

ESO

Europese Organisatie
voor Astronomisch
Onderzoek op
het Zuidelijk Halfrond

Een Heelal vol Ontdekkingen



Inhoudsopgave

| | |
|--|----|
| Over ESO | 3 |
| ESO en Sterrenkunde | 4 |
| Onze Wereld Begrijpen | 7 |
| Kosmische Geheimen Ontsluieren | 8 |
| Zoeken naar Andere Werelden | 9 |
| Heel oude Sterren | 9 |
| <i>Mensen bij ESO: Olivier Hainaut</i> | 10 |
| Een Zwart Gat in het Centrum van ons Melkwegstelsel | 10 |
| <i>Mensen bij ESO: Carla Gil</i> | 12 |
| Gamma Flitsen | 13 |
| Europa's Astronomen Ondersteunen | 14 |
| Paranal | 16 |
| <i>Mensen bij ESO: Karla Aubel</i> | 17 |
| Vele Ogen, een Enkel Beeld | 20 |
| La Silla | 22 |
| <i>Mensen bij ESO: Françoise Delplancke</i> | 24 |
| Speerpunten van Nieuwe Technologieën | 25 |
| VLT Beeldgalerij | 26 |
| Onderzoek van het Koude Heelal – ALMA | 28 |
| <i>Mensen bij ESO: Stefano Stanghellini</i> | 29 |
| Een Wereldwijde Onderneming | 32 |
| APEX | 33 |
| <i>Mensen bij ESO: Petra Nass</i> | 34 |
| Hoge Efficiëntie – het Data Flow Systeem | 34 |
| Wetenschappelijk Archief | 35 |
| Het Digitale Heelal | 35 |
| Toekomstige Projecten – de E-ELT | 36 |
| <i>Mensen bij ESO: Marc Sarazin</i> | 36 |
| Partnerschappen tot Stand Brengen | 40 |
| EIROforum | 41 |
| Ontmoetingen met de Samenleving | 42 |
| Overdracht van Technologie | 43 |
| ESO's Educatieve Programma's | 44 |
| Werken bij ESO | 46 |
| <i>Mensen bij ESO: Jean-Michel Bonneau</i> | 46 |





Over ESO

ESO is de Europese Organisatie voor Astronomisch Onderzoek op het Zuidelijk Halfrond. Zij is opgericht in 1962 en zorgt voor uiterst moderne onderzoeksfaciliteiten voor Europese astronomen en astrofysici. Deelnemende landen in ESO zijn België, Denemarken, Duitsland, Finland, Frankrijk, Italië, Nederland, Portugal, Spanje, Tjechië, het Verenigd Koninkrijk, Zweden en Zwitserland. Verscheidene andere landen hebben grote interesse getoond zich bij de Organisatie aan te sluiten.

Naast het Hoofdkwartier (het wetenschappelijke, technische en administratieve centrum van de organisatie) dat zich in Garching bei München in Duitsland bevindt heeft ESO het Santiago Kantoor en drie waarnemcentra in de Chileense Atacama woestijn in bedrijf. Op La Silla, 600 km ten noorden van Santiago de Chile heeft ESO op 2 400 meter hoogte een aantal middelgrote optische telescopen in bedrijf. De Very Large Telescope (VLT) bevindt zich op Paranal, een 2 600 meter hoge berg ten zuiden van Antofagasta. Hier staan ook de VLT Interferometer en twee survey telescopen, de VST en VISTA. De derde locatie is de 5 000 meter hoge Llano de Chajnantor, niet ver van San Pedro de Atacama. Hier is een nieuwe submillimeter telescoop (APEX) in bedrijf, en wordt er samen met Noord-Amerika, Oost-Azie en Chili een reusachtige array van 12-m submillimeter antennes (ALMA) gebouwd.

ESO is op dit moment bezig met ontwerpstudies voor een Extremely Large (optisch/nabij-infrarood) Telescope, de ELT.

De jaarlijkse contributies van de lidstaten bedragen ongeveer 120 miljoen Euro en de ESO heeft ongeveer 600 personen in dienst.

„Een bijna uniek niveau van internationale samenwerking, en alles wordt gedaan door diegenen die dat het beste kunnen, onafhankelijk van hun land of instituut van herkomst. De geest van uitmuntendheid is een voorbeeld voor heel Europa.”

