

Projekt

Quantum Technologies For Lattice Gauge theories (QTFLAG)

Koordinator:

Prof. Dr. Simone Montangero
Universität des Saarlandes Campus E2.6
66123 Saarbrücken
Tel.: +49 681 302-3467
E-Mail: simone.montangero@physik.uni-saarland.de

Projektvolumen:

ca. 440.000 € (Förderquote 100%) – deutsche Partner

Projektlaufzeit:

01.04.2018 – 31.09.2021

Projektpartner:

➔ Universität des Saarlandes, Saarbrücken
➔ Max-Planck-Institut für Quantenoptik, Garching b.München
Internationale Partner:
➔ Universität Innsbruck (Österreich)
➔ UGENT (Belgien)
➔ Istituto Nazionale di Ottica (Italien)
➔ Jagiellonian University (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.

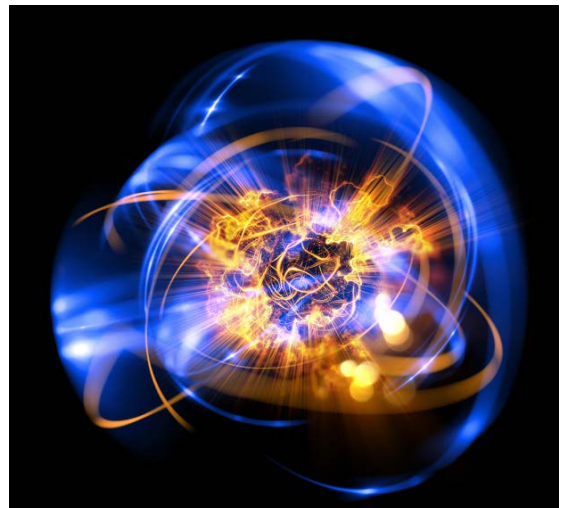


Bild 1: Die Quantentechnologien bilden die wissenschaftliche Basis für eine Vielzahl neuer Anwendungen.
(Quelle: fotolia ©rybindmitriy)

Eine Beschreibung der Wirklichkeit mit Eichtheorien

Eichtheorien beschreiben einige der grundlegendsten und faszinierendsten Prozesse in der Natur, von der Wechselwirkung der elementaren Hochenergieteilchen – beschrieben durch das Standardmodell – zu Systemen kondensierter Materie. Eine weitverbreitete Herangehensweise zur tatsächlichen Simulation physikalischer Systeme, die durch Eichtheorien modelliert werden, liefern sogenannte Monte-Carlo-Methoden. Insbesondere zur Beschreibung von komplexen Systemen, die beispielsweise eine hohe Dynamik aufweisen, stoßen diese Monte-Carlo-Methoden allerdings an ihre Grenzen. Dies begründet sich in intrinsischen Limitationen der Monte-Carlo-Methoden – vor allem das unter Theoretikern bekannte Vorzeichen-Problem führt dabei zu Schwierigkeiten. Aus diesem Grunde bedarf es neuer theoretischer Methoden, um tatsächlich auch Eichtheorien umfassender zu nutzen. Nur auf diese Weise wird es möglich, beispielsweise die physikalischen Prozesse in einem Quantencomputer theoretisch zu beschreiben. Dies ist ein wichtiger Baustein für dessen technologische Realisierung.

QTFLAG – Mit neuen theoretischen Methoden den Weg zum Quantencomputer ebnen

Aus den Beschränkungen der Monte-Carlo-Methoden ergibt sich das Ziel des QTFLAG-Projekts. Es soll ein neues quantenbasiertes experimentelles und theoretisches Werkzeug erforscht werden, um stark korrelierte Vielteilchen-Quantensysteme zu simulieren.

Da Eichtheorien grundsätzlich ein umfassendes theoretisches Rüstzeug liefern, können viele Phänomene im Bereich der Teilchen- und Festkörperphysik in diesem Rahmen beschrieben werden. Der Fokus dieses Projekts liegt im Bereich der Quantensimulation. Dazu werden verschiedene Ansätze, wie beispielsweise auf Basis einer mathematischen Beschreibung mittels Tensor-Netzwerken, erforscht.

Diese theoretischen Methoden haben aber allerdings nur einen praktischen Nutzen, wenn sie sich auch wirklich in einem Experiment umsetzen lassen. Deshalb arbeiten im QTFLAG-Projekt Theoretiker eng mit Experimentatoren in einem Forscherverbund zusammen. So werden die theoretische Methoden spezifisch angepasst und letztlich in unterschiedlichen Hardware-Plattformen – basierend auf kalten Atomen, gefangenen Ionen sowie supraleitenden Schaltkreise – implementiert. Bei erfolgreichem Projektverlauf wird ein effizienterer theoretischer Rahmen geschaffen worden sein, um Quantensimulationen in einer der Hardware-Plattformen durchzuführen. Dies kann als wichtiger Schritt auf dem

Weg zu einem skalierbaren Quantencomputer gewertet werden. Somit trägt das Projekt einen wichtigen Baustein dazu bei, aus den derzeitigen Visionen eines Quantencomputers tatsächlich Wirklichkeit werden zu lassen. Zu diesen Visionen zählen beispielsweise maßgeschneiderte Medikamente, beruhend auf optimierten Simulationen von Molekülstrukturen, oder auch eine verbesserte Verkehrssituation in den Innenstädten durch eine hochintelligente Steuerung des Verkehrsflusses.

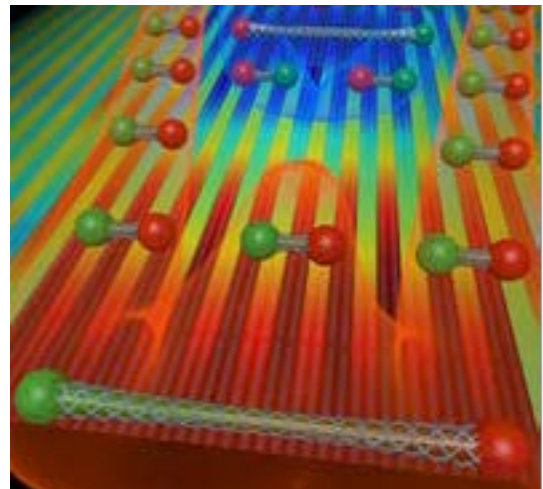


Bild 2: Simulation des sogenannten „string breaking“ mittels Tensor-Netzwerk-Algorithmus; veröffentlicht in T. Pichler, M. Dalmonte et al., Rev. X 6, 11023 (2016).
(Quelle: Universität des Saarlands)