

Quantennetzwerke

Neue Möglichkeiten für abhörsichere Kommunikation

Sichere Kommunikation ist für moderne digitale Infrastrukturen unverzichtbar. Mit zunehmender Rechenleistung und der Entwicklung von Quantencomputern kommen klassische Verschlüsselungsmethoden an ihre Grenzen. Quantennetzwerke bieten grundlegend neue Möglichkeiten: Kryptografische Schlüssel werden mithilfe einzelner Photonen verteilt, wobei die Gesetze der Quantenphysik die Sicherheit gewährleisten.

Am KIT entwickeln Forscher essenzielle Technologien, die für die praktische Verwirklichung der Quantenkommunikation erforderlich sind. Dazu gehören spezielle Lichtquellen, Tieftemperatur-Kältesysteme zur Stabilisierung von Quantenzuständen sowie Glasfaserverbindungen, welche die Übertragung von Quantensignalen über große Entfernungen ermöglichen.

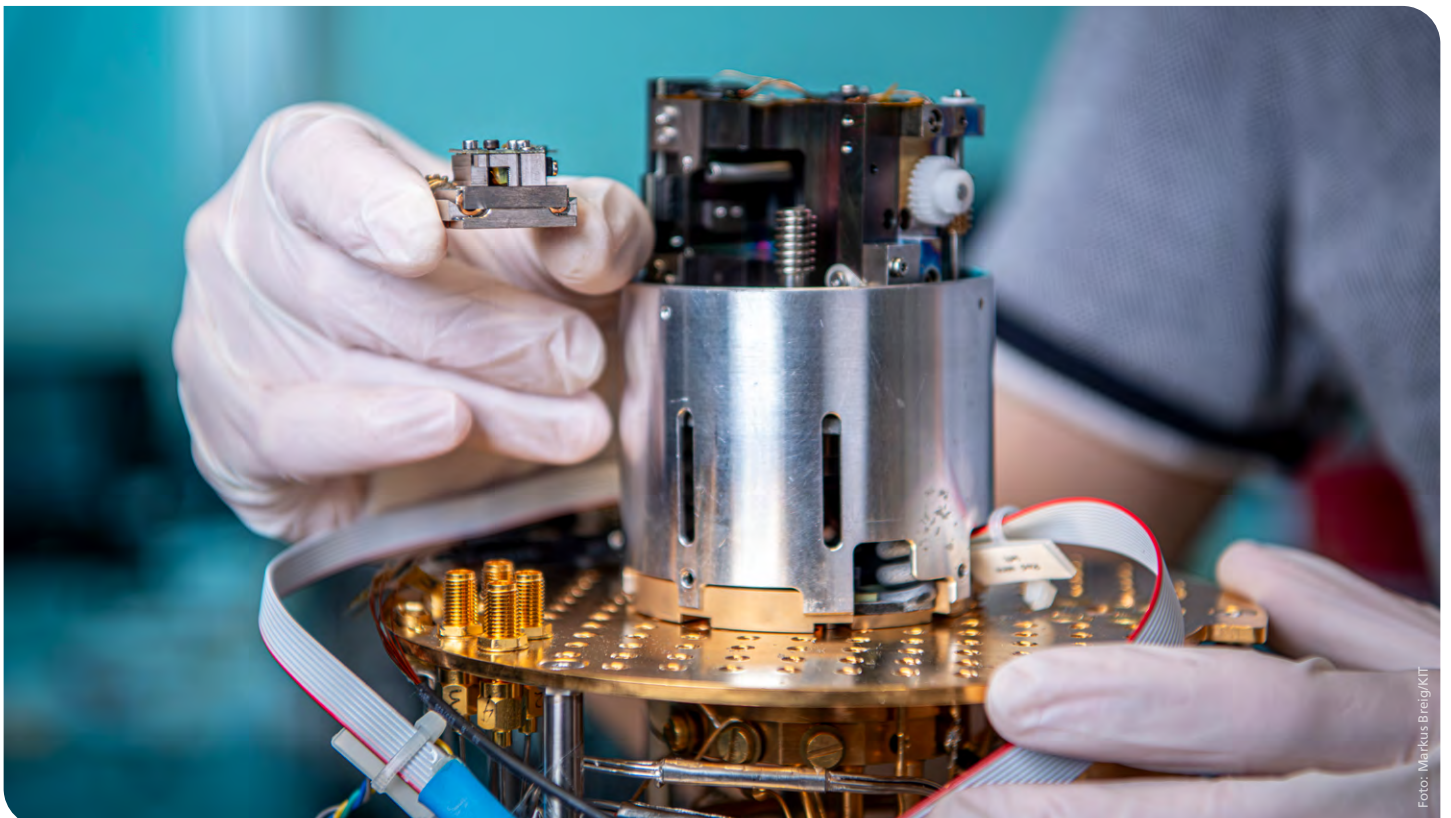
Herausforderung: Photonenverlust mit zunehmender Entfernung

