



VIRGO

De voorganger van de ET is de vorige maand in gebruik genomen Virgo, bij Cascina (Italië). Virgo heeft twee armen van 3 km, ET krijgt er drie van 10 km

Einstein Telescoop zoekt naar rimpelingen in de ruimtetijd

ASTRONOMIE De Europese Commissie maakt drie miljoen euro vrij voor een ontwerpstudie van een nieuwe gravitatiegolftelescoop. Anders dan telescopen op basis van elektromagnetische straling, kan deze tot kort na de oerknal 'kijken'.

Erwin Boutsma

Albert Einsteins Algemene Relativiteitstheorie voorspelt dat bewegende massa's gravitatiegolven uitzenden, minieme vervormingen van de ruimtetijd die zich met de lichtsnelheid voortplanten. Weinig fysici twijfelen nog aan dit theoretisch goed onderbouwde model, dat bovendien in de jaren tachtig indirect werd bewezen (Nobelprijs Natuurkunde 1993), maar er ontbreekt nog één ding. 'Niemand heeft ooit direct zo'n gravitatiegolf waargenomen', stelt prof.dr. Jo van den Brand. Hij is verbonden aan zowel het Nikhef (Nationaal Instituut voor Kernfysica en Hoge-Energie Fysica) als aan de Vrije Universiteit en bestudeert gravitatiegolven. Van den Brand leidt de groep die onderzoek doet naar de locatie en infrastructuur van een nieuwe gravitatiegolftelescoop, de Einstein Telescoop (ET).

Imploderend zwart gat

De zwaartekracht is een zeer zwakke kracht en gravitatiegolven zijn nauwelijks te meten. Een imploderend zwart gat zendt relatief zeer krachtige gravitatiegolven uit, maar zelfs die zijn nog nooit waargenomen. Wereldwijd staan echter verschillende

detectoren op basis van laserinterferometrie die dat proberen. Een gravitatiegolf vormt namelijk de ruimtetijd en daarmee ook de fysieke grootte van een voorwerp. Nu is die vervorming zeer betrekkelijk: zelfs in genoemd voorbeeld van een imploderend zwart gat aan de rand van ons zichtbare universum is de vervorming op aarde als gevolg van de gravitatiegolven minder dan de diameter van een atoomkern. Maar als wetenschappers er voldoende in slagen storende omgevingsinvloeden uit te schakelen, is het te meten, is Van den Brands overtuiging. In Italië is onlangs een voorloper van ET, Virgo, in gebruik genomen. Van den Brand is ook bij dit project betrok-

ken. 'Virgo bestaat uit twee haaks op elkaar staande armen van elk drie kilometer lang. In de armen bevinden zich ultrahoogvacuümbuizen waardoorheen een laserstraal wordt gestuurd. Detectoren meten de tijd die de laser erover doet om van de ene naar de andere kant te reizen en deduceren daaruit de afstand. Deze afstand wordt vergeleken met de meting in de andere buis en als die niet identiek is, is er mogelijk een gravitatiegolf langsgekomen die voor een kleine vervorming van de ruimtetijd heeft gezorgd.'

Wind op het oppervlak

Het grote probleem met deze apparatuur is de vereiste extreme nauwkeurigheid. De silicaglazene spiegels aan de uiteinden van de armen – die het licht meerdere malen heen- en-weer kaatsen en zo de effectieve afstand vergroten tot honderdtwintig kilometer –

zijn opgehangen aan draden en worden met magnetische velden gestabiliseerd. De fundering van de tweemaal drie kilometer vacuümbuis is vergelijkbaar met die van een zware brug. En nog zien de onderzoekers zich geconfronteerd met verschillende problemen. 'Een vliegtuig dat overvliegt, verstoort de metingen al', illustreert Van den Brand. 'We willen ET daarom graag ondergronds bouwen, op honderd meter diepte. Al zien we daarvoor alweer nieuwe uitdagingen, want ook rijdende auto's en zelfs wind op het oppervlak beïnvloeden de metingen.' Hij overlegt onder meer met wetenschappers van het KNMI, het Centrum Ondergronds Bouwen en de TU Delft, en met industriële partners als Bam en Fugro hoe de wetenschappers een zo groot mogelijke 'seismische isolatie' kunnen bereiken.

