

Pressemitteilung**Technische Universität Darmstadt****Silke Paradowski**

01.06.2023

<http://idw-online.de/de/news815326>Forschungsergebnisse, Wissenschaftliche Publikationen
Informationstechnik, Physik / Astronomie
überregionalTECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT**Optischer Effekt ermöglicht atomare Quantencomputer neuer Dimension****Darmstadt, 1. Juni 2023. Quantencomputer könnten bisher unlösbare Aufgaben knacken, lassen sich aber nicht ohne weiteres zu der dafür nötigen Größe ausbauen. Eine neue Technik eines Darmstädter Physikerteams könnte diese Hürde überwinden.**

Darmstädter Physiker haben eine Technik entwickelt, die eine der größten Hürden beim Bau eines praxisrelevanten Quantencomputers überwinden könnte. Sie nutzen dafür einen optischen Effekt, den der britische Fotopionier William Talbot schon 1836 entdeckte. Diesen Erfolg stellt das Team um Malte Schlosser und Gerhard Birkel vom Institut für Angewandte Physik der Technischen Universität Darmstadt in der Fachzeitschrift *Physical Review Letters* vor. Quantenrechner können bestimmte Aufgaben viel schneller lösen als selbst Supercomputer. Allerdings gibt es bislang nur Prototypen, die maximal wenige hundert „Qubits“ besitzen. So nennt man die elementaren Recheneinheiten von Quantencomputern. Vergleichbar sind sie mit den „Bits“ von klassischen Rechnern. Doch anders als Bits können Qubits die beiden Werte „0“ oder „1“ simultan verarbeiten, statt nur nacheinander, was Quantencomputer befähigt, sehr viele Berechnungen parallel auszuführen.

Für praktische Anwendungen, etwa die Optimierung komplexer Verkehrsflüsse, wären Quantenrechner mit vielen Tausenden, wenn nicht einigen Millionen Qubits nötig. Das Hinzufügen von Qubits verbraucht jedoch Ressourcen, etwa Laserleistung, was den Ausbau von Quantenrechnern bislang hemmt. Das Darmstädter Team hat nun gezeigt, wie sich mithilfe des optischen Talbot-Effekts die Zahl der Qubits von einigen hundert auf über zehntausend vergrößern lässt, ohne dass proportional dazu zusätzliche Ressourcen nötig wären.

Qubits können unterschiedlich realisiert werden. Techgiganten wie Google etwa nutzen künstlich hergestellte supraleitende Schaltelemente. Aber auch einzelne Atome eignen sich perfekt. Um diese gezielt ansteuern zu können, müssen die Einzelatom-Qubits in einem regelmäßigen Gitter, einem Schachbrett vergleichbar, festgehalten werden. In der Regel nutzen Physiker dafür ein „optisches Gitter“ aus regelmäßig angeordneten Lichtpunkten, das sich bildet, wenn Laserstrahlen sich kreuzen. „Will man die Zahl der Qubits um einen bestimmten Faktor erhöhen, muss man auch die Laserleistung entsprechend vergrößern“, erklärt Birkel.

Sein Team erzeugt das optische Gitter auf eine neuartige Weise. Es leuchtet mit nur einem Laser auf eine fingernagelgroße Fläche, auf der sich schachbrettartig winzige optische Linsen reihen. Jede Mikrolinse bündelt einen kleinen Teil des Laserstrahls, sodass sich eine Fläche aus Brennpunkten ergibt, die Atome aufnehmen können. Zusätzlich dazu ergibt sich der Talbot-Effekt, der bislang als störend galt: Die Ebene aus Brennpunkten wiederholt sich vielfach in gleichen Abständen, so genannte „Selbstbilder“ entstehen. So wird aus einem optischen Gitter in 2D eines in 3D, das ein Vielfaches der Lichtpunkte besitzt. „Das bekommen wir gratis“, sagt Malte Schlosser, Erstautor der Arbeit. Er meint, dass dafür keine zusätzliche Laserleistung nötig ist.

Die hohe Fertigungspräzision der Mikrolinsen führt zu sehr regelmäßig angeordneten Selbstbildern, sodass sich diese für Qubits nutzen lassen. Die Forscher konnten die zusätzlichen Ebenen tatsächlich mit individuellen Atomen beladen. Mit der gegebenen Laserleistung ergaben sich 16 solcher Gratis-Ebenen, was potenziell mehr als 10.000 Qubits ermöglicht. Mit herkömmlichen Lasern lasse sich die Leistung perspektivisch vervierfachen, sagt Schlosser. „Auch das Mikrolinsenfeld lässt sich weiter optimieren“, führt Birkel aus, etwa mit kleineren Linsen mehr Brennpunkte erzeugen. So seien absehbar auch 100.000 Qubits und mehr möglich. Die vom Team gezeigte Skalierbarkeit der Anzahl von Qubits stellt einen wichtigen Schritt hin zur Entwicklung praxistauglicher Quantencomputer dar.

Die Technologie sei nicht auf Quantencomputer alleine festgelegt, betont Schlosser. „Auch für hochpräzise optische Atomuhren wäre unsere Plattform potenziell nutzbar.“ Das Darmstädter Team will seine neue Qubit-Plattform weiterentwickeln und sieht eine Vielzahl von Anwendungsmöglichkeiten im Bereich der Quantentechnologien voraus.
Christian J. Meier

Über die TU Darmstadt

Die TU Darmstadt zählt zu den führenden Technischen Universitäten in Deutschland und steht für exzellente und relevante Wissenschaft. Globale Transformationen – von der Energiewende über Industrie 4.0 bis zur Künstlichen Intelligenz – gestaltet die TU Darmstadt durch herausragende Erkenntnisse und zukunftsweisende Studienangebote entscheidend mit.

