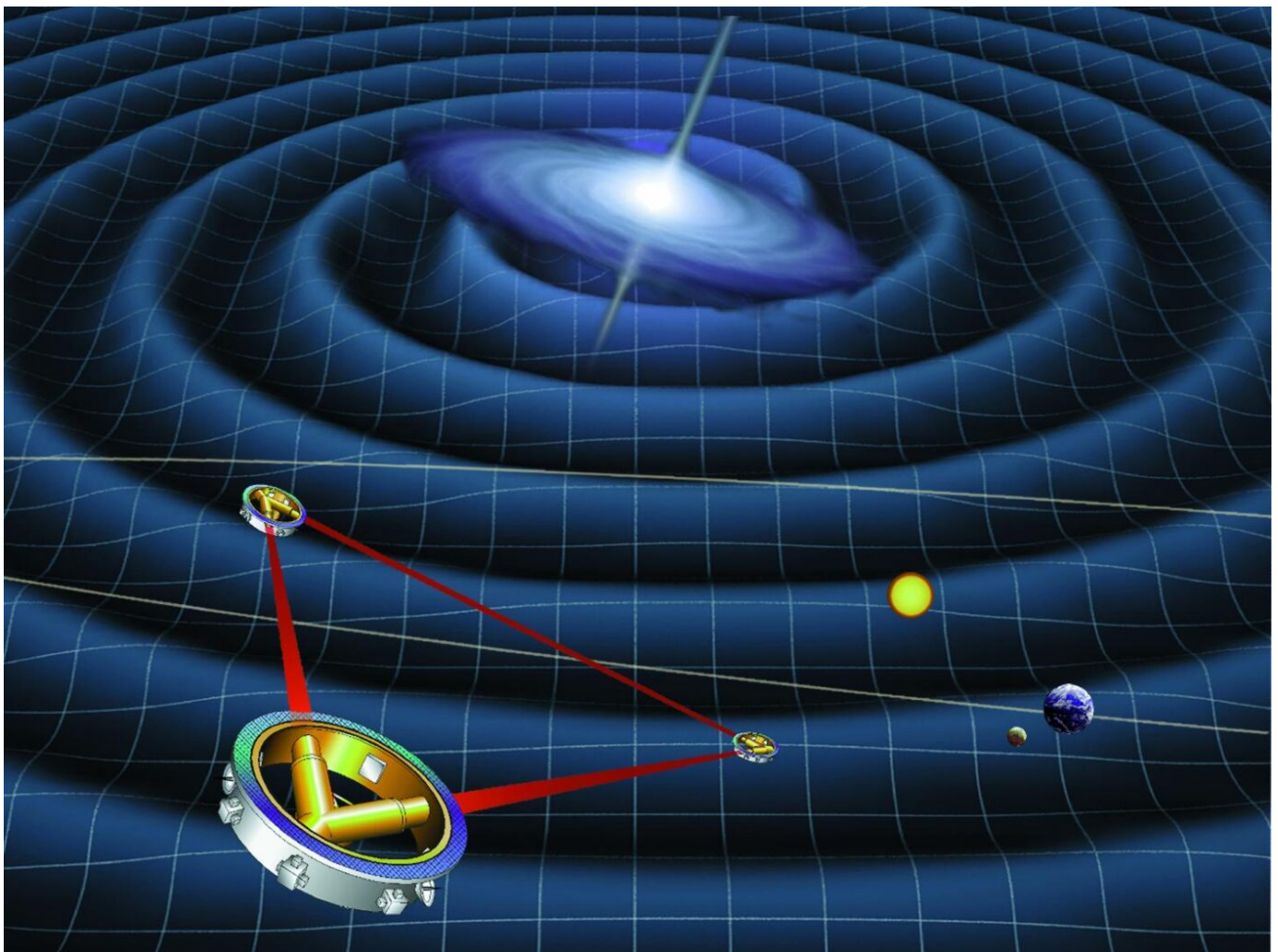


Heeft het universum een geheugen?

