

\*\*\* Persbericht voor for “Loophole-free Bell inequality violation using electron spins separated by 1.3 kilometres” by B. Hensen et al. \*\*\*

\*\*\* EMBARGO tot 21 oktober 2015, 19:00 CET\*\*\*

## **Einsteins ongelijk: Delfts experiment beëindigt 80 jaar oude discussie**

*Het was Albert Einstein zelf, die in 1935 een fundamentele vraag stelde over ons universum: Kan, zoals de theorie van de kwantummechanica voorspelt, het waarnemen van een object instantaan gevolgen hebben voor een ander object, zelfs als dat zich aan de andere kant van de Melkweg bevindt? Einstein weigerde dat laatste te accepteren, en noemde het ‘spookachtige invloed op afstand’.*

*Precies tachtig jaar later laat een team wetenschappers, onder leiding van Prof. Ronald Hanson van de TU Delft, zien dat Einstein daarin ongelijk had. De wetenschappers toonden aan dat elektronen in twee diamanten, gescheiden van elkaar door 1,3 km campus, echt een onzichtbare en instantane verbinding kunnen hebben.*

*Het experiment, waarover ze vandaag in Nature publiceren, laat zien dat – hoe tegenintuïtief ook- de “spookachtige invloed” echt bestaat. Het experiment besluit niet alleen een van de meest intrigerende discussies in de natuurkunde, het schept ook de mogelijkheid voor een radicaal nieuwe manier voor beveiligde communicatie, die fundamenteel onmogelijk valt af te luisteren.*

### **Op twee plekken tegelijk?**

“De kwantum mechanica stelt dat een deeltje, zoals een elektron, zich in twee verschillende toestanden tegelijk kan bevinden. Het kan zelfs op twee verschillende plaatsen tegelijk zijn, zolang het niet wordt waargenomen. Dit fenomeen heet ‘superpositie’. Het gaat volledig tegen onze intuïtie in.”, stelt Ronald Hanson. Zijn onderzoeksgroep werkt met ‘spin’, een miniem magnetisch effectje van het elektron, dat omhoog of omlaag kan wijzen. Het kan ook allebei tegelijk zijn, in superpositie. “Het wordt pas echt interessant als we twee elektronen ‘verstrengelen’, zodat ze samen een geheel vormen. Dan zijn ze allebei omhoog en omlaag tegelijk, maar zodra we er één waarnemen en ‘omhoog’ vinden, bepalen we ook dat de andere ‘omlaag’ staat. Dat effect is instantaan, zelfs als het andere elektron zich in een raket aan de andere kant van de Melkweg zou bevinden”, aldus Hanson.

Al in 1935, een paar jaar na de geboorte van de kwantum theorie, was dit effect een reden om aan de theorie te twijfelen. Wetenschappers Einstein, Podolsky en Rosen, stelden in een beroemd artikel, bekend als het ‘EPR’-paper, dat de kwantum mechanica weliswaar aantoonbare verdiensten had, maar vanwege de vreemde voorspelling van verstrengeling geen complete theorie kón zijn. Hun conclusie was dat er nog onontdekte eigenschappen van deeltjes moesten bestaan, zogenaamde ‘verborgen variabelen’. Als we die variabelen zouden kennen, dan is die ‘spookachtige invloed op een afstand’ niet meer nodig.

### **Bell Test**

In 1964, toen CERN wetenschapper John Stewart Bell een experiment bedacht dat zou kunnen aantonen dat Einstein’s ‘spookachtige invloed’ toch echt bestond: de Bell Test. Dit experiment voert op een slimme manier metingen uit aan de beide partners van een verstrengeld paar en sluit daarbij alle mogelijke ‘verborgen variabelen’ uit als verklaring. Tijdens de laatste vier decennia voerden wetenschappers vele Bell Tests uit, met resultaten die lieten zien dat de spookachtige actie op afstand inderdaad bestond. Maar elke Bell Test tot nu toe bevatte belangrijke achterdeurtjes, zogenaamde ‘loopholes’. Daardoor kon niet worden uitgesloten dat Einstein toch gelijk had.

