

# PRESSEMELDUNG

-----  
**PRESSEMELDUNG**

28. Juli 2023 || Seite 1 | 9  
-----

## **Initiative QuNET: Der hochsicheren Quantenkommunikation wieder ein Stück näher** *Quantenschlüssel erfolgreich zwischen zwei Punkten mit Kombination aus Freistrah- und Faserverbindungen ausgetauscht*

Jena

**Forschende aus Jena, Berlin, Erlangen-Nürnberg und Wessling haben erfolgreich Quantenschlüssel zwischen zwei Punkten mit einer Kombination aus Freistrah- und Faserverbindungen unter Alltagsbedingungen ausgetauscht. Auf einer heterogenen Teststrecke in Jena erreichten sie bei Tageslicht Schlüsselübertragungsraten im Kilobit-Bereich pro Sekunde. Umgesetzt wurde das Experiment im Rahmen der QuNET-Initiative, einem vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Pilotprojekt zur Entwicklung hochsicherer Kommunikationssysteme basierend auf Quantentechnologien.**

Die Kommunikation der Zukunft soll mithilfe von Lichtteilchen sicherer werden. Dafür setzt sich die vom BMBF ins Leben gerufene [Initiative QuNET](#) ein. Auf dem Weg dorthin haben die Partner der Initiative – das Max-Planck-Institut für die Physik des Lichts, die Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, das DLR Institut für Kommunikation und Navigation sowie die beiden Fraunhofer-Institute für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF und das Heinrich-Hertz-Institut HHI – nun einen wichtigen Schritt genommen: Mit einem Schlüsselexperiment haben sie gezeigt, wie sich mehrere quantengesicherte Punkt-zu-Punkt-Verbindungen realisieren und kombinieren lassen für zukünftige skalierbare quantensichere Netze. Dabei kombinierten sie nicht nur Übertragungen von Quantenschlüsseln via Freistrah- und Faserverbindungen, sondern erzielten zugleich bei Tageslicht Übertragungsraten im Kilobit-Bereich pro Sekunde.

»Ein Ziel des Schlüsselexperimentes war es, den Austausch von Quantenschlüsseln in heterogenen ad-hoc Links bei Tageslicht zu demonstrieren«, erklärt Dr. Thorsten Goebel, Koordinator im QuNET Office am Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF. »Heterogen bedeutet in diesem Fall, dass wir Quantenschlüssel zwischen zwei Punkten mit einer Kombination aus Freistrah- und Faserverbindungen austauschen zur Überbrückung von Glasfaserlücken. Und das Ganze noch dazu mit ad-hoc-Charakter, also einem möglichst schnellen Etablieren der Verbindung.«

### **Teststrecke über zwei Kilometer im urbanen Raum Jena**

---

#### **Pressekontakt Fraunhofer IOF**

**Desiree Haak** | Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF | Telefon +49 3641 807-803 |  
Albert-Einstein-Straße 7 | 07745 Jena | [www.iof.fraunhofer.de](http://www.iof.fraunhofer.de) | [desiree.haak@iof.fraunhofer.de](mailto:desiree.haak@iof.fraunhofer.de)

---

**PRESSEMELDUNG**28. Juli 2023 || Seite 2 | 9

---

Im konkreten Fall haben die Forschenden eine quantengesicherte Verbindung auf einer knapp zwei Kilometer langen Teststrecke in Jena hergestellt. Auf dieser wurde der Quantenschlüsselaustausch in zwei Etappen umgesetzt: Los ging die Reise auf dem [Dach der Stadtwerke Jena](#). Dort steht ein grüner Container, in dessen Bauch sich ein Teleskop zum Senden von Quantenschlüsseln befindet. Von hier fliegen Lichtteilchen, welche die Grundlage zur Generierung eines hochsicheren Quantenschlüssels bilden, zuerst über 1,7 Kilometer Luftlinie via Freistrahlfeld hinüber zum Beutenberg Campus Jena. Dort werden sie auf dem Außengelände des Fraunhofer IOF von einer Empfangsstation in einem weiteren Container aufgefangen. Von diesem Zwischenknotenpunkt aus wird das Signal in eine Faserleitung eingespeist und über 300 Meter Faser an ein dem Institut benachbartes Gebäude weitergeleitet. Dort wird aus den Messungen an den Lichtteilchen schlussendlich ein Quantenschlüssel erzeugt.

Selbst für den Fall größerer Übertragungsstrecken, also wenn ein direkter Austausch von Quantenschlüsseln nicht möglich ist, haben die Forschenden vorgesorgt: Durch geeignete Kombination von Schlüsseln an vertrauenswürdigen Zwischenstationen entlang dieser längeren Strecken wird der Schlüsselaustausch über noch größere Distanzen möglich.

