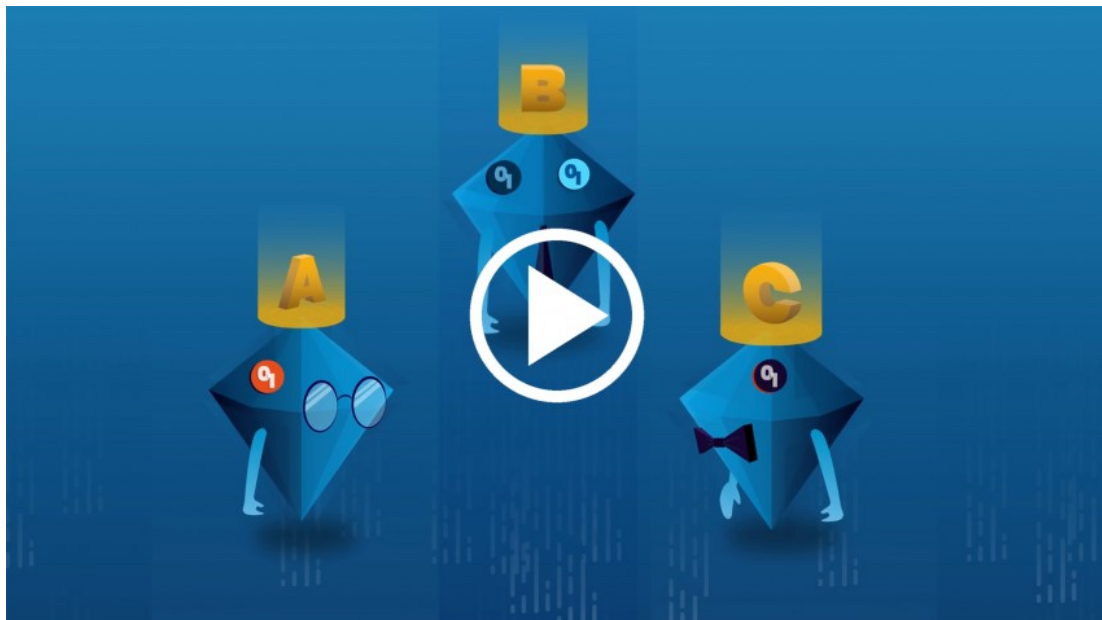


Delftse onderzoekers teleporteren informatie over rudimentair quantumnetwerk

Delftse onderzoekers zijn er in geslaagd quantuminformatie te teleporteren over een rudimentair netwerk in het lab. Deze primeur is een belangrijke stap richting een toekomstig quantum internet. De doorbraak werd mogelijk door een sterk verbeterd quantum-geheugen en verhoogde kwaliteit van de quantum-links tussen de drie knooppunten van het netwerk. De onderzoekers, werkzaam bij QuTech — een samenwerking tussen TU Delft en TNO — publiceren hun bevindingen vandaag in het wetenschappelijke tijdschrift Nature.

De kracht van het toekomstige quantum internet is gebaseerd op het kunnen delen of versturen van quantum informatie (quantum bits) tussen de knooppunten van het netwerk. Daarmee worden allerlei toepassingen mogelijk, zoals het veilig delen van vertrouwelijke informatie, het met elkaar verbinden van meerdere quantum computers om zo hun rekenkracht te vergroten en het gebruik van gekoppelde, zeer gevoelige quantum-toepassingen.



Deze animatie beschrijft het onderzoek in dit nieuwsartikel. Klik op de afbeelding op de video te bekijken op [YouTube](#).

Quantuminformatie versturen

De knooppunten van zo'n quantum netwerk bestaan uit kleine quantum-processoren. Het versturen van quantuminformatie tussen deze processoren is niet zo gemakkelijk. Een mogelijkheid is om quantum bits met lichtdeeltjes te versturen, maar vanwege onvermijdelijke verliezen in glasvezelkabels is er, zeker voor grote afstanden, een grote kans dat de lichtdeeltjes niet aankomen. Omdat het simpelweg kopiëren van quantum bits fundamenteel onmogelijk is, betekent het kwijtraken van een lichtdeeltje dat de quantuminformatie onherroepelijk verloren is.

