

## InnQOGniTo

Innsbruck Quantum Optical Ground Station Telescope

<b>Programm / Ausschreibung</b>	Quantum Austria 1. Ausschreibung (2022)	<b>Status</b>	laufend
<b>Projektstart</b>	01.10.2022	<b>Projektende</b>	31.12.2025
<b>Zeitraum</b>	2022 - 2025	<b>Projektlaufzeit</b>	39 Monate
<b>Keywords</b>	Quantenkommunikation; Quantenschlüsselverteilung; Quantenmetrologie; Optische Satellitenkommunikation		

### Projektbeschreibung

Quantenkommunikation ist ein schnell wachsendes Forschungsgebiet und mit der Quantenschlüsselverteilung war es die erste Quantentechnologie ist eine erste Anwendung kommerziell erhältlich, dennoch bleibt die Nachfrage gering. Nachdem inzwischen viele Probleme wie die fehlende Standardisierung und Integration in herkömmliche Kommunikationsnetzwerke beseitigt wurden, scheint sich das zu ändern. Zusätzlich gibt es erste, kleine Quantencomputer und damit ein wachsendes Interesse an Quantenkommunikation, weil Quantencomputer schlussendlich nicht nur klassisch kommunizieren können. Für alle Teilbereiche der Quantenkommunikation ist die Hauptschwierigkeit der Verlust von Licht, der exponentiell mit der Entfernung wächst und das Signal-Rausch-Verhältnis reduziert. In Glasfasernetzwerken schränkt das die nützlichen Übertragungstrecken auf einige zehn Kilometer ein. Auch wenn weiterhin aktiv an sogenannten Quantenrepeatern geforscht wird, ist es wohl noch einige Jahre hin, bis solche praktisch verfügbar werden.

Schon vor langer Zeit wurde erkannt, dass wie in der klassischen Kommunikation Satelliten weltumspannende Verbindungen ermöglichen. Obwohl auch beim Durchgang durch die Atmosphäre viel Licht verloren geht, ist dieser Verlust nahezu unabhängig von der Entfernung zwischen den beiden Endpunkten der Kommunikation auf der Erdoberfläche. Das gilt sowohl für das Szenario eines Satelliten als vertrauenswürdigen Knoten gilt als auch für jenes wo der Satellit verschränkte Photonen an die Endpunkte aussendet.

Satellitenbasierte Quantenkommunikation braucht (quanten-) optische Bodenstationen und üblicherweise sind die Übertragungsverluste umso geringer je größer die Sende- und Empfängerteleskopen sind. Die Bodenstationen müssen allerdings fast immer in der Nähe der Nutzer oder Forschungslabore situiert sein. An der Universität Innsbruck gibt es bedeutende Aktivitäten in der Quantenkommunikation und mit Quantencomputern. Die Lage der Universität im Inntal ist allerdings der optischen Satellitenkommunikation aufgrund von Wetter, Luft- und Lichtverschmutzung und durch den nahegelegenen Flughafen abträglich.

Daher schlagen wir vor die Bodenstation „Innsbruck Quantum Optical Ground Station Telescope“ (InnQOGniTo) auf einem nahegelegenen Berg zu errichten, wodurch sich alle genannten Probleme bessern oder sogar lösen. Unser bevorzugter Standort wäre das Hafelekar in der Nähe der Seilbahnstation und dem Victor-Franz-Hess Observatorium zur Erforschung der kosmischen Strahlung, das die Universität Innsbruck dort in 2265 m Seehöhe seit über 90 Jahren betreibt. InnQOGniTo wäre komplementär zu Bodenstationen in Wien und Graz und zu jenen die für Mitteleuropa im Rahmen der SAGA-CON Mission der

Europäischen Weltraumagentur ESA geplant sind.

InnQOGniTo wäre nicht nur Innsbrucks Tor zur geplanten Europäischen Quantenkommunikationsinfrastruktur (EuroQCI), sondern würde auch bahnbrechende Experimente ermöglichen, wie z. B. die Verschränkung zweier voneinander weit entfernt gefangener atomarer Ionen, atmosphärische und astrophysikalische Quantensensorik und eine Reihe von Quantenkommunikationsszenarien. Zusätzlich würde hochauflösende Spektroskopie mit dem Multi-Fokus-Teleskop es erlauben, quantenmechanische ab-initio Berechnungen atomarer Daten durch Beobachtungen zu überprüfen zur Modellierung des Strahlungstransports in astrophysikalischen Plasmen.

Schließlich bietet InnQOGniTo hervorragende Gelegenheiten für die Öffentlichkeitsarbeit und Wissenschaftskommunikation, wodurch wir der Gesellschaft vermitteln wollen, welche Möglichkeiten und Entwicklungen Quantentechnologien bieten werden.

## **Abstract**

Quantum communication is a quickly growing research field and with quantum key distribution (QKD) first commercial applications are already available, yet the level of adoption remains low. Now that many problems such as standardization and integration into regular network protocol stacks are solved this appears to be changing. In addition, with the advent of small quantum computers – academic and commercial – quantum communication sees increased interest, because eventually quantum computers will need to communicate via quantum channels.

For all areas of quantum communication, the main difficulty is the loss of light, which increases exponentially with distance and lets the signal-to-noise ratio decrease. In networks based on optical fibres this limits useful quantum communication to distances of a few tens of kilometres. While work on true quantum repeaters continues, useful ones will most likely not be available anytime soon.

It has long been recognized that as for classical communication, globe-spanning connections can be facilitated by satellites. Even though the loss of light going through the atmosphere is also high, it is essentially independent of the distance between the two points on the surface that want to communicate. This is true for the two main scenarios, the first where the satellite is a trusted node in QKD and the second where the satellite distributes entanglement.

Satellite-based quantum communication needs (quantum) optical ground stations (QOGS) and in most cases the link loss will be lower for larger telescopes that transmit or receive the photons to or from the satellite. Of course, these ground stations need to be in the vicinity of labs or users. The University of Innsbruck is very active in quantum computing and quantum communication and this activity is centred at its Campus Technik. Innsbruck's geographical situation in the Inn valley is quite detrimental to the idea of satellite-based quantum communication, because of the surrounding mountain ranges, local weather phenomena, air- and light pollution, and the airport.

Therefore, we propose to establish the Innsbruck Quantum Optical Ground Station Telescope - InnQOGniTo on a nearby mountaintop location, where all the mentioned restrictions are lifted or improved. Our preferred site is Hafelekar, where near the cable car station at 2265 m elevation the university has been operating an observatory for cosmic radiation for over 90 years. InnQOGniTo would complement similar stations in Vienna and Graz and those that are planned in central Europe by the SAGA-CON mission of the European Space Agency.

InnQOGniTo would not only serve as Innsbruck's gateway to the planned European Quantum Communication Infrastructure (EuroQCI), but enables ground-breaking experiments that endeavour to entangle far remote trapped ions, perform atmospheric and astrophysical quantum sensing, and test other free-space quantum communication scenarios. Moreover, high-resolution spectroscopy with the multi-foci telescope would facilitate atomic data from quantum-mechanical ab-initio computations to be tested observationally for radiative transfer calculations for astrophysical plasmas.

In addition, InnQOGniTo would be a prime tool for science outreach to schools and the general public, and thus fulfil the educational goal of making society aware of the possibilities and opportunities quantum technologies will bring about.

### **Projektpartner**

- Universität Innsbruck