

LIGO en Virgo detecteren eerste zwaartekrachtgolven van samensmeltende neutronensterren

De eerste kosmische gebeurtenis die gelijktijdig ook in licht is waargenomen

Volg live de Persconferentie: <http://www.virgo-gw.eu>

Wetenschappers hebben voor het eerst zwaartekrachtgolven - rimpelingen in de ruimtetijd - én licht opgevangen van de spectaculaire botsing van twee neutronensterren. Neutronensterren zijn de kleine, ultracompacte overblijfselen van zware sterren die zijn ontploft in een supernova-explosie. De ontdekking is gedaan door de twee detectoren van het Laser Interferometer Gravitational-wave Observatory (LIGO) in de Verenigde Staten, de Virgo-detector in Europa en ongeveer zeventig telescopen op aarde en in de ruimte.

Terwijl de twee neutronensterren naar elkaar toe spiraliseerden, zonden ze zwaartekrachtgolven uit die gedurende ongeveer 100 seconden detecteerbaar waren; toen ze samensmolten produceerden ze een flits in de vorm van gammastraling die ongeveer twee seconden na de zwaartekrachtgolven werd gezien. In de dagen en weken na de samensmelting werd de gebeurtenis ook in andere delen van het elektromagnetisch spectrum waargenomen, waaronder röntgen, ultraviolet, optisch, infrarood, en radio.

De waarnemingen geven astronomen een volstrekt unieke gelegenheid om de botsing van twee neutronensterren te bestuderen. Zo blijkt uit waarnemingen met het Amerikaanse Gemini-observatorium, de Europese Very Large Telescope en de Hubble Ruimtetelescoop dat bij de botsing en versmelting van de twee neutronensterren zeldzame zware elementen als goud en platina zijn gevormd, waarmee een decennialang mysterie is ontrafeld over de productie van elementen die zwaarder zijn dan ijzer.

De LIGO-Virgo-resultaten worden vandaag gepubliceerd in het vaktijdschrift *Physical Review Letters*; aanvullende papers van de LIGO- en Virgo-collaboraties en de astronomische gemeenschap zijn ingestuurd dan wel geaccepteerd voor publicatie in diverse vaktijdschriften.

Nikhef-directeur Stan Bentvelsen noemt de ontdekking “enorm spannend.”
“De detectie van het samensmelten van neutronensterren, eerst door zwaartekrachtgolven en ogenblikkelijk gevolgd door waarnemingen met optische telescopen, levert een volstrekt nieuw beeld van deze kosmische gebeurtenissen. Dit is wat mij betreft het event van de eeuw, dat een nieuwe kennismaking met ons universum markeert.”

Natuurkundigen van het Nationaal instituut voor subatomaire fysica (Nikhef), de Vrije Universiteit Amsterdam, de Rijksuniversiteit Groningen en de Universiteit Maastricht, en sterrenkundigen van de Radboud Universiteit en NOVA zijn direct

betrokken bij dit onderzoek. Lees verderop meer details over deze Nederlandse bijdrage.

Detectie en follow-up

Zwaartekrachtgolf GW170817 werd op 17 augustus om 14:41 uur Nederlandse tijd door de twee identieke LIGO-detectoren in Hanford (Washington) en Livingston (Louisiana) in de VS gedetecteerd. De informatie van de Europese Virgo-detector nabij Pisa in Italië hielp met het verbeteren van de lokalisatie van de kosmische gebeurtenis.

LIGO's real-timedata-analysesoftware registreerde een sterk zwaartekrachtgolfsignaal in een van de twee LIGO-detectoren. Vrijwel direct registreerde NASA's Fermi-ruimtetelescoop een gammaflits. Het signaal werd bevestigd door ESA's ruimte-observatorium INTEGRAL. De analysesoftware van LIGO-Virgo concludeerde dat toeval hoogst onwaarschijnlijk was, waarna een tweede geautomatiseerde LIGO-analyse een gelijktijdig zwaartekrachtgolfsignaal meldde in de andere LIGO-detector. De snelle LIGO-Virgo-detectie in combinatie met de Fermi-waarneming, zette een follow-upwaarneemcampagne in gang met telescopen over de hele wereld.

