

De kwantumcomputer: het meest indrukwekkende object op microschaal

Tweeten 0

Vind ik leuk

90 personen vinden dit leuk.

Prof.dr. Ronald de Wolf

Onderzoeker in de Theoretische Informatica en Quantum Computing
Centrum Wiskunde & Informatica

Mijn vakgebied is de theoretische informatica, in het bijzonder het onderzoek van computers gebaseerd op de kwantummechanica, zogenaamde “kwantumcomputers”. Kwantummechanische effecten zoals superpositie, interferentie en verstrengeling kan je gebruiken om computers op een fundamenteel nieuwe manier te laten functioneren. Dit kan door middel van *quantum bits*, meestal afgekort tot “qubits”. Een klassiek bit, waaruit de huidige computers zijn opgebouwd, kan maar één waarde hebben, namelijk 0 of 1. Maar volgens de kwantummechanica is een qubit in een superpositie van deze twee waarden, en is dus 0 en 1 “tegelijk”. Een computer bestaande uit qubits kan hierdoor een enorme capaciteit krijgen. Een systeem van twee gekoppelde qubits heeft al vier waarden tegelijk (00, 01, 10 en 11), drie gekoppelde qubits hebben er acht, en een systeem van 1000 qubits kan tegelijk 2^{1000} verschillende waarden aannemen. Deze 2^{1000} is een kolossaal getal, veel groter dan het aantal elementaire deeltjes in het heelal! Er is hier dus een enorme hoeveelheid ruimte om berekeningen te doen. De kunst is om die enorme ruimte nuttig te gebruiken, en er voor te zorgen dat de uitkomst van de berekening gemeten kan worden.

De wetenschappelijke uitdaging van kwantumcomputers kun je samenvatten in twee vragen: (1) wat zou zo'n computer allemaal kunnen, en (2) kunnen we zo'n computer bouwen? Ik hou me zelf vooral bezig met de eerste vraag, de tweede vraag is voor de experimentele natuurkunde. De kleine kwantumcomputers die al gebouwd zijn, komen ongeveer hierop neer: je zoekt een fysisch systeem met twee mogelijke waarden dat als een qubit kan dienen, bijvoorbeeld de spin van een elektron of de polarisatie van een foton. Vervolgens probeer je een systeem van een aantal van dat soort deeltjes in een simpele begintoestand te brengen en deze vervolgens met lasers of magnetische velden stapsgewijs zo precies mogelijk te manipuleren totdat je het antwoord van de berekening kunt meten. Die manipulaties vormen samen het algoritme van de berekening, oftewel het “kwantumalgoritme”. Omdat de deeltjes zo minuscule zijn, vormen ruis en kleine afwijkingen een groot probleem bij de daadwerkelijke implementatie. Hier is wel een theoretische oplossing voor gevonden — “quantum error-correction” — maar nog geen praktische, waardoor een grootschalige kwantumcomputer momenteel experimenteel nog niet haalbaar is (kleine kwantumcomputers zijn al wel gebouwd).

1. Wat is de belangrijkste wetenschappelijke ontwikkeling in uw vakgebied?

De realisering — ruim 20 jaar geleden — dat allerlei vreemde en tegen-intuïtieve kwantummechanische effecten ons toestaan om berekeningen te doen op fundamenteel andere en betere manieren dan voor de gewone, “klassieke” computers mogelijk is. We zijn nog steeds bezig om precies te ontdekken wat we hierdoor beter kunnen doen dan op klassieke computers. Voorbeelden zijn het kraken van veel gebruikte beveiligingscodes, het sneller doorzoeken van grote zoekruimtes, efficiënter en veiliger communiceren, en het simuleren van fysische systemen om te helpen hun eigenschappen te bepalen. Voor de informatica is dat een grote verschuiving van perspectief: informatica als wetenschap gaat over de ultieme mogelijkheden van computers, in de ruime zin van “fysisch-realiseerbare informatie-verwerkende mechanismes”. De meest krachtige computer die de natuur ons toestaat is volgens de huidige natuurkunde de kwantumcomputer; het bestuderen hiervan zou dus centraal moeten staan in de theoretische informatica. Vanuit natuurkundig oogpunt kun je de pogingen om zo'n computer te bouwen, zien als de grootste experimentele test van de kwantummechanica ooit: als het lukt dan is de kwantumcomputer het meest indrukwekkende object ooit op microschaal gebouwd, en als het niet lukt dan hebben we hopelijk iets fundamenteel nieuws geleerd over de natuur.

2. Op welke wetenschappelijke doorbraak hoopt u?

Dat iemand binnen de komende tien jaar een kwantumcomputer bouwt die voldoende groot is om iets te doen dat ver buiten het bereik van de huidige klassieke computers ligt. Hiervoor zijn honderden tot duizenden kwantumbits nodig; momenteel hebben de meest geavanceerde kwantumcomputer experimenten hoogstens zo'n tien kwantumbits.

3. Wat is de waarde van uw vakgebied voor de samenleving?

Veel van de economische en sociale ontwikkelingen in onze maatschappij in de afgelopen 50 jaar komen door het steeds sterker, sneller en kleiner worden van elektronische apparatuur in het algemeen, en computers in het bijzonder. De kwantumcomputer kan de volgende stap zijn in deze ontwikkeling: het is in principe de snelst-mogelijke computer die de natuur ons toestaat te bouwen. Als we er in slagen een grote kwantumcomputer te bouwen, dan kunnen we allerlei computationele problemen oplossen die nu zelfs met de grootste klassieke computers onmogelijk zijn op te lossen omdat ze gigantisch veel rekentijd vergen, bijvoorbeeld het uitrekenen van eigenschappen van moleculen die in nieuwe medicijnen gebruikt zouden kunnen worden.

Andere bijdragen in [Computer van de toekomst](#), [Wiskunde](#)

Tweeten 0

Vind ik leuk

Vind dit als eerste van je vrienden leuk.