

Projekt

Robuste, skalierbar hochverschränkte Photonenquellen und -detektoren als Plug&Play (QSource)

Koordinator:

Dr.-Ing. Erik Beckert
Fraunhofer IOF
Albert-Einstein-Str. 7
07745 Jena
Tel.: +49 3641 807-338
E-Mail: erik.beckert@iof.fraunhofer.de

Projektvolumen:

ca. 3,1 Mio. € (Förderquote 68,3%)

Projektlaufzeit:

01.12.2018 – 31.03.2023

Projektpartner:

- ➔ TOPTICA Photonics AG, Gräfelfing
- ➔ Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik (IOF), Jena
- ➔ Qioptiq Photonics GmbH & Co. KG, Göttingen
- ➔ Jena-Optronik GmbH, Jena

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)

Sichere und verlustarme Datenübertragung mittels Quantentechnologien

Photonen (Lichtteilchen) sind eine Grundlage der Quantentechnologie und eignen sich exzellent für die Quantenkommunikation. Diese ermöglicht eine absolut sichere Datenübertragung, die auf den Grundlagen der Quantenphysik beruht. Jeder Versuch, die Kommunikation mitzuhören, zerstört die quantenmechanische Beziehung der Photonen – die sogenannte Verschränkung – und kann daher sofort bemerkt werden.

Bisher werden bei verschränkten Photonen vorwiegend binäre Freiheitsgrade verwendet – also Freiheitsgrade mit nur zwei möglichen Zuständen, man sagt auch in zwei Dimensionen, wie z. B. die Polarisation der Lichtteilchen. Dies begrenzt die Menge an übertragener Information pro Photon stark. Diese Beschränkung gilt auch für das Austauschen des Schlüssels („Keys“), der für eine sichere Verschlüsselung im Rahmen des quantenbasierten Schlüsselaustauschs („Quantum Key Distribution – QKD“) notwendig ist. Im Vorhaben QSource werden nun Freiheitsgrade genutzt, die höher dimensionale Zustände aufweisen. Als Beispiel sei hier der Drehimpuls (englisch: orbital-angular-momentum, kurz: OAM) von Photonen genannt, der prinzipiell unendlich viele Dimensionen besitzen kann. Damit lassen sich mit einem einzelnen Photon im Prinzip sehr viele Informationen auf einmal übertragen. Ziel des Vorhabens QSource ist es, robuste und stabile Quellen und Detektoren für OAM-Photonen zu erforschen und aufzubauen, um die Eignung von OAM-Photonen im Labor und vor allem für reale Einsatzmöglichkeiten erstmals zu zeigen. Langfristig soll dadurch eine abhörsichere und schnelle Datenübertragung mittels Quantenkommunikation ermöglicht werden.

Realisierung einer Photonenquelle und eines Detektors für die sichere Quantenkommunikation

Im Verbundprojekt QSource werden neue stabile Montage- und Packaging-Technologien für die optomechanischen und optoelektronischen Komponenten untersucht, die den Aufbau einer stabilen OAM-Photonenquelle sowie eines entsprechenden OAM-Detektors ermöglichen. Basierend auf einem Labormodell für Quelle und Detektor werden verschiedene Design-, Packaging- und Integrationstechnologien analysiert. Im Vorhaben soll so eine Photonenquelle (bspw. ein sogenannter Pumplaser) und ein Detektor (bspw. eine Zähl Elektronik) für die Quantenkommunikation realisiert werden. Letztlich wird über eine kurze Freistrahilverbindung (Aussendung von Photonen aus der Quelle und Analyse mittels Detektor) die prinzipielle Eignung des Gesamtsystems gezeigt. Dieser Nachweis wird bereits ein Quantenkommunikationsprotokoll basierend auf einer Verschränkung in bis zu vier Dimensionen nutzen.

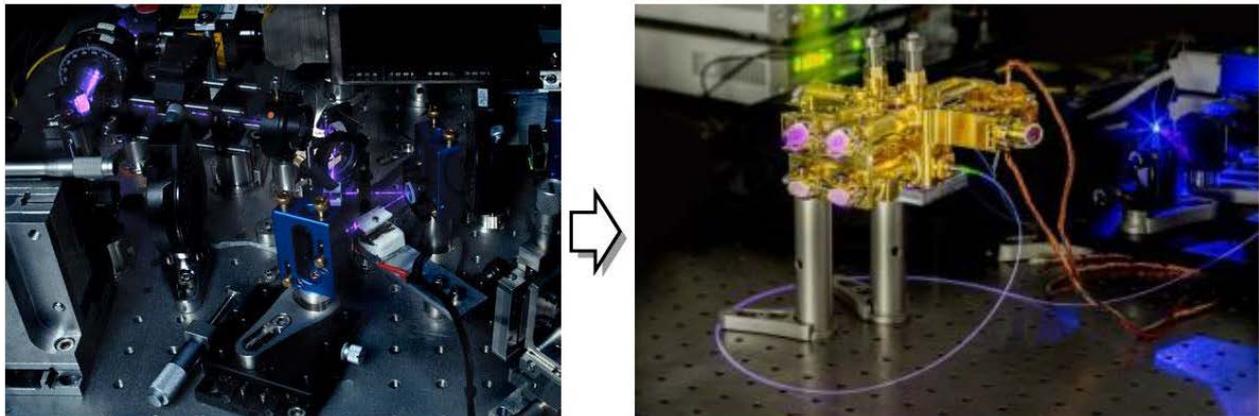


Bild 2: (links) Laboraufbau zur Entwicklung von Photonenquellen (Quelle: IQOQI Wien); (rechts) kompakte verschränkte Photonenquelle zum Einsatz in einer Satellitenverbindung (Quelle: Fraunhofer IOF)