

## Simulieren mit Quanten

- Quantensimulatoren eröffnen neue Einblicke in die Quantenwelt.
- Sie erlauben, Probleme zu lösen, an denen sich selbst Supercomputer die Zähne ausbeißen würden.
- Mit ihnen lassen sich völlig neue physikalische Systeme erschaffen.

Die erfolgreiche theoretische Beschreibung komplexer Quantensysteme mit sehr vielen Teilchen (Vielteilchensystemen) ist eine der großen Herausforderungen der Physik. Obwohl die grundlegenden Prinzipien der Quantenmechanik bekannt sind, kann das Zusammenspiel vieler Quantenteilchen oft nicht einmal näherungsweise beschrieben werden. Hier kommen Quantensimulatoren ins Spiel.

Die zentrale Idee ist das Nachbilden komplexer Quantensysteme aus sehr vielen Teilchen in bestens kontrollierten experimentellen Modellsystemen. Sie ermöglichen die Demonstration grundlegender

Effekte (z. B. die Bildung sogenannter Cooperpaare in Supraleitern) in Reinstform und eröffnen somit tiefe Einblicke in die Quantenmechanik dieser Systeme. Gleichzeitig lassen sich mit ihnen auch völlig neue, bisher noch nicht existierende, physikalische Systeme erschaffen.

Quantensimulatoren sind insbesondere für Untersuchungen in der Festkörperphysik, der Quantenchemie oder der Hochenergiephysik interessant, da dort oft viele Quantenteilchen miteinander wechselwirken. Prominente Vertreter sind ultrakalte Atome, speziell in optischen Gittern, Ionenfallen, supraleitende Schaltkreise, Halbleiter-Quantenpunkt-Gitter oder photonische Systeme. Dieser Idee folgt ebenso der sogenannte adiabatische Quantencomputer, der ähnliche technologische Herausforderungen stellt und die Forschung in beiden Richtungen befruchtet.

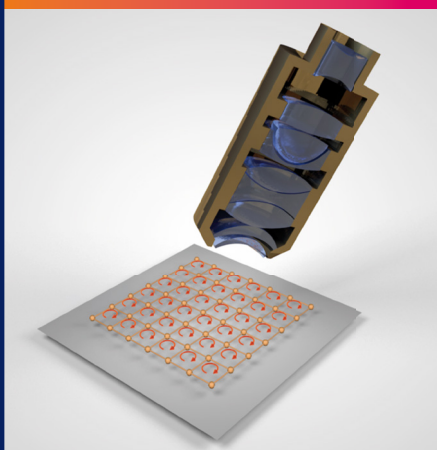


*„Quantensimulatoren sollen uns helfen, tiefe physikalische und praktische Einsichten in die Welt komplexer Systeme, Vielteilchensysteme aber auch Optimierungsaufgaben zu gewinnen“*

Dieter Meschede, Präsident der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

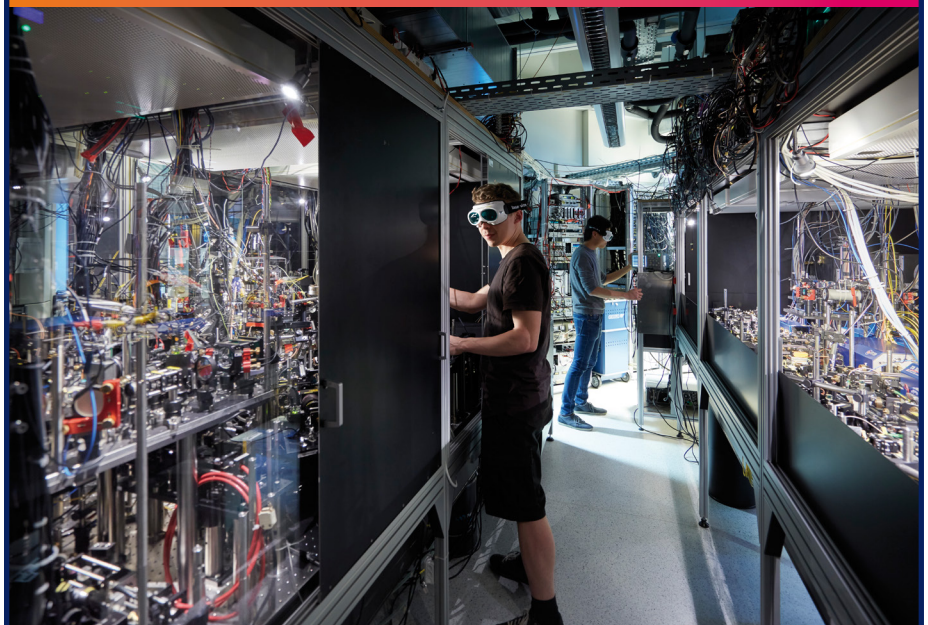
Im Gegensatz zu Quantencomputern, die ausschließlich feststehende Qubits nutzen – zum Beispiel Spins –, eignen sich Quantensimulatoren ebenso für bewegte Teilchen. Damit lässt sich beispielsweise die Dynamik von Vielteilchenproblemen simulieren, die sich nur schwer theoretisch beschreiben lassen. Dies erlaubt es Probleme zu lösen, deren numerische Berechnung selbst an Supercomputern zu rechenintensiv wäre.