Het was groot nieuws in 2016: de eerste [waarneming van zwaartekrachtgolven](#) in het LIGO-observatorium. Deze waarneming van de rimpelingen van de ruimtetijd gaf een belangrijk bewijs voor de juistheid van Einsteins algemene relativiteitstheorie, en werd dan ook beloond met de [Nobelprijs](#). Maar Einsteins theorie doet nóg een opmerkelijke voorspelling over zwaartekrachtgolven - iets wat tot nu toe nog niet is waargenomen: elke zwaartekrachtgolf zou een onuitwisbare afdruk op de ruimtetijd moeten achterlaten. Is er enige hoop om deze 'herinneringen' van het universum te observeren?

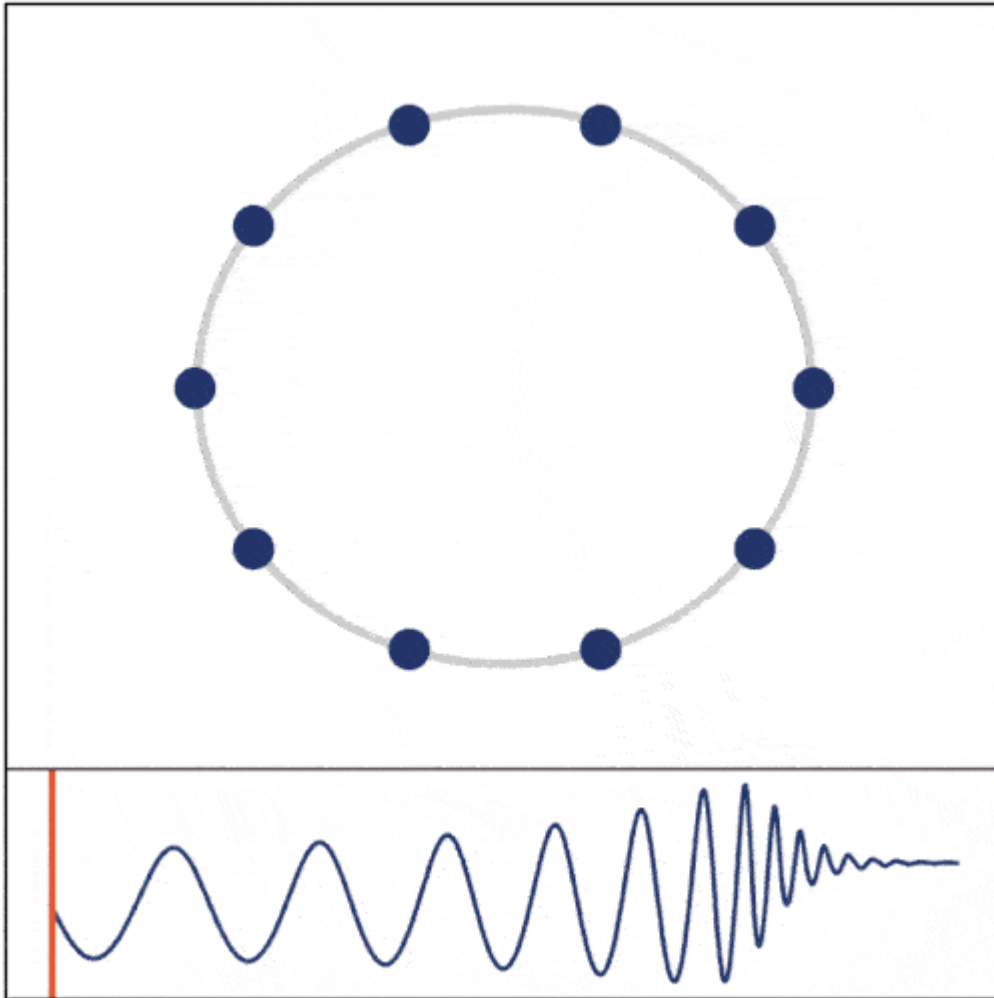


Artist's impression van de LISA-detector die een zwaartekrachtgolf detecteert. Kan LISA ook het geheugeneffect waarnemen? Bron: NASA.

