

## Projekt

## Trapped Atom Interferometers in Optical Lattices (TAIOL)

Koordinator:

Prof. Dr. Ernst Maria Rasel  
Leibniz Universität Hannover  
Welfengarten 1  
30167 Hannover  
Tel.: +49 511 762-19203  
E-Mail: rasel@iqo.uni-hannover.de

Projektvolumen:

ca. 426.000 € (BMBF-Förderquote 100%) – deutscher Partner

Projektlaufzeit:

01.07.2018 – 31.03.2022 – deutscher Partner

Projektpartner:

- ➔ Leibniz Universität Hannover, Institut für Quantenoptik
- Internationale Partner:
- ➔ Observatoire de Paris, SYRTE (Frankreich)
- ➔ Laboratoire Photonique, Numérique et Nanosciences, CNRS (Frankreich)
- ➔ Istituto Nazionale di Ottica, CNR (Italien)
- ➔ Uniwersytetu Warszawskiego, Wydział Fizyki (Universität Warschau, Physikalische Fakultät, Polen)

## QuantERA – Transnationale Förderung für die Quantentechnologien

Quantentechnologien bringen zahlreiche Chancen für neue Anwendungen in Industrie und Gesellschaft mit sich – in der Informationsübertragung und -verarbeitung, für höchstpräzise Mess- und Abbildungsverfahren oder für die Simulation komplexer Systeme. Szenarien sprechen davon, die Magnetfelder des Gehirns zu vermessen und Alzheimer oder Parkinson besser zu verstehen, den Verkehrsfluss zu optimieren und Staus zu vermeiden oder neue Werkstoffe und Katalysatoren allein auf der Grundlage von Simulationen zu entwickeln. Quantentechnologien schaffen dafür die Basis und haben das Potenzial, heute vorhandene technische Lösungen etwa in der Sensorik oder beim Computing deutlich zu übertreffen.

Die Quantentechnologien besitzen an vielen Stellen das Potenzial, in Anwendungsfeldern und Märkten eine dominante Rolle zu spielen. Allerdings steht das Feld noch am Anfang der Technologieentwicklung. Um Anwendungen zu erschließen, bedarf es noch erheblicher Forschungsanstrengungen. Mit der transnationalen ERA-NET Maßnahme QuantERA unterstützt das BMBF zusammen mit Akteuren der anderen Teilnehmerländer und der Europäischen Kommission die Forschung im Bereich der Quantentechnologien.

Perspektivisch betrachtet sind ERA-NET Instrumente für eine bedarfsgerechte und flexible transnationale Förderung als Ergänzung zur rein nationalen Förderung einerseits und zu den europäischen EU-Forschungsrahmenprogrammen andererseits.

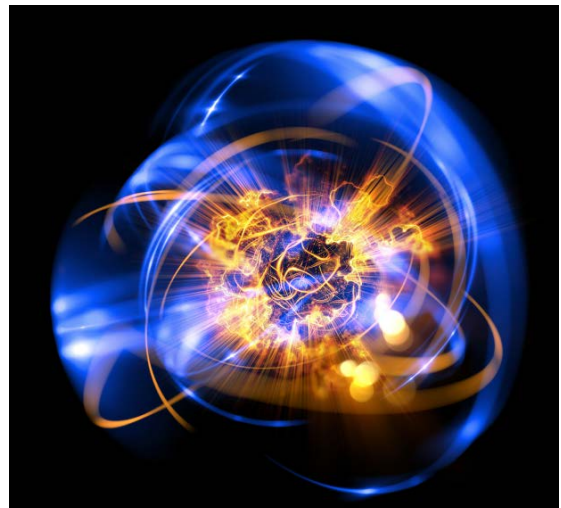


Bild 1: Die Quantentechnologien bilden die wissenschaftliche Basis für eine Vielzahl neuer Anwendungen.  
(Quelle: fotolia ©rybindmitriy)

