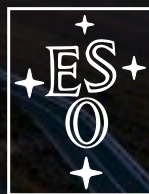


ESO

Europese
Zuidelijke
Sterrenwacht

Reiken naar nieuwe hoogten in de astronomie





ESO en astronomie

De astronomie is de oudste van de natuurwetenschappen. De aanblik van de majestueuze Melkweg, die zich op een heldere nacht over de hemel uitstrekt, is voor generaties mensen uit alle tijdperken en culturen een indrukwekkend verschijnsel geweest — net als nu voor ons.

Inmiddels geldt de astronomie als een van de meest dynamische wetenschappen, die geavanceerde technologieën en geraffineerde technieken gebruikt om objecten te bestuderen aan de uiterste grenzen van het waarneembare heelal, om planeten bij andere sterren op te sporen en vele andere hemellichamen met ongekende precisie te onderzoeken. We kunnen beginnen met het beantwoorden van enkele van de meest fundamentele vragen die de mensheid bezighoudt, zoals: Waar komen wij vandaan? Is er leven elders in het heelal? Hoe vormen sterren en planeten? Hoe evolueren sterrenstelsels? Waaruit bestaat het heelal?

De Europese Zuidelijke Sterrenwacht (ESO) is de belangrijkste intergouvernementele astronomische organisatie ter

wereld. Zij voert een ambitieus programma uit, gericht op het ontwerpen, bouwen en beheren van de krachtigste en meest productieve sterrenwachten op vaste bodem. ESO is voor dit doel zeer constructieve partnerschappen aangegaan met de wetenschappelijke gemeenschap en de industrie, en in sommige gevallen met andere mondiale partners.

Waarneemvoorstellen om de ESO-telescopen te gebruiken overschrijden de beschikbare nachten met een factor drie tot vijf, soms zelfs meer. Deze vraag is een van de redenen waarom ESO de meest productieve sterrenwacht ter wereld is, met per dag gemiddeld bijna drie collegiaal getoetste papers die zijn gebaseerd op ESO-gegevens. Deze wetenschappelijke artikelen beschrijven enkele van de opmerkelijkste ontdekkingen binnen de sterrenkunde. ESO wil dit mogelijk blijven maken met het meest ambitieuze astronomische project uit de geschiedenis: de bouw van de Extremely Large Telescope.

Xavier Barcons
Directeur-generaal ESO



ESO/S. Gilibert (www.eso.org/~sgilibert)

Deze opname toont het gebied aan de hemel dat zich uitstrekt van het sterrenbeeld Boogschutter tot aan het sterrenbeeld Schorpioen.



ESO/B. Tafreshi (twanight.org)

Reiken naar de sterren op Paranal.

ESO/J. Girard

Hoogtepunten uit de geschiedenis van ESO



5 oktober 1962

De stichtende lidstaten België, Frankrijk, Duitsland, Nederland en Zweden ondertekenen het oprichtingsverdrag van ESO.



6 november 1963

Chili wordt gekozen als de vestigingsplaats van de ESO-sterrenwacht en de *Convenio* (ook bekend als de *Acuerdo*), de overeenkomst tussen Chili en ESO, wordt getekend.



30 november 1966

De eerste telescoop van ESO in Chili, de 1-meter telescoop op La Silla, begint met waarnemen.



23 maart 1989

De New Technology Telescope begint met waarnemen.



25 mei 1998

First light voor de eerste Unit Telescope (UT1) van de VLT, Antu.



17 maart 2001

First light voor de Very Large Telescope Interferometer.



8 juni 2011

Eerste opnamen van de VLT Survey Telescope.



30 september 2011

ALMA start met de *Early Science*-waarnemingen en de eerste opname wordt gepubliceerd.



5 oktober 2012

ESO viert zijn 50ste verjaardag.

Infraroodopname van de Carinanevel met de HAWK-I-camera op de VLT.



7 november 1976

De 3,6-meter telescoop van ESO vangt zijn eerste licht op.



5 mei 1981

Inauguratie van het ESO-hoofdkwartier in Garching, Duitsland.



22 juni 1983

De MPG/ESO 2,2-meter telescoop vangt zijn eerste licht op.



11 februari 2003

First light voor de High Accuracy Radial velocity Planet Searcher (HARPS) op ESO's 3,6-meter telescoop op de La Silla-sterrenwacht.



14 juli 2005

First light voor APEX (submillimeter Atacama Pathfinder Experiment).



11 december 2009

De baanbrekende infrarood-surveytelescoop VISTA begint met waarnemen.



19 juni 2014

Groundbreaking-ceremonie voor de Extremely Large Telescope (ELT).



26 mei 2017

Het leggen van de eerste steen voor de ELT wordt bijgewoond door de president van Chili, Michelle Bachelet Jeria.



De toekomst

Terwijl terabytes aan astronomische data naar de sterrenkundigen in de ESO-lidstaten stromen, zijn nieuwe ontdekkingen aanstaande...

De ESO-locaties

Het noorden van Chili, inclusief de Atacamawoestijn, heeft een buitengewone heldere sterrenhemel in een donkere omgeving. 300 nachten per jaar biedt deze omgeving een adembenemende blik op de zuidelijke hemel, waaronder het centrale deel van het melkwegstelsel en de Grote en Kleine Magelhaense Wolken.

Chajnantor-hoogvlakte

Met een ligging op 5000 meter boven zeeniveau is de Chajnantor-hoogvlakte een van de hoogstgelegen astronomische waarnemlocaties ter wereld. De hoogvlakte is de thuisbasis van de Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA) — een partnerschap van ESO, Noord-Amerika en Oost-Azië in samenwerking met de Republiek Chili — en van het Atacama Pathfinder Experiment (APEX), een 12-meter telescoop die waarneemt op millimeter- en submillimeter-golflengten.

Cerro Paranal

Paranal ligt op 2600 meter boven zeeniveau, 130 kilometer ten zuiden van Antofagasta en 12 kilometer landinwaarts vanaf de kust van de Stille Oceaan in Noord-Chili. Het is een van de droogste gebieden op aarde. Paranal is de thuisbasis van de Very Large Telescope — een reeks van vier Unit Telescopes en vier verplaatsbare 1,8-meter hulptelescopen, die samen de VLT Interferometer vormen — en van twee krachtige *survey*-telescopen: de VST en VISTA.

Cerro Armazones

De 39-meter Extremely Large Telescope wordt hier gebouwd, op 23 kilometer afstand van de Paranal-sterrenwacht. De ELT zal worden geïntegreerd in het operationele systeem van Paranal.

Vitacura, Santiago de Chile, Chili

ESO's kantoor in Santiago is actief als opleidingscentrum voor toekomstige generaties onderzoekers, en bevordert de uitwisseling tussen Europese en Chileense wetenschappers via samenwerkingen.

Opname van het stervormingsgebied Gum 15 met de MPG/ESO 2,2-meter telescoop.



La Silla

De eerste sterrenwacht van ESO is gelegen op 2400 meter boven zeeniveau, op 600 kilometer ten noorden van de Chileense hoofdstad Santiago. Het sterrenwacht is uitgerust met verscheidene optische telescopen met een spiegelmiddellijn tot 3,6 meter. ESO's 3,6-meter telescoop huisvest 's werelds belangrijkste exoplanetenjager, HARPS (High Accuracy Radial velocity Planet Searcher).

Hoofdkwartier, Garching, Duitsland

ESO's hoofdkwartier is gevestigd in Garching bei München, in het Duitse Beieren. Dit is het wetenschappelijke, technische en administratieve hart van de organisatie. Hier bevindt zich een technisch gebouw, waar ESO's geavanceerde instrumenten worden ontwikkeld, gebouwd, geassembleerd, getest en geüpgraded. Het hoofdkwartier huisvest ook een van de grootste computerarchieven met astronomische data, en ESO's Supernova-planetaarium en — bezoekerscentrum.

ESO's wetenschappelijke hoogtepunten

ESO's Top 10 van astronomische ontdekkingen

1 | Sterren die rond het superzware zwarte gat in de Melkweg draaien

Verscheidene van ESO's vlaggenschip telescopen zijn de afgelopen jaren ingezet om de meest gedetailleerde blik ooit te krijgen op de omgeving van het monster in het hart van ons sterrenstelsel — een superzwaar zwart gat.



2 | Het versnellende heelal

Twee onafhankelijke onderzoeksteams hebben met waarnemingen van exploderende sterren, waaronder gegevens van ESO-telescopen op La Silla en Paranal, aangetoond dat de uitdijning van het heelal aan het versnellen is. Aan dit resultaat werd in 2011 de Nobelprijs voor de Natuurkunde toegekend.



3 | Planeet gevonden in de leefbare zone rond de dichtstbijzijnde ster, Proxima Centauri

Deze langgezochte wereld, aangeduid met Proxima b, draait elke 11 dagen rond zijn koele rode moederster, en heeft een temperatuur die de aanwezigheid van vloeibaar water op het oppervlak mogelijk maakt. Deze rotswereld, een beetje zwaarder dan de aarde, is de exoplaneet die het dichtst bij ons staat. Het zou de dichtstbijzijnde plek buiten het zonnestelsel kunnen zijn waar leven mogelijk is.