Mrs. Maria van der Hoeven, Minister van Onderwijs, Cultuur en Wetenschappen van Nederland

ESO en Sterrenkunde

Sterrenkunde wordt vaak omschreven als 'de oudste' wetenschap en er bestaat geen twijfel over, dat de aanblik van de majestueuze Melkweg, die zich op een heldere nacht als een band van sterlicht uitstrekt over de hemel, een indrukwekkend verschijnsel moet zijn geweest voor mensen uit alle tijdperken en culturen. Thans geldt de astronomie als een van de modernste en meest dynamische wetenschappen, die de meest geavanceerde technologieën en ingewikkeldste technieken gebruikt die onderzoekers ter be-

schikking staan. Dit zijn opwindende tijden voor de sterrenkunde: de technologie stelt ons nu in staat objecten aan de uiterste grenzen van het heelal te bestuderen en bewijzen op te sporen van planeten bij andere sterren. We kunnen beginnen met het beantwoorden van een fundamentele vraag die ons allen fascineert: Zijn wij alleen in het heelal?

ESO is de pre-eminente intergouvernementele wetenschaps- en technologieorganisatie in de sterrenkunde. Zij voert een ambitieus programma uit toegespitst op het ontwerp, de constructie en de operatie van krachtige waarnemfaciliteiten voor de sterrenkunde om belangrijke wetenschappelijke ontdekkingen mogelijk te maken.



ESO exploiteert de La Silla Paranal Sterrenwacht op twee locaties in het gebied van de Atacama woestijn in Chili. La Silla, een 2400 meter hoge berg ten noorden van Santiago de Chile, herbergt een aantal telescopen in de 3,5-meter klasse, die bedoeld zijn voor uitstekende programma's die over langere tijd lopen. Het vlaggeschip is de Very Large Telescope (VLT) op de top van de berg Paranal, waarvan het ontwerp, de beschikbare instrumenten en de principes de standaard bepalen voor de optische en nabij-infrarode sterrenkunde. De VLT Interferometer (VLTI) vergroot de mogelijkheden van deze unieke faciliteit aanzienlijk. Evenzo doen dit de survey telescopen VST (optisch) en VISTA (infrarood). Publicatiestatistieken laten zien dat de VLT gegevens oplevert die

goed zijn voor één wetenschappelijke publicatie per dag, het hele jaar door.

ESO is ook het centrum voor Europa's deelname aan de Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA), een intercontinentale samenwerking met Noord-Amerika, Oost-Azie, en Chili. De ALMA partners bouwen een unieke faciliteit op de hoog gelegen locatie Chajnantor in de Chileense 'Altiplano'. ALMA wordt operationeel in 2012 en belooft net zo hervormend voor de wetenschap te zijn als de Hubble Space Telescope.

De volgende stap na de VLT is het bouwen van een Extremely Large optical/infrared Telescope met een hoofdspiegel van 30 tot 60 meter diameter. ESO heeft een baanbrekend nieuw ontwerp ontwikkeld en werkt nu samen met de astronomische gemeenschap aan een gedetailleerd constructieplan. De ELT zal ons de allereerste beelden leveren van aarde-achtige planeten om andere sterren, waarlijk een opmerkelijke mijlpaal.



Tim de Z

Tim de Zeeuw
ESO Directeur Generaal



Onze Wereld Begrijpen

Sterrenkundigen houden zich bezig met fundamentele vragen die onze geest en ons voorstellingsvermogen tot het uiterste uitdagen. Hoe zijn de planeten gevormd? Hoe heeft zich het leven op aarde ontwikkeld, en is er overal leven in het heelal? Hoe zijn melkwegstelsels gevormd? Wat is donkere materie en wat is donkere energie?

Astronomie is een moderne hightech wetenschap die het heelal onderzoekt en de ongelooflijke processen poogt te verklaren die plaats vinden in die enorme ruimte. Zij houdt zich bezig met de vroegste beginfasen en tracht de toekomst van ons zonnestelsel, ons melkwegstelsel en het gehele heelal te voorspellen.

Sterrenkunde is een wetenschap over extreme omstandigheden. Het houdt zich bezig met de grootste afstanden, de langste tijdsperiodes, de zwaarste objecten, de hoogste temperaturen en sterkste elektrische en magnetische velden, de hoogste en laagste dichtheden en de meest extreme energieën die we kennen.

Astronomie is een natuurwetenschap die zich baseert op waarnemingen. Behalve enkele van de hemellichamen in ons zonnestelsel kunnen we de objecten, die we bestuderen, niet aanraken. We interpreteren de waargenomen verschijnselen door toepassing van de kennis van de natuurwetten.

Om deze waarnemingen mogelijk te maken gebruikt men in de sterrenkunde enkele van de meest geavanceerde instrumenten en methoden die ooit ontwikkeld zijn. Top technologie speelt een zeer belangrijke rol in de astronomie.

