

## ARTIKEL

TERUG | MAIL | SLA OP

## METADATA

**De kwantumcomputer heeft een onverwacht lek**

29/7/2005

**VERSCHENEN IN:** Vakpagina Natuurkunde**TAAL:** Nederlands**AUTEUR:** drs. Jasper van Wezel**BRON:** Lorentz Instituut,  
Universiteit Leiden**DATUM:** 29/7/2005**SAMENVATTING**

Met de kwantumcomputer kunnen problemen worden opgelost die voor alle gewone computers veel te moeilijk zijn. Het bouwen ervan blijkt echter erg moeilijk, omdat de informatie in een kwantumcomputer de neiging heeft om weg te lekken. Behalve de bekende processen waarbij die informatie in de omgeving verdwijnt, is er nu door Leidse onderzoekers ook een proces ontdekt waarbij de informatie binnen in de kwantumcomputer kwijt kan raken.

**Met de kwantumcomputer kunnen problemen worden opgelost die voor alle gewone computers veel te moeilijk zijn. Het bouwen ervan blijkt echter erg moeilijk, omdat de informatie in een kwantumcomputer de neiging heeft om weg te lekken. Behalve de bekende processen waarbij die informatie in de omgeving verdwijnt, is er nu door Leidse onderzoekers ook een proces ontdekt waarbij de informatie binnen in de kwantumcomputer kwijt kan raken.**

Het grootste verschil tussen de wetten van Newton en die van de kwantummechanica is dat het in de kwantumwereld toegestaan is om je op één moment op meer dan één plaats te bevinden. Een atoom kan dus tegelijkertijd op twee verschillende plekken zijn: het atoom is dan in een zogenaamde superpositie van twee toestanden. Een spectaculair voorbeeld van zo'n superpositie kun je zien in een Bose-Einstein condensaat. Dat is een wolk deeltjes die zo koud zijn gemaakt dat ze zich allemaal samen als één groot kwantumdeeltje gaan gedragen. En die hele wolk van vele miljoenen atomen samen kan dus tegelijkertijd op twee verschillende plaatsen bestaan.

**Qubits**

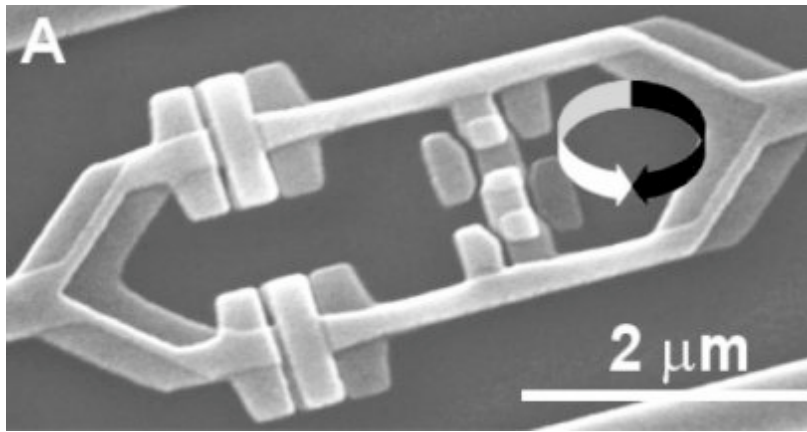
Het feit dat de kwantummechanica dit soort superposities toelaat maakt het in principe mogelijk om hele efficiënte computers te maken. Computers werken namelijk door informatie te bewerken en op te slaan in kleine informatiepakketjes die we bits noemen. Eén bit is een stukje elektronica dat zich in twee verschillende toestanden kan bevinden. Die toestanden noemen we bijvoorbeeld 0 en 1.

Als we nu in staat zouden zijn om een bit te maken dat in de kwantumwereld leeft (een zogenaamde qubit), dan zou die qubit volgens de kwantummechanica ook in een superpositie mogen voorkomen: een qubit zou tegelijkertijd in de toestand 0 én in de toestand 1 kunnen zijn! Omdat zo'n qubit zich in meerdere toestanden tegelijk kan verkeren, kun je er als het ware ook meerdere berekeningen tegelijkertijd mee uitvoeren.

Door dit gegeven handig te gebruiken is het zelfs mogelijk om kwantum-computerprogramma's te schrijven die bepaalde berekeningen enorm veel sneller kunnen doen dan enige denkbare gewone computer. Zo veel sneller zelfs dat het mogelijk wordt om bepaalde dingen uit te rekenen die je met een gewone computer onmogelijk zou kunnen uitrekenen, omdat dat simpelweg veel te veel tijd zou kosten.

