

Projekt

Verschränkte Rydbermaterie für Quantensensoren und Quantensimulatoren (ERyQSenS)

Koordinator:	Prof. Dr. Ferdinand Schmidt-Kaler Johannes Gutenberg-Universität Mainz Staudingerweg 7 55128 Mainz Tel.: +49 6131 39-22279 E-Mail: fsk@uni-mainz.de
Projektvolumen:	ca. 308.000 € (Förderquote 100%)
Projektlaufzeit:	01.09.2018 – 31.12.2021
Projektpartner:	➔ Johannes Gutenberg-Universität Mainz Internationale Partner: ➔ Stockholm University, Schweden ➔ University of Nottingham, England ➔ Sofia University, Bulgarien ➔ Kastler Brossel Laboratory (LKB), Frankreich

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.

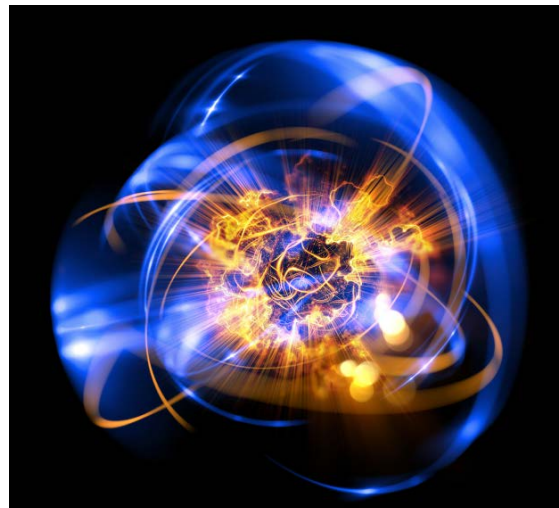


Bild 1: Die Quantentechnologien bilden die wissenschaftliche Basis für eine Vielzahl neuer Anwendungen.
(Quelle: © rybindmitriy/Fotolia)

Rydberg-Ionen als neuartige hochgenaue Sensoren für elektrische Felder

Neuartige Quanten-Sensoren sollen kleinste elektrische Felder höchstpräzise messen. Zugleich sollen sie durch minimale Abmessungen eine hohe räumliche Auflösung bieten. Physikalische Grundlage für neue Sensoren, die diese Bedingungen erfüllen, sind z. B. sogenannte „Rydberg“-Atome. In diesen ist das äußerste, elektrisch negativ geladene Elektron soweit vom elektrisch positiv geladenen Atomrumpf entfernt, dass es nur schwach an diesen gebunden ist und so äußere elektrische Felder einen starken Einfluss darauf ausüben. Dieses Elektron reagiert also schon auf geringe äußere elektrische Felder hochempfindlich und bietet daher die Möglichkeit, solche Felder sehr präzise zu messen. Dies geschieht mithilfe von Laserlicht. Durch eine minimale Wechselwirkung des Laserlichts mit dem Elektron lässt sich sehr genau überwachen, wie stark das Elektron durch ein äußeres elektrisches Feld beeinflusst wird.

Wendet man dasselbe Prinzip nun auf ein Ion an, also ein Atom, das weniger negative Elektronen in seiner Hülle besitzt als positive Ladungen im Atomrumpf, kann man dieses gezielt in einer sogenannten Ionenfalle einfangen, es darin von störenden Einwirkungen isolieren und dann sehr genau positionieren. So wird der Sensor noch präziser. Indem man diesen präzisen Sensor räumlich verschiebt und dabei an jedem Ort das elektrische Feld detektiert, kann man elektrische Felder mit einer hohen örtlichen Auflösung über relativ weite räumliche Ausdehnungen vermessen. Dies ist interessant für die Infrarot- oder Mikrowellen-Messtechnik. Insbesondere aber bieten die hohe örtliche Auflösung und Empfindlichkeit dieser Sensoren die Möglichkeit, die elektrischen Felder einzelner Neuronen zu vermessen.

Neuartige Sensoren ermöglichen auch neue Einblicke in Phasenübergänge

Im vorliegenden Projekt soll die gezielte Präparation solcher Rydberg-Ionen erreicht, diese in entsprechenden Fallen eingeschlossen und ihre Tauglichkeit für Messungen ausgetestet werden. Dies geschieht in Zusammenarbeit mit den europäischen Partnern. Langfristiges Ziel ist es, die Ionen auch außerhalb der Fallen positionieren zu können, um so auch Felder außerhalb dieser zu vermessen.

Ein weiteres Ziel des Vorhabens ist es zu erforschen, wie Ionen reagieren, wenn mehrere von Ihnen gleichzeitig in einer der genannten Fallen gefangen sind und nur eines von ihnen mittels Laserlicht angeregt wird. Die Änderung an einem der Ionen beeinflusst dann alle anderen Ionen. Die Gruppierung von Ionen geht in einem sog. Nichtgleichgewichts-Phasenübergang aus einem geordneten Zustand in einen anders geordneten Zustand über. Die Kenntnisse über diese Übergänge sind insbesondere für die Grundlagenforschung höchst interessant.

Die experimentelle Beherrschung solcher gefangener Rydberg-Ionen stellt damit einerseits die Grundlage neuer Quanten-Messinstrumente für elektrische Felder, andererseits aber auch einen großen Beitrag zur Grundlagenforschung dar.

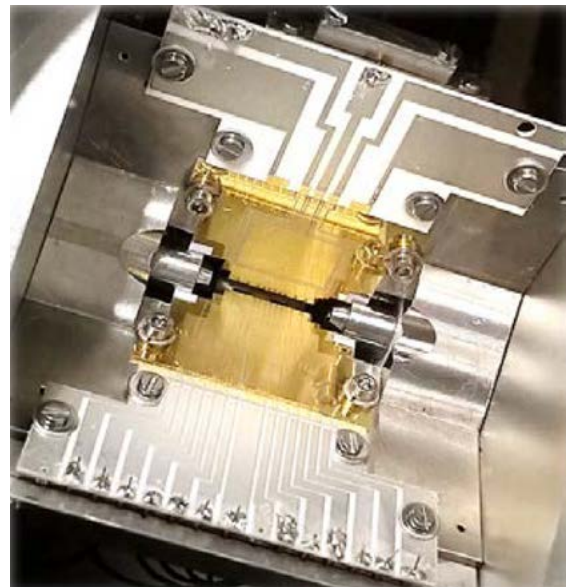


Bild 2: Moderne segmentierte Ionenfalle zum Speichern, Positionieren und Transportieren von einzelnen Ionen, geeignet zur laseroptischen Anregung von Ionen in Rydberg-Zuständen. (Quelle: Ferdinand Schmidt-Kaler)