



Interview Leo Kouwenhoven

De quantumcomputer staat op het punt om een ware ict-revolutie te ontketenen. *New Scientist* sprak met fysicus Leo Kouwenhoven, de wegbereider die deze doorbraak eindelijk werkelijkheid gaat maken.

'NIET EEN
BEETJE
SNELLER,
MAAR
HEELVEEL
SNELLER'

Tekst: George van Hal & Jim Jansen Beeld: Bob Bronshoff

Nog even en dan is hij er: de quantumcomputer. Dat rekenwonder belooft een hoeveelheid brute rekenkracht te ontsluiten die groter is dan die van alle huidige computers bij elkaar. Voor die exponentiële sprong vooruit gebruikt de computer de bizarre wetten van de quantummechanica.

Dat is ingewikkelde materie, maar voor iemand als fysicus Leo Kouwenhoven is het gesneden koek. 'Wanneer je elke dag met quantumfysica werkt, ga je aan haar contra-intuïtieve wetten wennen,' zegt hij.

Dankzij zijn werk aan het prestigieuze QuTech-lab, dat in 2013 verrees aan de TU Delft, zou het zomaar eens kunnen dat de quantumcomputer straks de boeken ingaat als een Nederlandse ontdekking. Afgelopen juni maakte de Nederlandse overheid bekend dat zij de komende tien jaar in totaal 135 miljoen euro gaat investeren in het lab. En niet alleen de overheid, ook het bedrijfsleven telt ongeduldig de dagen totdat de quantumcomputer eindelijk beschikbaar is. Het lab van Kouwenhoven werkt samen met grote internationale partners als computergigant Microsoft en (sinds kort) chipfabrikant Intel. Ze nemen het op tegen geduchte concurrenten met een net zo indrukwekkende staat van dienst. Spelers zoals ICT-gigant IBM, internetbedrijf Google en het Amerikaanse defensiebedrijf Lockheed Martin nemen namelijk ook deel aan de race.

Wanneer de quantumcomputer er straks is, kan niemand voorspellen wat er allemaal mogelijk is. Duidelijk is wel dat de uitkomst indrukwekkend zal zijn. Of het nu gaat om

een nauwkeurige simulatie van het complete weersysteem van de aarde (wat ons honderd procent accurate weersvoorspellingen oplevert) of berekeningen waarmee je de computer nieuwe onbreekbare materialen kunt laten ontwerpen – je kunt het bijna zo gek niet bedenken of het kan straks. *New Scientist* ging in gesprek met de man wiens initiatieven de wereld definitief zouden kunnen veranderen.

Wat gebeurt er wanneer we straks een quantumcomputer hebben?

'Dan heb je de beschikking over exponentiële rekenkracht. Maar veel dingen weten we nog niet. Dit is een makkelijke vraag, waar je eigenlijk geen antwoord op kan geven. Als men die vraag het gesteld aan de uitvinder van het http-internetprotocol, had hij ook niet gezegd: 'Dit gaat ons straks Facebook opleveren.' Toen was er misschien gezegd: 'Wetenschappers kunnen data aan elkaar toesturen en dus kunnen ze makkelijker op verschillende plekken met elkaar werken.'

Is er dan helemaal niks over te zeggen?

'Er zijn een paar dingen die we graag zouden willen doen met een quantumcomputer. Bijvoorbeeld materiaaleigenschappen voorspellen en optimaliseren. Wanneer je een materiaal wil hebben dat nog sterker is, of dat elektriciteit beter geleidt of dat minder energie verliest doordat het warmte afstaat, dan kun je daar op een computer naar zoeken. Dan doet die berekeningen waarbij het antwoord is: een elektrische geleider zonder weerstand. Of een materiaal dat niet breekt wanneer je het heel heet maakt. Normaal gesproken zou je dat in het lab doen en kijken of het werkt. Dat is trial-and-error en dat is heel langzaam. Straks kan een computer dat sneller. En dan bedoel ik niet een beetje sneller, maar heel veel sneller. Berekeningen die nu nog zo lang duren als de leeftijd van het universum, kun je straks in een week doen.'

Welk nut heeft die enorme rekenkracht?

'We leven met heel veel mensen op deze aardbol. Er is een enorme schaarste aan stoffen, zoals zeldzame aardmetalen waarvan de Chinezen bijvoorbeeld zeggen: 'Die houden we voor onszelf', en energie. Dat die schaarste er is, komt onder andere doordat de manier waarop we stoffen gebruiken heel inefficiënt is.