ESO/M. Kornmesser

4 | Revolutionaire ALMA-opname onthult planetaire wordingsgeschiedenis

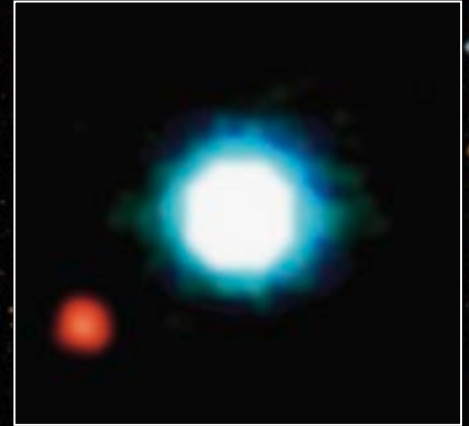
De Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA) onthulde in 2014 opmerkelijke details van een vormend planeetstelsel. De opnamen van HL Tauri waren de scherpste die ooit op submillimetergolflengten zijn gemaakt. Ze laten zien hoe zich vormende planeten stof en gas verzamelen in een protoplanetaire schijf.



ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)

5 | Eerste foto van een exoplaneet

Met de VLT is de allereerste foto gemaakt van een planeet buiten ons zonnestelsel. De planeet is vijf keer zo zwaar als Jupiter en draait om een 'mislukte ster' — een bruine dwerg — op een afstand die 55 keer zo groot is als de gemiddelde afstand aarde-zon.





SDSS

6 | Oudste ster in het melkwegstelsel

Met behulp van ESO's VLT hebben astronomen de leeftijd van de oudst bekende ster in ons sterrenstelsel gemeten. Deze 13,2 miljard jaar oude ster is geboren tijdens de eerste fase van stervorming in het heelal. Ook is uranium gedetecteerd in een ster die werd geboren toen onze Melkweg nog aan het vormen was, wat een onafhankelijke schatting van de leeftijd van ons sterrenstelsel heeft opgeleverd.



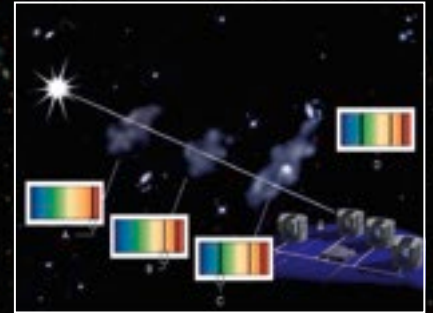
ESO/L. Calçada

7 | Directe metingen van de spectra en atmosferen van exoplaneten

Met de VLT is voor het eerst de atmosfeer rond een 'superaarde' geanalyseerd. Exoplaneet GJ 1214b werd onderzocht terwijl hij voor zijn moederster langs bewoog en een deel van het sterlicht door de planeetatmosfeer ging. De atmosfeer bestaat uit water in de vorm van stoom, of wordt gedomineerd door dikke wolken of nevels.



ESO/N. Bartmann/spacengine.org



8 | De kosmische temperatuur onafhankelijk gemeten

De VLT heeft koolstofmonoxidemoleculen gedetecteerd in een sterrenstelsel op een afstand van bijna 11 miljard lichtjaar — iets dat 25 jaar lang tevergeefs was geprobeerd. Dit heeft astronomen in staat gesteld om de kosmische temperatuur voor dat verre tijdperk heel precies te meten.

9 | Record-brekend planeetsysteem

Astronomen hebben met behulp van telescopen in de ruimte en op aarde, waaronder ESO's VLT, een systeem ontdekt met zeven planeten ter grootte van de aarde op een afstand van slechts 40 lichtjaar, rond de ultrakoele dwergster TRAPPIST-1. Drie van de planeten liggen in de leefbare zone, wat de kans verhoogt dat het stersysteem leven kan herbergen. Het stelsel heeft het grootste aantal planeten ter grootte van de aarde dat tot nu toe is ontdekt, en het grootste aantal werelden waar vloeibaar water aan het oppervlak mogelijk is.



10 | Gammaflitsen — de connectie tussen supernova's en samensmeltende neutronensterren

ESO-telescopen hebben het doorslaggevende bewijs geleverd dat lange gammaflitsen verband houden met de uiteindelijke explosies van zware sterren. Met een telescoop op La Silla is het voor het eerst ook gelukt om het zichtbare licht van een korte gammaflits waar te nemen en aan te tonen dat deze categorie verschijnselen hoogstwaarschijnlijk afkomstig is van de hevige botsing en versmelting van twee neutronensterren.

Deep-field-opname met de Wide Field Imager (WFI) op de MPG/ESO 2,2-meter telescoop op de La Silla-sterrenwacht.

De Very Large Telescope

De Very Large Telescope-array is sinds het begin van het derde millennium het optische vlaggenschip van de Europese astronomie. Het is het meest geavanceerde optische en infraroodobservatorium ter wereld, bestaande uit vier vast-opgestelde *Unit Telescopes*, met hoofdspiegels met een middellijn van 8,2 meter. Ze kunnen individueel of samen worden gebruikt, net als de vier verplaatsbare 1,8-meter hulptelescopen, en een interferometer vormen. Deze telescopen zijn zo krachtig, dat ze hemelobjecten kunnen vastleggen die vier miljard keer minder licht geven dan de zwakste objecten die we met het blote oog kunnen zien.

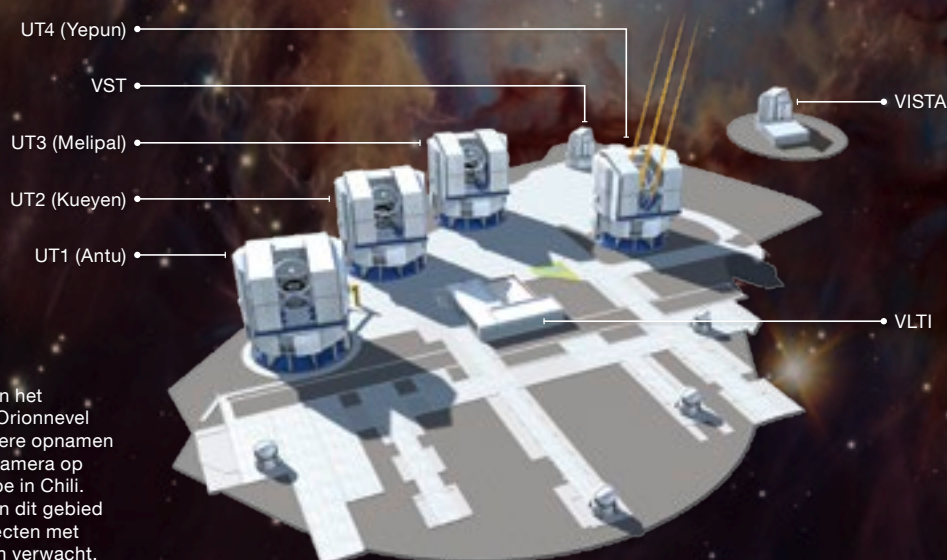
Het VLT-instrumentatieprogramma is het meest ambitieuze programma dat ooit voor één sterrenwacht is opgezet. Het omvat camera's en spectrografen die een breed spectraal gebied bestrijken, van golflengten in het ver-ultraviolet

(300 nanometer) tot aan het mid-infrarood (20 micrometer).

Elke 8,2-meter telescoop staat opgesteld in een compact, temperatuur gereguleerd gebouw dat synchroon met de telescoop ronddraait. Dit ontwerp onderdrukt nadelige lokale effecten van de waarnemingsomstandigheden, zoals de luchtturbulenties in de telescopobuis die kunnen ontstaan door variaties in temperatuur en wind.

De eerste *Unit Telescope* werd op 1 april 1999 in gebruik genomen voor dagelijkse wetenschappelijke waarnemingen. Sindsdien heeft de VLT een onmiskenbaar stempel gedrukt op de observationele sterrenkunde. Het is 's werelds meest productieve waarnemingsfaciliteit op vaste bodem, en VLT-resultaten leiden gemiddeld tot meer dan anderhalf collegiaal getoetst wetenschappelijk artikel per dag.

Naam	VLT
Locatie	Cerro Paranal
Hoogte	2635 meter
Golflengten	Ultraviolet/optisch/infrarood
Componenten/technieken	Interferometrie met 4 telescopen (maximum-baseline 130 meter); 3 ervan hebben adaptieve optiek
Optisch ontwerp	Ritchey-Chrétien reflector
Diameter hoofdspiegel	8,2 meter
Montering	Alt-Azimuth
Eerste licht	Mei 1998 – september 2000



Deze spectaculaire foto van het stervormingsgebied in de Orionnevel is samengesteld uit meerdere opnamen met de HWAK-I-infraroodcamera op ESO's Very Large Telescope in Chili. Het is de diepste blik ooit in dit gebied en toont meer zwakke objecten met de massa van planeten dan verwacht.



ESO/H. Dress et al.



Y. Belesky (LCO)/ESO

Deze spectaculaire foto is gemaakt vanuit de koepel van de vierde Unit Telescope van ESO's Very Large Telescope (VLT) en laat de Laser Guide Star (LGS) zien die is gericht op het centrum van de Melkweg.



ESO/G. Hudepohl (atacamaphoto.com)

De zon gaat onder aan de Stille Oceaan en laat het Paranal-platform baden in licht op deze verbazingwekkende luchtfoto van de Atacama-woestijn in Noord-Chili.

Adaptieve optiek

Turbulentie in de aardatmosfeer verstoort de beelden die vanaf de aarde worden gemaakt en zorgt ervoor dat sterren fonkelen. Om te compenseren voor dit effect van de atmosfeer gebruiken astronomen een methode die 'adaptieve optiek' wordt genoemd.

Geavanceerde, flexibele spiegels die door computers worden aangestuurd kunnen de vervorming ten gevolge van atmosferische turbulentie direct corrigeren, waardoor de gemaakte opnamen bijna net zo scherp zijn als die door ruimtetelescopen.