Een betere manier van quantuminformatie versturen is teleportatie. Het protocol voor quantum-teleportatie dankt haar naam aan overeenkomsten met teleportatie in science fiction-films: de quantum bit verdwijnt aan de kant van de zender en verschijnt aan de kant van de ontvanger. Aangezien de quantum bit dus niet door de tussenliggende ruimte hoeft te reizen, is er geen kans meer dat die kwijtraakt. Dat maakt quantum-teleportatie een interessante techniek voor een toekomstig quantum-internet.

Goede beheersing over het systeem

Om quantum bits te kunnen teleporteren zijn er een aantal ingrediënten vereist: een quantumverstregelde link tussen de zender en ontvanger, een betrouwbare uitleesmethode voor quantum processoren en de capaciteit om quantum bits tijdelijk op te slaan. [Eerder onderzoek van QuTech](#) toonde aan dat het mogelijk is om quantum bits te teleporteren tussen twee naburige knooppunten. De onderzoekers van QuTech laten nu voor het eerst zien dat ze aan het eisenpakket kunnen voldoen en demonstreren teleportatie tussen niet-naburige knooppunten, ofwel over een netwerk. Ze teleporteren quantum bits van knooppunt “Charlie” naar “Alice”, met behulp van een tussengelegen knooppunt “Bob”.



Artistieke weergave van het quantum teleportatie-protocol in een netwerkgeving. Quantum informatie wordt geteleporteerd tussen twee niet-naburige punten in het netwerk. Afbeelding: Scixel voor QuTech.

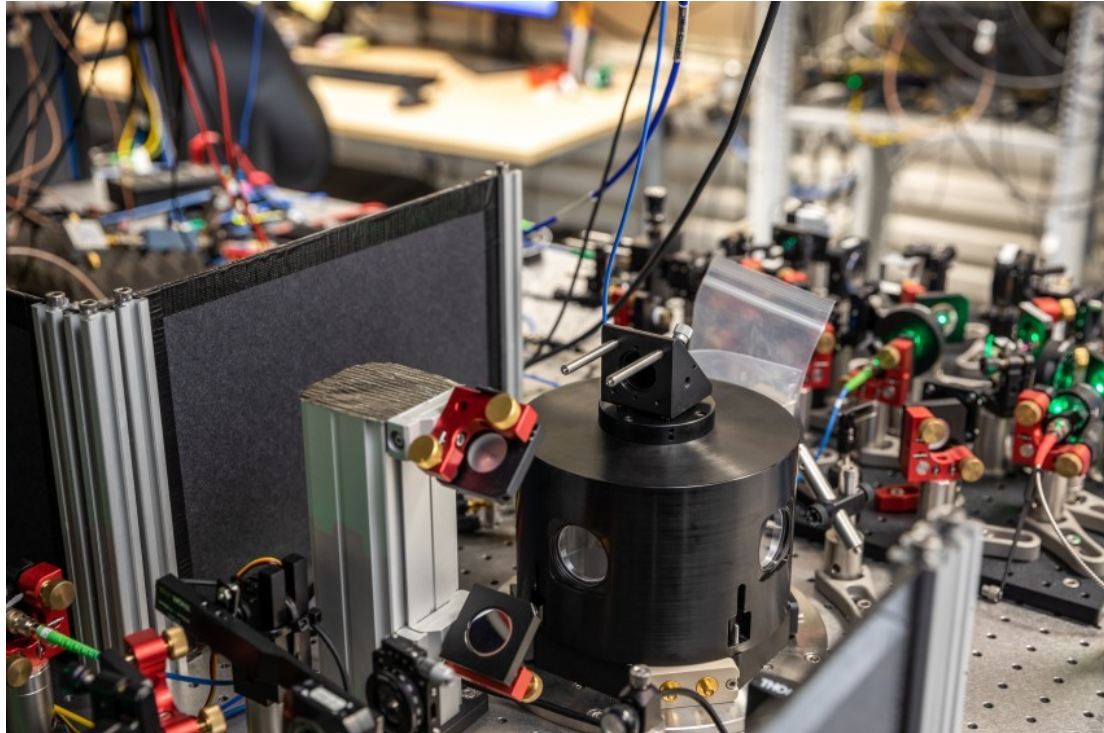
Teleporteren in drie stappen

De teleportatie bestaat uit drie stappen. Allereerst moet de “teleporter” voorbereid worden, dat wil zeggen, er moet een verstregelde toestand gemaakt worden tussen Alice en Charlie. Alice en Charlie hebben geen directe fysieke verbinding met elkaar, maar wel allebei met Bob. Allereerst maken Alice en Bob verstregeling tussen hun processoren. Bob slaat dan zijn deel van de verstregelde toestand op. Dan maakt Bob een verstregelde toestand met Charlie. Nu wordt er een quantummechanische truc uitgehaald: door een speciale meting uit te voeren in zijn processor, geeft Bob de verstregeling als het ware door. Resultaat: Alice en Charlie hebben een verstregelde toestand en de teleporter is klaar voor gebruik!

