.technologietransfer.ptb.de

#0548 / 03.2023

Bestimmung der magnetischen Flussdichte

Zur hochgenauen Bestimmung der magnetischen Flussdichte werden meist Magnetometer verwendet, die auf dem Prinzip der Kernmagnetresonanzmessung (NMR) basieren. In der PTB wurde nun ein NMR-Verfahren entwickelt, das mithilfe mehrerer, kurzer Messungen eine Limitierung insbesondere beim Einsatz von hyperpolarisierten Proben umgeht. Hierbei wird die Bestimmung der magnetischen Flussdichte über Anregungen von mindestens zwei Rabi-Zyklen mit jeweils unterschiedlichen Frequenzen durchgeführt und durch spezifische Auswertung der Messdaten eine höhere Genauigkeit als in Einzelmessungen erreicht.

Bei der Bestimmung der magnetischen Flussdichte ist die Messung der freien NMR-Spinpräzession Standard, da die einzige Größe, die zur Umrechnung der gemessenen Frequenz in die am Ort der Probe befindliche magnetische Flussdichte, das gyromagnetische Verhältnis γ für entsprechende Kernspins mit einer relativen Genauigkeit von $\sim 10^{-8}$ bekannt ist und daher sehr geringe Messunsicherheiten erreicht werden. In dem neuen Verfahren wird mithilfe mehrerer, kurzer Messungen die Bestimmung der magnetischen Flussdichte durchgeführt, was es erlaubt eine bisherige Limitierung insbesondere bei der Verwendung von hyperpolarisierten Proben zu umgehen. Durch die Messung des NMR-Signals während eines Rabi-Zyklus können wiederholte Messungen durchgeführt werden, weil danach die Ausgangsmagnetisierung der Probe nahezu erhalten bleibt. Generell ist die erreichbare Messunsicherheit pro Messung durch die transversale Relaxationszeit in der Probe begrenzt. Durch die wiederholten Messungen, deren Dauer jeweils deutlich kürzer ist als die transversale Relaxationszeit und einer bewussten Variation der Anregungsfrequenz kann eine Frequenzdifferenz zwischen Anregungs- und NMR-Frequenz berechnet und letztlich die Messunsicherheit der NMR-Frequenz deutlich reduziert werden. Das für niedrige magnetische Flussdichten erprobte NMR-Verfahren, lässt sich prinzipiell auch bei hohen magnetischen Flussdichten verwenden, sowie auf Elektronenspinresonanzverfahren übertragen.

Wirtschaftliche Bedeutung

Das Verfahren eignet sich insbesondere für Magnetometer, die zukünftig zur Steigerung der Genauigkeit hyperpolarisierte Proben verwenden werden. Dies ist bei der hochgenauen Bestimmung von magnetischen Flussdichten unterhalb von 0,1 T essenziell, wie in magnetisch geschirmten Räumen. Primär sind hier Hersteller von Magnetfeldsensoren angesprochen. Zudem ist eine Anwendung bei der Rückführung der abgeleiteten SI-Einheit Tesla bei niedrigen magnetischen Flussdichten möglich.

Entwicklungsstand

Das Verfahren wird weiterentwickelt. Ein deutsches Patent ist anhängig und steht zur Lizenzierung zur Verfügung.