

PRESSEINFORMATION

23. Januar 2025 || Seite 1 | 5

Erster Knoten für das Quanteninternet der Zukunft

Pünktlich zum Start des Internationalen Jahres der Quantenwissenschaft und -technologie 2025 der UNESCO richtet Nordrhein-Westfalen einen ersten Knoten für das Quanteninternet der Zukunft ein. Ein Team des Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT hat das bei TNO im niederländischen Delft entwickelte System Mitte Januar nach Aachen geholt, um es hier zu erproben, weiterzuentwickeln und erste regionale Verbindungen in Richtung Jülich und Bonn aufzubauen. Das Projekt ist ein Meilenstein auf dem Weg ins »Quantentechnologieland NRW«.

Auf absehbare Zeit werden Quantencomputer herkömmliche PC nicht ersetzen. Dafür ist der Betrieb heutiger Plattformen zu aufwendig. Um dennoch vielen Anwendern aus der Industrie und Wissenschaft Zugriff auf die leistungsfähigen Rechner zu verschaffen, unterschiedliche Quantencomputerplattformen miteinander verbinden zu können oder verschränkte Qubits zur sicheren Verschlüsselung sensibler Daten nutzbar zu machen, treibt ein internationales Team unter Leitung des QuTech im niederländischen Delft die Entwicklung so genannter »Metropolitan Scale Quantum Networks« voran. Diese aus technischen Gründen bisher nur lokal oder regional umsetzbaren Netzwerke gelten als Keimzellen des Quanteninternets der Zukunft. Für Langstreckenverbindungen fehlen Repeater, welche die von Einzelphotonen übertragenen Signale verstärken, ohne die Quantenverschränkung zu lösen. Simples Klonen der Photonen wie im herkömmlichen Übertragungsnetzen scheidet aufgrund der Gesetzmäßigkeiten der Quantenphysik aus.

Spitzenforschung auf dem Weg in die Anwendung

Dennoch konnte das Forschungsteam um Ronald Hanson vom QuTech – hinter dem die TU Delft und die Forschungsgesellschaft TNO stehen – kürzlich einen Durchbruch melden. Es hat zwei Quantencomputer in Delft und Den Haag mit 25 km unterirdischer Glasfaser verbunden und konnte darüber reproduzierbar den Zustand so genannter Quantenverschränkung erzeugen. Hintergrund: Verschränkte Quanten nehmen einen gemeinsamen Quantenzustand ein und halten diesen auch über räumliche Trennungen hinweg aufrecht. Albert Einstein sprach einst von einer »spukhaften Fernwirkung«. In Delft wird diese Verschränkung mit Einzelphotonen erzeugt, welche von Qubits in den Netzwerkknötchen emittiert werden. Bei den Qubits – so genannte Diamant-Spin-Qubits – handelt es sich um den im Kristallgitter künstlicher Diamanten eingefangenen Spin einzelner Elektronen. Präziser: Er wird in gezielt eingebrachten Stickstoff-Fehlstellen (NV-Zentren) gefangen, dort mit Mikrowellensignalen und Magnetfeldern kontrolliert und lässt sich mithilfe von Lasern auslesen. Das Auslesen resultiert in der Emission eines

Pressekontakt

Petra Nolis M.A. | Gruppenleitung Kommunikation | Telefon +49 241 8906-662 | petra.nolis@ilt.fraunhofer.de
Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT | Steinbachstraße 15 | 52074 Aachen | www.ilt.fraunhofer.de

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR LASERTECHNIK ILT

Photons mit 637 nm Wellenlänge, das die Information über den Zustand des Qubits trägt und transportieren kann.

23. Januar 2025 || Seite 2 | 5

Eine der zentralen Herausforderungen ist es, die in alle Richtungen und jenseits üblicher Telekomwellenlängen emittierten Photonen effizient und rauscharm in die Glasfaser zu leiten. Hier sind eine spezifisch geformte, direkt in den Diamantchip integrierte Optik und ein nahezu rauschfreier Quantenfrequenzkonverter im Einsatz, den das Fraunhofer ILT entwickelt hat. Doch es gab viele weitere Herausforderungen. So etwa die Stabilität der Verbindung, die über die 25 km lange Glasfaser Genauigkeiten in Größenordnung einer Wellenlänge der Photonen einhalten muss; das ist mit der Aufgabe vergleichbar, den Abstand zwischen der Erde und dem Mond auf wenige Millimeter genau konstant zu halten. Lösbar war all das nur im Zusammenspiel von Forschung und angewandter Technik. Neben QuTech und dem Fraunhofer ILT waren der niederländische Timing-Hardware-Spezialist OPNT B.V., Element6 als Anbieter von synthetischen Diamanten und Qubit-Chip-Substraten sowie die TOPTICA Photonics AG als Spezialist für hochstabile Laser an dem Projekt beteiligt.