Quantenschlüsselverteilung (QKD) ermöglicht eine nachweislich sichere Kommunikation, indem sie Informationen in Quantenzu-

stände von Licht kodiert. Jeder Abhörversuch stört diese Zustände zwangsläufig und wird daher sofort bemerkt. Allerdings gehen Photonen, die über Glasfaser übertragen werden, mit zunehmender Entfernung exponentiell verloren. Nach einigen Hundert Kilometern ist eine direkte Übertragung nicht mehr praktikabel. Im Gegensatz zu klassischen Signalen lassen sich Quantenzustände nicht verstärken, ohne die kodierten Informationen zu zerstören.

„Lösung: Quantenrepeater“

Die Realisierung von Quantennetzwerken über große Entfernungen erfordert den Einsatz von Quantenrepeatern, in denen robuste, optisch adressierbare Quantenspeicher eine zentrale Rolle spielen. Quantenrepeater unterteilen lange Kommunikationsverbindungen in kürzere Segmente und speichern Quanteninformationen in Zwischenknoten. Eine am KIT entwickelte Plattform integriert Festkörper-Quantenemitter in fasergekoppelte optische Mikroresonatoren der Qlibri GmbH. Dieses Unternehmen hat sich auf resonatorbasierte Quantenschnittstellen spezialisiert. Der Resonator verbessert die



Kryogene Quantenplattform: Verdünnungskryostat mit fasergekoppelter Mikroresonatorplattform.



Sichere Kommunikation in Gefahr: Ein leistungsstarker Angreifer versucht, die Kommunikationsverbindung abzuhören.

