

Volgens Einstein moeten er zwaartekrachtgolven bestaan, rimpelingen van de ruimtetijd, maar ze zijn nooit gemeten. Een nieuwe detector bij Pisa doet zijn best, maar een passerende vrachtwagen kan de metingen al verstoren. **Bruno van Wayenburg**

"KIJK ALSJEBLIEFT UIT, en na een paar minuten moet je weer weg." Detectorcoördinator Piero Rapagnani is als de dood dat ik brokken maak. Ik kruip via een keukentrap door het mangat naar binnen. Het komt uit op een koperachtig glanzende, krappe ruimte ter grootte van een sauna. Daar zit ik binnenin het vacuümsysteem van VIRGO, de Italiaans-Franse zwaartekrachtgolvendetector bij Pisa – dat nu uiteraard nog niet vacuüm is, maar tijdens het experiment wel. Het is bijzonder, dat zo'n grote installatie vacuüm gezogen zal worden.

Vandaag – eind juni – wordt hier het eerste Nederlandse onderdeel van virgo geïnstalleerd, een spiegel voor de Input Mode Cleaner. Het is een soort optisch filter dat de laserbundel in deze detector netjes op maat maakt. De extreem gladde spiegel, die aan metalen draadjes in een rond frame in de vacuüminstallatie bungelt, raakt gemakkelijk beschadigd. Daarom moet ik snel weer weg. De spiegel is ontworpen en gebouwd door de onderzoeksgroep van Jo van den Brand van het Nederlands instituut voor deeltjesfysica, NIKHEF, Amsterdam, dat hiermee meedoet aan de jacht op zwaartekrachtgolven. "We mochten voor vijf miljoen toedreden tot het virgo-consortium", zegt Van den Brand, "en dan krijgen we ook een Nederlandse vlag op het virgo-terrein."

ZWARTE GATEN Zwaartekrachtgolven worden voorspeld door Einsteins algemene relativiteitstheorie, maar zijn nog nooit gemeten. Ze zijn niet te vergelijken met bijvoorbeeld elektromagnetische golven (zichtbaar licht, röntgenstraling) die zich door de ruimte voortplanten. Zwaartekrachtgolven zijn rimpelingen van de ruimtetijd zelf, die optreden als gevolg van een veranderend zwaartekrachtveld, bijvoorbeeld rond twee zwarte gaten of neutronensterren die botsen. Maar veel is er niet van te merken. Als zo'n zwaartekrachtgolf dwars door virgo beweegt, wordt een arm van deze detector evenjes een paar femtometer

langer dan de andere, en daarna juist korter. Een femtometer is een miljoenste nanometer, 10^{-15} meter. Daarmee gaat het om een lengteverandering van een fractie van de dikte van een atoomkern. Die bijna belachelijk kleine vervorming moeten detectoren als virgo (genoemd naar het Virgo-cluster van sterrenstelsels, relatief dichtbij, waarvan de eerste signalen verwacht kunnen worden) en de eerder gebouwde Amerikaanse tweelingdetector LIGO (*Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory*, in Livingston LA en Richland WA) op zien te pikken. Het basisonderwerp van virgo en LIGO bestaat uit twee armen die haaks op elkaar staan. In het kruispunt daarvan wordt een krachtige laserbundel gesplitst, waarna de twee bundels elk door een van de twee kilometerslange armen reizen en dan kaatsen tegen spiegels in de uiteinden. Eenmaal teruggedaakt komen de bundels in het kruispunt weer samen.

UITDOVEN Normaal gesproken heffen de bundels elkaar dan op, want de lengtes van de armen zijn zo ingesteld dat de lichtgolven van de ene bundel die van de andere precies uitdoven. Maar een passerende zwaartekrachtgolf zou die ene arm minnen oprekken en de andere doen krimpen, niet veel weliswaar, maar genoeg om de lichtuiddoving even te verstoren en toch wat licht door te sluisen naar een lichtdetector.

Tot nog toe is het nog niet gelukt om zo een passerende zwaartekrachtgolf te betrappen, ook al draait LIGO al enkele jaren en heeft virgo in 2007 zijn eerste meetcampagne gevoerd. "Het zou ook wel heel veel geluk geweest zijn", zegt Van den Brand. Volgens berekeningen treden geschikte gebeurtenissen hoogstens ongeveer eens per jaar op in het voor virgo zichtbare deel van het heelal. Het probleem bij het meten bestaat vooral uit alle trillingen die niet door zwaartekrachtgolven komen: van seismische trillingen in de aardkorst tot passerende trucks of harde gelui-

ENORME DETECTOR BIJ PISA MOET EINDELIJK ZWAARTEKRACHTGOLVEN METEN

Jagen op de ruimterimpel



• Een onderzoeker in boerka-achtig cleanroompak bij de nieuwe spiegel voor de Input Mode Cleaner, het eerste Nederlandse onderdeel van virgo. Hierboven: een van de drie kilometer lange armen van de proefopstelling, van buiten en van binnen (de binnenste buis wordt vacuüm gezogen).