De Einstein Telescoop is een zogenaamde derdegeneratie-gravitatiegolftelescoop. Het Frans-Nederlands-Italiaanse Virgo, het Duits-Britse GEO600 en de drie Amerikaanse LIGO-telescopen zijn de eerste; deze worden het komende decennium verbeterd tot tweedegeratie-telescopen. Op basis van de kennis die onderzoekers verkrijgen uit deze experimenten, moet ET worden gebouwd. Het sleutelwoord is 'groter': ET krijgt drie in plaats van twee armen, ze worden ieder tien kilometer lang, en er komt in totaal zestig kilometer ultrahoogvacuümbuis in. De

gevoeligheid neemt met een factor honderd toe. Van den Brand legt het belang van metingen aan gravitatiegolven uit. 'Ver weg staande objecten zijn interessant, want ze gunnen ons een blik op het heelal kort na de oerknal. Met telescopen gebaseerd op elektromagnetische straling komen we niet verder dan zo'n 380.000 jaar na de oerknal. Daarvoor was het universum nog te dicht, dan is het alsof je door een dichte mist moet kijken. Gravitatiegolven hebben daar geen last van, daarmee kunnen we terug naar nanoseconden na de oerknal.' Van den Brand noemt het toetsen van de Algemene Relativiteitstheorie een belangrijk doel, maar speculeert daarnaast over nieuwe inzichten in het formuleren van een theorie die de zwaartekrachttheorie en de quantummechanica verenigt.

Zuid-Limburg

De Europese Commissie heeft vorige week drie miljoen euro ter beschikking gesteld voor een drie jaar durende ontwerpstudie voor ET. De daadwerkelijke bouw zou in 2017 kunnen beginnen. De locatie van ET is een van de vele vragen binnen de ontwerpstudie, maar Van den Brand hoopt op Zuid-Limburg. 'Daar is veel kennis van de seismische activiteit en de geologie. Bovendien zou van het binnenhalen van zo'n groot natuurkundig project een geweldige aantrekkingskracht uitgaan.' [tv](#)

Snel downloaden met microgolven

TELECOM Breedbandige microgolfcommunicatie biedt de mogelijkheid om in enkele seconden draadloos grote video- of muziekbestanden te downloaden.

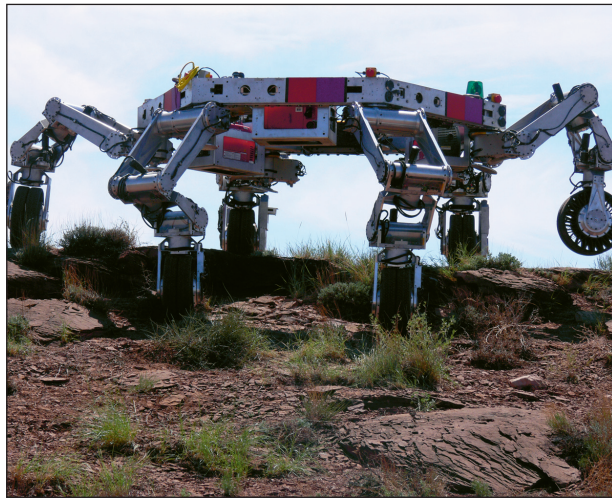
Henk Tolisma

Draadloos in tien seconden een twee uur durende hd-film downloaden, of in enkele seconden een iPod laden vanuit de pc. Dat kan met breedbandige microgolfcommunicatie. De European Microwave Week, vorige week in de Rai, toonde enkele toepassingen van deze techniek. Het realiseren van hoge bandbreedtes – vele gigabits per seconde – is alleen mogelijk op hoge frequenties; hier biedt het frequentiespectrum nog voldoende ruimte. Microgolfcommunicatie voor thuisgebruik loopt over korte afstand (tot tien meter) en met beperkt vermogen (rond de tien milliwatt).

