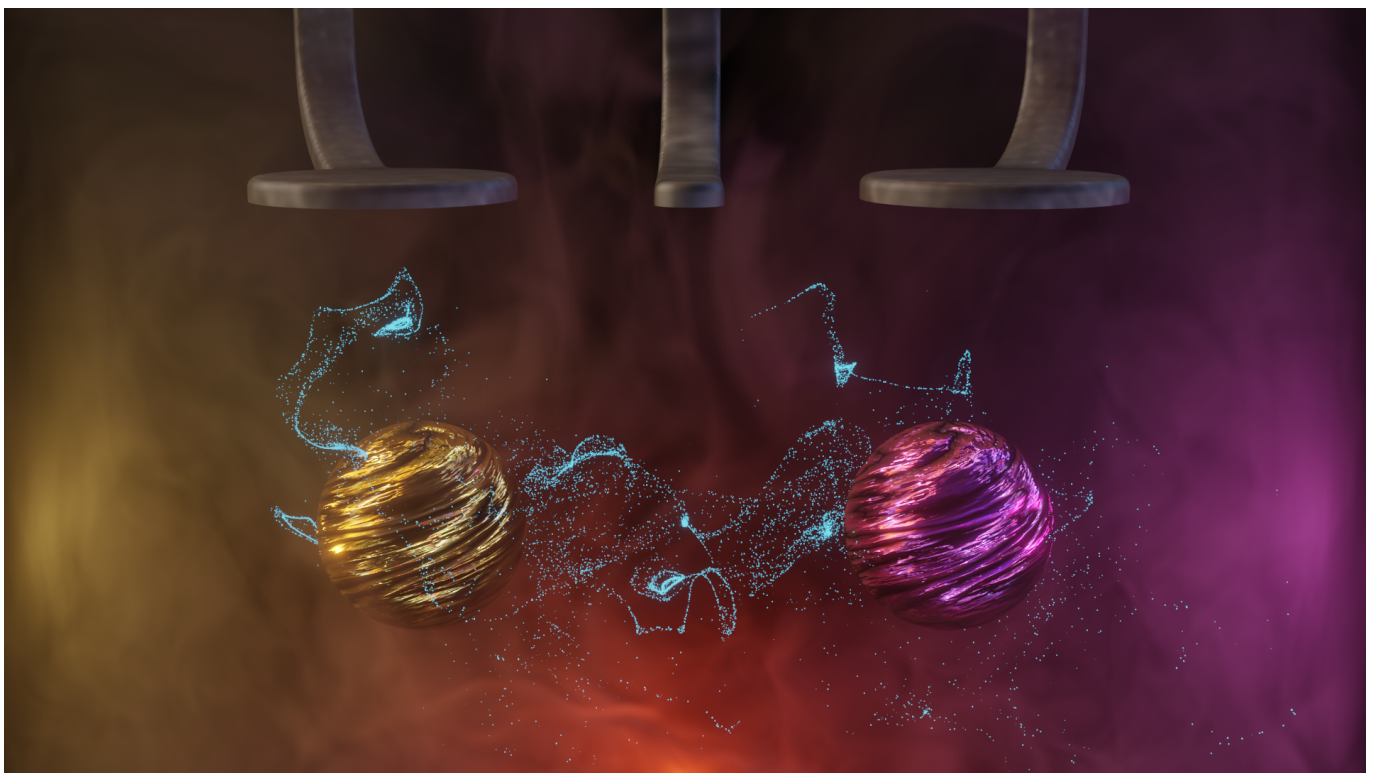


Quantumbits onder praktische omstandigheden

QuTech, een samenwerking van TU Delft en TNO, is er in geslaagd om qubits in silicium aan te sturen bij een temperatuur die niet meer direct bij het absolute nulpunt van -273 graden Celsius ligt.

Bron: persbericht QuTech



Afbeelding 1. Twee qubits. Artistieke weergave van quantumverstrengeling tussen twee ‘hot’ qubits. De drie elektrodes aan de bovenkant van het figuur worden gemaakt met standaardtechnieken. Doordat qubits nu ook op praktische temperaturen kunnen opereren is een grote stap gemaakt naar schaalbare quantumtechnologie.

Afbeelding: Luca Petit voor QuTech.

Hoewel de toename naar 1,1 graden boven dat nulpunt op het eerste gezicht klein lijkt, is het een cruciale sprong in de richting van een werkende quantumcomputer. De hogere temperatuur opent namelijk de mogelijkheid om qubits (de essentiële bouwstenen van een toekomstige quantumcomputer) en de aansturende elektronica te integreren op één

standaardchip. De onderzoekers [publiceren hun bevindingen](#) vandaag in *Nature*.