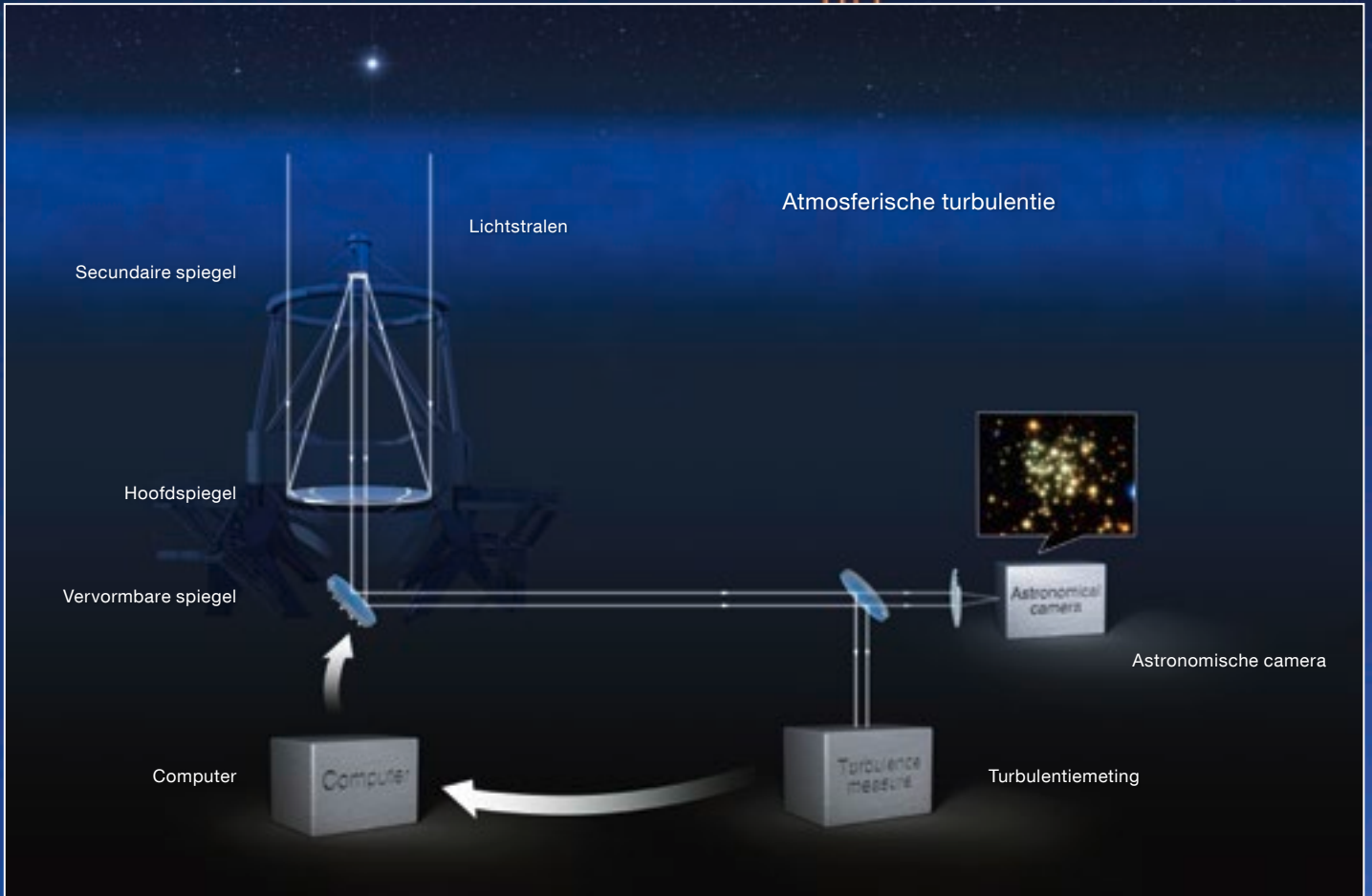
Adaptieve optiek vereist wel dat er een vrij heldere referentiester vlak naast het onderzoeksobject staat. Deze referentiester wordt gebruikt om de atmosferische vervaging te meten, zodat de flexibele spiegel daarvoor kan corrigeren.

Omdat niet overal aan de nachthemel geschikte sterren te vinden zijn, kunnen astronomen ook hun eigen referentiesterren maken door met een krachtige laserbundel 90 kilometer hoog de atmosfeer in te schijnen.

ESO speelt een leidende rol bij de ontwikkeling van adaptieve optiek en de laserstertechnologie, en werkt daarbij samen met diverse Europese instituten en industrieën. Met ESO's adaptieve optische faciliteiten zijn tal van opmerkelijke wetenschappelijke resultaten bereikt, waaronder de eerste directe waarnemingen van een exoplaneet (zie blz. 8) en het gedetailleerde onderzoek van de omgeving van het zwarte gat in het centrum van de Melkweg (zie blz. 8).

De volgende generatie adaptieve optiek wordt nu op de VLT geïnstalleerd. Er zal gebruik worden gemaakt van meerdere lasersterren en van geavanceerde adaptieve optische instrumenten zoals 'planeetzoekers'. Voor de ELT zijn nog geavanceerdere systemen in ontwikkeling, die zijn afgestemd op de specifieke uitdagingen van deze telescoop. Het gebruik van meerdere lasersterren paveit de weg naar een groter gecorrigeerd beeldveld, een resultaat dat van essentieel belang zal zijn voor de toekomstige wetenschap met de VLT en de ELT.

Het 4-laserstersysteem op Paranal dat op de Carinanevel is gericht.



Deze illustratie laat zien hoe adaptieve optiek werkt.



Het 4-laserstersysteem op Unit Telescope 4 van de VLT.

De VLT Interferometer

De afzonderlijke telescopen van de VLT kunnen worden gecombineerd tot de VLT Interferometer (VLTI). Dit stelt astronomen in staat om zestien keer kleinere details te zien als met de afzonderlijke telescopen. Met de VLTI is het mogelijk om details te zien op de oppervlakken van sterren en zelfs om de naaste omgeving van het zwarte gat in het centrum van een ander sterrenstelsel te bestuderen.

In de VLTI worden de lichtbundels van de telescopen met elkaar gecombineerd via een complex systeem van spiegels in ondergrondse tunnels, waarbij de lengten van de verschillende lichtwegen over een afstand van meer dan honderd meter tot op minder dan een duizendste millimeter gelijk moeten worden gehouden. Met deze 130 meter grote 'virtuele telescoop' kan de VLTI metingen doen die vergelijkbaar zijn met het onderscheiden van de kop van een schroef van het internationale ruimtestation ISS, dat op 400 kilometer hoogte boven ons

langs trekt. Hoewel het licht van de vier 8,2-meter telescopen kan worden gecombineerd in de VLTI, worden de grote telescopen meestal afzonderlijk gebruikt voor andere doeleinden. Daardoor zijn ze slechts een beperkt aantal nachten per jaar beschikbaar voor interferometrie.

Om de kracht van de VLTI elke nacht te kunnen benutten zijn de vier kleinere Auxiliary Telescopes (AT's) beschikbaar. De AT's zijn gemonteerd op rails en kunnen worden verplaatst tussen precies gedefinieerde waarneempunten. Vanuit deze posities worden lichtstralen teruggekaatst door de AT-spiegels en gecombineerd in de VLTI.

De AT's zijn uitzonderlijke telescopen — in hun compacte beschermkoepeels hebben ze hun eigen elektronica, ventilatie, hydraulische- en koelsystemen. Ze hebben ook een eigen transportsysteem dat de hulptelescopen kan optillen en verplaatsen.

Naam	Auxiliary Telescopes
Locatie	Cerro Paranal
Hoogte	2635 meter
Golflengten	Optisch/infrarood
Componenten/technieken	Interferometrie met 4 kleinere telescopen (maximale <i>baseline</i> 200 meter)
Optisch ontwerp	Ritchey-Chrétien met coudé optical train
Diameter hoofdspiegel	1,82 meter
Montering	Alt-Azimuth
Eerste licht	Januari 2004 – december 2006



Panoramische blik op de tunnel van de Very Large Telescope Interferometer.



Surveytelescopen

Ook twee andere krachtige telescopen maken deel uit van de ESO-sterrenwacht op Paranal: de Visible and Infrared Survey Telescope for Astronomy (VISTA) en de VLT Survey Telescope (VST). Zij zijn de krachtigste telescopen ter wereld die specifiek voor surveydoeleinden zijn gebouwd en breiden het wetenschappelijke ontdekkingspotentieel van de Paranal-sterrenwacht enorm uit.

Veel interessante hemelobjecten — van zwakke bruine dwergsterren in de Melkweg tot de verste quasars — zijn moeilijk te vinden. De grootste telescopen kunnen steeds maar een klein stukje hemel bekijken, maar VISTA en de VST zijn ontworpen om snel 'diepe' opnamen te maken van grote hemelgebieden. De twee telescopen voeren momenteel diverse zorgvuldig ontworpen surveys uit en produceren enorme archieven

van zowel afbeeldingen als catalogi van objecten, waar astronomen nog decennialang uit zullen putten.

VISTA heeft een hoofdspiegel van 4,1 meter en is de krachtigste survey-telescoop in het nabij-infrarood ter wereld. In het hart van VISTA bevindt zich een 3 ton wegende camera met zestien infrarooddetectoren met in totaal 67 megapixels. Hij heeft het grootste beeldveld van alle astronomische nabij-infraroodcamera's.

De VST is een geavanceerde 2,6-meter telescoop, uitgerust met OmegaCAM — een kolossale 268-megapixel ccd-camera met een beeldveld van meer dan vier keer de oppervlakte van de volle maan. Hij vult VISTA aan en maakt hemelsurveys in zichtbaar licht.