'Neem nu energie. Van de energie die centrales opwekken, gooien we heel veel weg. Als je dat perfect kunt opslaan, zonder verliezen, dan heb je ineens geen energieprobleem meer. Met medicijnen is dat ook zo. Medicijnen is overigens wel een gevaarlijk voorbeeld, want iedereen denkt dan ineens: die quantumcomputer gaat me beter maken. Misschien is dat wel zo, maar dat is natuurlijk speculatie. Het is misschien zelfs fantasie, iets dat absoluut nog niet bewezen is. Maar toch: nu neem je een pil in en kijkt dan of het werkt. Dat is natuurlijk belachelijk. Dat is trial-and-error. Uit ervaring weet je wel: oké, met mijn hoofdpijn werkt die pil. Maar je zou gewoon willen berekenen welke stof je nodig hebt om iets te genezen. Geen trial-and-error, maar gewoon het antwoord. Door de computer de biochemie van het ontbrekende stofje te laten analyseren.'

Zou dat echt kunnen?

'Nogmaals, dit is echt wishful thinking. Maar ik weet van de grote Amerikaanse bedrijven dat farmaceuten graag een quantumcomputer willen hebben om farmaceutische moleculen mee door te kunnen rekenen. Zodat ze er straks vanaf zijn om alles met potjes te doen, met bakken en roeren. Nu weet men vaak wel welke molecuulstructuur een probleem veroorzaakt, maar niet welke molecuulstructuur dat probleem kan neutraliseren. Dat kunnen we straks misschien uitrekenen.'

Wanneer zou het zover kunnen zijn?

'Dat duurt in elk geval langer dan tien jaar.'

'ALS JE ENERGIE ZONDER VERLIEZEN KUNT OPSLAAN, HEB JE INEENS GEEN ENERGIE-PROBLEEM MEER'



In *New Scientist* #5 (november 2013) schreven we over de opstartfase van uw quantumlab. Uw doel was toen om in 2019 een quantumcomputer gebouwd te hebben die wetenschappelijk helemaal af is. Ligt u nog op schema?

'Ja. Wat we met QuTech willen is dat er een quantumcomputer komt waarmee je problemen kunt oplossen die je nu nog niet kunt oplossen. Daarnaast willen we een quantuminternet maken waar niet op in te breken valt. Maar daadwerkelijk een hele quantumcomputer bouwen, is veel te duur. Daarvoor moet je een gigantisch fabricage-instituut opzetten en dat kost een paar miljard euro. Daarom is onze meer realistische doelstelling om een prototype te maken. Een apparaat dat laat zien dat je voorbij een kantelpunt bent. Een apparaat dat bewijst dat er geen wetenschappelijke problemen meer zijn, zodat je het kunt doorontwikkelen naar een commerciële computer.'

Hoe herken je zo'n kantelpunt?

'Voor de quantumcomputer is dat wanneer

je een circuit hebt van qubits (de quantumversies van de nullen en enen van computerinformatie, red.) waarop je quantumalgoritmen kunt draaien. Bovendien moet je eventuele fouten kunnen corrigeren die tijdens berekeningen in de informatie sluipen. Gewone computers doen dat ook, maar daar is het veel gemakkelijker.'

Wat maakt dat bij quantumcomputers dan zo moeilijk?

'Om zeker te weten dat een berekening de juiste uitkomst heeft, kopieer je bij een gewone computer de informatie in een bit een aantal keer en voer je de berekening vervolgens meerdere keren uit. Daarna is het een kwestie van 'meeste stemmen gelden' – het antwoord dat het vaakst uit de berekening rolt, zal wel het juiste zijn. In de quantummechanica kan dat niet, omdat quantuminformatie het kopieerproces niet overleeft. Het klonen van quantuminformatie is theoretisch verboden. Dat is lastig, maar tegelijkertijd ook de reden dat het quantuminternet straks niet te kraken is.'

