

Projekt

Quanteninertialsensor mit geführten Materiewellen (QuIS-g)

Koordinator:	Dr. Dennis Schlippert Leibniz Universität Hannover Welfengarten 1 30167 Hannover Tel.: +49 511 726-2845 E-Mail: schlippert@iqo.uni-hannover.de
Projektvolumen:	ca. 1,6 Mio. € (Förderquote 100%)
Projektlaufzeit:	01.08.2018 – 31.07.2022
Projektpartner:	➔ Leibniz Universität Hannover – Fakultät für Mathematik und Physik – Institut für Quantenoptik, Hannover

Quantum Futur – Innovative Nachwuchswissenschaftler für Zukunftsthemen

Quantentechnologien sind Technologien, die auf der gezielten Ausnutzung von Quanteneffekten beruhen. Beispiele hierfür sind die Halbleitertechnologien, die Magnetresonanztomografie oder der Laser. Bei aktuellen Entwicklungen – der zweiten Generation der Quantentechnologien – steht der kontrollierte Quantenzustand einzelner oder gekoppelter Systeme selbst im Vordergrund. Dadurch ergeben sich Möglichkeiten für neue Anwendungen in der Informationsübertragung und -verarbeitung, höchstpräzise und -sensible Mess- und Abbildungsverfahren oder auch die Überwindung heutiger Beschränkungen bei der Simulation komplexer Systeme.

Herausfordernde Forschungsthemen wie die Quantentechnologien erfordern kluge Köpfe. Die Maßnahme „Quantum Futur“ soll exzellente Nachwuchswissenschaftler dabei unterstützen, mit Forschungsprojekten den Übergang von Erkenntnissen der Grundlagenforschung in neuartige Anwendungen voranzutreiben. Dabei erhalten sie die Möglichkeit, eine eigene, unabhängige Nachwuchsgruppe aufzubauen und neue interdisziplinäre Forschungsansätze aufzugreifen. Thematisch werden wesentliche Bereiche der Quantentechnologien zweiter Generation adressiert, insbesondere sind dies die Quantenkommunikation, die Quantensensorik und -metrologie sowie das Quantencomputing.

Neben der Durchführung innovativer Forschungsarbeiten ermöglicht die Maßnahme die Bildung von wissenschaftlichen Schwerpunkten und Zentren in der Quantentechnologie sowie eine thematische und personelle Ergänzung der bestehenden Forschungslandschaft. Deshalb unterstützt „Quantum Futur“ auch den Aufbau von Kompetenzen und die Vernetzung der Nachwuchswissenschaftler sowie die Schaffung von Synergien durch die gemeinsame Nutzung vorhandener Geräte und Anlagen.



Bild 1: Innovative Nachwuchswissenschaftler treiben die Quantentechnologien voran. (Quelle: vit_head/Fotolia)

Quanteninertialnavigationssysteme – Wegweiser der Zukunft

Die Navigation spielte eine zentrale Rolle in der Geschichte der Zivilisation. Durch GNSS (Global Navigation Satellite System; z. B. GPS) können wir heute mit unseren Mobiltelefonen jederzeit unsere geografische Position bestimmen. Doch die GNSS-Technologie hat ihre Grenzen: So führt eine Autofahrt durch Häuserschluchten, Gebirge oder Tunnel zu Signalverlust und Fehlern, so dass hier keine oder nur eine unzureichend genaue Position ermittelt werden kann.

Für ein inertiales Navigationssystem müssen der Startpunkt des Gerätes, die wirkenden Beschleunigungen und die Drehraten in allen drei Raumrichtungen über die Zeit hinweg genau bekannt sein. Mit diesen Daten kann ein Gerät seine aktuelle Position errechnen. In Flugzeugen ist die Technologie der Inertialnavigation schon lange Standard. In diesem Projekt werden nun neuartige Systeme zur quantenbasierten Inertialnavigation (QINS) erforscht. QINS werden durch quantenbasierte Sensoren die Beschleunigung und Drehraten wesentlich präziser messen. So werden die Fehler bei der Positionsbestimmung erheblich kleiner und selbst nach stundenlangem freiem Betrieb ohne externes Positionssignal ist eine exakte Positionsberechnung möglich. Anwendungen finden sich an Bord von z. B. selbstfahrenden Autos, Rettungshelikoptern oder gar Weltraumsonden außerhalb der GNSS-Abdeckung oder in akuten Gefahrensituationen. Bei hinreichender Empfindlichkeit ist schließlich mit einem QINS durch Messung von Gravitationsänderungen möglich und damit z. B. auch die Detektion von Wasserreservoirs denkbar.

Geführte Materiewelleninterferometer

Bisherige Konzepte für Quanteninertialsensoren basierten auf Echtzeit-Messungen an frei fallenden Atomen. Das bringt große Herausforderungen mit sich. Bei hohen Beschleunigungen oder Drehraten droht Signalverlust, was ihren praktischen Einsatzbereich limitiert. In diesem Projekt werden deshalb Materiewellen zur Messung verwendet (Bild 2), welche auch dann funktionieren, wenn der Messapparat hohe Beschleunigungen erfährt.

Die Materiewellen werden in Wellenleitern vollständig geführt. Das erlaubt eine hohe Flexibilität sowie Messungen von Rotationen, Beschleunigungen und deren Gradienten in mehrere Richtungen. Im Projekt werden außerdem Methoden zur Unterdrückung gängiger Fehlerquellen verwendet und Konzepte zur Miniaturisierung der Geräte erforscht, um so den Weg zur praktischen Anwendbarkeit zu ebnen.

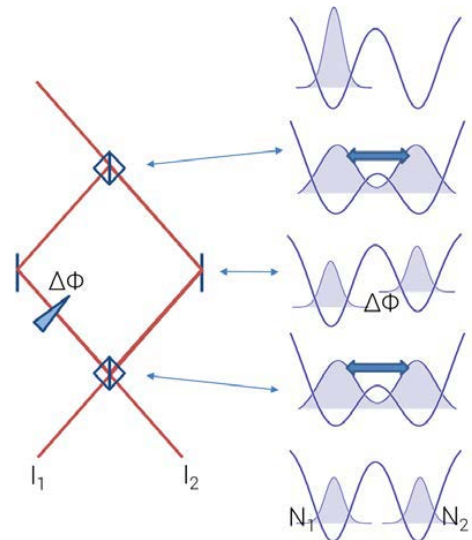


Bild 2: Analogie zwischen optischen Interferometern (links) und Materiewelleninterferometern (rechts) in der Mach-Zehnder-Geometrie (Strahlteiler – Spiegel – Strahlteiler). Phasenverschiebungen $\Delta\Phi$ können jeweils durch Auszählen von Intensitäten I bzw. Atomzahlen N bestimmt werden. (Quelle: Dennis Schlippert)