Zo zou het kunnen, als de deeltjes te dicht bij elkaar zijn, dat er communicatie tussen hen was tijdens het experiment (de 'locality loophole') waardoor de waargenomen correlaties met een lokaal model verklaard kunnen worden. Een tweede achterdeur ontstaat als het experiment maar een klein deel van de verstrengelde paren echt kan meten. Dan kan het dat het waargenomen deel helemaal niet representatief is voor alle verstrengelde paren: de 'detectie loophole'. Met de achterdeurtjes open kunnen verklaringen zonder "spookachtige invloeden" niet worden uitgesloten.

### **Loopholes**

Een groep wetenschappers uit Nederland, Spanje en het Verenigd Koninkrijk is er voor het eerst in geslaagd alle loopholes tegelijkertijd te sluiten. De wetenschappers plaatsten twee diamantjes, elk met een ingevangen elektron, 1.3 km uit elkaar aan weerszijde van de universiteitscampus van de Technische Universiteit Delft. Ze verstrengelden beide elektronen en waren in staat een Bell Test uit te voeren.

*"We hebben twee laboratoria, één in het natuurkundegebouw en een in het Reactor Instituut aan de andere kant van de campus. De grote afstand tussen de opstellingen zorgt ervoor dat noch de detectoren, noch de elektronen zelf onderling informatie kunnen uitwisselen tijdens het experiment. Die uitwisseling kan nooit sneller gaan dan de snelheid van het licht en de afstand tussen de labs is simpelweg te groot om te overbruggen in de tijd die wij nodig hebben de elektronen te meten",* vertelt promovendus Bas Hensen, eerste auteur van de publicatie in Nature. *"Daarmee is de lokaliteits-loophole gedicht. We sluiten ook de detectie-loophole, omdat we in ons experiment alle verstrengelde paren detecteren. Het is de eerste Bell Test vrij van loopholes, en nog steeds zien we dat de onzichtbare en instantane verbinding van verstrengeling er echt is: de spookachtige invloeden zijn er echt".*

### **On-hackbare communicatie**

Het Delftse experiment sluit een hoofdstuk van een van de meest intrigerende debatten in de wetenschap, ooit begonnen tussen de grootheden Albert Einstein en Niels Bohr. Maar het experiment heeft ook een belangrijke toepassing: verstrengeling maakt een vorm van inherent veilige communicatie mogelijk.

De uitkomsten van de metingen kunnen namelijk ook gebruikt worden als een beveiligingssleutel. Het is voor hackers fundamenteel onmogelijk om die sleutel af te luisteren, omdat de sleutel niet reist tussen twee punten, maar gecreëerd wordt uit de verstrengeling. Tenminste, als er geen loopholes zijn, want dat zijn achterdeurtjes waardoor hackers toch naar binnen zouden kunnen sluipen. Kwantum mechanica kan alleen een inherent veilige vorm van communicatie leveren als alle achterdeurtjes dicht zitten. Het Delftse experiment heeft voor het eerst aangetoond dat de achterdeurtjes allemaal gesloten kunnen zijn.

\*\*\*

### **Note for editors, not for publication**

For more information, please contact:

Prof. Ronald Hanson, r.hanson@tudelft.nl, tel: +31 15 278 4276.

More information, including free-to-use images and animations, will be made available on <http://hansonlab.tudelft.nl/loophole-free-Bell-test>

The paper: 'Loophole-free Bell inequality violation using electron spins separated by 1.3 kilometres' will become available here: <http://nature.com/articles/doi:10.1038/nature15759>

***Acknowledgement***

Dit onderzoek wordt mede mogelijk gemaakt door de Technologiestichting STW, Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (NWO), Stichting voor Fundamenteel Onderzoek der Materie (FOM), het Defense Advanced Research Projects Agency QuASAR programma, het Spaanse MINECO project MAGO (Ref. FIS2011-23520) en Explora Ciencia (Ref. FIS2014-62181-EXP), het Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling (EFRO) TEC2013-46168-R, Fundacio Privada CELLEX, FET Proactive project, European Research Council through projects AQUMET and HYSORE.