

LOFAR





ASTRON en LOFAR

De stichting Astronomisch Onderzoek in Nederland (ASTRON) bedenkt en vervaardigt instrumenten voor sterrenkundig onderzoek. De radiosterrenwacht in Westerbork is een goed voorbeeld van de know-how en expertise die binnen ASTRON aanwezig is. Na een volledige vernieuwing in 2002 is deze telescoop weer één van de meest gevoelige instrumenten ter wereld. Bij ASTRON in Dwingeloo worden ook optische instrumenten gemaakt, die in de meest geavanceerde telescopen op aarde én in de ruimte worden benut. De Very Large Telescope, de grootste optische telescoop ter wereld in de Atacama Woestijn (Chili) gebruikt diverse instrumenten die ASTRON heeft ontwikkeld. Ook de toekomstige James Webb Space Telescope, de opvolger van de Hubble ruimtetelescoop, zal over een zeer geavanceerde infrarood spectrometer van ASTRON beschikken. LOFAR is weer een nieuw idee dat bedacht is in het technisch laboratorium van ASTRON. Een nieuw soort telescoop, maar nog veel meer dan dat.





Waarom LOFAR?

Het licht van de zon doet er 8 minuten over om de afstand tot de aarde te overbruggen. Licht en andere signalen van de volgende dichtstbijzijnde ster doen er enkele jaren over om de aarde te bereiken. Bij signalen van nóg verder weg gelegen objecten en stelsels duurt het miljoenen en zelfs miljarden jaren voordat astronomen ze kunnen waarnemen. Astronomen kijken dus terug in de tijd. Astronomen willen objecten waarnemen die zó ver van ons afstaan dat de signalen er bijna 15 miljard jaar (de leeftijd van het heelal) voor nodig hebben gehad om ons te bereiken. Met de bestaande instrumenten is het niet mogelijk om zover terug te kijken, tot het ontstaan van het Heelal. Belangrijke vragen zoals: “Wat is de vroege geschiedenis van het Heelal?” en “Welke objecten werden het eerst gevormd na het ontstaan van het Heelal?” blijven nu nog onbeantwoord. Om deze vragen te kunnen beantwoorden, moet de volgende generatie telescopen 100 maal gevoeliger zijn dan nu. Daarom wordt LOFAR (LOW Frequency ARray) ontwikkeld. LOFAR gaat waarnemen in lage frequenties (10-250 MHz). Omdat daar tot nu toe nog beperkt kon worden waargenomen opent LOFAR nieuwe wegen voor innovatief, diepgaand onderzoek.



Een softwaretelescoop

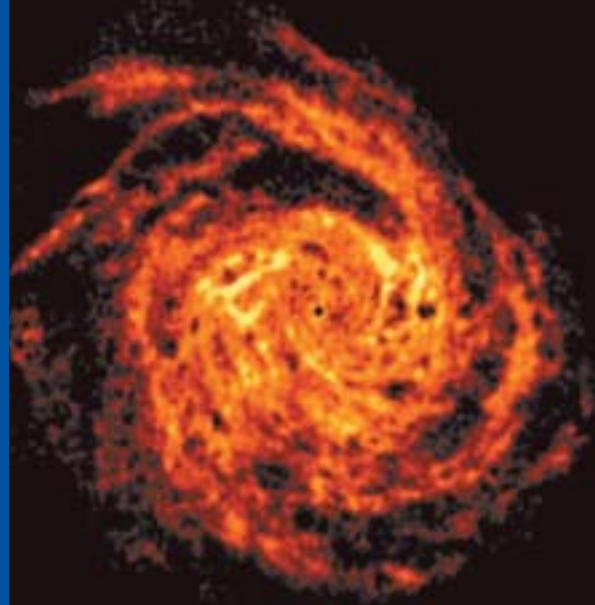
LOFAR meet de inkomende signalen uit de ruimte met behulp van duizenden gekoppelde kleine simpele antennes. Elk van deze antennes ziet de hele hemel. De elektronische signalen van de antennes worden digitaal gemaakt, getransporteerd naar een centrale computer en zó bewerkt dat het gedrag van één grote en zeer gevoelige conventionele radiotelescoop wordt nagebootst. Eigenlijk is LOFAR te beschouwen als een 'softwaretelescoop' zonder bewegende delen. Het is zelfs zo dat, door de signalen in de software te kopiëren een groot aantal aparte telescopen kan worden gevormd, die tegelijkertijd in verschillende richtingen kijken.