CV Leo Kouwenhoven

Geboren 10 december 1963 te Pijnacker

1988 Toegepaste natuurkunde, Technische Universiteit Delft

1992 Promotie aan de Technische Universiteit Delft

1999 Hoogleraar natuurkunde, Technische Universiteit Delft

2007 Spinozapremie

2007 Universiteits-hoogleraar, Technische Universiteit Delft

2012 Vondst majoranadeeltje

2013 Oprichter en directeur QuTech

QUANTUM COMPUTER

Een quantumcomputer maakt gebruik van qubits. Daardoor kan die veel sneller rekenen dan klassieke computers. Een 'gewone' bit is namelijk nul of één, maar een qubit kan ook in 'superpositie' zijn: nul en één tegelijk. Die eigenschap suggereert al dat quantumcomputers efficiënter kunnen rekenen, maar de doorslag wordt gegeven door een tweede eigenschap: verstrengeling. Wanneer twee deeltjes verstrengeld raken, delen zij automatisch hun quantumeigenschappen. De waarde die de ene qubit kan aannemen, is daardoor afhankelijk van de waarde van de ander. Bovendien delen verstrengelde deeltjes en qubits ook hun superposities, zodat een enkele superpositie ontstaat van alle mogelijke combinaties van de waarden van de losse qubits samen. Omdat qubits handelen volgens

de wetten van de quantummechanica, kun je dus heel handig met ze rekenen. Wel hebben ze de onhebbelijke neiging hun quantuminformatie na verloop van tijd te verliezen, bijvoorbeeld doordat deze weglekt naar de omgeving of beschadigd raakt door invloeden van buitenaf. Dat proces proberen quantumcomputerbouwers in hun qubits zo lang mogelijk uit te stellen. In Delft testen ze vier verschillende soorten qubits. Sommigen daarvan rekenen sneller, terwijl andere hun quantuminformatie langer vasthouden. Een quantumcomputer kan de vier gekozen qubits voor verschillende taken gebruiken, afhankelijk van wat de sterkste punten van de afzonderlijke typen zijn. Ze kunnen onder meer dienen als geheugen voor quantuminformatie of als schakelaars die andere qubits met elkaar laten communiceren.

MAJORANADEELTJE

Een majoranadeeltje behoort tot dezelfde groep deeltjes als bijvoorbeeld quarks en elektronen. Al deze deeltjes hebben antideeltjes. Het majoranadeeltje is echter bijzonder omdat het zijn eigen antideeltje is. Leo Kouwenhoven was in 2012 de eerste die een majoranadeeltje wist te maken. Dit zogeheten quasi-majoranadeeltje is geen elementair deeltje, maar een verzameling deeltjes die zich samen als één deeltje gedragen. De elementaire majoranadeeltjes zijn tot op heden niet gevonden.



Hoe krijgt u die foutcorrectie dan alsnog voor elkaar?

'Daarvoor heb je een procedure nodig. Die is al bedacht, maar is nog theoretisch. Wij denken te weten hoe we dat kunnen toepassen. Als dat lukt, hebben we straks een quantumcircuit waarop we quantumalgoritmen kunnen draaien en waarop fouten worden herkend en verbeterd zodat de uitkomsten betrouwbaar zijn. Dan ben je dat kantelpunt voorbij. Zo'n circuit is vervolgens schaalbaar. Als je er één hebt, kun je er best een tweede bij zetten. Of zelfs een miljoen. Dan kun je die quantumcomputer bouwen.'

In 2013 dacht u dat u voor één zo'n quantumcircuit zeventien qubits nodig had - eentje om de informatie in te bewaren, de rest om eventuele fouten te corrigeren. Mikt u daar nog steeds op?

'We denken nu dat zeventien niet voldoende is, maar het precieze getal maakt niet zo heel veel uit. We gaan nu voor de vijftig. Er zijn een aantal parameters die zo'n getal bepalen. Je kunt bijvoorbeeld de nauwkeurigheid van je operaties uitwisselen met het aantal qubits. Wanneer je iets onnauwkeuriger bent in je berekeningen, kun je dat compenseren door meer qubits te gebruiken. Het is technologisch iets makkelijker om iets meer onnauwkeurigheid toe te staan ten koste van iets meer qubits in het circuit.'

Wat zijn nu nog de belangrijkste horden die u moet nemen voordat u zo'n circuit met vijftig qubits heeft?

'Met name de complexiteit van het circuit zelf. De quantumcomputer kan moeilijke problemen exponentieel snel oplossen. Het circuit kan zo onvoorstelbaar veel berekeningen tegelijkertijd doen dat we echt nog moeten leren hoe je in zo'n systeem iets kunt programmeren. Dat begrijpen onze hersenen niet meer. Dat geldt overigens ook al voor gewone computers. We gebruiken de huidige generatie computers om de volgende generatie te ontwerpen. Het blijkt dat je met klassieke computers een circuit van maximaal 32 qubits kunt simuleren. Dus om zo'n circuit van vijftig te programmeren, moet je veel slimmer zijn dan de grootste computer die Microsoft op dit moment ter beschikking heeft. Dat is de belangrijkste uitdaging.'

