

## Doorkruisbare wormgaten in het lab

Hoewel de informatieparadox, de vraag of je informatie kunt achterhalen nadat die in een zwart is gevallen, theoretisch gezien een oplossing nabij is, wil dat nog niet zeggen dat we ook daadwerkelijk informatie uit een zwart gat (of diens Hawkingstraling) kunnen terugkrijgen. Een nieuw voorstel voor een experiment in een laboratorium hoopt hier licht op te werpen.



Afbeelding. Verstrengeling. Al in 2015 toonden onderzoekers van het Hanson lab in Delft aan dat verstrengeling tussen deeltjes zelfs op grote afstand – hier: van de ene kant van de Delftse campus naar de andere – precies aan de quantumwetten voldoet. De vraag is nu: kunnen we zulke verstrengelde deeltjes gebruiken om in het lab wormgaten te onderzoeken? Afbeelding: Hanson lab.

Eind vorig jaar schreef ik een tweeluik over nieuwe ontwikkelingen rondom de informatieparadox, de schijnbare tegenstelling dat zwarte gaten informatie lijken te vernietigen, in strijd met de ‘tijdsdomkeerbaarheid’ van de quantummechanica. In [deel 1](#) van het tweeluik legde ik uit hoe we de informatieparadox kunnen formuleren in termen van het begrip [entropie](#), en zagen we dat het ‘oplossen’ van de informatieparadox neerkomt op het reproduceren van iets wat de ‘Pagekromme’ heet. In het [tweede deel](#) legde ik uit hoe (theoretische) onderzoekers dat laatste gelukt is: met behulp van zogeheten quantum-extremale oppervlakken. Dit onderzoek geeft bewijs voor de stelling dat zwarte gaten informatie niet vernietigen, maar belangrijke vervolgvragen die het oproept zijn: waar blijft die informatie dan? En hoe kunnen we er toegang toe krijgen?

Een groep onderzoekers aan het California Institute of Technology ontwierp een experiment dat dit soort vragen wellicht kan beantwoorden. Grofweg is de opzet als volgt: neem een zwart gat en maak een tweede zwart gat dat ermee verbonden ('[verstrengeld](#)') is via een [wormgat](#). Gooi nu wat informatie in het eerste zwarte gat; het blijkt dat na een tijdje die informatie uit het *tweede* zwarte gat tevoorschijn zou moeten komen. Hoogstwaarschijnlijk zit je nu met opgetrokken wenkbrauwen te lezen en vraag je je af of we dit ooit in een laboratorium kunnen doen. Toch is dat wat de onderzoeksgroep uit Californië beweert!

De crux zit 'm in doorkruisbare wormgaten. Die hebben we [eerder ook al eens beschreven](#) – de truc voor doorkruisbaarheid was om de uiteinden van het wormgat ook 'langs de buitenkant' met elkaar te verbinden, waardoor het reizen door het wormgat in feite een vorm van quantumteleportatie is. Met *quantumteleportatie* bedoelen we het verzenden van de 'quantumtoestand' van een deeltje naar zijn verstrengelde partner. En daarin ligt de mogelijkheid tot experimenten doen in een lab: het verstrengelen van deeltjes [is goed mogelijk](#). Het verzenden van zo'n quantumtoestand komt erop neer dat het partner-deeltje verandert in het oorspronkelijke deeltje: alle informatie over het eerste deeltje vinden we nu terug in het tweede. Dat dit in het laboratorium kan is eveneens veelvuldig experimenteel aangetoond.

Het experiment dat de onderzoekers nu voorstellen om de informatiestroom bij zwarte gaten te onderzoeken, vereist het verstrengelen van twee *clusters* van deeltjes. Het idee daarachter is om de dynamica van zwarte gaten na te bootsen: die moeten in eerste instantie informatie 'zoekmaken'. Dat willen de onderzoekers bewerkstelligen door de deeltjes een interactie met elkaar te laten aangaan die *chaotisch* is. Dat betekent dat zodra informatie – in de vorm van nóg een deeltje – wordt toegevoegd aan het cluster van deeltjes, die na een tijdje niet meer te traceren is. Dit is een proces dat bij zwarte gaten ook plaatsvindt, en met een mooi woord: *scrambling* heet. Door bovendien nog een interactie toe te voegen tussen de twee clusters – het equivalent van de verbinding 'langs de buitenkant' bij het wormgat – kan toch teleportatie van het toegevoegde deeltje optreden. De toestand van (oftewel: de informatie over) dat deeltje is dus in het ene cluster niet meer te vinden, terwijl die in het andere cluster juist zonder extra decoding af te lezen is.

De zwarte gaten in onze beschrijving van het experiment lijken ver te zoeken, maar dat is schijn. Hoewel dit experiment niet daadwerkelijk gebruik maakt van zwarte gaten, is hiermee namelijk toch iets te leren over de informatieparadox: het experiment bestudeert een zogeheten *duaal proces*. Dat wil zeggen: hoewel dit proces fysisch anders is dan wat er in zwarte gaten gebeurt, is de wiskundige beschrijving wel volledig en exact af te beelden op wat er in een wormgat gebeurt. Daarmee zouden we nu dus echt in het laboratorium iets kunnen leren over deze mysterieuze objecten. Het experiment staat weliswaar nog in de kinderschoenen, maar is vooralsnog onze beste hoop om de informatieparadox van zwarte gaten in het lab te bestuderen.

*Meer weten over dit onderwerp? Zie ook [dit artikel van Quanta Magazine](#) (Engelstalig).*

*Het wetenschappelijke artikel met het voorgestelde experiment: [Quantum Gravity in the Lab: Teleportation by Size and Traversable Wormholes](#), van Adam R. Brown, Hrant Gharibyan, Stefan Leichenauer, Henry W. Lin, Sepehr Nezami, Grant Salton, Leonard Susskind, Brian Swingle en Michael Walter.*