## Mit Materiewellen die Welt vermessen

Geräte, die die Überlagerung von Licht- oder Materiewellen ausnutzen, sogenannte Interferometer, können als fundamentale Werkzeuge zur Erforschung von Naturgesetzen und zur präzisen Messung und Kontrolle der physikalischen Welt genutzt werden. Als prominentes Beispiel sei hier die erste direkte Beobachtung von Gravitationswellen im September 2015 genannt. Grundlegende Erkenntnisse über die Wellennatur von Atomen und die Fähigkeit, Gruppen von Atomen als ideale Testobjekte isotonenrein und mit wohldefinierten Quantenzahlen zu präparieren und in ihren Schwerpunkten zu überlagern, erlauben den Bau von Materiewellen-Interferometern. Mit diesen lassen sich Kräfte, Beschleunigungen, Drehungen, magnetische und elektrische Feldern sowie fundamentale Naturkonstanten bestimmen. Solche Atominterferometer könnten sich zukünftig zu Schlüsselkomponenten für Trägheitsnavigation, Ressourcenerkundung, Geodäsie, Oberflächen- und Gravitationsforschung entwickeln.

## Mit gefangenen Atomen zu besserer Auflösung

Atominterferometer werden in zwei Hauptklassen eingeteilt: freifallende Atominterferometer (engl.: „Free Falling Atom Interferometers“, FFAIs) und gefangene Atominterferometer (engl.: „Trapped Atom Interferometers“, TAI). TAI können in der Zukunft im Vergleich zu FFAIs wettbewerbsfähige Auflösung bei erheblich kompakterem Aufbau bieten. Dies ist essenziell für Anwendungen, die Transportabilität voraussetzen. Die Herausforderung besteht darin, die kohärente Aufspaltung eines gefangenen atomaren Ensembles von wenigen Mikrometern auf mehrere Millimeter zu erhöhen und Verlustprozesse wie z. B. Dekohärenz zu kontrollieren bzw. zu minimieren. Hierfür sollen im TAIOL-Projekt Quellen von Bose-Einstein-Kondensaten erforscht werden, die eine (nahezu) verlustfreie Präparation und Manipulation dieser Kondensate erlauben. Weiterhin werden unterschiedliche Strahlteiler untersucht werden, um die Wellenpakete in den Bereich von bis zu 10 Millimetern innerhalb weniger Millisekunden aufzuspalten. Die Quellen und Strahlteiler sollen in einem TAI eingesetzt werden, so dass der Kontrast des Systems maximiert und die Atomzahlverluste bei unter 50% gehalten werden. Hierdurch wird eine Sensitivitätssteigerung bis zu einem Faktor 50 erwartet.

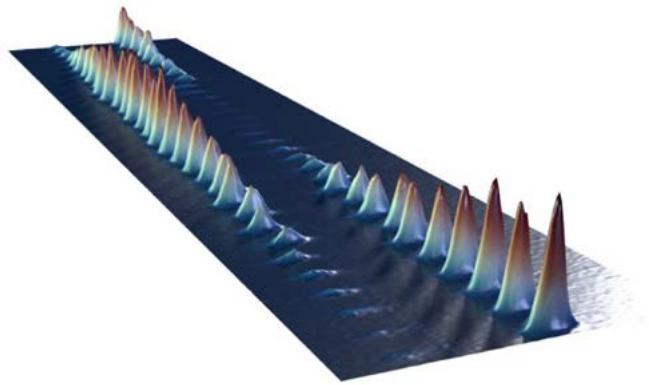


Bild 2: Darstellung einer Serie von Ausgangszustände eines Interferometers mit Bose-Einstein Kondensaten. Die dreidimensionale Darstellung gibt die gemessene atomare Dichte verteilt auf die Ausgänge eines Interferometers wieder. In Abhängigkeit der gemessenen Phasendifferenz zwischen den beiden Ausgängen links und rechts lassen sich inertielle Effekte messen. (Quelle: Universität Hannover)