Hebt u dat in 2019 opgelost?

'De zeventien qubits die we oorspronkelijk

hadden bedacht, die hebben we dan wel. Alleen heb je dan nog niet het kantelpunt te pakken. Daarvan weten we eigenlijk nog niet wat we precies moeten doen om dat te bereiken.'

Op hoeveel qubits staat de teller nu in het lab?

'Er zijn al circuits van bijna tien qubits. Maar op circuits van vijf qubits kun je universele quantumalgoritmen draaien, terwijl op die van tien vooralsnog alleen maar hele simpele draaien. Als we het houden bij de vraag welke circuitgrootte we al volledig afhebben, dan zitten we op vijf.'

Stel eens dat dat circuit van vijftig straks lukt? Wat gebeurt er dan?

'Dan heb je alle academische vragen min of meer opgelost. Dan kan je een grote fabriek bouwen die duizend van dat soort circuits gaat bouwen. Je kunt dan ook serieus gaan programmeren, want het programmeren van een groot aantal qubits is veel moeilijker dan het programmeren van vijftig qubits. Je hebt daarvoor veel programmeurs nodig. Dat wordt een gigantische operatie met duizend mensen en een fabriek van een paar miljard. Maar iedereen zal er dan wel van overtuigd zijn dat het zal werken. Een miljard is dan niet zo'n grote investering. Het risico is er dan al uit.'

U werkt met vier soorten qubits. Eentje voor quantumgeheugen, eentje voor quantuminternet en twee opties voor in dat circuit van vijftig. Zijn dat de beste opties?

'Wij denken van wel, maar niet iedereen is het daarmee eens. De qubits waar wij in 2013 op inzetten, zijn dezelfde als waar later ook IBM, Google, Intel en Microsoft voor kozen. We hebben toen dus niet heel slecht gekocht. Lockheed Martin en D-Wave gebruiken echter andere qubits. Maar wat wij doen, is mainstream geworden.'

Ziet u bedrijven als IBM, Google en Lockheed Martin ook echt als concurrenten?

'Ja. We doen ook geen dingen samen. Alleen met IBM hebben we nog wat informatie-uitwisseling, maar ik denk dat het Google-quantumlab binnenkort helemaal afgesloten wordt. Zij zorgen nu al dat mensen die op onderdeel A werken, niet weten wat er gebeurt op onderdeel B.'

Een nadeel van quantumcomputers is dat het lastig is om fouten te corrigeren. De onderzoekers in Delft gebruiken daarvoor iets dat ze een logische qubit noemen, een circuit van qubits die samen voor één qubit aan informatie coderen. Een deel van deze qubits bevat gegevens, de rest zijn hulpqubits. Die hulpqubits zijn nodig omdat je niet zomaar kunt vragen wat de toestand van een qubit is. Als je een qubit meet, zal je altijd 0 of 1 terugkrijgen - nooit beide tegelijk. De hulpqubits zijn verbonden aan meerdere gegevensqubits en die zijn op hun beurt elk verbonden aan meerdere hulpqubits. De hulpqubits kijken of de toestand van alle qubits waarmee zij verbonden zijn, hetzelfde is. Er zijn altijd minstens twee hulpqubits die het melden als één qubit fout is. Deze gegevens sturen de hulpqubits door naar een klassieke computer die het patroon vergelijkt en de foute qubits opspoor om te verbeteren.

Hoe gaat dat bij u?

‘In de wetenschap is dat natuurlijk anders. Hier weet iedereen alles van elkaar. Iedereen mag hier ook komen werken, zelfs Chinezen en Russen. Die gaan op een gegeven moment alleen wel weg en dan nemen ze al die kennis met zich mee.’

Is dat niet gevaarlijk?

‘Misschien. Maar wij denken dat wanneer zij elders weer moeten opstarten, wij in de tijd die zij daarvoor nodig hebben zelf alweer een stap verder zijn. En het is bovendien ook gevaarlijk om jezelf helemaal af te sluiten.’

Maar u snapt de keuze van Google wel?

‘Er valt zeker wat voor te zeggen, maar iedereen maakt daarin zijn eigen afweging. Uit QuTech zal vast ook een keer een gesloten bedrijf voortkomen, zeker als je eenmaal dat kantelpunt voorbij bent. Ik denk dat wij die beslissing op termijn samen met onze partners zullen nemen. Wij zijn toch groentjes in dit industriële speelveld, zijn klein in vergelijking met hen. Die beslissing nemen we dus met Microsoft en met Intel.’