Naam	VISTA
Locatie	Nabij Cerro Paranal
Hoogte	2518 meter
Golflengten	Infrarood
Componenten	67-megapixel camera VIRCAM; beeldveld $1.65^\circ \times 1.65^\circ$
Optisch ontwerp	Aangepaste Ritchey-Chrétien reflector met correctielenzen in de camera
Diameter hoofdspiegel	4,1 meter
Montering	Alt-Azimuth-vork
Eerste licht	11 december 2009

Naam	VST
Locatie	Cerro Paranal
Hoogte	2635 meter
Golflengten	Ultraviolet/optisch/nabij-infrarood
Componenten	268-megapixel camera OmegaCAM; beeldveld $1^\circ \times 1^\circ$
Optisch ontwerp	Aangepaste Ritchey-Chrétien reflector met correctoren
Diameter hoofdspiegel	2,61 meter
Montering	Alt-Azimuth-vork
Eerste licht	8 juni 2011

Deze groothoekopname van de Orionnevel (Messier 42), op ongeveer 1350 lichtjaar van de aarde, is gemaakt met VISTA op ESO's Paranal-sterrenwacht in Chili.



In de VST-koepel, met de Melkweg erboven.

ESO/B. Tafreshi (twanight.org)



De behuizing van de VISTA-telescoop bij zonsondergang.

ESO/B. Tafreshi (twanight.org)

ELT

Extreem grote telescopen vormen een van de hoogste prioriteiten van het astronomische onderzoek vanaf de aarde. Zij zullen onze astrofysische kennis enorm vergroten en gedetailleerd onderzoek mogelijk maken van planeten bij andere sterren, de eerste objecten in het heelal, superzware zwarte gaten en de aard en verdeling van donkere materie en donkere energie die het heelal domineren.

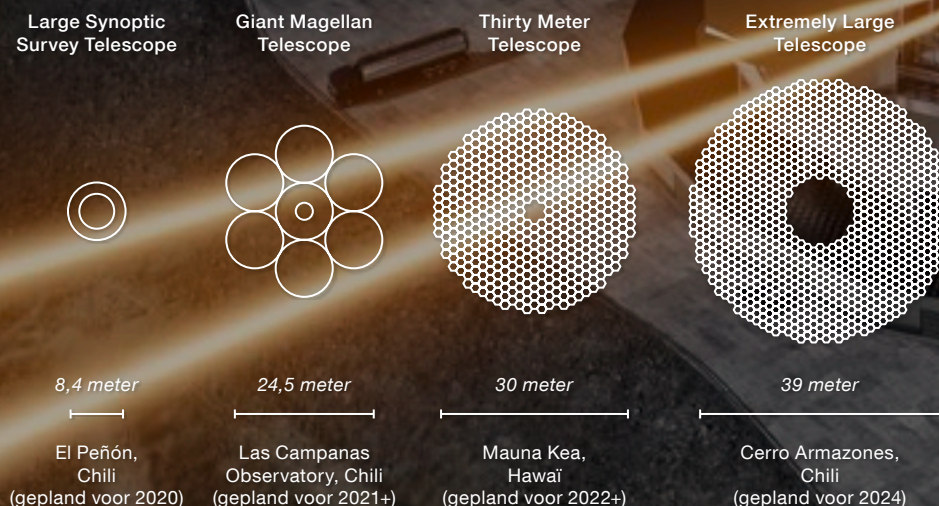
ESO's revolutionaire Extremely Large Telescope (ELT) krijgt een hoofdspiegel met een middellijn van 39 meter met een lichtverzamelend oppervlak van bijna 1000 vierkante meter, waarmee hij het grootste oog op de hemel zal worden. De ELT wordt groter dan alle bestaande optische onderzoekstelescopen bij elkaar en zal vijftien keer zoveel licht opvangen als de grootste optische telescopen van dit moment. Door adaptieve optiek zullen de beelden van de ELT vijftien keer zo scherp zijn als die van de Hubble-ruimtetelescoop. De ELT heeft

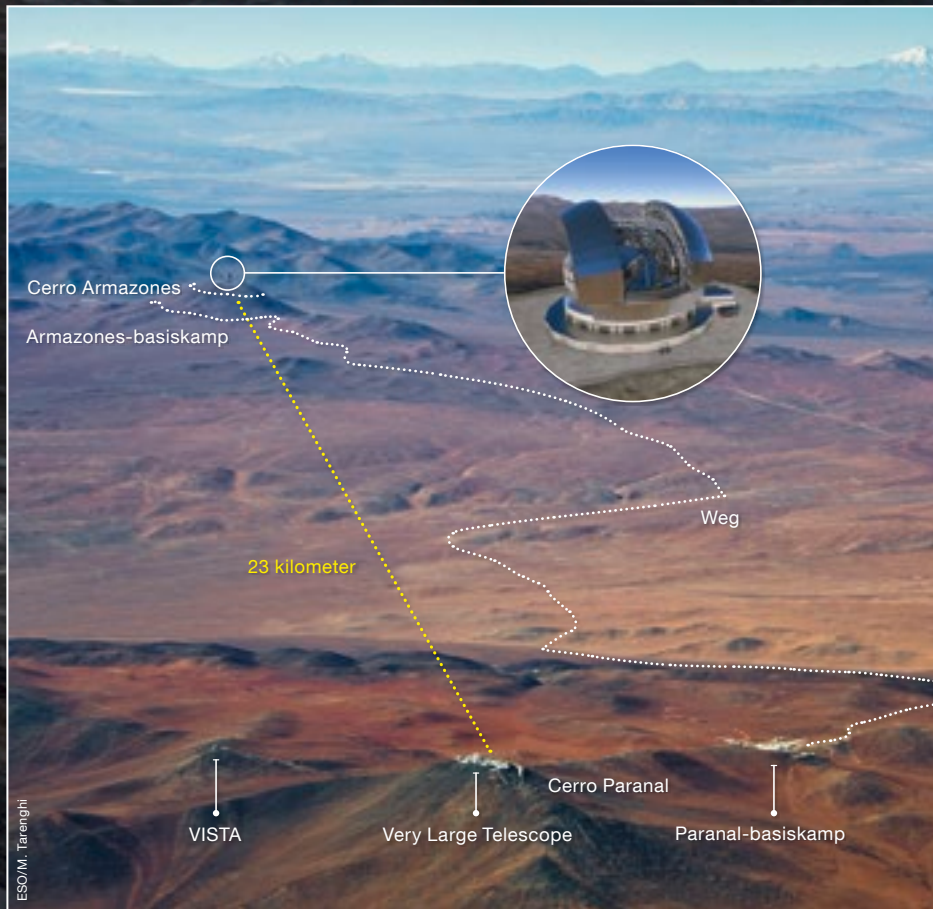
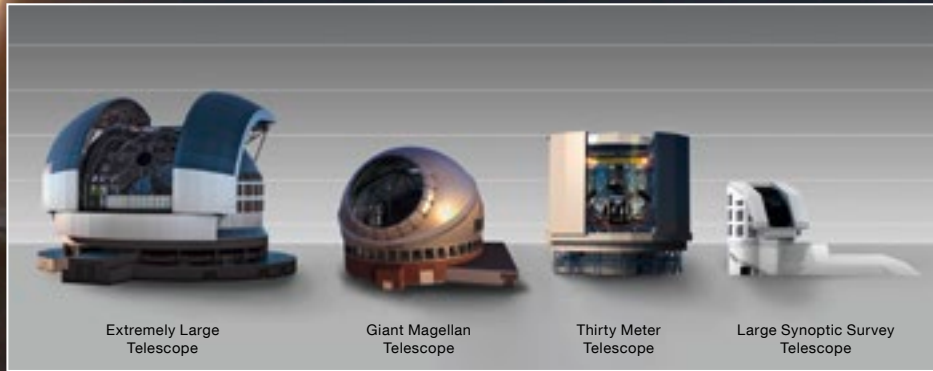
een uniek ontwerp met vijf spiegels, en de hoofdspiegel bestaat uit 798 zeshoekige elementen, elk 1,4 meter groot maar slechts vijf centimeter dik.

Zodra de ELT rond 2024 operationeel is, zal hij de grootste wetenschappelijke uitdagingen van onze tijd aangaan. Hij zal de jacht openen op aarde-achtige planeten in de leefbare zones rond andere sterren — een van de heilige gralen van de moderne observationele astronomie. Hij zal ook aan stellaire archeologie gaan doen door oude sterren en sterpopulaties in nabije sterrenstelsels te onderzoeken. De ELT zal fundamentele bijdragen leveren aan de kosmologie door de eerste sterren en sterrenstelsels te bestuderen en op zoek te gaan naar de aard van donkere materie en donkere energie. Bovendien houden astronomen rekening met nieuwe en onvoorspelbare vragen die zeker zullen voortvloeien uit de ontdekkingen die met de ELT worden gedaan.

Naam	ELT
Locatie	Cerro Armazones
Hoogte	3046 meter
Golflengten	Optisch/nabij-infrarood
Techniek	Ingebouwde adaptieve optiek door gebruik van een 2,6-meter vervormbare spiegel en tot 8 lasersterren
Optisch ontwerp	Ontwerp met vijf spiegels
Diameter hoofdspiegel	39 meter
Montering	Alt-Azimuth
Eerste licht	2024

Groottevergelijking van de hoofdspiegels van optische reuzentelescopen in aanbouw.





Boven: Dit beeld vergelijkt de koepel van de Extremely Large Telescope met die van andere grote telescoopfaciliteiten die momenteel in aanbouw zijn.

Onder: Deze kaart van Noord-Chili toont ESO's Paranal-sterrenwacht, de berg Armazones en de verbindingsweg.

Deze artistieke weergave toont een nachtelijke aanblik van de Extremely Large Telescope in bedrijf op Cerro Armazones in Noord-Chili.