Virgo en lokalisatie

Hoewel het zwaartekrachtgolfsignaal eerst door de LIGO-detectoren werd opgevangen, heeft de Virgo-detector een zeer belangrijke rol gespeeld in de ontdekking. Door de oriëntatie ten opzichte van de bron op het moment van de detectie, ving Virgo een zwak signaal op. Gecombineerd met de LIGO-detectie kon vervolgens een driehoeksmeting worden gedaan en een relatief klein stukje aan de zuidelijke hemel worden aangewezen waarin de bron zich moest bevinden.

“Deze gebeurtenis heeft de nauwkeurigste lokalisatie opgeleverd van alle waargenomen zwaartekrachtgolven tot nu toe,” zegt Virgo-woordvoerder Jo van den Brand (Nikhef en Vrije Universiteit Amsterdam). “Door deze precieze plaatsbepaling konden astronomen follow-upmetingen doen die een overvloed aan adembenemende resultaten hebben opgeleverd.” Hij voegt eraan toe: “Dit resultaat is een prachtig voorbeeld van teamwork, het belang van coördineren en de waarde van wetenschappelijk samenwerken. We zijn er trots op dat we met Virgo een belangrijke rol hebben gespeeld in deze buitengewone wetenschappelijke doorbraak.”

Met behulp van de coördinaten van LIGO-Virgo vonden optische telescopen in de uren daarna een nieuwe lichtbron aan de hemel. Uiteindelijk hebben zo'n zeventig telescopen en instrumenten op aarde en in de ruimte gezocht naar tegenhangers van zwaartekrachtgolf GW170817 in het elektromagnetisch spectrum.

Neutronensterren en gammaflitsen

De LIGO-data toonden twee spiraliserende astrofysische objecten op een relatief korte afstand van 130 miljoen lichtjaar van de aarde. De objecten waren niet zo zwaar als de dubbele zwarte gaten die de interferometer eerder ontdekte, maar

hadden een massa van ongeveer 1,1 tot 1,6 die van de zon, wat duidt op neutronensterren.

Terwijl twee zwarte gaten een kenmerkende 'chirp' (een steeds sneller toenemende frequentie) van slechts een fractie van een seconde produceren in de gevoelige band van de LIGO-detector, duurde de chirp van GW170817 zo'n 100 seconden en was hij te zien in het hele frequentiebereik van LIGO.

"Het zwaartekrachtgolf-signaal bevat informatie over hoe de neutronensterren elkaar hebben vervormd door de getijdenkrachten, wat ons veel vertelt over hoe ze er van binnen uitzien," zegt Chris Van Den Broeck van Nikhef en de Rijksuniversiteit Groningen, die voor zulke metingen de eerste concrete analysemethoden heeft helpen ontwikkelen. "Daarnaast bieden zwaartekrachtgolven van dubbele neutronensterren een geheel nieuwe manier om afstanden te bepalen in het heelal. Ook is voor het eerst vastgesteld dat de snelheid van zwaartekrachtgolven niet merkbaar afwijkt van de snelheid van het licht. Een schat aan informatie dus."

De gammaflits die Fermi en INTEGRAL kort na de zwaartekrachtgolven hebben waargenomen, is een zogeheten korte gammaflits. Erik Kuulkers, INTEGRAL Project Scientist bij ESA/ESTEC in Noordwijk, zegt: "Sterrenkundigen hadden altijd al gedacht dat korte gammaflitsen worden geproduceerd bij het samensmelten van twee neutronensterren. Dit keer zagen we zulke gammaflitsen met ESA's INTEGRAL- en NASA's Fermi-satelliet. Met het gelijktijdig vinden van de zwaartekrachtgolven die aangeven dat we ook werkelijk met neutronensterren te maken hebben, is dit mysterie nu eindelijk opgelost!"