### **Mobile Quantenverbindung erlaubt das Überbrücken von Glasfaserlücken**

»Unser Schlüsselexperiment demonstriert damit, wie es durch die Kombination mehrerer Verbindungen gelingen kann, Glasfaserlücken zu überwinden, also Strecken, die durch das Fehlen von Leitungen eine vollständig faserbasierte Übertragung unmöglich machen«, erklärt Dr. Goebel weiter. »Ein oft genanntes Beispiel wäre hier ein Gipfeltreffen in ländlichen Regionen mit lückenhafter Glasfaserinfrastruktur.« Doch auch natürliche Grenzen, wie die Überbrückung etwa eines Flusses, sind ein denkbare Anwendungsszenario für eine kurzzeitig herzustellende Punkt-zu-Punkt-Verbindung zwischen Sender und Empfänger.

Ein weiterer wichtiger Aspekt des Experimentes ist sein mobiler Charakter. Die beiden von den Forschenden genutzten Quanten-Container, auch QuBUSe genannt, sind grundsätzlich transportabel. Sie ließen sich also zum Beispiel mit einem Fahrzeug an einen beliebigen Ort bringen und könnten dort, je nach Bedarf, eine quantengesicherte Verbindung herstellen. Auf diese Weise lässt sich Quantenkommunikation an den vielfältigsten Orten umsetzen.

### **Forschende erzielen Schlüsselgenerierungsraten im Kilobit-Bereich**

Mit ihrem Experiment erreichten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler Schlüsselgenerierungsraten im Kilobit-Bereich pro Sekunde, selbst bei direkter Mittagssonne. Auch damit erzielten die Forschenden ein wichtiges Kriterium für den praktischen Einsatz, denn intensive Sonneneinstrahlung beeinträchtigt üblicherweise den Austausch von quantenbasierten Schlüsseln. In vielen Experimenten wurden die

Quantenschlüssel daher bei Nacht ausgetauscht und für die Kommunikation bei Tage vorgespeichert. Durch die Entwicklung spezieller Filter ist nun auch eine Schlüsselgenerierung bei Tage möglich.

-----  
**PRESSEMELDUNG**

28. Juli 2023 || Seite 3 | 9  
-----

Ein Teilaspekt dieses Experimentes war außerdem die Demonstration des hybriden Quantenschlüsselaustauschs. Dabei werden verschiedene Protokolle zum Schlüsselaustausch gleichzeitig implementiert, was somit die Agilität der entwickelten Infrastruktur, insbesondere der QuBUS-Plattform, hinsichtlich der verwendeten Protokolle aufzeigen konnte. Dies ist wichtig, da die Entwicklung des Quantenschlüsselaustauschs noch viele Erweiterungs-Möglichkeiten bietet und diese nicht durch die verwendete Infrastruktur eingeschränkt werden sollten. Somit ist auch die entwickelte Infrastruktur zukunftssicher und kann ohne größere Anpassungen für beliebige Protokolle des Quantenschlüsselaustauschs verwendet werden.

Hierfür wurden auch Protokolle für den Quantenschlüsselaustausch erprobt, die anstatt einzelner Lichtteilchen die elektrischen Felder vermessen. Die Forschenden konnten zeigen, dass dieser Ansatz, der der Technologie der klassischen Telekommunikation sehr nahekommt, selbst bei fluktuierenden Übertragungskanälen der Freistrahilverbindung bei Tageslicht für den Quantenschlüsselaustausch ohne zusätzliche Filter geeignet ist.

### **Erste quantengesicherte Videokonferenz bereits 2021 realisiert**

Das Experiment in Jena ist die zweite öffentliche Demonstration der Technologieentwicklung in der QuNET Initiative: Bereits im August 2021 hatten die QuNET-Forschenden erfolgreich eine [quantengesicherte Videokonferenz zwischen zwei Bundesbehörden](#) realisiert. Damals wurde eine Verbindung zwischen dem Bundesministerium für Bildung und Forschung und dem Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) umgesetzt.