ALMA

Hoog op de Chajnantor-hoogvlakte in de Chileense Andes hebben ESO en wereldwijde partners de Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA) in bedrijf, het grootste astronomische project ooit. ALMA is een revolutionaire radiotelescoop die licht bestudeert dat afkomstig is van de koudste objecten in het heelal.

ALMA bestaat uit 66 uiterst precies gevormde schotelantennes: de hoofdarray van vijftig antennes met een middellijn van 12 meter die als één telescoop samenwerken en een aanvullende compacte array van vier 12-meter en twaalf 7-meter antennes.

ALMA onderzoekt het heelal op millimeter- en submillimetergolflengten met een ongeëvenaarde gevoeligheid en resolutie — de telescoop ziet tien keer zo scherp als de Hubble-ruimtetelescoop van NASA en ESA. Het licht dat ALMA waarneemt ligt in het elektromagnetisch spectrum tussen infrarood licht en radiogolven. Het is afkomstig van grote koude wolken in de interstellaire ruimte, en van de vroegste en meest verafgelegen sterrenstelsels in het heelal. Zulke gebieden zijn vaak donker en onttrokken aan het zicht, maar schijnen helder op millimeter- en submillimetergolflengten.

ALMA bestudeert de bouwstenen van sterren, planeetstelsels, sterrenstelsels en het leven zelf. Daarmee kunnen astronomen op zoek gaan naar antwoorden op enkele van de grootste vragen over onze kosmische oorsprong.

Omdat millimeter- en submillimeterstraling in hoge mate wordt geabsorbeerd door waterdamp in de aardatmosfeer is ALMA gebouwd op 5000 meter boven zeeniveau op de Chajnantor-hoogvlakte in het noorden van Chili. Deze plek heeft een van de droogste atmosferen op aarde en de waarneemcondities zijn ongeëvenaard.

ALMA is een partnerschap van ESO, de Amerikaanse National Science Foundation (NSF) en de National Institutes of Natural Sciences (NINS) in Japan, in samenwerking met de republiek Chili. ALMA wordt gefinancierd door ESO namens de lidstaten, door NSF in samenwerking met de National Research Council of Canada (NRC) en de National Science Council of Taiwan (NSC), en door NINS in samenwerking met de Academia Sinica (AS) in Taiwan en de Korea Astronomy and Space Science Institute (KASI).

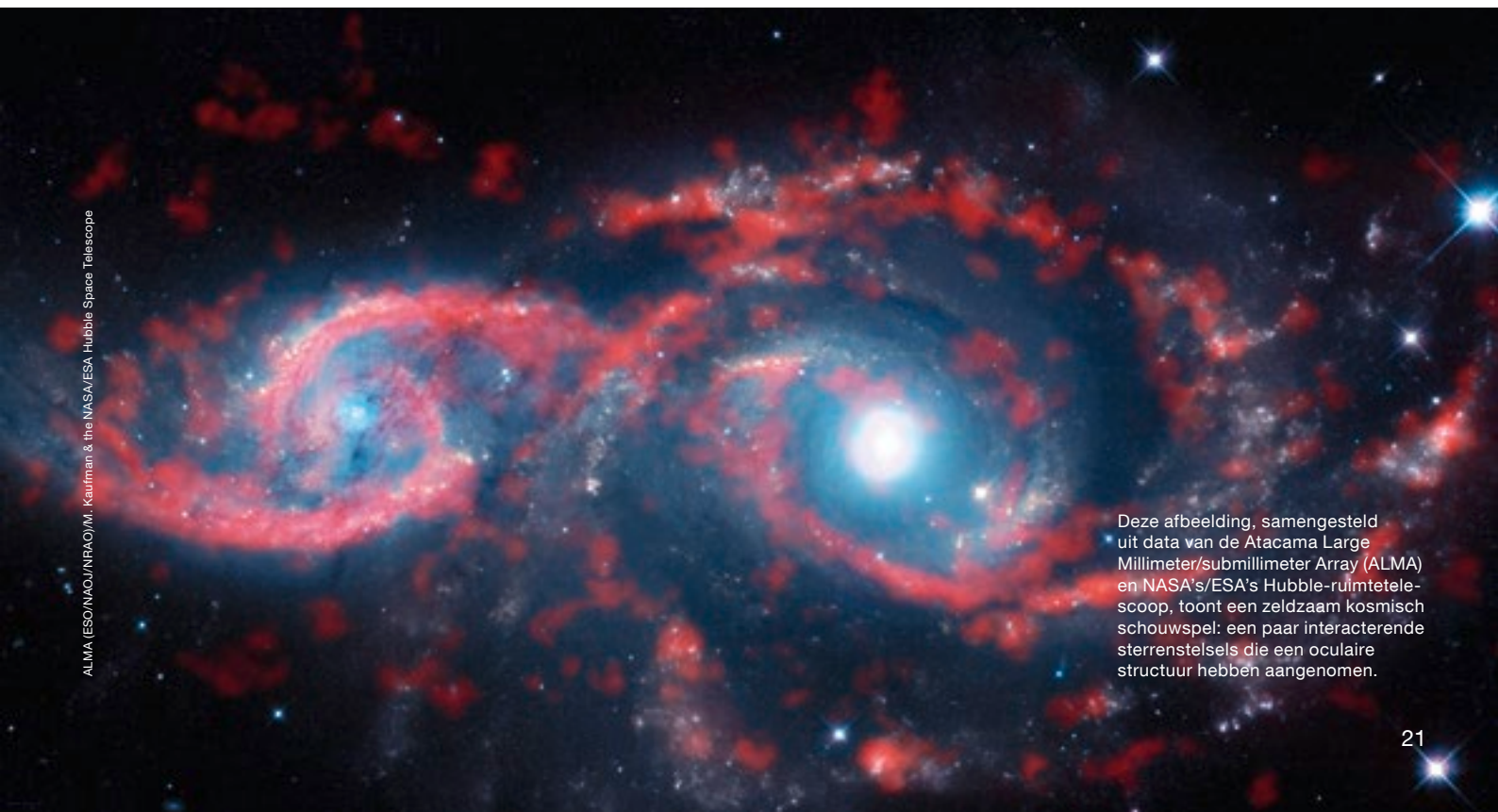
Naam	ALMA
Locatie	Chajnantor
Hoogte	4576–5044 meter
Golflengten	Submillimeter
Techniek	Interferometrie met 150-meter tot 16-kilometer basislijnen
Optische design	Cassegrain
Antennediameter	54 × 12 meter; 12 × 7 meter
Montering	Alt-Azimuth
Eerste licht	30 september 2011

Deze foto laat verscheidene ALMA-antennes zien met de centrale gebieden van de Melkweg erboven.



ALMA (ESO/NAOJ/NRAO), J. Bally/H. Drass et al.

Sterexplosies worden meestal geassocieerd met supernova's, de spectaculaire dood van sterren. Maar nieuwe ALMA-waarnemingen van het Orionnevel-complex geven inzicht in explosies aan de andere kant van de stellaire levenscyclus, de stergeboorte.



ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)/M. Kaufman & the NASA/ESA Hubble Space Telescope

Deze afbeelding, samengesteld uit data van de Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA) en NASA's/ESA's Hubble-ruimtetelescoop, toont een zeldzaam kosmisch schouwspel: een paar interacterende sterrenstelsels die een oculaire structuur hebben aangenomen.

APEX

Astronomen kunnen op Chajnantor ook gebruik maken van een aanvullende faciliteit voor millimeter- en submillimeterastronomie: de Atacama Pathfinder Experiment (APEX). Dit is een 12-meter telescoop, gebaseerd op een ALMA-prototype. APEX was al lang voor ALMA operationeel en nu de grote array compleet is, doet hij belangrijk surveywerk.

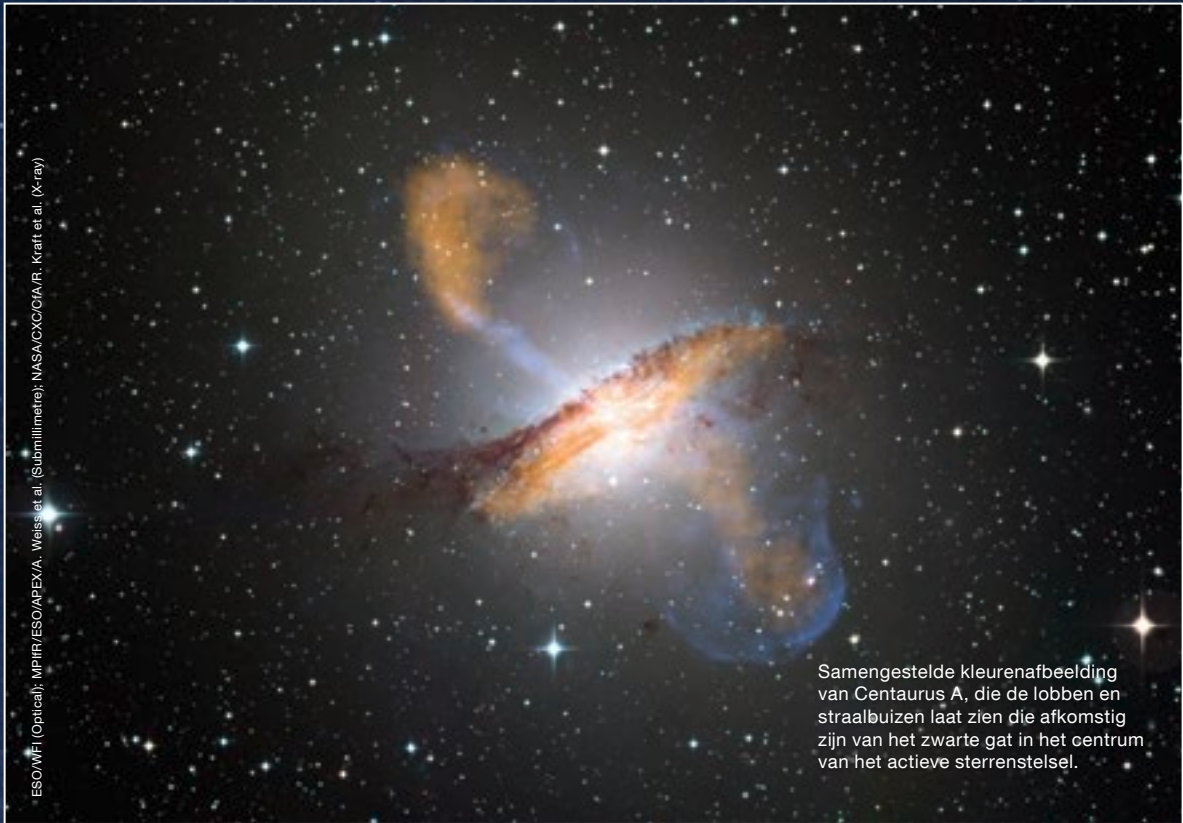
Net als ALMA is APEX ontworpen voor submillimetergolflengten, waarop sommige van de koudste, stoffigste en meest verafgelegen hemellichamen kunnen worden onthuld. Door de jaren heen heeft APEX de roerige vroege levens van de zwaarste sterrenstelsels onderzocht, bestudeerd hoe materie

