

Projekt

Non-equilibrium dynamics in Atomic systems for QUAntum Simulation (NAQUAS)

Koordinator:

Prof. Dr. Giovanna Morigi
Universität des Saarlandes
CAMPUS E26
66125 Saarbrücken
Tel.: +49 681 302-57472
E-Mail: giovanna.morigi@physik.uni-saarland.de

Projektvolumen:

ca. 252.000 € (BMBF-Förderquote 100%) – deutsche Partner

Projektlaufzeit:

01.06.2018 – 31.05.2021

Projektpartner:

- Universität des Saarlandes
- Internationale Partner:
- Laboratoire Kastler Brossel Paris (Frankreich)
- University of Trento (Italien)
- Jagiellonian University, Krakau (Polen)
- University of Newcastle (Großbritannien)
- ETH Zürich (Schweiz)

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.

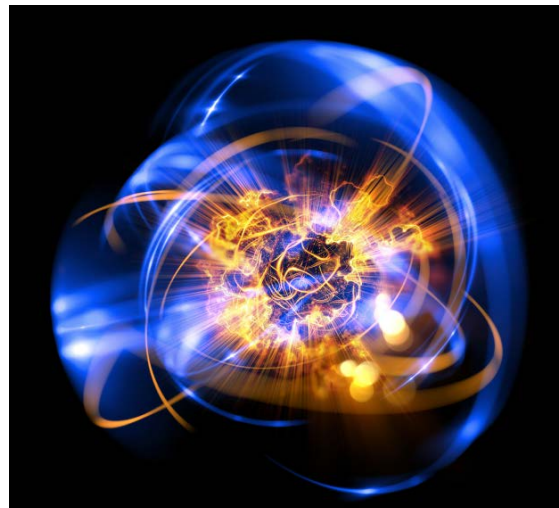


Bild 1: Die Quantentechnologien bilden die wissenschaftliche Basis für eine Vielzahl neuer Anwendungen.
(Quelle: fotolia ©rybindmitriy)

Quanten-Materialien für Quanten-Technologien

Jüngste Fortschritte in verschiedenen Bereichen der Physik zeigen, dass Quanteneffekte in maßgeschneiderten Systemen und Materialien kontrolliert werden können. Dies ebnet den Weg für eine vielversprechende Zukunft für Quantentechnologien. Die Entwicklung von Quantengeräten erfordert jedoch das Verständnis grundlegender Mechanismen, das in diesem Projekt erweitert wird. Einige Verfahren zur Realisation von Quanten-Rechnern basieren auf langsamer (adiabatischer) Variation von externen Kräften, die ein Quanten-Vielteilchensystem von einem Zustand (z.B. einem Paramagnet) zu einem anderen Zustand mit anderen Eigenschaften (z.B. einem Ferromagnet) bringt. Das geschieht oft in Form eines Phasenübergangs, d.h. durch eine dramatische Änderung einiger physikalischer Eigenschaften des Systems. In diesem Fall führt eine langsame Variation der Kräfte unvermeidlich zu der Erzeugung von Defekten, d.h. zu Abweichungen von der Ziel-Dynamik und dem Ziel-Zustand. Dies stellt eine Fehlerquelle z.B. für sogenannte adiabatische Quanten-Rechner dar. Die Reaktion eines Systems, wenn es durch einen Phasenübergang hindurch bewegt wird, ist weiterhin relevant für die Entwicklung atomarer Quantensensoren, die Anwendungen bei der Detektion extrem schwacher Signale finden können. Solche Phasenübergänge werden in diesem Projekt untersucht.

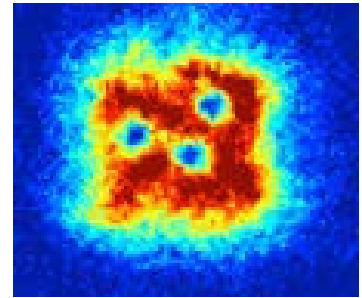


Bild 2: Dichte-Verteilung eines Gases ultrakalter Atome. Die sichtbaren Löcher entsprechen Wirbeln, die durch Variation der Temperatur des Gases erzeugt wurden. (Quelle: Laboratoire Kastler Brossel, Paris).

Defektfreie Quanten-Materialien

Auch verschiedene Phänomene im Alltag, einschließlich solcher, die biologische Systeme und Finanzmärkte beeinflussen, sind von Nicht-Gleichgewichts-Dynamik gekennzeichnet. Ihr systematisches Verständnis ist jedoch nach wie vor eine offene Herausforderung, die die Entwicklung adäquater physikalischer Werkzeuge erfordert. Das wird besonders relevant bei der Präparation eines Quantensystems in einem gut kontrollierten Ausgangszustand und bei der Kontrolle seiner Zeitentwicklung zu einem „interessanten“ Zielzustand, der oft durch einen Phasenübergang von dem Ausgangszustand getrennt ist. Ein Zusammenhang zwischen den thermodynamischen und den dynamischen Eigenschaften von Systemen an einem Phasenübergang wurde vermutet (Kibble-Zurek-Hypothese) und in unterschiedlichen Systemen bestätigt. Das Ziel des Projektes NAQUAS ist die systematische Charakterisierung der Nicht-Gleichgewichts-Dynamik von Quantensystemen ultrakalter Atome in der Nähe kritischer Punkte. Dazu werden Simulationen von Quantensystemen vorgenommen, welche über die etablierten Paradigmen der adiabatischen Dynamik hinausgehen. Es werden innovative theoretische Ideen der Physik kondensierter Materie, der Quantenoptik, der statistischen Physik und der Quanteninformation mit fortgeschrittenen Experimenten mit ultrakalten atomaren Quantengasen kombiniert. Gerade Quantengase sind eine einzigartige Plattform, um Modellsysteme mit der erforderlichen Flexibilität und Kontrolle zu realisieren. Die Ergebnisse dieses Projekts können somit einen Grundstein für die Entwicklung der nächsten Generation von Quantengeräten bilden.