Abb. 1



Quantensimulatoren ermöglichen insbesondere die genaue Untersuchung von komplexen Quanten-Vielteilchen Systemen, z.B. wechselwirkenden Elektronen in Festkörpern. Diese lassen sich dabei bis hin zu einzelnen Teilchen beobachten, und es lassen sich so komplexe Korrelationen und quantenmechanische Verschränkungen zwischen ihnen aufdecken. Bild: MPQ

Abb. 2



Labor am Max-Planck-Institut für Quantenoptik in Garching zur Quantensimulationen mit Rubidium Atomen in optischen Gittern und einem Quantengasmikroskop. Der optische Tisch auf der rechten Seite beherbergt nahezu ein Dutzend Laser zur Kühlung, Speicherung und Kontrolle der ultrakalten Atome. Das dort erzeugte Licht wird über Glasfasern zum linken Tisch geleitet, wo die Vakuumkammer des eigentlichen Experiments steht. Im Hintergrund die Elektronik zur Steuerung des Experiments, mit dem sich Quantensysteme aus hunderten von Atomen mit Einzelatomauflösung untersuchen lassen. Bild: MPQ/Jan Greune

# Deutsche Physikalische Gesellschaft

Die Deutsche Physikalische Gesellschaft e. V. (DPG), deren Tradition bis in das Jahr 1845 zurückreicht, ist die älteste nationale und mit mehr als 60.000 Mitgliedern auch die größte physikalische Fachgesellschaft weltweit. Sie versteht sich als Forum und Sprachrohr der Physik und verfolgt als gemeinnütziger Verein keine wirtschaftlichen Interessen. Die DPG unterstützt den Gedankenaustausch innerhalb der wissenschaftlichen Gemeinschaft mit Tagungen und Publikationen. Sie engagiert sich in der gesellschaftspolitischen Diskussion zu Themen wie Nachwuchsförderung, Chancengleichheit, Klimaschutz, Energieversorgung und Rüstungskontrolle. Sie fördert den Physikunterricht und möchte darüber hinaus allen Neugierigen ein Fenster zur Physik öffnen.

In der DPG sind Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, Studierende, Lehrerinnen und Lehrer, in der Industrie tätige oder einfach nur an Physik interessierte Personen ebenso vertreten wie Patentanwälte oder Wissenschaftsjournalisten. Gegenwärtig hat die DPG neun Nobelpreisträger in ihren Reihen. Weltberühmte Mitglieder hatte die DPG immer schon. So waren Albert Einstein, Hermann von Helmholtz und Max Planck einst Präsidenten der DPG.

Die DPG finanziert sich im Wesentlichen aus Mitgliedsbeiträgen. Ihre Aktivitäten werden außerdem von Bundes- und Landesseite sowie von gemeinnützigen Organisationen gefördert. Besonders eng kooperiert die DPG mit der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung.



## Die Quantentechnologie-Initiativen der EU und des BMBF

Im Rahmen des Programms Future and Emerging Technologies startete die Europäische Union im Jahr 2018 das Quantum-Flagship als eine der größten und ambitioniertesten Forschungsinitiativen. Das Quantum-Flagship ist mit einem Budget von einer Milliarde Euro ausgestattet und hat eine Laufzeit von zehn Jahren. Hauptziel der Initiative ist es, die wissenschaftliche Führung und Exzellenz Europas auf diesem Forschungsgebiet zu festigen und auszubauen sowie die quantenphysikalische Forschung vom Labor auf den Markt zu bringen.

Bereits im September 2018 beschloss die Bundesregierung darüber hinaus das Förder-Rahmenprogramm „Quantentechnologien – von den Grundlagen zum Markt“ mit einem Umfang von 650 Millionen Euro für Forschung und Entwicklung. Ziel ist, die Entwicklung der Quantentechnologien in Deutschland strategisch voranzutreiben. Deutsche Institute und Unternehmen sollen die sogenannte zweite Quantenrevolution maßgeblich mitgestalten und eine führende Rolle beim Transfer in die Anwendung und Vermarktung übernehmen. Das Rahmenprogramm definiert die Ausgangslage und skizziert Ziele und Maßnahmen bis 2022.



## Deutsche Physikalische Gesellschaft e. V.

Geschäftsstelle      Tel.: 02224 / 92 32 - 0  
Hauptstraße 5      Fax: 02224 / 92 32 - 50  
53604 Bad Honnef      E-Mail: [dpg@dpg-physik.de](mailto:dpg@dpg-physik.de)

Die Deutsche Physikalische Gesellschaft dankt Immanuel Bloch und Christian Gross vom Max-Planck-Institut für Quantenoptik, Garching für die wissenschaftliche Beratung.