uiteengereten wordt door een superzwaar zwart gat, en voor het eerst waterstofperoxide-moleculen gevonden in de interstellaire ruimte. Astronomen gebruiken APEX ook om de omstandigheden binnen moleculaire wolken te onderzoeken, zoals die rond de Orionnevel of de 'Zuilen der Schepping' in de Adelaarsnevel, waarmee onze kennis van de kraamkamers van gas waar nieuwe sterren worden geboren, wordt vergroot.

APEX is een gezamenlijk project van het Max-Planck-Institut für Radioastronomie, het Onsala Space Observatory en ESO. De telescoop wordt beheerd door ESO.

Naam	APEX
Locatie	Chajnantor
Hoogte	5050 meter
Golflengten	Submillimeter
Optisch ontwerp	Cassegrain
Diameter hoofdantenne	12 meter
Montering	Alt-Azimuth
Eerste licht	14 juli 2005

De APEX-telescoop (Atacama Pathfinder Experiment) kijkt omhoog tijdens een heldere, maanverlichte nacht op Chajnantor, een van de hoogste en droogste waarnemlocaties ter wereld.



ESO/WFI (Optical); MPIR/ESO/AFEX/A. Weiss et al. (Submillimetre); NASA/CXO/CIA/V.F. Kraft et al. (X-ray)

Samengestelde kleuraafbeelding van Centaurus A, die de lobben en straalbuizen laat zien die afkomstig zijn van het zwarte gat in het centrum van het actieve sterrenstelsel.



ESO/Digitized Sky Survey 2

Deze indrukwekkende nieuwe afbeelding van kosmische wolken in het sterrenbeeld Orion laat een soort 'lint van vuur' aan de hemel zien.

ESO/B. Tafreshi (twanight.org)

La Silla

De sterrenwacht op La Silla is sinds de jaren zestig een ESO-bolwerk. Hier heeft ESO nog steeds twee van 's werelds beste telescopen van de 4-meterklasse in bedrijf. Daarmee kan La Silla zijn positie handhaven als een van de wetenschappelijk meest productieve sterrenwachten ter wereld.

De 3,58-meter New Technology Telescope (NTT) was baanbrekend op het gebied van telescooptechniek en -ontwerp. Hij was de eerste telescoop ter wereld met een spiegel waarvan de vorm computergestuurd wordt (actieve optiek), een technologie die door ESO is ontwikkeld en die nu wordt toegepast in de VLT en de meeste andere grote telescopen.

Op La Silla staat ook de 3,6-meter ESO-telescoop, die sinds 1977 in bedrijf is. Dankzij een aantal grondige verbeteringen is het nog steeds een toonaangevend onderzoeksinstrument onder de telescopen van de 4-meter klasse op

het zuidelijk halfrond. Aan deze telescoop is de belangrijkste 'exoplaneten-jager' ter wereld gekoppeld: HARPS, een spectrograaf met een onovertroffen nauwkeurigheid.

Ook wordt de infrastructuur van La Silla door veel ESO-lidstaten gebruikt voor specifieke projecten, zoals de Zwitserse 1,2-meter Leonhard Euler-telescoop en de Deense 1,54-meter telescoop. De Rapid Eye Mount (REM) en de T lescope   Action Rapide pour les Objets Transitoires (TAROT) zijn gammaflits-jagers. TRAPPIST (TRANSiting Planets and Planetesimals Small Telescope), ExTrA (Exoplanets in Transits and their Atmospheres) en MASCARA (The Multi-site All-Sky CAmERA) zijn telescopen die zoeken naar exoplaneten. BlackGEM kijkt naar optische tegenhangers van zwaartekrachtgolfdetecties en de Test-Bed Telescope – een samenwerkingsproject met ESA – bestudeert kunstmatige en natuurlijke aardscheerders.



Samengesteld driekleurenmozaiek van de Adelaarsnevel (Messier 16 of NGC 6611), opgebouwd uit opnamen met de Wide-Field Imager-camera op de MPG/ESO 2,2-meter telescoop op de La Silla-sterrenwacht.



Het silhouet van de koepel van de ESO 3,6-meter telescoop tegen de nachtelijke sterrenhemel van de La Silla-sterrenwacht.

CTA

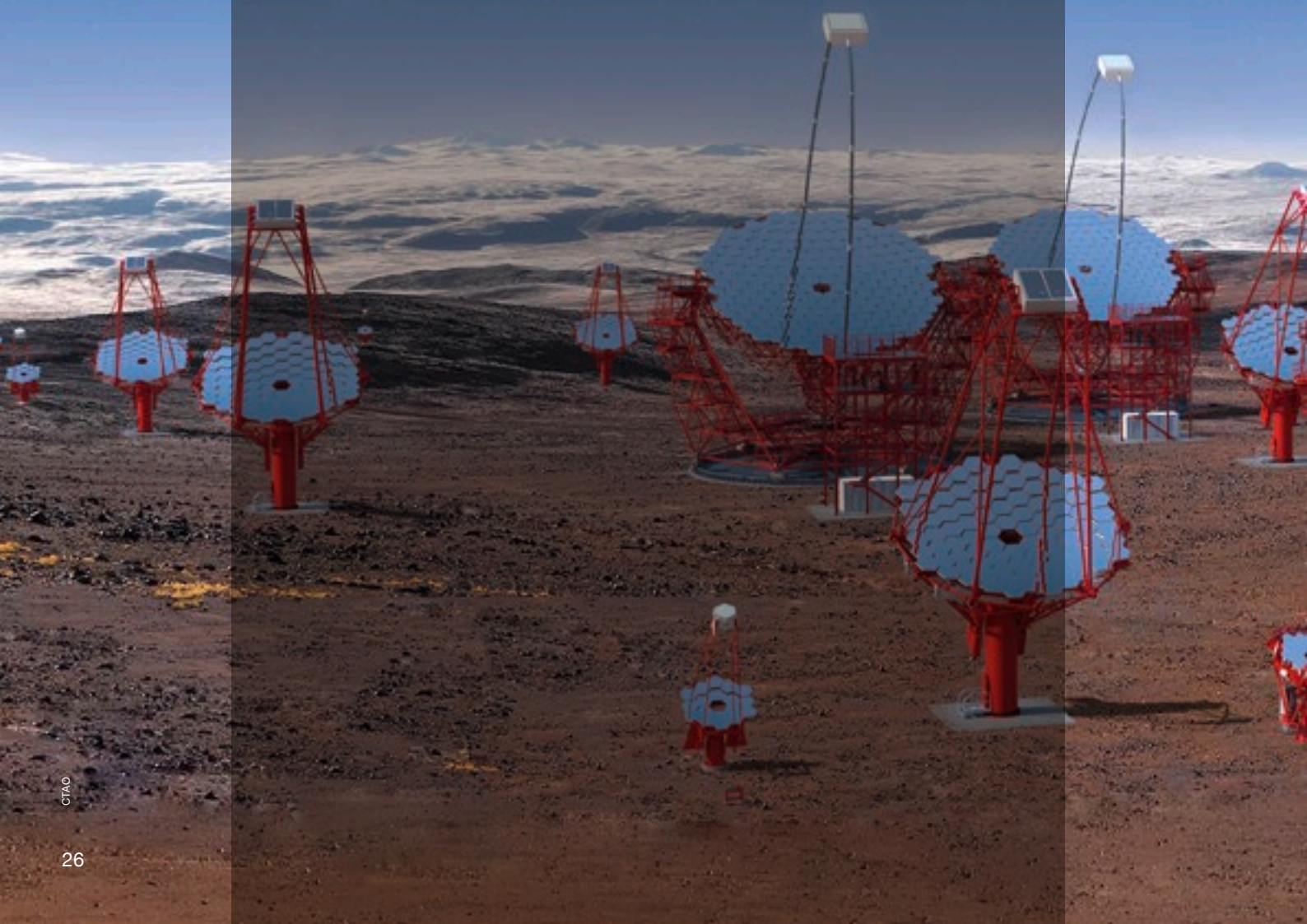
De Cherenkov Telescope Array (CTA) is een observatorium van de volgende generatie dat wordt gebouwd voor hoge-energie gammasterrenkunde. Het is de bedoeling dat ESO's Paranal-sterrenwacht de zuidelijke array van deze telescoop zal huisvesten, die zal worden ondersteund door de bestaande, geavanceerde ESO-infrastructuur.

