

## sQore

Squeezed photons for quantum computing with integrated linear resonators

<b>Programm / Ausschreibung</b>	Quantenforschung (QFTE), Quantenforschung und -technologie (QFTE), QFTE 2020 national	<b>Status</b>	abgeschlossen
<b>Projektstart</b>	01.11.2021	<b>Projektende</b>	30.04.2023
<b>Zeitraum</b>	2021 - 2023	<b>Projektlaufzeit</b>	18 Monate
<b>Keywords</b>	quantum computing		

### Projektbeschreibung

Fehlertolerante universelle Quantencomputer erfordern die Initialisierung, kohärente Manipulation und anschließende Detektion von Millionen empfindlicher Quanteninformationsträger, so genannter Qubits. Die Skalierung von Quantenprozessoren auf diese Größe gilt, gelinde gesagt, als äußerst schwierig.

Multimodige verschränkte Zustände (Cluster) aus gequetschtem Licht sind ein relativ neuer Zugang zu Quantencomputing. Da dieser Ansatz Quanteninformation im kontinuierlichen Phasenraum (Amplituden- und Phasenquadrat des elektromagnetischen Feldes) kodiert, wird er als Quantencomputing mit kontinuierlichen Variablen (CV) bezeichnet. CV-Cluster-States bilden die bisher einzige Plattform mit experimentell verifizierter Skalierbarkeit. Es wurden bereits Cluster-States mit bis zu einer Million verschränkten Moden erfolgreich demonstriert, wobei es praktisch keine Hindernisse gibt, noch größere Zahlen zu erreichen. Die letzten Jahre haben eine Reihe weiterer experimenteller und theoretischer Meilensteine hervorgebracht, die CV-Quantencomputing von einem Nischenbereich zu einem schnell wachsenden Feld vorantreiben.

Trotz dieser jüngsten Fortschritte steht CV-Quantencomputing vor mehreren technologischen Herausforderungen und Anforderungen, die auf dem Weg zum fehlertoleranten universellen und vor allem skalierbaren Quantencomputer erfüllt werden müssen. Zu den wichtigsten dieser Anforderungen gehören:

- Erhöhung des optischen Quetschens, um fehlertolerante Quantenfehlerkorrektur zu ermöglichen,
- Chip-Integration von mehreren identischen Quellen zur Erzeugung von gequetschtem Licht, um ein skalierbares und ressourcenschonendes Quantencomputing zu realisieren.

In diesem Projekt werden diese Probleme in Angriff genommen. Der Kernpunkt von sQore ist die Herstellung von optischen linearen Resonatoren, welche zur Gänze in ein Quantencomputer-Chip co-integriert werden. Die Struktur des integrierten linearen Resonators sowie die dafür nötigen Reinraumprozesse wurden bereits in eine europäische Patentanmeldung aufgenommen. Mit der Unterstützung von Xanadu, einem weltweit renommierten Unternehmen für Chip-basierte photonische Quantencomputer, wird der Antragsteller eine Reihe von Innovationen umsetzen, die das Ziel eines skalierbaren, robusten und effizienten Quantencomputers ein großes Stück näherbringen. Integrierte lineare Resonatoren könnten eine Effizienzsteigerung um 2-3 Größenordnungen im Vergleich zu Ringresonatoren in herkömmlichen

experimentellen Aufbauten von Quantencomputern erzielen. Weiterhin können integrierte optische Resonatoren revolutionäre Beiträge in den Feldern Quantenkommunikation, LIDAR und ultrapräzise Spektroskopie leisten.

## **Abstract**

Fault-tolerant universal quantum computing requires the initialisation, coherent manipulation and subsequent detection of millions of fragile quantum-information carriers, so-called qubits. Scaling quantum processors to this size is very difficult, to say the least.

Multimode entangled squeezed states (clusters) of light are a relatively young approach to quantum computing. Since this approach encodes quantum information in continuous phase space (amplitude and phase quadrature of the electromagnetic field), it is referred to as continuous-variable (CV) quantum computing. CV cluster states constitute the only platform so far with experimentally verified scalability. Cluster states of up to a million entangled modes were successfully demonstrated in the past with virtually no obstacles to reach even higher numbers. The recent few years have brought up a series of further experimental and theoretical milestones that advanced CV quantum computing from a niche area to a rapidly growing field.

Despite these very recent advancements (in more detail described in the main text), CV quantum computing faces several technological challenges and requirements that need to be fulfilled on the path to fault-tolerant universal quantum computing. The most prominent of these requirements include:

- increase of optical squeezing to allow for fault-tolerant quantum error correction,
- chip integration of multiple and identical squeezed light sources to enable scalable and resource-saving quantum computing.

This project addresses these issues. The core of sQore is the production of optical linear resonators, which are completely integrated into a quantum computer chip. The structure of the linear resonator and the corresponding cleanroom processes to fabricate those, have already been purchased in a European patent application. With the support of Xanadu, a world-renowned company for chip based photonic quantum computing, the applicant will realize a plethora of innovations that might bring scalable, robust, and efficient quantum computers a major step closer. Integrated linear resonators allow an increase in efficiency of 2-3 orders of magnitude compared to ring resonators that are nowadays used in photonic chip based quantum computers. Furthermore, integrated optical resonators can also make revolutionary contributions in the fields of quantum communication, LIDAR and ultra-precise spectroscopy.

## **Projektpartner**

- Österreichische Akademie der Wissenschaften