Erster deutscher Quanteninternetknoten entsteht in Aachen

Die Kooperation hat neben der Verbindung zwischen Den Haag und Delft mittlerweile mit Mitteln aus dem nordrhein-westfälischen Förderprojekt N-QUIK einen weiteren, auf Basis der gesammelten Erfahrungen optimierten Quanteninternetknoten realisiert. Das TNO und das Fraunhofer ILT haben unter anderem das Design so überarbeitet, dass nun einzelne Komponenten im Testbetrieb leichter austauschbar sind. Zudem hat das Aachener Institut verschiedene optische Baugruppen beigesteuert. Nach der Montage und einer Testbetriebsphase inklusive seiner Charakterisierung bei TNO in Delft hat der Knoten Mitte Januar den Weg nach Aachen gefunden. Schon während des Aufbau- und Testphase waren Forschende des Fraunhofer ILT aktiv beteiligt und wurden im Rahmen des niederländisch-deutschen Technologietransfers von ihren TNO-Kolleginnen und Kollegen für den Betrieb des Systems geschult. Die Demontage und der Aufbau in Aachen werden das gewonnene Know-how vertiefen. Auf dieser Basis werden sie den Netzwerkknoten in Aachen betreiben, systematisch weiterentwickeln und photonische Komponenten optimieren sowie nach und nach erste »Metropolitan Scale Quantum Networks« in NRW etablieren.

»Wir haben damit ein praktisches Testfeld, in dem wir diese Technologie gemeinsam mit Partnern aus der Industrie und Wissenschaft zur Marktreife entwickeln möchten«, erklärt Dr. Bernd Jungbluth, der das strategische Programm Quantentechnologien am Fraunhofer ILT leitet. Zugleich ist er Koordinator der Quanten-Roadmap NRW, welche dem Aufbau von Quantennetzwerken hohe strategische Bedeutung beimisst. Deren Potenzial geht laut Jungbluth über die Verschlüsselung per Quantum Key Distribution (QKD) hinaus. »In unserer Vision werden Metropolitan Scale Quantum Networks sehr

leistungsfähige, sichere Verbindungen zwischen Quantencomputern sowie zwischen Quantensensoren ermöglichen«, sagt er. Anwendungen wie das Distributed Quantum Computing seien denkbar, das mehrere Rechner zu einem Quantensystem verschaltet, um deren Kapazität und Performance schnell zu skalieren. Auch in Hinblick auf sichere Remote-Zugriffe auf die anfangs nur begrenzt verfügbaren Quantencomputer seien Quantennetzwerke wichtig. Beides könnte demnächst in Form einer Verbindung vom Aachener Knoten zum Helmholtz Quantum Center auf dem Quantencampus Jülich konkret werden. Auch die Anbindung an das Backbone eines zentralen deutschen Testnetzwerks in Bonn ist laut Jungbluth angedacht.

23. Januar 2025 || Seite 3 | 5

Ein Meilenstein für das »Quantentechnologieland NRW«

Nach und nach könnten so weitere Forschungs- und Industriestandorte in der Region, in ganz Nordrhein-Westfalen und mit zunehmender technologischer Reife bundesweit angebunden werden. Dafür gilt es, die durch das »No Cloning Theorem« begründete Repeater-Problematik zu lösen. Sie steht einem weitläufigen grenzüberschreitenden Quanteninternet der Zukunft entgegen. »Wir möchten diese Zukunftstechnologie in NRW vorantreiben und dabei unsere Standortvorteile nutzen: Es gibt im Land eine hervorragende Fach-Community aus der Wissenschaft und Industrie, eine breite Basis an potenziellen Anwendern sowie kurze Wege in den Metropolregionen – und nicht zu vergessen: unsere zentrale Lage in Europa. Das Quanteninternet kann von hier aus in alle Richtungen wachsen«, erklärt Jungbluth.