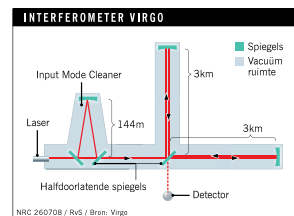
den. Zelfs de golven die bij Pisa op de kust slaan zijn storingsbronnen. Daarom is virgo, à raison van 100 miljoen euro Italiaans en Frans onderzoeksgeld, behalve een optisch meet-systeem vooral een dure trillingen- en storingendemper. Alle spiegels zijn ondergebracht in tien meter hoge hydraulisch verende torens, en aan een soort kralenketting van slingermassa's. Die moet trillingen zoveel mogelijk wegfiltren. Het vacuümsysteem,

nodig voor de ongestoorde voortplanting van de laserbundels, is het grootste vacuümsysteem van Europa, vertellen alle medewerkers trots (LIGO in de VS is nog iets groter). De vervanging van de oude spiegel van de Input Mode Cleaner is één van de maatregelen om virgo nog weer wat gevoeliger te maken. Per lift is de spiegel vanonder de ophangtoren ingeschoven, waarna NIKHEF-technicus Frans Mul hem heeft vastgeschroefd aan de slingerkralenketting, een klusje van bijna een uur. Ieders bewegingen zijn traag, ook al omdat iedereen gehuld is in twee zwerige, boerka-achtige cleanroompakken over elkaar heen, inclusief sluiser en haarnet-je.

COATING Na het monteren mogen Van den Brand, Rapagnani en de verslaggever gaan kijken, zonder brokken overigens. De spiegel, nu goed zichtbaar, lijkt op een dikke glazen schijf. "Hij spiegelt alleen voor het gebruikte laserlicht, bij andere golflengten is hij doorsichtig", legt Van den Brand uit. Het spiegelooppervlak, een speciale coating, is nog bedekt met een beschermend folie dat er pas na installatie afgaat. Aan de zijanten



van de spiegel zitten, anders dan bij de voorganger, permanente magneten. Met elektrische spoelen op het ronde frame zijn daarmee bewegingen nog verder te dempen. Nu komt het moeilijkste: het uitbalanceren en stellen, zegt Van den Brand. "Ik heb vanaf vier uur vanmorgen wakker gelegen. Ik droomde dat dat hij tien graden scheef hing nadat we hem ophingen", bekent hij. Gelukkig hangt de spiegel in ieder geval op het oog keurig recht, maar fout



• De laserbundel die van links komt, wordt gesplitst. Normaal gesproken doven de lichtgolven van het ene deel precies die van het andere uit, maar een passerende zwaartekrachtgolf kan die uiddoving verstoren. De detector vangt dan toch wat licht.

gaat het af en toe wel degelijk bij virgo. Twee weken geleden sprong er een ruitje in het vacuümsysteem. "Gelukkig was het vacuümcampartiment door een schot gesloten van de rest van de detector, anders was er lucht met een klap de hele installatie gestroomd, een ramp." Er zitten ongeveer honderdzestig van deze ruitjes in virgo. "Dit is echt verreweg het grootste en meest complexe optische systeem waar je kunt werken", zegt Bas Swinkels, gepromoveerd aan de TU Delft en nu in dienst bij de Italiaanse organisatie van virgo. Terwijl Van den Brand en Mul bezig zijn, rijden we de westelijke detectorarm af, in totaal drie kilometer van het centrale naar het eindstation. "Als je hier te hard remt, raakt de detector van slag", zegt Swinkels als we bij het einde aankomen.

TOSCANESE IDYLLE Virgo domineert het vlakke landschap, dat met zijn oude boerderijen, de roestige chemische installaties toch al maar half voldoet aan de Toscaanse idylle. Bij aankomst per auto vullen virgo's lange armen, van weer en wind afgeschermd door blauw golfplaat, al snel de hele horizon. Vooral uitgekochte boeren uit de buurt moesten weinig hebben van het project, vertelt Swinkels, maar de hotels in het nabijgelegen dorpje Cascina doen goede zaken. Met de spiegel is alles goed gegaan, meldt Van den Brand een week later per telefoon uit Amsterdam. Het balanceren kostte nog wel een paar dagen, en in september moet de regel-elektronica ingesteld worden. Bij elkaar duurt het inregelen van de complete detector zeker tot zomer 2009. Maar de versie die dan aangaat, virgo plus, zou dan ook eindelijk iets moeten gaan zien.