### **Kontakt QuNET Office**

Dr. Thorsten Goebel  
Koordination QuNET Office  
Fraunhofer IOF

Telefon: +49 (0) 3641 807 - 406

E-Mail: [thorsten.albert.goebel@iof.fraunhofer.de](mailto:thorsten.albert.goebel@iof.fraunhofer.de) / [qunet-office@iof.fraunhofer.de](mailto:qunet-office@iof.fraunhofer.de)

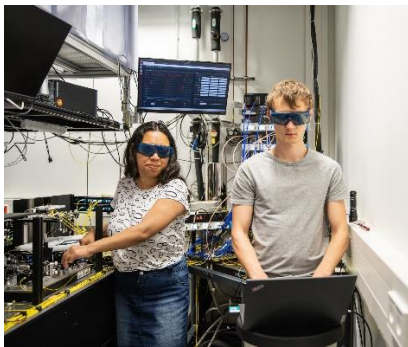
---

## Pressebilder

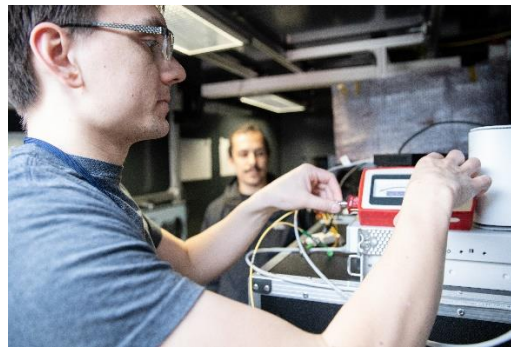
## PRESEMELDUNG

28. Juli 2023 || Seite 4 | 9

Folgendes Bildmaterial finden Sie im Pressebereich des Fraunhofer IOF unter <https://www.iof.fraunhofer.de/de/presse-medien/pressemitteilungen.html> zum Download.



Vom Labor raus in die Anwendung: Das QuNET-Schlüsselexperiment erprobt hybride Punkt-zu-Punkt-Verbindungen unter realen Bedingungen. © Fraunhofer IOF



In der Initiative QuNET arbeiten Forschende der Fraunhofer- sowie der Max-Planck-Gesellschaft mit dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt sowie der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg zusammen. © Fraunhofer IOF



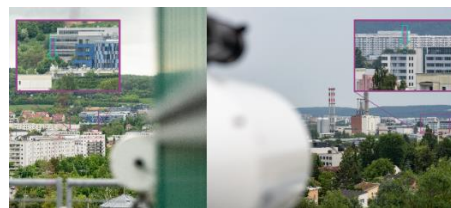
Das Experiment in Jena ist die zweite öffentliche Demonstration der Technologieentwicklung in der QuNET-Initiative. © Fraunhofer IOF



Zum Austausch der Quantenschlüssel via Freistrahllink kommt ein spezielles Metallspiegelteleskop zum Einsatz. © Fraunhofer IOF



Ein grüner Container auf dem Dach der Jenaer Stadtwerke beherbergt das Teleskop zum Senden der Quantenschlüssel. Das Fraunhofer IOF liegt in 1,7 Kilometern Luftlinie Entfernung.  
© Fraunhofer IOF



Das linke Bild zeigt die Perspektive vom Dach der Stadtwerke in Richtung des Fraunhofer IOF mit einer Vergrößerung des Empfangscontainers (QuBUS). Das rechte Foto zeigt die entgegengesetzte Perspektive: vom QuBUS in Richtung der Stadtwerke mit einer Vergrößerung des dortigen Containers. © QuNET



Auf dem Dach des QuBUS, der auf dem Gelände des Fraunhofer IOF steht, befindet sich die Einheit zum Empfang der Quantenschlüssel, die via Freistrahllink von den Stadtwerken Jena geschickt werden.  
© Fraunhofer IOF



Im Inneren des QuBUS auf dem Beutenberg Campus werden die über Freistrahllink gesendeten Quantenschlüssel anschließend in eine Glasfaserverbindung eingekoppelt und weitergeleitet.  
© Fraunhofer IOF

-----  
**PRESSEMELDUNG**

28. Juli 2023 || Seite 5 | 9  
-----



Das Außengelände des Fraunhofer IOF mit eingezeichneter Freistrahlförderung (blaue Linie) zwischen den Stadtwerken Jena (hier nicht im Bild) und der Faserföderung (rote Linie), die in das Quantenlabor im Abbe Centre of Photonics föhrt, welches dem Fraunhofer-Institut benachbart ist. Dort werden im Quantenlabor die Lichtteilchen nach insgesamt zwei Kilometern hybrider Übertragung in einen Quantenschlüssel umgewandelt.