Dies ist auch eine der Kernbotschaften eines aktuellen Positionspapiers, das rund 200 Expertinnen und Experten im Zuge des NRW-Roadmapping-Prozesses erarbeitet haben. In zahlreichen Workshops und Diskussionen haben sie im Laufe des Jahres 2024 eine Positionsbestimmung vorgenommen, die unmittelbar auf der wissenschaftlichen und industriellen Praxis gründet – und der Politik realisierbare Visionen für einen Aufbruch ins »Quantentechnologieland NRW« liefert. Jungbluth, der den Prozess koordiniert hat, zieht ein optimistisches Fazit: »Wir sind uns einig, dass es gemeinschaftlich genutzter Infrastrukturen und Testfelder bedarf, damit Akteure aus der Industrie und Forschung die Entwicklung, Erprobung und konkrete Anwendung quantentechnologischer Hard- und Software gemeinsam vorantreiben können. Dank seiner zentralen Lage in Europa und der dicht besiedelten Metropolregionen mit kurzen Wegen hält NRW alle Trümpfe in der Hand«, erklärt er. Mit der Einrichtung des Quanteninternetknotens in Aachen sei bereits ein erster Meilenstein der skizzierten Roadmap erreicht.

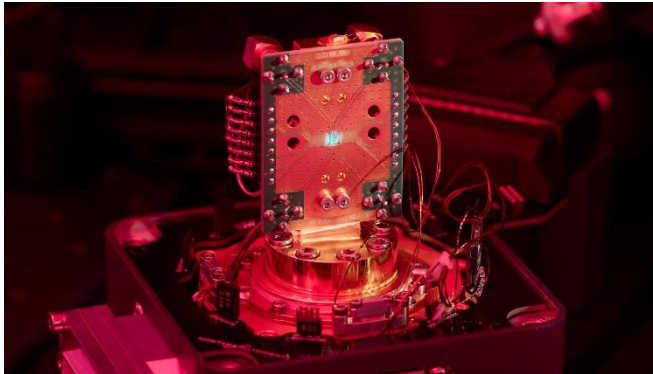


Bild 1: Das Herzstück des Quanteninternetknotens ist ein Zuchtdiamant mit gezielt eingebrachten Stickstoff-Fehlstellen (NV-Zentren). Er emittiert Einzelphotonen, welche die Information über den Zustand des Qubits tragen und transportieren können.

© Fraunhofer ILT, Aachen / Ralf Baumgarten.

23. Januar 2025 || Seite 4 | 5



Bild 2: Für die gemeinsame Demontage des Knotens in Delft brauchten die Teams von TNO und Fraunhofer ILT detaillierte Systemkenntnis – und Fingerspitzengefühl.

© Fraunhofer ILT, Aachen / Ralf Baumgarten.

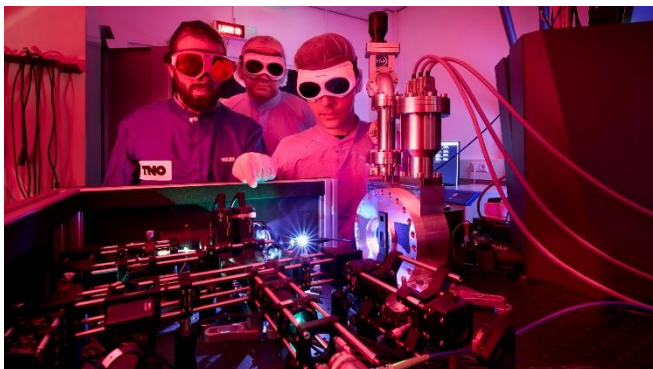


Bild 3: Im NRW-Förderprojekt N-QUIK haben das TNO und des Fraunhofer ILT ihre enge Zusammenarbeit vertieft. Ihr optimierter Netzwerkknoten für das Quanteninternet der Zukunft wird in Aachen als Testfeld und Knotenpunkt für erste »Metropolitan Scale Quantum Networks« dienen.

© Fraunhofer ILT, Aachen / Ralf Baumgarten.

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR LASERTECHNIK ILT

23. Januar 2025 || Seite 5 | 5

Fachlicher Kontakt**Dr. Bernd Jungbluth**

Leiter des strategische Programms
Quantentechnologien am Fraunhofer ILT
Telefon +49 241 8906-414
bernd.jungbluth@ilt.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT
Steinbachstraße 15
52074 Aachen
www.ilt.fraunhofer.de

Die **Fraunhofer-Gesellschaft** mit Sitz in Deutschland ist die weltweit führende Organisation für anwendungsorientierte Forschung. Im Innovationsprozess spielt sie eine zentrale Rolle – mit Forschungsschwerpunkten in zukunftsrelevanten Schlüsseltechnologien und dem Transfer von Forschungsergebnissen in die Industrie zur Stärkung unseres Wirtschaftsstandorts und zum Wohle unserer Gesellschaft.

Die 1949 gegründete Organisation betreibt in Deutschland derzeit 76 Institute und Forschungseinrichtungen. Die gegenwärtig knapp 32 000 Mitarbeitenden, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Finanzvolumen von rund 3,4 Mrd. €. Davon fallen 3,0 Mrd. € auf den Bereich Vertragsforschung.