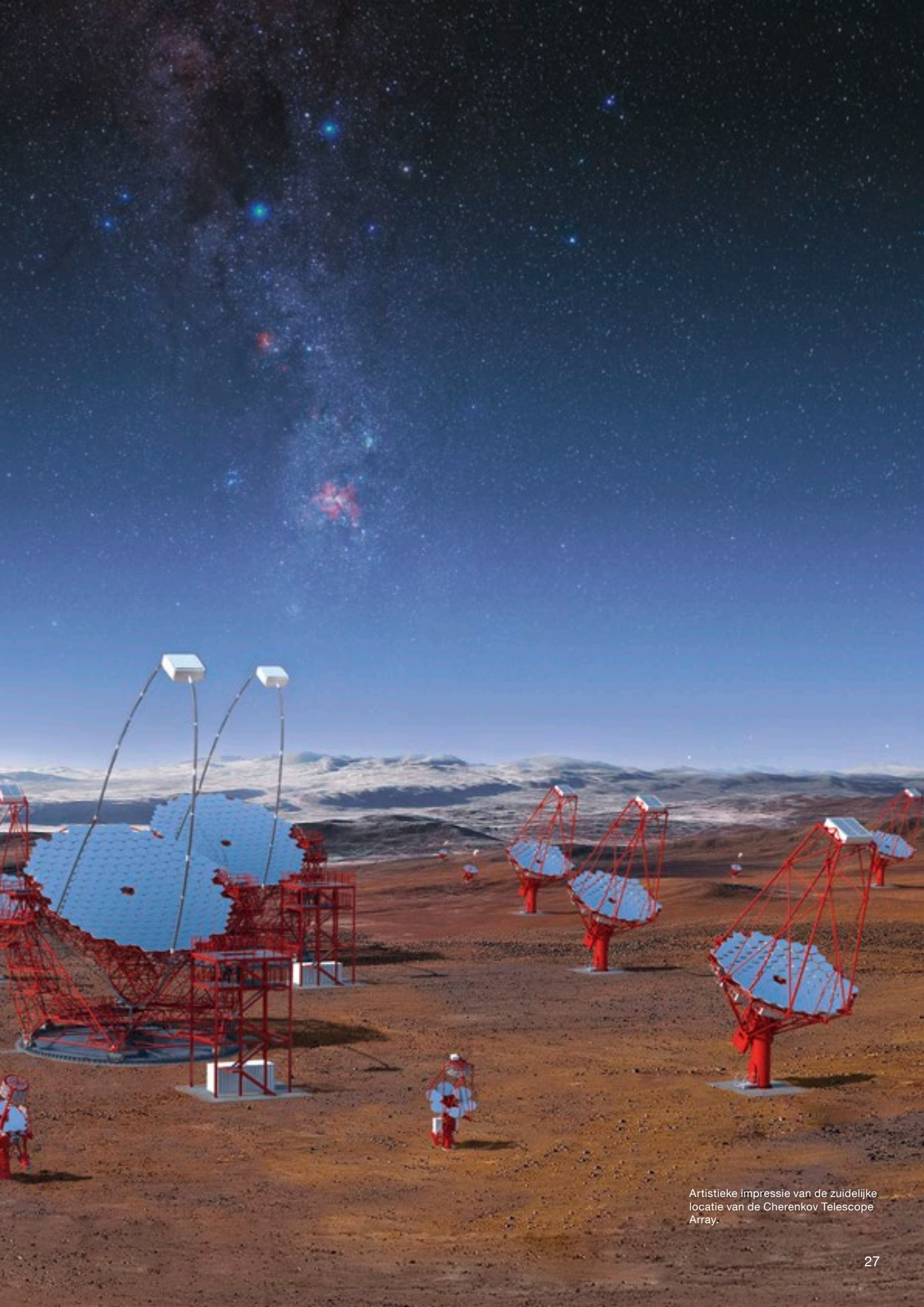
CTA zal wereldwijd 118 telescopen tellen, waarvan 99 op de grotere zuidelijke locatie, zo'n tien kilometer ten zuidoosten van de VLT. ESO zal de beoogde zuidelijke array in bedrijf nemen in ruil voor 10% van de waarnemings- en onderhoudstijd op de zuidelijke en noordelijke array — op La Palma — die beschikbaar komt voor de wetenschappers in de ESO-lidstaten. Nog eens 10% van de waarnemings- en onderhoudstijd op de zuidelijke array zal worden gereserveerd voor Chileense wetenschappelijke instituten.

CTA wordt een open faciliteit voor de brede astrofysicagemeenschap. Meer dan 1350 wetenschappers en ingenieurs uit vijf werelddelen, 31 landen en ruim 210 onderzoeksinstituten nemen op dit moment deel aan het CTA-project.

CTA heeft een groot verzamelend oppervlak en een breed bereik. Het wordt het grootste en gevoeligste hoge-energie gamma-observatorium ter wereld. Het zal gammastraling kunnen opvangen met ongeëvenaarde precisie en het zal tien keer zo gevoelig zijn als bestaande instrumenten.

Gammastraling wordt uitgezonden door de heetste en krachtigste bronnen aan de hemel, zoals superzware zwarte gaten en supernova's. Hoewel de aardatmosfeer gammastraling tegenhoudt zullen de spiegels en camera's van de CTA de korte flitsen karakteristieke Cherenkov-straling kunnen opvangen die worden geproduceerd wanneer gammastraling in de dampkring komt. Door de bron van deze straling te herleiden zal elke gammastraal terug te voeren zijn naar de kosmische bron, waardoor astronomen sommige van de meest extreme en gewelddadige gebeurtenissen in het hoge-energieheelal kunnen bestuderen.





Artistieke impressie van de zuidelijke locatie van de Cherenkov Telescope Array.

ESO & Chile

De oorspronkelijke overeenkomst tussen de regering van Chili en ESO werd op 6 november 1963 getekend. Dat vormde het begin van een ruim 50-jarig internationaal succesverhaal en het smeden van een belangrijke culturele link tussen Chili en Europa. ESO en Chili werken nauw en vruchtbaar samen op tal van niveaus, waaronder overheid, universiteiten, wetenschappelijke instituten en industrie.

Door deze samenwerking heeft de Chileense wetenschappelijke, technologische en bouwkundige expertise zich ontwikkeld in lijn met de vooruitgang binnen de sterrenkunde en de gebruikte technologieën in de ESO-lidstaten. Deze vooruitgang heeft Chileense wetenschappers en ingenieurs tot zeer waardevolle partners gemaakt voor ESO.

ESO draagt bij aan de ontwikkeling van de astronomie in Chili door fondsen die worden beheerd door de ESO-Government of Chile Joint Committee

en de ALMA CONICYT Joint Committee. Daaruit wordt een reeks aan activiteiten gefinancierd binnen de wetenschap, de astrotechnologie en educatie. De Chileense astronomische gemeenschap heeft ook toegang tot een percentage waarneemtijd op ESO-telescopen.

Bovendien voert ESO verscheidene regionale en lokale programma's uit in de regio's van Coquimbo en Antofagasta, waar de sterrenwachten zich bevinden. ESO steunt ook natuurbeschermingsprogramma's en het lokale erfgoed in deze regio's, waaronder de nachtelijke duisternis.

De samenwerking tussen Chili en ESO is niet alleen solide en langdurend, maar ook flexibel. De verbintenis opent bovendien een spannende route naar de toekomst — waarvan zowel Chili en de ESO-lidstaten als de vooruitgang van wetenschap en technologie kunnen profiteren.

Laguna Miñiques ligt op de hoogvlakte in de Andes, dicht bij de grens met Argentinië. Bezoekers passeren dit prachtige meer op 80 kilometer ten zuiden van ALMA wanneer ze over de Route 23 naar Argentinië rijden.

Van idee tot wetenschappelijke publicatie: de datastroom

De bedrijfsvoering van de ESO-telescopen is een gestroomlijnd proces dat begint wanneer astronomen beschrijvingen van voorgenomen waarnemingsprojecten voor specifieke wetenschappelijke doelstellingen indienen. Deze voorstellen worden getoetst door deskundigen uit de wetenschappelijke gemeenschap, en de goedgekeurde projecten worden vertaald naar een gedetailleerde beschrijving van de waarnemingen die gedaan zullen worden.

De waarnemingen worden vervolgens uitgevoerd met de telescoop, en de verzamelde gegevens worden onmiddellijk ter beschikking gesteld van de betrokken onderzoeksteams via het ESO-archief. De wetenschappelijke waarnemingen en de bijbehorende kalibratiegegevens worden ook gebruikt door ESO-wetenschappers om de kwaliteit van de gegevens en het gedrag van de instrumenten nauwkeurig in de gaten te houden en ervoor te zorgen dat hun prestaties op peil blijven. Dit hele proces is gebaseerd op de continue overdracht van gegevens tussen de sterrenwachten in Chili en het ESO-hoofdkwartier in Garching, Duitsland.

Alle wetenschappelijke en kalibratiegegevens worden opgeslagen in de ESO Science Archive Facility. Dit bevat het complete archief van alle waarnemingen die met de Very Large Telescope, de VLT-interferometer en de surveytelescopen VISTA en VST op Paranal zijn

gedaan. Het bevat ook de waarnemingen met de telescopen op La Silla en met de submillimetertelefoon APEX op Chajnantor. Waarnemingen die in het archief zijn opgeslagen worden doorgaans één jaar na binnenkomst openbaar, zodat ze door andere onderzoekers kunnen worden gebruikt.