Nagloeier

Uit de bevindingen van de sterrenkundige observatoria, die allemaal hun eigen onderzoeksresultaten naar buiten brengen, komt een eenduidig beeld naar voren dat bevestigt dat het oorspronkelijke zwaartekrachtgolf signaal inderdaad afkomstig is van een tweetal steeds nauwer om elkaar heen draaiende en samensmeltende neutronensterren.

Telescopen blijven de komende weken en maanden de nagloeier van de neutronensterbotsing waarnemen om zoveel mogelijk informatie te verzamelen over de diverse stadia van de samensmelting, de interactie met de omgeving en de processen die de zwaarste elementen in het heelal produceren.

"Fantastisch en gewoon ongelooflijk dat we met de eerste detectie van een dubbele neutronenster meteen signalen uit het hele elektromagnetische spectrum hebben opgevangen" zegt Samaya Nissanke, sterrenkundige van de Radboud Universiteit die een van de editors was van het overzichtsartikel over de gezamenlijke waarnemingen van alle teams in *Astrophysical Journal Letters*. "Op deze manier is dit nieuwe onderzoeksveld echt superspectaculair geopend!"

Toekomst

Op het moment van de detectie was LIGO aan het eind van zijn tweede waarnemingsrun na de upgrade tot Advanced LIGO, terwijl Virgo na de recente upgrade naar Advanced Virgo zojuist aan zijn eerste run was begonnen. Beide

detectoren worden op dit moment voorbereid voor een nieuwe upgrade die de gevoeligheid opnieuw zal verbeteren.

Frank Linde, leider van het zwaartekrachtgolvenprogramma bij Nikhef, is vol verwachting over de toekomst: "Meer dan 1 minuut kijken naar een zwaartekrachtgolf van twee op elkaar klappende neutronensterren! En dan ook nog eens gevolgd door enorm veel waarnemingen in het elektromagnetische spectrum. Je zou denken: het kan bijna niet mooier worden. En toch verwacht ik dat het onderzoek nóg veel boeiender gaat worden: in de komende jaren gaan we werken aan het upgraden van de Virgo- (en LIGO-) detectoren waardoor ze niet alleen meer bronnen kunnen gaan detecteren, maar ze deze bronnen ook nog eens langer kunnen gaan volgen. En dat is dan ook gelijk de opstap naar ons volgende fantastische project: de onder de grond te bouwen Einstein Telescope met als mogelijke hoofdprijs de locatie: Zuid-Limburg."

Over Virgo

De *Virgo Collaboration* bestaat uit meer dan 280 natuurkundigen en technici van 20 verschillende Europese onderzoeksgroepen: zes van het [Centre National de la Recherche Scientifique](#) (CNRS) in Frankrijk; acht van het [Istituto Nazionale di Fisica Nucleare](#) (INFN) in Italië; twee in Nederland met het [Nationaal instituut voor subatomaire fysica](#) (Nikhef); het MTA *Wigner RCP* in Hongarije; de *POLGRAW*-groep in Polen, Spanje met de *Universitat de València*, en de *European Gravitational Observatory* (EGO), het laboratorium waar de Virgo-detector gehuisvest is nabij Pisa in Italië, gefinancierd door CNRS, INFN, en Nikhef.

Over LIGO

LIGO wordt gefinancierd door de Amerikaanse [National Science Foundation](#) (NSF) en wordt gerund door [Caltech](#) en [MIT](#), die LIGO hebben ontworpen en die leiding gaven aan de Initial en Advanced LIGO projecten. Financiële steun voor het Advanced LIGO-project werd geleid door NSF met belangrijke toezeggingen en bijdragen van Duitsland ([Max Planck Society](#)) het Verenigd Koninkrijk ([Science and Technology Facilities Council](#)) en Australië ([Australian Research Council](#)). Meer dan 1200 wetenschappers en zo'n 100 instituten van over de hele wereld nemen eraan deel via de *LIGO Scientific Collaboration*, inclusief de *GEO Collaboration* en het Australische samenwerkingsverband OzGrav. Andere partners staan vermeld op: <http://ligo.org/partners.php>.

