

## [Q|L] COMS

Quantum & Laser Communication Modelling Software

<b>Programm / Ausschreibung</b>	SDT, SDT-Förderung , Go Digital	<b>Status</b>	laufend
<b>Projektstart</b>	01.04.2025	<b>Projektende</b>	28.02.2026
<b>Zeitraum</b>	2025 - 2026	<b>Projektlaufzeit</b>	11 Monate
<b>Keywords</b>	Quantum Communication; Laser Communication; Optical Free-Space Communication; Simulation Software; Adaptive Optics; Single-Photon Simulation		

### Projektbeschreibung

#### 1. Ausgangssituation/Motivation:

Die wachsende Digitalisierung und Vernetzung steigert den Bedarf an schnellen und zuverlässigen Kommunikationslösungen. Terrestrische Infrastrukturen stoßen jedoch in Bereichen wie Latenz, Abdeckung und Krisenresilienz an ihre Grenzen. Satellitengestützte laserbasierte Kommunikation bietet hierfür eine vielversprechende Lösung, doch die Planung solcher Systeme erfordert verlässliche Simulationstools. Derzeit gibt es keine umfassend validierte Software für die realistische Simulation von Freistrah-Laserkommunikation.

#### 2. Ziele und Innovationsgehalt:

Ziel des Projekts ist die Entwicklung von [Q|L] COMS, einer Simulationssoftware für optische Freiraumkommunikation, die physikalische Freiheitsgrade wie Zeit, Phase und Polarisation realitätsnah simuliert. Die Software wird in bestehende Systeme integrierbar, modular und skalierbar sein, um eine flexible Anpassung an unterschiedliche Anwendungsgebiete zu ermöglichen. Sie schließt eine Marktlücke und erschließt ein wachsendes Geschäftsfeld für Laser- und Quantenkommunikation.

#### 3. Angestrebte Ergebnisse:

Am Ende des Projekts wird [Q|L] COMS marktreif sein (TRL 8). Die Software wird für die Planung und den Betrieb von Satellitenkonstellationen sowie terrestrischen Richtfunkverbindungen eingesetzt und dabei helfen, Kommunikationskapazitäten verlässlich zu simulieren. Dies ermöglicht Anwendern, Kosten zu senken und Planungsrisiken zu minimieren.

### Abstract

#### 1. Initial situation/motivation:

The growing digitalization and networking increases the need for fast and reliable communication solutions. However, terrestrial infrastructures are reaching their limits in areas such as latency, coverage and crisis resilience. Satellite-based laser-based communication offers a promising solution for this, but the planning of such systems requires reliable simulation

tools. There is currently no comprehensively validated software for the realistic simulation of free-space laser communication.

## 2. Objectives and innovative content:

The aim of the project is to develop [Q|L] COMS, a simulation software for optical free-space communication that realistically simulates physical degrees of freedom such as time, phase and polarization. The software will be integrable into existing systems, modular and scalable to enable flexible adaptation to different areas of application. It closes a gap in the market and opens up a growing business area for laser and quantum communication.

## 3. Expected results:

At the end of the project, [Q|L] COMS will be ready for the market (TRL 8). The software will be used for the planning and operation of satellite constellations and terrestrial microwave links and will help to reliably simulate communication capacities. This enables users to reduce costs and minimize planning risks.

## **Endberichtkurzfassung**

Die fortschreitende Digitalisierung steigert den Bedarf an schnellen und zuverlässigen Kommunikationslösungen. Terrestrische Systeme wie Glasfaser und 5G stoßen jedoch hinsichtlich Latenz, Abdeckung, Flexibilität und Krisenresilienz an Grenzen. Satellitengestützte Kommunikation, insbesondere Laserkommunikation, bietet hier deutliche Vorteile, darunter höhere Bandbreiten, geringere Interferenzen, Energieeffizienz, Einsparung von Lizenzkosten sowie die Möglichkeit, Quantenkryptographie global einzusetzen. Unternehmen wie SpaceX, OneWeb, Amazon und die EU-Kommission entwickeln bereits entsprechende Satellitenkonstellationen.

Da die Entwicklung solcher Systeme kostenintensiv ist, gewinnen realitätsnahe Simulationen der Kommunikationskapazitäten stark an Bedeutung. Laserkommunikation stellt jedoch ein relativ neues Forschungsfeld dar, und validierte Simulationssoftware ist bisher kaum verfügbar.

Das Projekt [Q|L] COMS adressierte eine bestehende Marktlücke durch die Entwicklung einer modularen, skalierbaren und integrativen Simulationsinfrastruktur für Freistrahlkommunikation zwischen Satelliten, Bodenstationen und terrestrischen Knoten. Der Schwerpunkt lag dabei nicht auf einzelnen Simulationsmodellen, sondern auf einer robusten, produktionsreifen Plattform, die eine realitätsnahe und parallele Ausführung komplexer Simulationen ermöglicht. Innerhalb der Simulationen wurden zeitliche, phasensensitive sowie polarisationsbasierte physikalische Freiheitsgrade berücksichtigt. Die Software baut auf bereits validierten Forschungsmodulen auf und wurde im Rahmen des Projekts auf Technology Readiness Level (TRL) 8 weiterentwickelt.

Die technische Architektur ist serviceorientiert und konsequent auf Skalierbarkeit, Sicherheit und Integrationsfähigkeit ausgelegt. Zentrale Komponenten sind ein API-Gateway zur kontrollierten und abgesicherten Nutzung der Simulationsdienste, eine containerisierte Ausführungsumgebung auf Basis von Docker sowie eine interne Orchestrierungslogik zur horizontalen Skalierung der Simulationsdienste. Obwohl kein Kubernetes-Cluster eingesetzt wird, folgt die Architektur bewusst denselben Designprinzipien, insbesondere der Entkopplung von Diensten, der stateless Ausführung von Simulationsinstanzen und der Skalierung in Abhängigkeit der Last.

Simulationen werden asynchron verarbeitet und können parallel und effizient ausgeführt werden, indem mehrere containerisierte Simulatorinstanzen gleichzeitig betrieben werden. Die gesamte Kommunikation ist durchgehend abgesichert (SSL/TLS), interne Dienste sind voneinander isoliert, und der externe Zugriff erfolgt ausschließlich über definierte Schnittstellen. Eine REST-basierte API ermöglicht die einfache Integration der Simulationsinfrastruktur in bestehende Systeme und Arbeitsabläufe, sowohl in Forschungs- als auch in industriellen Anwendungskontexten.

## **Projektpartner**

- Quantum Technology Laboratories GmbH