

Projekt

Koordinator:

Magnetic-Atom Quantum Simulator (MAQS)

Bruno Laburthe-Tolra
CNRS-Laboratoire de Physique des Lasers
99 Avenue JB Clément
93430 Villetaneuse
Tel.: +34 149403385
E-Mail: bruno.laburthe-tolra@univ-paris13.fr

Projektvolumen:

ca. 190.000 € (BMBF-Förderquote 100%) – deutscher Partner

Projektlaufzeit:

01.02.2020 – 31.01.2023 – deutscher Partner

Projektpartner:

- ➔ Universität Stuttgart (STR)
- Internationale Partner:
- ➔ ENS of Lyon (Frankreich)
 - ➔ Institut für Quantenoptik und Quanteninformation (Österreich)
 - ➔ Istituto Nazionale di Ottica (Italien)
 - ➔ Institutue of Photonic Sciences (Spanien)
 - ➔ Instytut Fizyki – Polskiej Akademii Nauk (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.

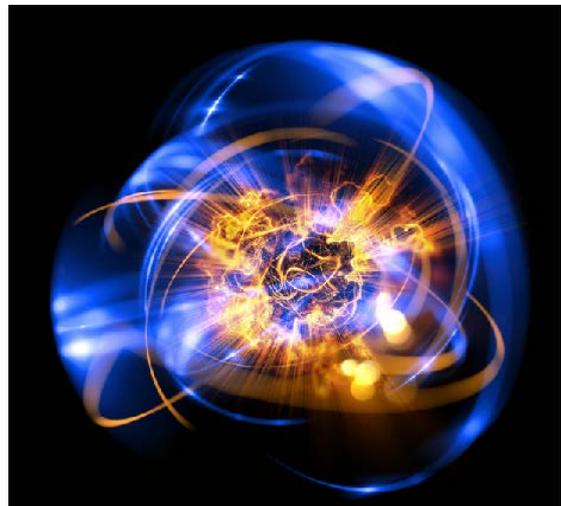


Bild 1: Die Quantentechnologien bilden die wissenschaftliche Basis für eine Vielzahl neuer Anwendungen.
(Quelle: © rybindmitriy/Fotolia)

Lösung komplexer Probleme mit Quantensimulation

Quantensysteme aus vielen Teilchen zeigen oft Phänomene, die technologisch hochrelevant sind, deren komplexe Wirkungsweise jedoch nicht vollständig verstanden ist. Beispiele für solche Quantensysteme sind Hochtemperatursupraleiter, in denen Strom ohne Widerstand fließt. Selbst bei Kenntnis der elementaren Gesetzmäßigkeiten ist es oft nicht möglich diese auf modernen Supercomputern vollständig zu simulieren und so zu verstehen. Allein der Speicherplatz, der benötigt wird, um den Quantenzustand eines Systems aus vielen Teilchen zu speichern, skaliert exponentiell mit der Anzahl der Teilchen. Bereits zur physikalisch richtigen Simulation von 200 Teilchen müssten mehr Zahlen im Speicher des Computers abgelegt werden, als es Atome im Universum gibt.

Die Quantensimulation ermöglicht es, die komplexe Physik in solchen Quantensysteme zu untersuchen: Dafür nutzt man ein Quantensystem, das man präzise kontrollieren kann, um das komplexere Quantensystem, das von Interesse ist, nachzubilden und dessen Eigenschaften zu beobachten. Im Gegensatz zu universellen Quantencomputern benötigen Quantensimulatoren dabei keine Fehlerkorrektur. Es ist daher zu erwarten, dass sie bereits viel früher als universelle Quantencomputer ihr volles Potential entfalten können.

Quantensimulatoren mit langreichweitiger Wechselwirkung

Besonders relevante Erkenntnisse erwartet man sich von Systemen, in denen Teilchen über größere Distanzen miteinander wechselwirken. Dadurch können neue Materiezustände entstehen und quantenmechanische Verschränkung kann sich besonders effizient ausbreiten. Dies lässt sich in bisher existierenden Quantensimulatoren nur sehr schwer untersuchen. Im Rahmen dieses Projektes soll daher ein neuartiger Quantensimulator entwickelt werden, der auf magnetischen Atomen basiert. Diese magnetischen Atome zeichnen sich durch langreichweitige Wechselwirkungen aus. Durch das Einfangen dieser Atome in optischen Gitterstrukturen lassen sich eine Vielzahl neuartiger Quantenphänomene, sowie deren dynamisches Verhalten erstmals untersuchen.

Voraussetzung für die Realisierung eines solchen Quantensimulators sind mehrere entscheidende technologische Neuerungen, die im Rahmen des Projekts entwickelt werden sollen. Mittels sehr feiner optischer Gitter sollen die Wechselwirkungen zwischen den Atomen besonders stark gemacht werden, was eine Voraussetzung für die Realisierung der gesuchten Quantenphänomene ist. Zu deren Beobachtung sollen zudem neue, supraauflösende Mikroskopietechniken entwickelt werden. Das Projekt zeichnet sich dabei besonders durch die enge Zusammenarbeit führender theoretisch und experimentell arbeitender Gruppen aus. Zusammengenommen werden magnetische Atome damit als neue Plattform für Quantensimulationen etabliert.

Das internationale Verbundvorhaben adressiert damit die Anforderung des QuantERA Programms interdisziplinärer Forschung mit hohem Potential die Quantentechnologien in Europa weiter zu entwickeln, um diese somit zu einer weltweiten Schlüsselposition führen zu können.

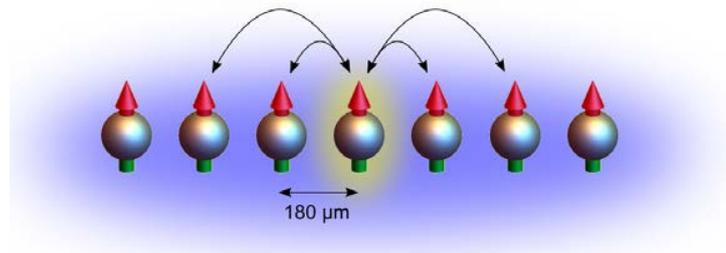


Bild 2: Der Quantensimulator wird aus magnetischen Atomen bestehen, so dass jedes Atom mit vielen Nachbarn wechselwirken kann. Die Atome sind dabei nur 180 Mikrometer voneinander entfernt, können aber einzeln abgebildet und manipuliert werden. So können Atom für Atom neue quantenphysikalische Phänomene untersucht werden (Quelle: Universität Stuttgart).