‘Dit is de eerste keer dat we qubits kunnen presenteren die *hot, dense and coherent* zijn’, vertelt hoofdonderzoeker Menno Veldhorst. ‘We hebben het dus over qubits die compact zijn en met een hoge kwaliteit functioneren bij een relatief hoge temperatuur.’ Vooral die hogere temperatuur is een belangrijk punt. Quantum-informatie die is opgeslagen in qubits wordt snel onbruikbaar, tenzij de qubits worden afgekoeld tot heel dicht bij het absolute nulpunt (-273 graden Celsius, of 0 Kelvin). Daarom functioneren qubits normaal gesproken in speciale ‘koelkasten’; maar ze worden daarbij nog wel aangestuurd door conventionele elektronica die gewoon op kamertemperatuur werkt.

Dezelfde chip

Deze scheiding van qubits en elektronica geeft problemen bij het opschalen van het aantal qubits. Nu is immers voor iedere qubit een aparte kabel nodig naar de aansturende elektronica. Dat is niet meer haalbaar bij de miljoenen qubits die nodig zijn voor een werkende quantumcomputer. ‘De status van quantumtechnologie is vergelijkbaar met de klassieke technologie in de jaren 50 van de vorige eeuw. In die tijd moest elke component aan elkaar gesoldeerd worden en dat werd onuitvoerbaar voor de steeds groter wordende elektrische circuits’ vervolgt Veldhorst. De oplossing toen bleek het *integrated circuit*, dat het mogelijk maakte om de componenten op een chip te bouwen. Deze technologie heeft er voor gezorgd dat er nu wel miljarden transistoren op een chip kunnen zitten. De uitdaging nu is om een *quantum integrated circuit* te maken, maar dan moeten de qubits en de aansturende elektronica wel op dezelfde temperatuur kunnen werken.

De gulden middenweg

De uitdaging is dus om een temperatuur te vinden waar zowel de qubits als de elektronica functioneren. Onderzoekers proberen enerzijds om de elektronica bij een lagere temperatuur te laten werken en dit gebeurt ook met succes. Een zeer recente ontwikkeling komt bijvoorbeeld van QuTech, dat samen met Intel een chip heeft geproduceerd die qubits kan controleren op lage temperatuur.

‘De andere kant van het verhaal is om de qubits op een wat hógere temperatuur te laten functioneren’, zegt Luca Petit, eerste auteur en promovendus bij QuTech. En dat is precies

wat de onderzoekers van QuTech hebben bereikt, wederom in samenwerking met Intel. ‘Dit is de eerste keer dat we qubits in silicium kunnen controleren op een hogere temperatuur en boven één Kelvin.’ vervolgt Petit. ‘De toename in de temperatuur kan een kleine stap lijken, maar het is een enorme sprong als het gaat om de beschikbare koelingscapaciteit. Bovendien hoeven de qubits bij deze temperaturen niet meer in vacuüm te werken, maar kunnen ze ondergedompeld worden in een vloeistof, wat alles veel praktischer maakt.’