Een beroemd voorbeeld hiervan is het vinden van priemgetallen (getallen die alleen door zichzelf en door één deelbaar zijn). Grote priemgetallen worden gebruikt als de basis van elektronische beveiligingssystemen omdat ze zo moeilijk te vinden zijn met gewone computers. Een kwantumcomputer zou echter vrij gemakkelijk hele grote priemgetallen kunnen 'opsporen' (met het zogenaamde algoritme van Shor), en zo dus

allerlei elektronische codes kunnen kraken.



De supergeleidende ring die in de groep van Hans Mooij in Delft als qubit wordt gebruikt. In deze ring loopt een stroom van miljarden elektronen tegelijkertijd linksom en rechtsom door het metaal (zie de pijltjes).

bron: TU Delft, Hans Mooij

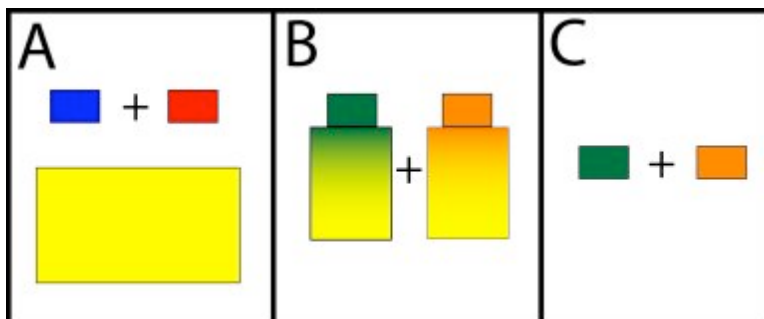
[Klik op de afbeelding voor een grotere versie.](#)

### Isosatie

Met behulp van kwantum mechanische bits zouden we dus hele efficiënte computers kunnen bouwen. Het produceren van een werkende qubit blijkt echter erg moeilijk te zijn. Onderzoekers proberen heel veel verschillende dingen als qubit te gebruiken: van de magnetisatie (de spin) van een enkel atoom, tot aan de stroomrichting van een elektrische stroom in een ring van supergeleidend metaal (zie afbeelding 1). Al deze qubits hebben echter hetzelfde probleem: ze zijn heel moeilijk te isoleren.

Als een qubit niet goed geïsoleerd is dan zal een deel van de informatie die in zo'n qubit zit opgeslagen weglekken naar de omgeving van de qubit. Stel je bijvoorbeeld voor dat de qubit in een superpositie van 0 + 1 zit. Als de qubit niet volledig geïsoleerd is, zal de toestand van de qubit de omgeving ervan altijd een klein beetje beïnvloeden. De toestand 0 beïnvloedt de omgeving echter op een net iets andere manier dan de toestand 1.

Door die verschillende invloeden zal de omgeving langzaam maar zeker de toestand van de qubit een klein beetje overnemen: het gehele systeem van qubit én omgeving komt dan in een superpositie van qubit en omgeving in toestand 0 + qubit en omgeving in toestand 1. Op dit moment is de informatie uit de qubit dus ook gedeeltelijk overgegaan op de omgeving. En omdat die omgeving door de kwantumcomputer niet als deel van de qubit wordt gezien, is die informatie dus onbruikbaar geworden en in feite verloren gegaan. Dit verlies van informatie uit een qubit noemen we decoherentie.



Een schematische voorstelling van decoherentie. In het begin maken we een qubit in een superpositie van twee toestanden (rood en blauw), los van de omgeving (geel) [A]. Vervolgens zetten we de

qubit in de omgeving. De informatie (kleur) uit de qubit wordt dan in de loop der tijd als het ware verdeelt (uitgeveegd) over de omgeving [B]. Als we uiteindelijk alleen naar de qubit zelf kijken dan is dus niet alle informatie (kleur) van de oorspronkelijke qubit meer terug te vinden [C].