Nederlandse bijdragen

Nikhef levert binnen de LIGO-Virgo-samenwerking belangrijke bijdragen zowel aan instrumentatie als aan data-analyse. Met name software voor het detecteren en verder analyseren van zwaartekrachtgolven van samensmeltende zwarte gaten en neutronensterren, met het oog op testen van de algemene relativiteitstheorie, het verhelderen van de interne structuur van neutronensterren, en het gebruik van samensmeltende objecten om op een nieuwe manier afstanden te markeren in het universum, om zo de evolutie van het heelal op grote schaal te begrijpen. Ook wordt er gezocht naar continue zwaartekrachtgolven van bijvoorbeeld snel draaiende neutronensterren in dubbelstersystemen.

Voor de Advanced Virgo-detector is Nikhef verantwoordelijk voor seismische isolatie en voor optische sensoren die de stabiele werking van het instrument moeten garanderen. De huidige gevoeligheid van Virgo ligt mede hierdoor



significanter hoger dan het vorige gevoeligheidsrecord van Virgo, dat in 2011 werd bereikt voordat de detector werd ontmanteld om te worden geüpgraded. Virgo is nu een geheel nieuw instrument met verschillende nieuwe onderdelen. Nikhef heeft een grote rol gespeeld in de zogenaamde inbedrijfstellings- of commissioning fase - waarin in minder dan een jaar de verschillende onderdelen op elkaar zijn afgestemd.

Verder speelt Nikhef een belangrijke rol binnen het Einstein Telescope project, een toekomstig observatorium voor zwaartekrachtgolven.

De sterrenkundigen van de Radboud Universiteit richten zich op de astrofysische interpretatie en het combineren van zwaartekrachtgolf informatie met gegevens van traditionele telescopen. Ze spelen een belangrijke rol in de coördinatie tussen de LIGO-Virgo samenwerking en tientallen teams van sterrenkundigen en ontwikkelen binnen de Nederlandse Onderzoekschool voor Astronomie (NOVA) de BlackGEM-telescopen.

Voor zwaartekrachtgolvenonderzoek is veel rekenkracht nodig. De LIGO-Virgo Collaboration maakt daarvoor onder andere gebruik van de Dutch National e-Infrastructure dat gecoördineerd wordt door SURF en gedeeltelijk gehuisvest is op Nikhef.

Over Nikhef

Het Nationaal instituut voor subatomaire fysica (Nikhef) verricht onderzoek op het gebied van deeltjes- en astrodeeltjesfysica. Nikhef is een samenwerkingsverband tussen de Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (NWO) en vijf universiteiten: de Radboud Universiteit, de Rijksuniversiteit Groningen, de Universiteit van Amsterdam, de Universiteit Utrecht en de Vrije Universiteit Amsterdam.

De afdeling sterrenkunde van de Radboud Universiteit is daarnaast zelfstandig lid van Virgo.

Meer informatie

Beeldmateriaal en achtergrondinformatie vindt u op <https://www.nikhef.nl/media/>
Paper: "GW170817: Observation of gravitational waves from a binary neutron star merger."

MEDIA CONTACTS

Vanessa Mexner, Afdeling Wetenschapscommunicatie Nikhef
v.mexner@nikhef.nl; +31 020 592 5075 / +31 020 592 2075

Marieke Baan, Nederlandse Onderzoekschool voor Astronomie (NOVA)
h.m.baan@uva.nl; +31 020 525 7480

Severine Perus, Virgo-EGO
severine.perus@ego-gw.it; +39 050 752 325

Kimberly Allen, MIT
allenkc@mit.edu; +1 617-253-2702



Emily Velasco, Caltech
evelasco@caltech.edu; +1 626-395-6487

Jason Maderer, Georgia Tech
maderer@gatech.edu; +1 404-385-2966

Aya Collins, National Science Foundation
acollins@nsf.gov; +1 703-292-7737