LOFAR is dus eigenlijk een ICT-telescoop. De antennes zijn klein en simpel van constructie (de antenne op de foto is maar 1,60 m hoog). Er zijn er wel heel veel van nodig, uiteindelijk zo'n 25.000. Om scherpe afbeeldingen van de hemel te maken, worden de antennes in clusters gegroepeerd over een gebied van 350 km in diameter. De hoeveelheid data (gegevens) die verstuurd moet worden is zeer groot: de antennes produceren een

gegevensstroom van vele Tera-bits per seconde (een miljoen keer zo veel als een moderne digitale camera). Alle antennes worden door een uitgestrekt glasvezelnetwerk verbonden met een speciale supercomputer. Die kan per seconde de tientallen biljoenen wiskundige bewerkingen (Tera-FLOPS) uitvoeren die nodig zijn om alle gegevens te verwerken. Uiteindelijk kunnen groepen wetenschappers, waar ook ter wereld, via internet rechtstreeks verbonden zijn met hun eigen 'softwaretelescoop' die ze volledig op afstand kunnen bedienen.



Terugkijken in de tijd



Naar verwachting kunnen met LOFAR de allereerste objecten die na de Big Bang ontstonden bestudeerd worden: waren dit sterren, sterrenstelsels, zwarte gaten?

Daarnaast zal LOFAR unieke nieuwe inzichten geven in verschijnselen dichterbij de aarde: magnetische stormen op de zon, de zonnewind en de manier waarop die het klimaat op aarde beïnvloeden. Het instrument gaat ook zeer sterke kosmische straling meten: individuele protonen die evenveel energie hebben als een golfbal in volle vlucht. Theoretici zijn razend benieuwd hoe het mogelijk is dat deze protonen bestaan. Ook zal LOFAR helpen om de gegevens van andere telescopen te begrijpen, door belangrijke natuurkundige informatie te leveren, die op geen andere manier beschikbaar is.



Een combinatie van sensoren

De LOFAR antennes zijn eigenlijk gewoon meetinstrumentjes of sensoren. Andere sensoren kunnen worden aangesloten op het netwerk. Ze kunnen dan gebruik maken van het gegevenstransport en de rekenkracht van LOFAR. LOFAR koppelt seismische sensoren (gefoons), biosensoren en weerkundige meetinstrumenten (zoals de infrasond sensor op de foto) aan het LOFARnetwerk.

LOFAR wordt hiermee een sensornetwerk, dat niet alleen

voor astronomen geschikt is, maar ook een innovatief meetinstrument vormt voor bijvoorbeeld geofysici en landbouwkundig onderzoekers. Verschillende takken van de wetenschap kunnen samen gebruik gaan maken van het uitgestrekte sensornetwerk.



De bodem in beeld brengen

De bodem in Noord-Nederland daalt. Onduidelijk is hoe sterk dit effect is en wat de preciese oorzaken zijn. Het is van groot belang om de bewegingen in de bodem goed in kaart te brengen en te begrijpen. Het is daarvoor noodzakelijk de bodemstructuur langdurig, continu en zeer precies te monitoren. Dynamiet en aardbevingen zijn volgens de huidige inzichten niet meer noodzakelijk om seismische waarnemingen te doen. Op basis van natuurlijk akoestisch 'gerommel' lijkt het mogelijk om scherpe afbeeldingen van de diepe bodemlagen te maken. Daarvoor is wel een permanent meetnet van geofoons nodig, met een grote dichtheid, om over een lange periode gegevens te registreren. Met LOFAR wordt dit voor de eerste keer mogelijk.