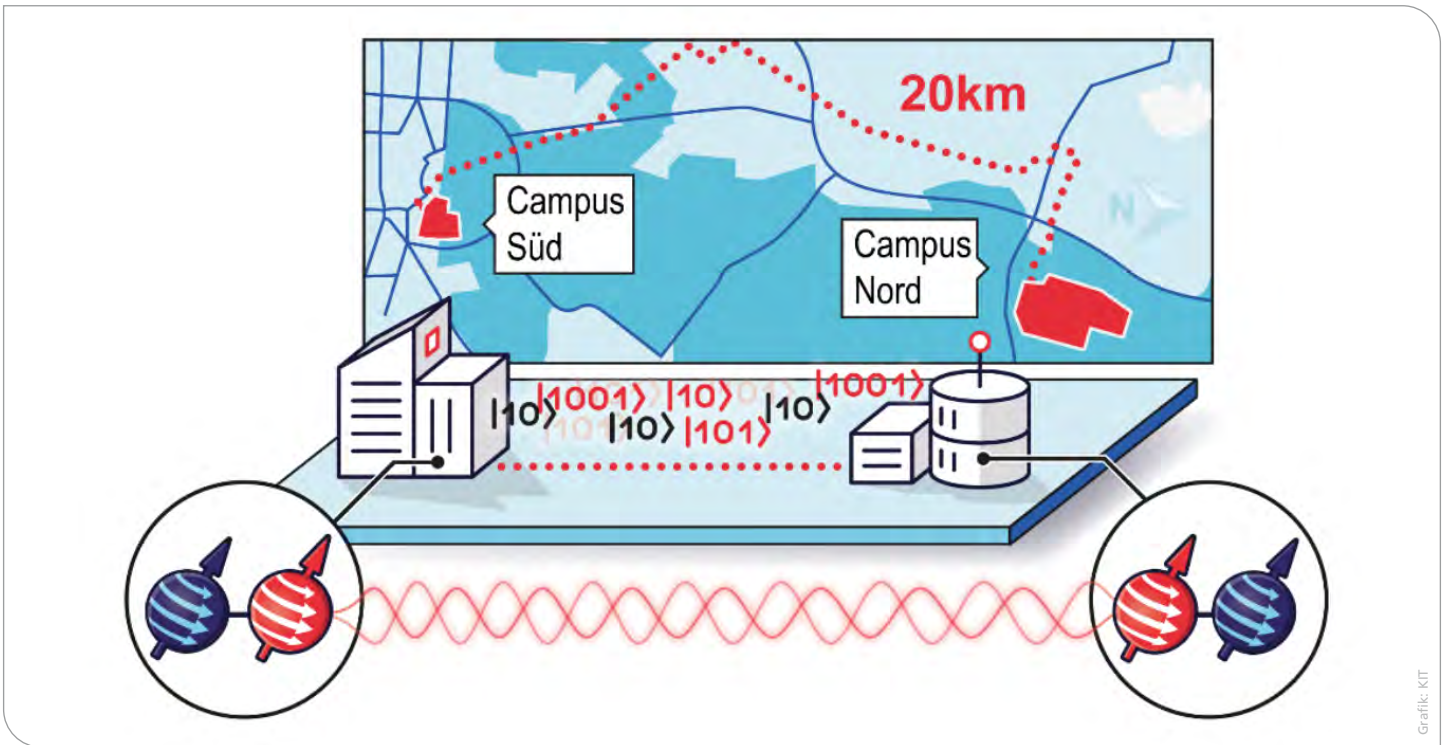
Licht-Materie-Wechselwirkung, indem er Photonen auf ultrakleine

optische Modenvolumina beschränkt und so die Kopplungseffizienz erhöht. Der Betrieb bei extrem tiefen Temperaturen wird durch

einen Verdünnungskryostaten ermöglicht, entwickelt von der Qinu GmbH, einem Spin-off-Unternehmen des KIT mit Schwerpunkt auf kompakten Tieftemperatur-Kältesystemen. Die kryogene Umgebung unterdrückt thermisches Rauschen und ermöglicht langlebige Spin-zustände, die als Quantenspeicher fungieren.

Glasfaser-Testverbindung

Eine am KIT zwischen Campus Nord und Campus Süd installierte Telekommunikations-Glasfaserverbindung dient als realer Teststandort für Quantenkommunikationsexperimente. Diese Verbindung ermöglicht, die Übertragung einzelner Photonen, die Dämpfung, die Synchronisation und die Umweltstabilität unter realistischen Bedingungen zu untersuchen. Anhand solcher Demonstrationen im Feldmaßstab verbindet das KIT die Grundlagenforschung in der Quantenphysik mit der Entwicklung von zukünftig einsetzbaren Quantenkommunikationsinfrastrukturen.



Campus-Testverbindung: Glasfaserbasierte Quantenkommunikationsverbindung zwischen dem Campus Nord und dem Campus Süd des KIT.

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
 Physikalisches Institut (PHI)
 Institut für QuantenMaterialien und Technologien (IQMT)

Prof. Dr. David Hunger
 Wolfgang-Gaede-Str. 1
 76131 Karlsruhe
 Tel.: +49 721 608-43510
 E-Mail: david.hunger@kit.edu
 Web: www.phi.kit.edu

Prof. Dr. Wolfgang Wernsdorfer
 Hermann-von-Helmholtz-Platz 1
 76344 Eggenstein-Leopoldshafen
 Tel.: +49 721 608-43510
 E-Mail: wolfgang.wernsdorfer@kit.edu
 Web: www.phi.kit.edu

Karlsruher Institut für Technologie (KIT) · Präsident Professor Dr. Jan S. Hesthaven · Kaiserstraße 12 · 76131 Karlsruhe