© Fraunhofer IOF



Luftbildaufnahme am Beutenberg Campus: An der Markierung »Rx« befindet sich die Empfangsstation (QuBUS) auf dem Gelände des Fraunhofer IOF. Die blaue Linie symbolisiert hier die 300 Meter lange Faserföderung zum benachbarten Abbe Centre of Photonics. © Google Maps / QuNET

-----  
**PRESSEMELDUNG**

28. Juli 2023 || Seite 6 | 9  
-----

## Zahlen und Fakten zur Initiative QuNET

Start:	Herbst 2019
Laufzeit:	7 Jahre
Fördermittelgeber:	Bundesministerium für Bildung und Forschung
Volumen:	125 Millionen Euro Föderung (geplant)
Beteiligte Partner:	Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF, Fraunhofer Heinrich-Hertz-Instituts (HHI), Max-Planck-Institut für die Physik des Lichts (MPL), DLR-Institut für Kommunikation und Navigation, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU)
Webseite	<a href="https://www.qunet-initiative.de/">https://www.qunet-initiative.de/</a>



## Fragen und Antworten zur Initiative QuNET



-----  
**PRESSEMELDUNG**

28. Juli 2023 || Seite 7 | 9  
-----

### Warum diese Initiative?

Immer leistungsfähigere digitale Technologien wirken auf die Datennetzwerke von heute ein und sind zunehmend eine Gefahr für die Sicherheit der kritischen Infrastruktur der modernen Informationsgesellschaft. Hinzu kommt die voranschreitende Entwicklung der Quantencomputer. Mit der Fähigkeit, eine Vielzahl von möglichen Optionen gleichzeitig zu berechnen und zu analysieren, werden nicht nur neue Chancen, sondern auch Risiken geschaffen. Viele der zurzeit weit verbreiteten Kernbestandteile der Verschlüsselung, auf denen die Sicherheit fußt, lassen sich damit brechen. Daher müssen vor allem Regierungsorganisationen, das Gesundheitssystem und sicherheitskritische Unternehmen ihre Sicherheitsinfrastrukturen überdenken und erneuern.

### Was ist das Ziel der Initiative?

Primäres Ziel von QuNET ist die anwendungsorientierte Entwicklung der physikalisch-technischen Grundlagen sowie der notwendigen Technologien für hochsichere Kommunikationsnetze unter realen Bedingungen unter Nutzung der Quantenphysik. Dabei steht zunächst die praktische Anwendung für eine quantensichere Vernetzung, beispielsweise von Behörden im Vordergrund. Doch QuNET ermöglicht mehr als nur sichere Kommunikation: Die perspektivischen Anwendungen der Übertragungen von Quantenzuständen reichen bis hin zu vernetzten Quantencomputern, dem sogenannten Quanteninternet.

### Wie ist der Stand der Technik bei der Quantenkommunikation?

Quantenkommunikation bietet viele Einsatzmöglichkeiten zum Wohl der Wirtschaft und der Gesellschaft. Davon ist der Quantenschlüsselaustausch (QKD) eines der wohl am besten untersuchten und international am weitesten fortgeschrittenen Beispiele.

### Wie funktioniert Quantenverschlüsselung?

Die Quantenverschlüsselung macht sich die Eigenschaft jedes einzelnen Quantenteilchen zunutze, dass es nicht durch Messung vollständig charakterisiert und damit auch nicht perfekt kopiert werden kann. So erzeugt z. B. eine Quantenquelle Lichtpulse mit variablen Eigenschaften, die zwischen zwei Orten ausgetauscht werden. Aus den Ergebnissen einer quantenmechanischen Messung kann eine Manipulation oder ein Abhören der Lichtpulse erkannt werden. Darauf aufbauend lässt sich ein Schlüssel erzeugen, der nur dem Sender und Empfänger bekannt ist und der für eine Verschlüsselung genutzt werden kann. Dieses Verfahren ist auch gegen alle zukünftigen Angriffe durch einen Quantencomputer sicher. Um größere Distanzen zu überwinden, können Satelliten mit Quantenquellen die Quantenschlüssel über interkontinentale Distanzen erzeugen, oder die in Entwicklungen befindlichen Quantenrepeater (vgl. das BMBF-Projekt QR.X) genutzt werden.

### Welche Forschungsinstitute sind an der Initiative beteiligt?

Das **Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF** mit Sitz in Jena forscht an der Weiterentwicklung von Licht als Mittel zur Lösung unterschiedlichster Fragestellungen und



Anwendungsszenarien. Die Arbeit des 1992 gegründeten Forschungsinstituts konzentriert sich daher auf die anwendungsorientierte Forschung an der Lichtenstehung, Lichtführung und Lichtmessung. Gemeinsam mit Forschenden aus der Grundlagenforschung und Industrie entstehen innovativen Lösungen, die in der Wissenschaft und Wirtschaft einen technologischen Vorteil bedeuten und für die Photonik neue Anwendungsfelder erschließen.