Radio-op-een-chip

De techniek voor microgolfcommunicatie is sterk in ontwikkeling. Het gaat er vooral om componenten – zender, ontvanger, (de)modulator, antenne – te miniaturiseren en samen op een printplaatje onder te brengen. In een

latere fase moet dan de stap naar volledige integratie op een chip volgen. De eerste producten bereiken nu de markt. Het Californische Vubiq, een spinoff van IBM, toonde vorige week in Amsterdam een 60 GHz radio-op-een-chip. Deze kan draadloos in acht tot tien seconden een film overdragen tussen bijvoorbeeld een pc en een dvd-speler. Radiochip, antenne en voeding zijn samengebracht op een printplaatje van 10 x 10 mm; de silicium-germanium chip meet 3 x 5 mm, de antenne slechts één bij drie millimeter. Het radiosignaal heeft een bandbreedte van 1,5 GHz. Het zendvermogen bedraagt tien milliwatt. Onderzoeker Peter Smulders van de TU Eindhoven was aanwezig met een soortgelijke toepassing, maar dan met een radiochip in siliciumtechniek, en met een losse, zeer kleine array-antenne. Deze kan het signaal bij obstakels langs diverse routes van zender naar ontvanger sturen. Deze toepassing bevindt zich echter nog in het researchstadium. TNO Defensie en Veiligheid werkt samen met Philips Research ook aan dergelijke toepassingen, maar dan met chipsets in galliumarsenide en in siliciumgermanium. [tv](#)



NASA

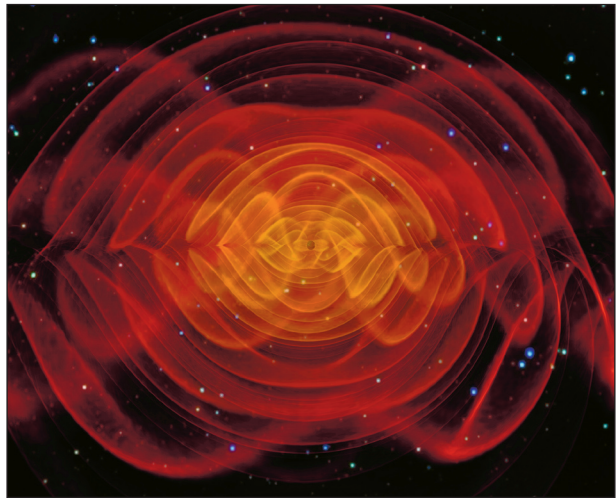
De All-Terrain Hex-Legged Extra-Terrestrial Explorer

Nasa ontwerpt maantransportrobot

RUIMTEVAART Nasa's Jet Propulsion Laboratory in Californië heeft een prototype gebouwd van een robot die gebruikt kan worden voor het transport van goederen over het maanoppervlak. De robot kan zowel vanaf de aarde als door astronauten op de maan worden bestuurd.

De All-Terrain Hex-Legged Extra-Terrestrial Explorer (kortweg Athlete) heeft zes kleine wielen die vastzitten aan zes benen die gestrekt en gespreid kunnen worden

als de benen van een spin. De benen worden gestrekt om ladingen tot maximaal 450 kilo omhoog te tillen en om grote stenen op het maanoppervlakte te vermijden. De benen van het prototype zijn bij volle strekking 1,80 meter lang. De echte maanrobot krijgt benen die vier keer zo lang zijn. Het maanvoertuig moet daarmee een snelheid van tien kilometer per uur kunnen bereiken en hellingen kunnen nemen tot 35 graden. (tz)



Een 3D-simulatie door een supercomputer van de gravitatiegolven die optreden bij imploderende zwarte gaten