Het Amerikaanse Intel is pas sinds kort uw partner. U maakte deze samenwerking begin september bekend. Wat betekent dat voor u?

‘Intel is in een klap een van onze grootste partners geworden. We hadden Microsoft al als partner. Zij zorgden voor de financiering van een van onze drie roadmaps (de onderzoekslijnen bij QuTech, red.). Nu doet Intel er ook een. Dat is echt fantastisch. Intel is een van de grootste hardwarebedrijven in de IT-wereld. Als ze jou kiezen, is dat een enorme eer. Ze geven ons geld, maar gaan ook mensen inzetten. En we kunnen hun fabrieken en faciliteiten gebruiken. De enorme kennis en expertise die ze hebben op het gebied van chips, kunnen wij nu vrij gebruiken. Dat is gigantisch. Via de mensen van Intel die bij ons komen werken bereiken we straks het netwerk van tienduizend mensen die bij Intel zelf werken. Zij kunnen straks heel specifieke vragen voor ons beantwoorden.’

Is iedereen bij QuTech bezig met dat soort koppelingen met het bedrijfsleven?

‘Ja. Intel is binnengekomen dankzij Lieven Vandersypen en Leo DiCarlo, samen met onze elektro- en informaticacollega's. Ik heb

‘IN DE VERSNELLER IN GENÈVE WORDEN OMSTANDIGHEDEN GECREËERD WAAR JE NIETS AAN HEBT, DIE NIET LIJKEN OP WAT IN ONZE ALLEDAAGSE WERELD VOORKOMT’

zelf Microsoft binnengehaald. Ronald Hanson en Stephanie Wehner doen hier het onderzoek naar het quantuminternet en daar gaan we binnenkort ook mee naar de markt.’

Merk u dat bedrijven happig zijn om mee te doen?

‘In het begin reageerden Nederlandse bedrijven als ASML en Phillips *lukewarm*, minder enthousiast. ‘Oh, die jongens in Delft zijn met iets bezig, misschien ook wel interessant, maar nee, wij gaan nu niks doen,’ zeiden ze dan, ‘we houden het in de gaten.’ Maar nu Microsoft en Intel meedoen, ben ik benieuwd hoe het de komende tijd gaat lopen. Zeker nu je ook ziet dat Google in Amerika een grote aankondiging heeft gedaan en dat spelers als IBM, Lockheed en BlackBerry bezig zijn. Ze weten dat er iets gaat spelen.’

Krabben ze zich dan nog eens op hun hoofd, denkt u?

‘Ik denk het wel. Ik denk niet dat ze gelijk zeggen: o, we hebben een verkeerde beslissing genomen, maar wel dat ze denken: het is nu serieus.’

Is het een cultuurverschil, dat zo'n bedrijf als Intel wel bereid is om in te stappen?

‘Ja. Het is gewoon die Nederlandse behoudendheid. Van ‘doe maar gewoon dat is al gek genoeg’. Investeerders van Nederlandse bedrijven willen helemaal niet dat ze gekke dingen doen. Dat is in Amerika helemaal anders. Daar willen investeerders juist dat ze gekke dingen doen, want dat betekent dat bedrijven een langetermijnvisie hebben. Bij Microsoft kun je er dan van uitgaan dat het bedrijf er de komende twintig jaar nog wel is,

want het hele beleid is erop gericht om dan nog steeds voorop te lopen.’

En de Nederlandse bedrijven zijn veel afwachtender?

‘Zo'n cultuur van risicovolle investeringen met veel falen en maar een paar successen is niet Nederlands. Misschien komt het nu een beetje met startups. Maar in vergelijking met de VS zijn de grote bedrijven een stuk behoudender. Wat Nederlandse bedrijven lange termijn noemen, is in Amerika nog steeds korte termijn. Ik denk dat ceo's hier misschien weleens denken: ‘Verder vooruit dan tien jaar is niet mijn probleem.’ Ik ben daar heel cynisch over. Aan de andere kant hebben die Amerikaanse IT-reuzen natuurlijk ook wel erg diepe zakken. Zij kunnen dus gemakkelijker risicovolle investeringen doen.’

Had u niet veel beter in Amerika kunnen onderzoeken, werken en wonen?