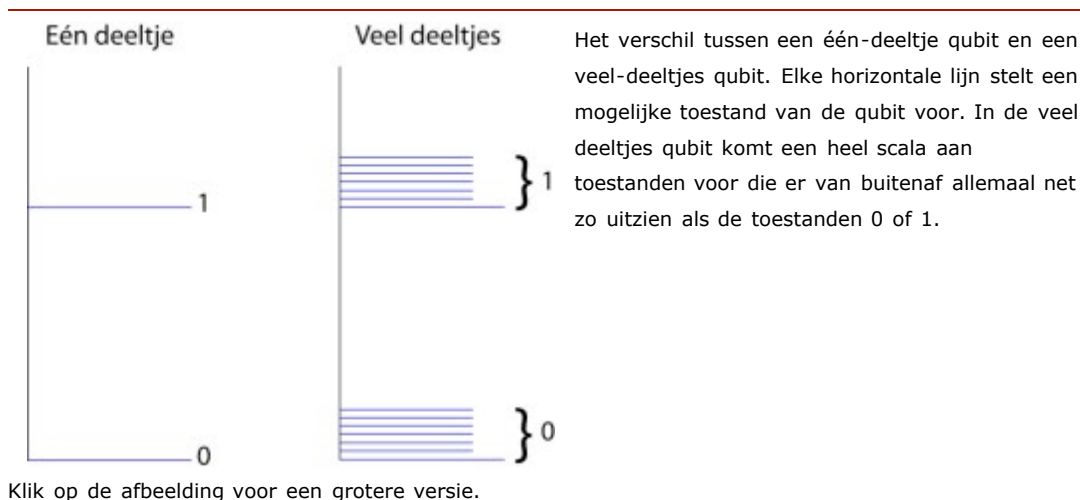
[Klik op de afbeelding voor een grotere versie.](#)

## Het interne lek

Qubits isoleren van de omgeving lukt tegenwoordig steeds beter. Het duurt dan ook langer en langer voordat de informatie uit moderne qubits weglekt naar de omgeving. Drie onderzoekers van de universiteit van Leiden (Jasper van Wezel, Jeroen van den Brink en Jan Zaanen) hebben nu echter ontdekt dat de omgeving niet de enige boosdoener is. Ook de qubit zelf kan voor informatieverlies zorgen! Het is in dat geval net alsof de qubit een soort "interne omgeving" met zich meedraagt.

Niet alle soorten qubit hebben last van deze nieuwe en onverwachte bron van decoherentie. Alleen qubits die zijn opgebouwd uit heel veel kleinere deeltjes, zoals bijvoorbeeld de supergeleidende ring met miljarden elektronen, hebben zo'n interne omgeving. Die veel-deeltjes qubits hebben namelijk veel meer toestanden ter beschikking dan alleen de 0 en 1.

Er blijken zelfs een heleboel toestanden in zo'n qubit te zitten die er van buitenaf allemaal precies zo uit zien als de 0 of de 1, maar die toch allemaal net iets anders zijn. Die verzameling van extra toestanden in de qubit gedraagt zich nu eigenlijk precies hetzelfde als de omgeving. Als we een qubit maken in een superpositie van 0 en 1, dan zal er na verloop van tijd ook een superpositie ontstaan van al die andere toestanden die zo op de 0 en 1 lijken. De informatie van de qubit lekt dus weg naar de interne omgeving, en is dan onbruikbaar voor de kwantumcomputer.



## De toekomst

Dit soort interne decoherentie komt in principe voor in alle veel-deeltjes qubits. Of het in de praktijk ook echt een gevaar is voor de ontwikkeling van een werkende qubit hangt af van de omstandigheden. Het is namelijk niet alleen de vraag of er informatie weglekt, maar vooral ook hoe snel die informatie verdwijnt. De snelheid waarmee de interne omgeving informatie opneemt hangt af van de grootte van de qubit.

De qubits waaraan op dit moment onderzoek wordt gedaan zijn zo groot dat de informatie maar heel langzaam naar de interne omgeving blijkt weg te lekken. De echte, externe omgeving vormt daarom nog altijd een veel belangrijker gevaar. Het is echter wel nodig ook deze nieuwe vorm van informatieverlies voor qubits in de gaten te blijven houden. Als we immers steeds beter in staat zijn de qubits te isoleren, en we maken de qubits steeds kleiner, dan zullen we op een gegeven moment toch een manier moeten gaan zoeken om ook dit lek te dichten.

### Zie ook:

- [Oorspronkelijke publicatie \(PDF, Engels\)](#)
- [Quantum computer springs a leak \(Engels\)](#)
- [Kwantumcomputer eet eigen informatie op](#)
- [Flux-qubits van de TU Delft \(Engels\)](#)

[Kwantum verstrengeling als basis voor de kwantumcomputer \(Kennislink artikel\)](#)

[Qubit.org: dé site over qubit-onderzoek \(Engels\)](#)

[Kwantumbeveiliging te koop \(Kennislink artikel\)](#)

[Teleportatie uit de sci-fi hoek \(Kennislink artikel\)](#)

## **Over de auteur**

Drs. Jasper van Wezel is promovendus (AIO) aan de Universiteit van Leiden en onderzoekt de theoretische natuurkunde van gecondenseerde materie.

**PARTNERS BOEKENPLEIN**

Kennislink wordt in opdracht van het ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap uitgevoerd door Stichting Nationaal Centrum voor Wetenschap en Technologie.  
copyright 1999-2005 Kennislink colofon / disclaimer