Precisielandbouw

De landbouw is een van de pijlers van de Nederlandse economie. Glastuinbouw is en blijft een drijvende industrie. De traditionele landbouw heeft het moeilijk door onder andere teruglopende subsidies. Een natuurlijke uitbreiding van de glastuinbouw is de zogeheten 'precisielandbouw'. Door de omgevingsfactoren op detailniveau te meten en vervolgens op plaatselijke schaal de productie te optimaliseren is het mogelijk om de kosten te drukken en de opbrengst te verhogen. Hiervoor zijn nauwkeurige weersvoorspellingen op kleine schaal, bv. een (deel van een) kavel, noodzakelijk. Ook zijn modellen en sensoren nodig om de groei van het gewas en de uitbreiding van ziektes te bewaken. De LOFAR ICT-infrastructuur is een platform voor innovatieve landbouwwetenschappers in Nederland, die onderzoek doen naar strategieën voor economisch rendabele precisielandbouw.



Europese dimensie

ASTRON werkt samen met internationale partners om LOFAR te realiseren. In Europa helpen universiteiten en onderzoeksinstituten uit Duitsland, Frankrijk, Zweden en het Verenigd Koninkrijk bij het definiëren en verfijnen van het wetenschappelijke programma. Wetenschappers zijn straks in staat om het sensornetwerk vanuit verspreide controlekamers rechtstreeks aan te sturen voor hun eigen wetenschappelijke doelstellingen. Op technologisch terrein wordt ook nauw samengewerkt met het bedrijfsleven. Zo is met Lucent Technologies en TNO Telecom onderzoek gedaan naar het hoge-capaciteits transportnetwerk. Met IBM Research wordt samengewerkt rond de bouw van de IBM supercomputer (Blue Gene/L) die geïnstalleerd is in het Rekencentrum van de Rijksuniversiteit Groningen. Met de provinciale overheden van Drenthe, Fryslân en Groningen zijn afspraken gemaakt over de wijze waarop de regionale economische ontwikkeling gestimuleerd kan worden met commerciële uitvloeisels ('spin-offs') van LOFAR. Op Europees niveau wordt gewerkt aan de ontwikkeling van een systeem voor

nauwkeurige milieumonitoring (in het Global Monitoring for Environment and Security programma, GMES). LOFAR kan gezien worden als het begin van een Europees sensornetwerk dat bij die milieumonitoring een belangrijke rol kan vervullen.



De financiering

Het projectbudget voor LOFAR bedraagt in totaal 148 miljoen Euro. Om het project te financieren hebben de provincies Drenthe, Fryslân en Groningen een startsubsidie toegekend waarmee het ontwerp van het instrument kon worden uitgewerkt. De partners in het project hebben daarna een beroep gedaan op de nationale overheid om LOFAR te subsidiëren in het kader van de Lissabon Strategie om kennisinfrastructuur te stimuleren.

Eind 2003 heeft het kabinet een subsidie van 52 miljoen Euro voor de LOFAR infrastructuur toegekend. Dankzij deze subsidie en de bijdragen van de achttien organisaties (universiteiten, onderzoeksinstituten en private ondernemingen) die samen het LOFAR-consortium vormen, is de eerste fase van LOFAR een feit en wordt LOFAR nu in Nederland gebouwd.

De locatie

In Drenthe is een geschikte locatie voor het centrum van LOFAR gevonden binnen de grenzen van de gemeente Borger-Odoorn. Hier staat nu een proefopstelling van honderd antennes en geofoons. Het testveld vormt hiermee de basis voor de verdere ontwikkeling van LOFAR. De kern van LOFAR ligt in een dunbevolkt, overwegend agrarisch gebied. In een gebied van 320 ha worden ongeveer 6000 eenvoudige antennes van minder dan twee meter hoogte geplaatst. LOFAR besteedt veel aandacht aan een goede inpassing van de antennes in het landschap waarin natuurontwikkeling en landbouw een prominente rol spelen. De vijfenveertig afzonderlijke antennestations die in de eerste fase buiten het centrale gebied worden gebouwd, liggen langs vijf denkbeeldige armen die tot in

Groningen, Fryslân en Overijssel lopen. De exacte locaties worden gekozen op basis van de technische specificaties die door LOFAR zijn gedefinieerd. De antennestations worden zodanig gesitueerd dat de natuurlijke omgeving zo min mogelijk wordt verstoord.



ASTRON
LOFAR-project
Postbus 2
7990 AA Dwingeloo
www.lofar.nl
e-mail: lofar@astron.nl



ASTRON is penvoerder van het
LOFAR consortium, zie
www.lofar.nl/consortium.