De tweede stap is het aanmaken van de 'boodschap' — de quantum bit — die geteleporteerd wordt. Dat kan bijvoorbeeld '1' zijn, of '0', maar ook allerlei quantumwaarden daar tussenin. Charlie zet deze quantum informatie klaar. Om te laten zien dat de teleportatie generiek werkt, herhalen de onderzoekers het hele experiment voor verschillende quantum bit-waarden.

Stap drie is de daadwerkelijke teleportatie van Charlie naar Alice. Charlie voert daarvoor een gezamenlijke meting uit op zijn quantum-processor met de boodschap en op zijn helft van de verstregelde toestand (Alice bezit de andere helft). Daardoor gebeurt er weer iets dat alleen in de quantum-wereld mogelijk is: door deze meting verdwijnt de informatie aan de kant van Charlie en verschijnt deze onmiddellijk aan de kant van Alice.

Dan zou je denken dat de kous daarmee af is, maar niets is minder waar. De quantum bit is namelijk versleuteld overgezet; de sleutel wordt bepaald door de meetuitkomst van Charlie. Charlie stuurt daarom de meetuitkomst naar Alice, waarna Alice de bijbehorende quantumoperatie doet om de quantum bit te ontsleutelen. Bijvoorbeeld door een 'bit flip': 0 wordt 1 en 1 wordt 0. Als Alice de juiste operatie heeft uitgevoerd is de quantuminformatie geschikt voor verder gebruik. De teleportatie is gelukt!



Alice, de ontvanger van de geteleporteerde informatie. In de zwarte aluminium cilinder wordt het diamant sample gekoeld tot -270°C , om de ruis door de omgeving te verminderen. Afbeelding: Marieke de Lorijn voor QuTech.

Meerdere keren teleporteren

Vervolgonderzoek zal zich richten op het omdraaien van stappen één en twee van het teleportatieprotocol. Dat wil zeggen: éérst de te teleporteren quantum bit maken (of ontvangen), en daarna de teleporter klaarmaken en de teleportatie uitvoeren. Deze volgorde is extra uitdagend omdat de te teleporteren quantum-informatie tijdens het maken van verstrengeling bewaard moet blijven. Maar het brengt grote voordelen, want de teleportatie kan dan volledig “op aanvraag” worden uitgevoerd wat bijvoorbeeld relevant is als de quantum-informatie de uitkomst van een lastige berekening is of als er meerdere keren moet worden geteleporteerd. Op de lange termijn zal deze teleportatie dan ook de ruggesgraat gaan vormen van het quantum internet.

Publicatiedetails

[Qubit teleportation between non-neighboring nodes in a quantum network](#), S.L.N. Hermans, M. Pompili, H.K.C. Beukers, S. Baier, J. Borregaard, and R. Hanson, Nature, 2022, DOI: [10.1038/s41586-022-04697-y](https://doi.org/10.1038/s41586-022-04697-y)

Financieringsdetails

Financial support comes from the EU Flagship on Quantum Technologies through the project Quantum Internet Alliance (EU Horizon 2020, grant agreement no. 820445); from the European Research Council (ERC) through an ERC Consolidator Grant (grant agreement no. 772627 to Hanson); from the Netherlands Organisation for Scientific Research (NWO) through a VICI grant (project no. 680-47-624) and the Zwaartekracht program Quantum Software Consortium (project no. 024.003.037/3368) and from an Erwin-Schrödinger fellowship (QuantNet, no. J 4229- N27) of the Austrian National Science Foundation (FWF).

Bijlagen



Hyperlink [News article at gotech.nl](#)



Hyperlink [Animation on YouTube](#)



Hyperlink [Paper in Nature](#)

QuTech is a mission-driven research institute of Delft University of Technology (TU Delft) and the Netherlands Organisation for Applied Scientific Research (TNO). Together, we work on a radically new technology with world-changing potential. Our mission is to develop scalable prototypes of a quantum computer and an inherently safe quantum internet, based on the fundamental laws of quantum mechanics.

