

Hochdynamisches, optisches Pinzettenarray für das Quantum-Computing

Die Entwicklung der auf Neutralatomen basierenden Quantencomputerplattform hat in den letzten Jahren rasante Fortschritte gemacht. Der Ansatz basiert auf der Anordnung optischer Pinzetten (Optical Tweezer Array) und Rydberg-Gattern, dessen Skalierbarkeit einen deutlichen Vorteil gegenüber anderen Konzepten darstellt. Am Fraunhofer ILT wird hierfür eine Anordnung von 20 x 100 optischen Pinzetten entwickelt und realisiert, die eine räumliche Manipulation der Q-Bits in einer Raumrichtung zulässt.

Optikdesign

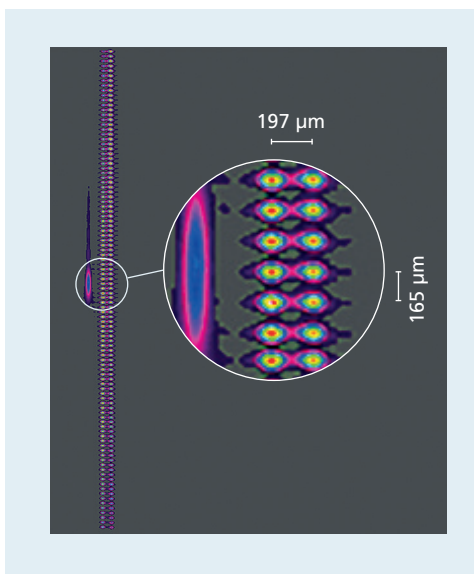
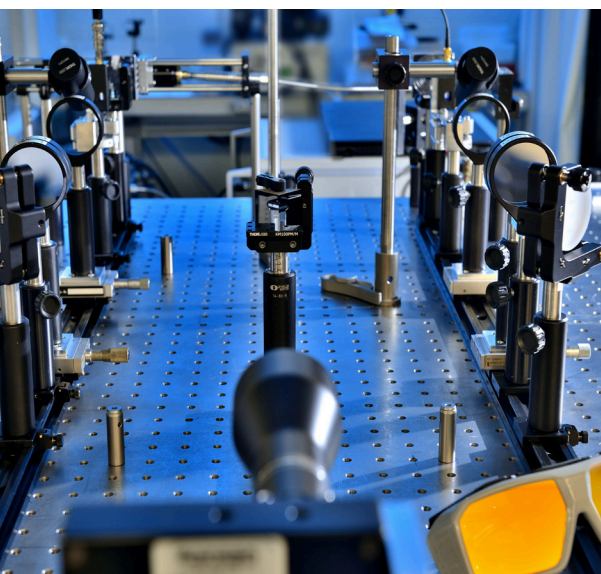
Mittels Raytracing-Simulationen wurde für den Projektpartner Universität Stuttgart im Rahmen des BMBF-Projekts QRydDemo (www.thequantumlaend.de) ein optisches System entwickelt, bei dem Laserstrahlung (592 nm) aus vier Singlemode-PC-Fasern auf 20 Kanäle aufgeteilt wird. Jeder Kanal enthält einen akusto-optischen Deflektor (AOD) zur Erzeugung einer Spalte von 100 Teilstrahlen. Die 20 Spalten werden räumlich zusammengeführt, sodass im Zwischenbild eine regelmäßige, telezentrische Anordnung von 2000 Laserfoki erzeugt wird. Das Zwischenbild wird durch eine zweistufige, telezentrische Relay-Optik um den Faktor 50 verkleinert in einer Vakuumkammer abgebildet. Hierdurch entsteht ein Array mit 20 x 100 regelmäßig angeordneten Laserfoki mit 1,2 µm Durchmesser

und 3,5 µm Abstand, das als optisches Pinzetten- bzw. als Rydberg-Atomfallen-Array genutzt wird. Dabei können die Abstände der Laserfoki in horizontaler Richtung durch Modulation des AOD-Steuersignals auf der Mikrosekunden-Zeitskala variiert werden, womit eine hochdynamische Q-Bit-Konnektivität realisiert wird.

Verifikation des optischen Modells

Die Vorhersagen des optischen Modells wurden zunächst an einem Demonstratorsystem überprüft, welches über zwei Spalten mit jeweils 100 Laserfoki im Zwischenbild verfügt. Durch eine ausführliche Charakterisierung des Demonstratorsystems konnten sowohl die erwarteten Eigenschaften der Laserfoki wie Durchmesser, Abstand und Telezentrie als auch die Robustheit des Gesamtsystems gegenüber Bauteiltoleranzen bestätigt werden. Das übergeordnete Forschungsprojekt QRydDemo wird im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung durchgeführt.

*Autor: Dr. Thomas Westphalen,
thomas.westphalen@ilt.fraunhofer.de*



*1 Labordemonstrator für die Erzeugung von 2 x 100 Laserfoki.
2 Gemessene Leistungsdichteverteilung in der Zwischenbildebene des Labordemonstrators (Linienabstand: 200 µm).*