---

**PRESSEMELDUNG**

28. Juli 2023 || Seite 8 | 9

---

Innovationen für die digitale Gesellschaft von morgen stehen im Mittelpunkt der Forschungsarbeit des **Fraunhofer Heinrich-Hertz-Instituts (HHI)** in Berlin. Dabei ist das 1928 gegründete Institut weltweit führend in der Erforschung von mobilen und optischen Kommunikationsnetzen und -systemen sowie der Kodierung von Videosignalen und Datenverarbeitung. Gemeinsam mit internationalen Partnern aus Forschung und Industrie arbeitet das Fraunhofer HHI im gesamten Spektrum der digitalen Infrastruktur – von der grundlegenden Forschung bis zur Entwicklung von Prototypen und Lösungen. Das Institut trägt signifikant zu den Standards für Informations- und Kommunikationstechnologien bei und schafft neue Anwendungen als Partner der Industrie.

Das **Max-Planck-Institut für die Physik des Lichts (MPL)** in Erlangen deckt ein breites Forschungsspektrum ab, darunter nichtlineare Optik, Quantenoptik, Nanophotonik, photonische Kristallfasern, Optomechanik, Quantentechnologien, Biophysik und – in Zusammenarbeit mit dem Max-Planck-Zentrum für Physik und Medizin – Verbindungen zwischen Physik und Medizin. Das MPL wurde im Januar 2009 gegründet und ist eines der über 80 Institute der Max-Planck-Gesellschaft, die Grundlagenforschung in den Natur-, Bio-, Geistes- und Sozialwissenschaften im Dienste der Allgemeinheit betreiben. Heute arbeiten knapp 400 Menschen aus rund 40 Nationen am Institut. Die Forscherinnen und Forscher verfügen zum Teil über jahrzehntelange Erfahrung im Bereich der Quantenkommunikation. Dabei verwenden sie auch Telekom-Technologie für den Austausch von Quantenschlüsseln, was erlaubt, die Verfahren schnell kommerziell zu nutzen. Darüber hinaus untersucht das Institut seit mehr als zehn Jahren, wie sich die Schlüssel am Boden mit Laserlicht über mehrere Kilometer übertragen lassen (Freistrahlsverbindung genannt) oder per Satellit über größere Distanzen. Dabei ist das MPL – auch in Zusammenarbeit mit der nationalen Industrie – an vielen großen nationalen und internationalen Projekten maßgeblich beteiligt.

Das **DLR-Institut für Kommunikation und Navigation** widmet sich der missionsorientierten Forschung in ausgewählten Bereichen der Kommunikation und Navigation. Seine Arbeiten reichen dabei von den theoretischen Grundlagen bis hin zur Demonstration neuer Verfahren und Systeme im realen Umfeld und sind in die DLR-Programme Raumfahrt, Luftfahrt, Verkehr, Digitalisierung und Sicherheit eingebettet. Das Institut beschäftigt derzeit rund 200 Mitarbeitende, darunter 150 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, an den Standorten Oberpfaffenhofen und Neustrelitz. Das Institut erarbeitet Lösungen zur globalen Vernetzung von Mensch und Maschine, zur hochpräzisen und zuverlässigen Positionierung für zukünftige Navigationsanwendungen sowie Verfahren für autonome und kooperative Systeme im Verkehr und in der Exploration. Darüber hinaus befasst sich das Institut mit der Cybersicherheit. Zu den Schwerpunkten in diesem Bereich zählen u. a. die Post-Quantum-Kryptografie und die Übertragung von Quantenschlüsseln per Satellit.

Die **Friedrich-Alexander-Universität (FAU)** wurde 1743 gegründet und ist die drittgrößte Universität in Bayern. Die innovationsstarke Universität bietet ein breites Fächerspektrum an. Das





forschungsstarke Department Physik betreibt eine enge Kooperation mit dem Max-Planck-Institut für die Physik des Lichts (MPL). Der 2022 im Rahmen der Hightech Agenda Bayern gegründete Lehrstuhl für Optische Quantentechnologien beschäftigt sich mit den Grundlagen der Quanteninformation und der Implementierung von Quanten-Protokollen. Diese Forschungsgruppe ist ein wichtiger Partner in zahlreichen nationalen und internationalen Projekten zur Quantenkommunikation.

-----  
**PRESSEMELDUNG**

28. Juli 2023 || Seite 9 | 9  
-----