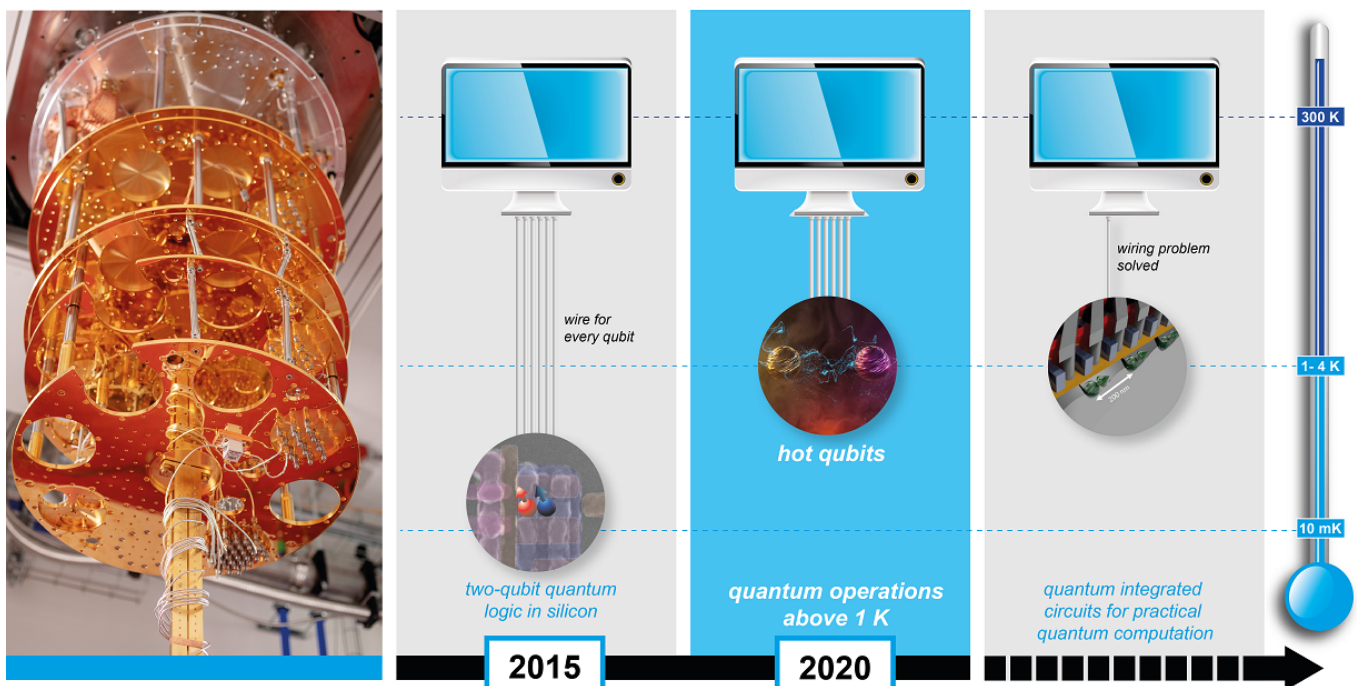
Afbeelding 2. Het experiment. Promovendi Luca Petit en Gertjan Eenink aan het werk bij de hot qubit-opstelling. Afbeelding: wouterslitsfotografie voor QuTech.

Silicium

‘We hebben standaard-productietechnologie en hetzelfde silicium als in standaard elektronische apparatuur gebruikt’, zegt Gertjan Eenink, tweede auteur van de publicatie. ‘Om bij een hogere temperatuur te kunnen werken, hebben we bij alle stappen in het experiment verbeteringen aan moeten brengen. Dit betekent dat we silicium qubits hebben gemaakt die kunnen worden geïsoleerd van ongewenste interacties’.

Luca Petit vervolgt: ‘Om quantumberekeningen uit te kunnen voeren op 1,1 Kelvin hebben we allerlei bronnen van ruis moeten reduceren en meetprocedures moeten ontwikkelen die temperatuurbestendig zijn. Het was een fantastisch moment toen alles samenviel en we dus voor de eerste keer quantumoperaties konden uitvoeren met twee silicium qubits op deze temperatuur.’

ROAD TO PRACTICAL QUANTUM COMPUTATION



Afbeelding 3. De weg naar praktische quantumcomputers. Infographic over de voortgang van qubits in silicium. In 2015 (Veldhorst et al. Nature, 2015) werden voor de eerste keer quantumoperaties uitgevoerd met twee qubits in silicium. Nu kunnen deze operaties uitgevoerd worden boven een temperatuur van één Kelvin (Petit et al. Nature, 2020). Dat maakt het mogelijk om chips te maken die zowel de qubits als de elektronica bevatten en de onderzoekers van QuTech hebben al concrete voorstellen hoe de geïntegreerde quantumchip er uit zal gaan zien (Li et al. Science Advances 2018). Afbeelding: Paul van Elk (infographic) en Marieke de Lorijn (fotografie) voor QuTech.

Volgende stap

‘We werken nu toe naar een systeem met een hogere kwaliteit en met meer qubits. ‘Met

deze stap naar 1,1 Kelvin is volgens ons belangrijke winst behaald', vervolgt Veldhorst. 'We kunnen nu gaan denken aan de integratie van quantum- en klassieke hardware op één chip om zo het *quantum integrated circuit* te maken.'

De hoop is dat het quantum integrated circuit leidt tot het quantuminformatietijdperk, net zoals dat het integrated circuit aan de wieg stond van het huidige informatietijdperk. Veldhorst plaatst de huidige publicatie in een breder tijdsverband om het tempo van de vorderingen in de quantumtechnologie te illustreren. 'In 2015 demonstreerden we voor het eerst twee controleerbare qubits in silicium; nu in 2020 realiseren we dit bij praktische temperaturen. Als we nog eens vijf jaar verder zijn, hebben we wellicht al quantum integrated circuits. Dat zou echt een grote stap betekenen naar de quantum computer.'