Bij de traditionele manier van waarnemen reizen astronomen op vooraf toegewezen data naar de telescoop om, bijgestaan door deskundig personeel van de sterrenwacht, hun waarnemingen zelf uit te voeren. Deze zogeheten bezoekersmodus stelt astronomen in staat om hun waarnemingsstrategieën aan te passen aan de verkregen resultaten en aan de atmosferische omstandigheden. Maar op het moment van toewijzing kan niet worden gegarandeerd dat aan de noodzakelijke waarnemingsomstandigheden kan worden voldaan.

ESO heeft ook een alternatieve 'dienstregeling' ontwikkeld die 'servicewaarnemen' wordt genoemd. Bij elke vooraf beschreven waarneming moet worden gespecificeerd aan welke voorwaarden moet zijn voldaan om het wetenschappelijke doel te bereiken. Vervolgens worden deze waarnemingen flexibel ingepland en uitgevoerd op de telescoop. De vele voordelen van flexibel plannen hebben ertoe geleid dat 60 tot 70% van de VLT-gebruikers kiest voor deze servicemodus.



Het datacentrum in het ESO-hoofdkwartier in Garching bei München, Duitsland. Hier worden de gegevens van de ESO-telescopen gearhiveerd en gedistribueerd.

Partnerschappen

Het bevorderen van samenwerking in de astronomie staat centraal in de missie van ESO. De organisatie heeft een beslissende rol gespeeld bij het opzetten van een Europees onderzoeksdomein voor de astronomie en de astrofysica.

Elk jaar voeren duizenden astronomen uit de lidstaten en daarbuiten onderzoek uit met behulp van gegevens die op de ESO-locaties zijn verzameld. Astronomen vormen vaak internationale onderzoeksteams, met leden uit verscheidene landen.

ESO heeft een uitgebreid programma voor promovendi en *fellows* (jonge gepromoveerde astronomen). Ervaren onderzoekers uit de lidstaten en andere landen werken als bezoekende wetenschappers op de ESO-locaties, waarmee ESO bijdraagt aan de mobiliteit van Europese onderzoekers. Daarnaast onderhoudt ESO een programma van internationale conferenties met thema's in de frontlinie van astronomie en technologie, en biedt zij ondersteuning aan

het internationale tijdschrift *Astronomy & Astrophysics*.

De Europese industrie speelt een essentiële rol bij ESO-projecten. ESO werkt nauw samen met een groot aantal Europese hightechbedrijven om de gebruikers van steeds betere astronomische telescopen en instrumenten te voorzien. Die worden ontwikkeld door de actieve en enthousiaste deelname van commerciële partners uit alle lidstaten en Chili.

Op het gebied van technologieontwikkeling onderhoudt ESO nauwe banden met vele onderzoeksgroepen van wetenschappelijke instituten in de lidstaten en daarbuiten. Op die manier zijn astronomen in de lidstaten nauw betrokken bij het plannen en realiseren van wetenschappelijke instrumenten voor de huidige ESO-telescopen, en voor andere bestaande en geplande telescopen. Het ontwikkelen van instrumenten biedt kansen aan nationale onderzoeksscholen en trekt vele jonge wetenschappers en technici aan.

Werken bij ESO

Ben je geïnteresseerd in een baan in een uitdagende internationale omgeving in de voorhoede van de technologie? Bij ESO zul je een inclusieve, internationale en multiculturele werkomgeving treffen waar respect en samenwerking hoog in het vaandel staan, en waar zowel individuele als groepsbijdragen worden aangemoedigd. Of je nu werkt bij onze technische, wetenschappelijke of ondersteuningsteams, je maakt deel uit van een diverse en getalenteerde groep, waarmee je een directe bijdrage levert aan enkele van de meest uitdagende astronomische projecten. Zie jobs.eso.org en www.linkedin.com/company/european-southern-observatory.



Staf en conferentiebezoekers bij ESO.

De vlaggen van de ESO-lidstaten op het platform van de Very Large Telescope.

Educatie en public outreach

Doelgerichte investeringen in educatie en *outreach* maken het mogelijk dat ESO zowel de astronomische wetenschap in het algemeen als de resultaten van de belangrijkste observatoria op aarde met het publiek en de media kan delen. ESO produceert een brede selectie gratis outreachproducten van hoge kwaliteit, zoals afbeeldingen, video's en drukwerk.

Het ESO Supernova Planetarium & Visitor Centre op het hoofdkwartier in Duitsland is het eerste open-sourceplanetarium ter wereld en een innovatief en gratis astronomiecentrum voor het publiek. Het centrum biedt bezoekers een overweldigend

beeld van het heelal waarin wij leven, met onder meer interactieve astronomische tentoonstellingen over de fascinerende wereld van de sterrenkunde en ESO. Het organiseert ook curriculum-gerelateerde workshops voor scholieren en docenten, waarmee scholen een onvergetelijke leerervaring opdoen.

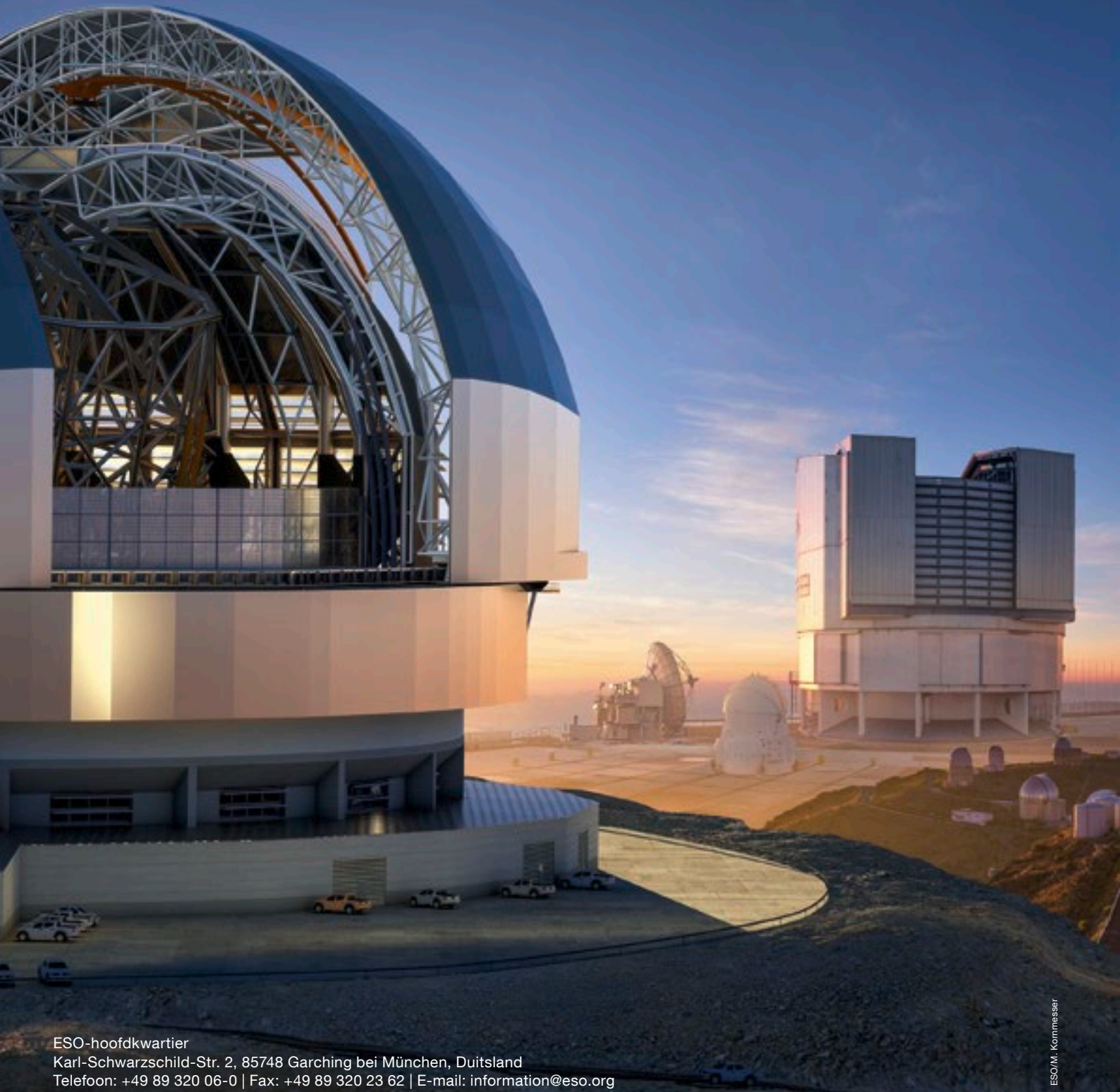
In samenwerking met ESO Supernova, produceert ESO gratis planetariumshows voor andere planetaria, innovatieve en authentieke wetenschappelijke open-source visualisaties, en het eerste *real-time* gegevensdistributiesysteem voor planetaria over de hele wereld.

Blijf in contact

ESO is actief aanwezig op sociale media op een verscheidenheid aan platforms. Op die manier worden jaarlijks honderden miljoenen mensen bereikt via Facebook, Twitter, Instagram, Pinterest, Flickr, YouTube en LinkedIn. Volg ons en blijf op de hoogte van de laatste ontdekkingen, zie als eerste de adembenemende opnamen met ESO-telescopen en krijg een kijkje achter de schermen van onze geavanceerde sterrenwachten. ESO verspreidt ook wekelijkse en maandelijkse nieuwsbrieven met prachtige afbeeldingen van het heelal, de laatste wetenschappelijke resultaten van de ESO-telescopen en nieuws over de organisatie.



www.eso.org



ESO-hoofdkwartier
Karl-Schwarzschild-Str. 2, 85748 Garching bei München, Duitsland
Telefoon: +49 89 320 06-0 | Fax: +49 89 320 23 62 | E-mail: information@eso.org

ESO/M. Kommesser