Ihre Spitzenforschung bündelt die TU Darmstadt in drei Feldern: Energy and Environment, Information and Intelligence, Matter and Materials. Ihre problemzentrierte Interdisziplinarität und der produktive Austausch mit Gesellschaft, Wirtschaft und Politik erzeugen Fortschritte für eine weltweit nachhaltige Entwicklung.

Seit ihrer Gründung 1877 zählt die TU Darmstadt zu den am stärksten international geprägten Universitäten in Deutschland; als Europäische Technische Universität baut sie in der Allianz Unite! einen transeuropäischen Campus auf. Mit ihren Partnern der Rhein-Main-Universitäten – der Goethe-Universität Frankfurt und der Johannes Gutenberg-Universität Mainz – entwickelt sie die Metropolregion Frankfurt-Rhein-Main als global attraktiven Wissenschaftsraum weiter.

wissenschaftliche Ansprechpartner:

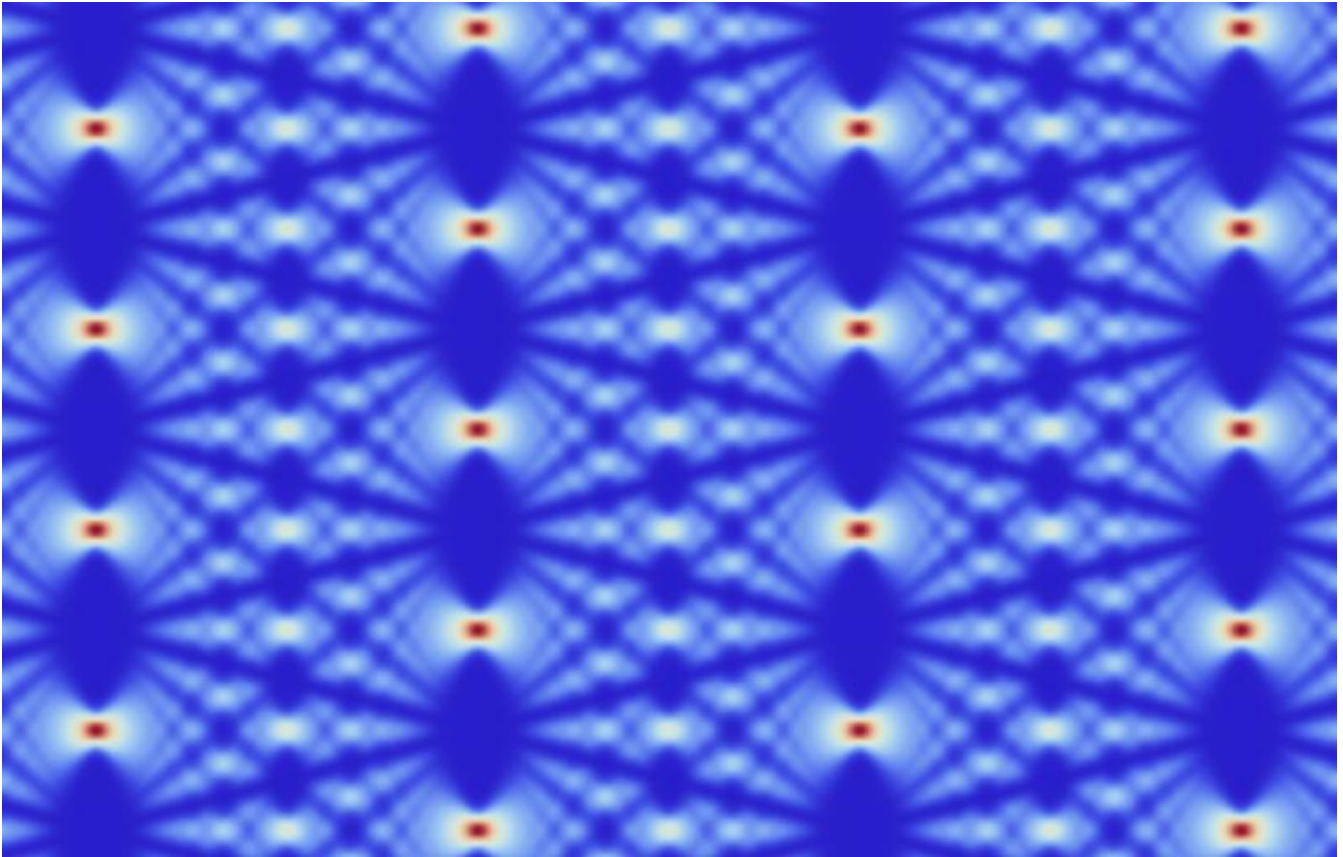
Prof. Dr. Gerhard Birkel
Institut für Angewandte Physik
gerhard.birkel@physik.tu-darmstadt.de

Dr. Malte Schlosser
Institut für Angewandte Physik
malte.schlosser@physik.tu-darmstadt.de

Originalpublikation:

Scalable Multilayer Architecture of Assembled Single-Atom Qubit Arrays in a Three-Dimensional Talbot Tweezer Lattice
Malte Schlosser, Sascha Tichelmann, Dominik Schäffner, Daniel Ohl de Mello, Moritz Hambach, Jan Schütz, and Gerhard Birkel

Phys. Rev. Lett. 130, 180601 – Published 5 May 2023
<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.130.180601>



Der Talbot-Effekt formt periodische Muster aus Laserlicht (Simulation). An den Punkten hoher Intensität (rot) können Einzelatom-Quantenbits gespeichert und verarbeitet werden.

TU Darmstadt/APQ

TU Darmstadt/APQ