

Projekt

Kompaktes, hochstabiles Lasersystem für Quanten- Informationsverarbeitung mit Calcium-Ionen (CaLas)

Koordinator:	Dr. Ronald Holzwarth Menlo Systems GmbH Am Klopferspitz 19 a 82152 Planegg Tel.: +49 89 189166-0 E-Mail: r.holzwarth@menlosystems.com
Projektvolumen:	ca. 4,0 Mio. € (Förderquote 83,1%)
Projektlaufzeit:	01.11.2018 – 31.10.2021
Projektpartner:	<ul style="list-style-type: none">➔ Menlo Systems GmbH, Planegg➔ LAYERTEC GmbH, Mellingen➔ Forschungsverbund Berlin e.V. – Ferdinand-Braun-Institut, Leibniz-Institut für Höchstfrequenztechnik, Berlin➔ SpaceTech GmbH, Immenstaad am Bodensee➔ Universität des Saarlandes – Lehrstuhl für Experimentalphysik – Quantum Photonics, Saarbrücken➔ Albert-Ludwigs-Universität Freiburg – Freiburger Materialforschungszentrum (FMF), Freiburg➔ X-ray Imaging Europe GmbH, Freiburg (assoziiert)

Die technische Grundlage für die Erschließung quantenphysikalischer Anwendungen

Die Erforschung neuer Quantentechnologien erfährt derzeit weltweit einen beträchtlichen Aufschwung. Dieser wird vor allem von den Erwartungen an die Leistungsfähigkeit des Quantencomputers gestützt. Doch auch andere Quantentechnologien versprechen erhebliche Fortschritte in den Bereichen Messtechnik, Sensorik, Medizintechnik oder Biotechnologie.

Die vielversprechendsten Anwendungen der Quantentechnologien sind jedoch kurzfristig nicht praktisch umzusetzen. Es fehlt hierfür die erforderliche Gerätetechnik, die in großen Teilen erst entwickelt werden muss. Die genutzten Quantenphänomene reagieren sehr empfindlich auf äußere Einflüsse und sind daher sehr kurzlebig. Ihre Bereitstellung und Kontrolle ist mit einem beträchtlichen apparativen Aufwand verbunden. Selbst dort, wo man bereits grundlegende Funktionen nachweisen konnte, ist die technische Beherrschung der Quantensysteme noch viel zu kostspielig und zu wenig robust für eine praktische Nutzung. Es gilt daher, in enger Zusammenarbeit zwischen den Herstellern der technischen Ausrüstungen und den Forschern in den Labors neue Geräte für den Einsatz in den Quantentechnologien zu entwickeln. Stabile und kostengünstige Systeme sollen die Aussichten auf eine erfolgreiche wirtschaftliche Nutzung der Quanteneffekte erheblich verbessern. Eine wesentliche Zielstellung der geförderten Projekte liegt darin, einheimische Unternehmen dabei zu unterstützen, sich als weltweit führende Ausrüster für Forschung und Entwicklung zu etablieren.



Bild 1: Die apparative Beherrschung von Quantenphänomenen für neue Anwendungen ist derzeit noch sehr kostenintensiv und benötigt hochqualifiziertes Personal. (Quelle: iStock.com/ Maartje van Caspel)

Leistungsfähige Informationstechnologien mittels Quantentechnologien

Quantentechnologien erlauben potenziell wesentlich leistungsfähigere Computer; Quantennetzwerke schaffen eine bessere Abhörsicherheit in der Kommunikation. Die Funktionsweisen sind hier jedoch prinzipiell anders als die herkömmlicher digitaler Rechner und Netzwerkinfrastrukturen. Zur gezielten Entwicklung und Anwendung der Quanten-Informationstechnologie (Q-IT) werden daher neue Technologien benötigt. Zu diesem Zweck werden derzeit häufig Ionenfallen eingesetzt. In einer Ionenfalle wird ein einzelnes Ion (ein sehr kleines positiv geladenes Teilchen) gezielt eingefangen. Die Eigenschaften des eingefangenen Ions können anschließend, z. B. durch einen Laser, definiert manipuliert werden. Dabei eignen sich Ionenfallen nicht nur zu direktem Quantenrechnen und zu Quantensimulationen, sondern auch zum Aufbau von Quantennetzwerken, da die gespeicherte Information in Laserlicht kodiert und versendet werden kann. Alle drei Teilbereiche der Q-IT (Computing, Simulation und Netzwerk) werden einen sehr großen gesellschaftlichen Einfluss haben: So haben Quantensimulatoren erhebliches Potenzial bei der Beantwortung von Fragen in der Grundlagenforschung. Insgesamt wird von der Q-IT weltweit eine rasante Entwicklung erwartet; verschiedene Marktstudien gehen bis 2024 von einem ca. zehn Milliarden Euro großen Markt aus.

Kompaktes und wartungsfreies Lasersystem für die Quanten-Informationstechnologie

Eine Herausforderung auf dem Weg zu einem kommerziellen Quantencomputer oder Simulator, der mit gespeicherten Ionen arbeitet, ist ein sehr aufwendiges Lasersystem. Dieses Lasersystem ist zur Kühlung der Ionen sowie zur Durchführung der Manipulation des Ions nötig. Aufgrund der Größe und der Komplexität der benötigten, aktuell verfügbaren Lasersysteme beschränkt sich die Verbreitung eines Ionenfallen-Quantencomputers bisher auf Forschungslabore. Die derzeitigen Systeme füllen üblicherweise den Großteil eines Laborraums aus. Damit verhindert das Fehlen eines kompakten und wartungsfreien Lasersystems eine breitere und schnellere Entwicklung der Q-IT und stellt ein massives Hindernis auf dem Weg zur Kommerzialisierung von Quantencomputern dar.

Ziel des Verbundvorhabens CaLas ist es, ein kompaktes, zuverlässiges und automatisiertes Lasersystem für die Q-IT zu erforschen und zu entwickeln. Das System soll derart konzipiert werden, dass sogar ein komplett in einem Rack montierter Ionenfallen-Quantencomputer denkbar wird. Möglich wird das geplante Lasersystem durch das Zusammenführen mehrerer sehr junger Entwicklungen auf den Gebieten der Diodenlaser, der Kristallzucht, der optischen Resonatoren und der optischen Frequenzkämme. Das Lasersystem wird für den Betrieb von Q-IT mit Calcium-Ionen ausgelegt.

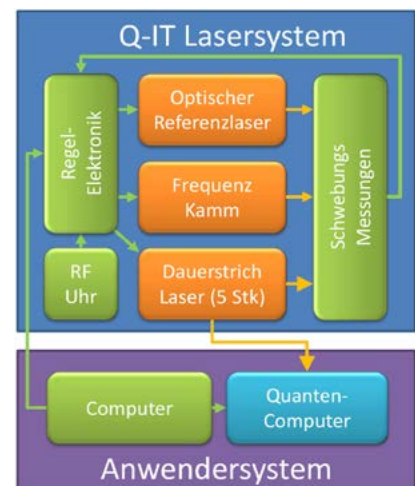


Bild 2: Schematische Ansicht des Lasersystems zum Betrieb eines Calcium-Quantencomputers. (Quelle: Menlo Systems GmbH)