Zwaartekrachtgolven, wat zijn dat ook alweer? De [algemene relativiteitstheorie van Albert Einstein](#) beschrijft zwaartekracht als een kromming van de ruimtetijd – de ‘substantie’ van ruimte en tijd samen. Over de ruimtetijd wordt vaak nagedacht als een soort rubberen doek: massa's, zoals de aarde, vervormen het doek, waardoor andere objecten in gekromde banen over het doek bewegen. In het bijzonder voorspelt de theorie van Einstein dat het ruimtetijddoek kan golven, net zoals een wateroppervlak gaat golven wanneer je een steen in het water gooit. In het geval van zwaartekracht worden de golven geproduceerd door versnellende massa's – dat wil zeggen: massa's waarvan de snelheid van grootte en/of richting verandert. Denk hierbij bijvoorbeeld aan twee neutronensterren of zwarte gaten die om elkaar heen draaien.

Naast het *bestaan* van zwaartekrachtgolven, doet de algemene relativiteitstheorie nóg een belangrijke voorspelling omtrent de rimpelingen in de ruimtetijd: zwaartekrachtgolven veroorzaken een *blijvende vervorming* van de ruimtetijd. Het universum heeft hierdoor een ‘herinnering’ aan de golf. Je kunt dit vergelijken met een vel papier dat dubbelgevouwen wordt: als we het weer openvouwen, dan blijft er een vouwlijn zichtbaar, die een herinnering is aan de vouw. Niet elke vervorming heeft zo'n geheugen: een elastiekje dat uitgerekt wordt zal, zodra het wordt losgelaten, weer terugkeren naar zijn oorspronkelijke toestand, en heeft dus geen herinnering aan het uitrekken.

In het geval van zwaartekrachtgolven is de herinnering bijvoorbeeld een permanente verplaatsing van massa's ten opzichte van elkaar. Stel dat we een aantal massa's hebben, sterren bijvoorbeeld, die zich in een kring bevinden met de vorm van een perfecte cirkel. Als er een zwaartekrachtgolf passeert, zullen de massa's zich verplaatsen, zoals geïllustreerd is in onderstaande animatie. Nadat de golf gepasseerd is, keren de massa's echter niet terug naar hun oorspronkelijke posities in een perfecte cirkel, maar bevinden ze zich in een ovaalvorm.



Illustratie van het zwaartekrachtsgeheugeneffect. Een aantal massa's (de blauwe stippen) bevinden zich oorspronkelijk in een cirkelvorm. De zwaartekrachtgolf zorgt voor een blijvende verandering in hun relatieve posities. Bron: [Wikimedia Commons](#).

Het fenomeen dat zwaartekrachtgolven de ruimtetijd blijvend veranderen, ook wel het *geheugeneffect* genoemd, zorgt er bijvoorbeeld ook voor dat de afstand tussen de spiegels in het [LIGO-experiment](#) verandert. Dat dit nog niet is waargenomen, is niet zo gek: het effect van zwaartekrachtgolven zelf is al ontzettend klein, en de voorspelling is dat het geheugeneffect nóg veel kleiner is. Daarnaast zorgt de zwaartekracht van de aarde ervoor dat de spiegels weer teruggetrokken worden naar hun oorspronkelijke positie, en wordt het geheugen dus 'gewist'. Bovendien is LIGO ontworpen voor waarneming van zwaartekrachtgolven met een hogere frequentie dan nodig is om het geheugeneffect te observeren.

Het is dus niet mogelijk om in LIGO met één enkele zwaartekrachtgolfmeting het geheugeneffect te detecteren, maar door data van duizenden zwaartekrachtgolven te verzamelen in LIGO en vergelijkbare detectoren op aarde, hoopt men in de komende jaren toch genoeg gegevens te verzamelen om het bestaan van het geheugeneffect te bevestigen. Daarnaast wordt er reikhalzend uitgekeken naar de lancering van [LISA](#), de Laser Interferometer Space Antenna, die verwacht wordt in de jaren 2030. In tegenstelling tot LIGO, zal LISA zich niet op aarde, maar in de ruimte bevinden. Bovendien is LISA ontworpen om golven met lagere frequenties waar te nemen. De verwachting is dus dat LISA het geheugeneffect wel zal kunnen waarnemen.

Wil je meer weten? Het YouTube-kanaal PBS Space Time, dat al vaker werd getipt op deze website, maakte een leuke video waarin wordt uitgelegd hoe LISA het geheugeneffect zou kunnen waarnemen, en wat we van deze observatie zouden kunnen leren.