‘We werken ook al voor een groot gedeelte in Amerika. Onze eerste ronde langs Nederlandse bedrijven werd een beetje – ik wil niet zeggen gedwongen door het ministerie – maar wel gestimuleerd. Het is niet zo dat QuTech alleen kan bestaan dankzij Nederlandse bedrijven. Ik vind het jammer dat de grote Nederlandse bedrijven matig enthousiast zijn, maar wij gaan zeker door. Anders zijn we heel snel onze voorsprong kwijt. De meeste mensen die hier werken, hebben ook in Amerika gewerkt. We draaien al vrij lang mee in allerlei Amerikaanse programma's. We krijgen al een tijd meer geld uit Amerika dan uit Nederland. De natuurlijke link ligt wel een beetje daar. Maar wij vinden het nog steeds heel erg leuk om dit in Neder-

land te doen. Het zou erg stoer zijn als je dit in Nederland kan starten. Bovendien wilde m'n vrouw niet emigreren, haha.’

Even terug naar het verleden. In 2012 brak u definitief door bij het brede publiek met de vondst van het majorana-deeltje. Hoe heeft u dat beleefd?

‘Zien waar het schip strandt. We hadden dat mediaproces niet in de hand. Het was heel erg massaal. Dat je voor het eerst meemaakt dat mensen op internet over je schrijven, zonder dat je ze ooit gesproken hebt. Van het lab naar een BN'er-status, dat is even schrikken. Naar de buitenwereld denk ik dat we wel iets goeds hebben kunnen doen voor de *outreach* van de wetenschap. Daar hebben we ook bewust voor gekozen. Zo van: laten we het dan maar aangrijpen om meer over natuurkunde, quantum en computers te vertellen. Dat heeft bijgedragen aan de acceptatie van ons onderzoek.’

Voelt u dat, acceptatie?

‘Ik denk dat heel veel mensen het belangrijk vinden om te weten dat het geld dat we als maatschappij geven aan wetenschap en universiteiten goed besteed is. Voor investeren in de wetenschap heb je vertrouwen nodig, want het komt niet gelijk de volgende dag al

terug. Dan moet je laten zien dat het goed is, zelfs als het om hele fundamentele vragen gaat over higgsdeeltjes, dingen waar je echt nooit iets aan zal hebben. Dat hoort toch een beetje bij onze cultuur. Want het zijn wel degelijk belangrijke dingen, dat je je afvraagt hoe het heeal in elkaar zit.’

Denkt u echt dat je aan de vondst van het higgsdeeltje nooit iets zal hebben?

‘Ik zeg nooit nooit. Maar van alle dingen die in de wetenschap worden gedaan, is dat wel de minst waarschijnlijke kandidaat om iets op te brengen. In de versneller in Genève worden omstandigheden gecreëerd waar je niets aan hebt, die niet lijken op wat in onze alledaagse wereld voorkomt. Dat is wetenschap puur gericht op het begrijpen van de natuur.’

Het majoranadeeltje hebt u ontworpen in het lab. U hebt het niet in de vrije natuur gevonden. Vindt u dat jammer?

‘Nee. Het ontwerpen van een quantummechanisch systeem, is een nieuwe trend. Je kunt wel bezig blijven met ‘o, de natuur maakt veel groene blaadjes’, maar zelf dingen creëren die een bepaald gedrag vertonen, vind ik nu veel spannender. De majoranadeeltjes die je in de ruimte kunt vinden, zijn

belangrijk voor ons begrip, maar lijken verder niet bruikbaar. De vorm die wij hebben gecreëerd, kun je voor een quantumcomputer gebruiken, want die hebben eigenschappen die heel uniek zijn. Zelf ontwerpen, eigenschappen meegeven, dat vind ik echt 2015. Quantum 2.0, zeg maar.’

Wat doen die majorana's straks in de quantumcomputer?

‘Majorana's zijn één van de qubits waar we mee werken. Het is de onderzoekslijn die ik met Microsoft heb opgezet. We zijn van plan die te verenigen met de rest waar we mee bezig zijn, maar ze komen niet in het reken-circuit van vijftig qubits. Een quantumcomputer heeft straks een processor en een geheugen. De majorana's zitten meer aan de geheugenkant. Twee andere qubits – gebaseerd op silicium en supergeleiders – zitten aan de processorkant en komen dus wel in dat reken-circuit. De vierde is een qubit van diamant. Die is vooral geschikt om het quantuminternet mee op te bouwen.’

Zou het u nog iets zeggen als onderzoekers straks ook echte majoranadeeltjes in de ruimte vinden?

‘Dat vind ik dan heel leuk, maar verder niet.’