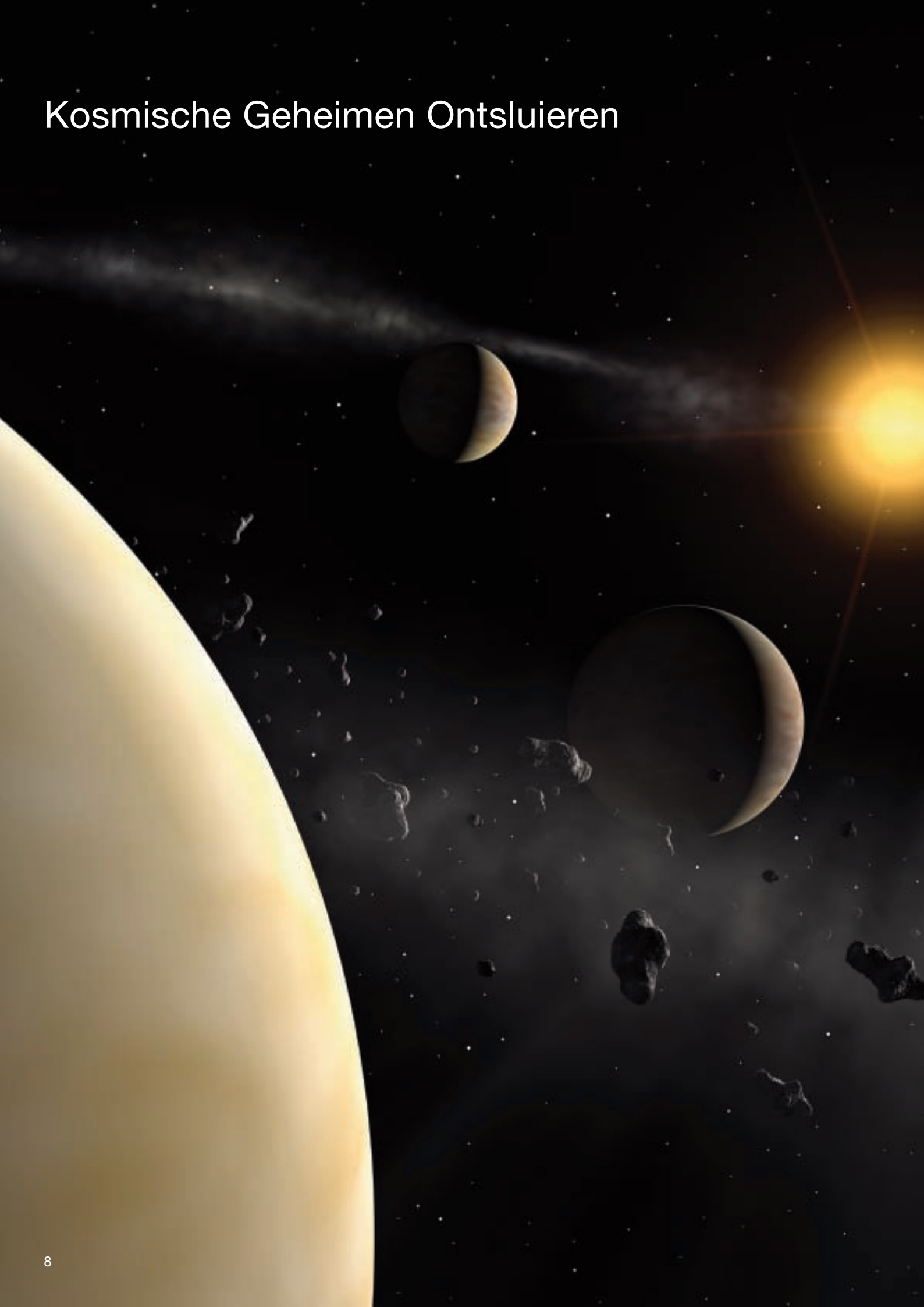
Astronomie is een integraal deel van onze cultuur en een krachtig voorbeeld van onze natuurlijke nieuwsgierigheid en verlangen om onze omgeving beter te leren kennen. Nu dat het grootste deel van het aardoppervlak in kaart is gebracht doet de astronomie dat voor de onmetelijke 'Terra Incognita' die ons omringt.

Sterrenkunde draagt bij aan een beter begrip van ons kwetsbare milieu en de uitzonderlijke mogelijkheid voor leven op aarde. Door de sterrenkunde zijn we gaan beseffen hoe hachelijk onze plaats in het enorme heelal werkelijk is.

De astronomie geeft ons ook het kader voor toekomstige expedities en mogelijke uitbreiding van het menselijk ras in de ruimte. Door de condities daar te onderzoeken bereiden we de taken van toekomstige generaties voor.

Melkwegstelsels waarnemen op grote afstand betekent terugkijken in de tijd – soms tot bijna het begin van het heelal. Toen de tijd begon. Het betekent het bestuderen hoe het heelal zich heeft ontwikkeld en hoe sterren en planeten zijn gevormd, met inbegrip van onze aarde. Sterrenkunde is de studie van de oorsprong van alles. Het is ook de studie van enorm energetische gebeurtenissen; en van enorme mysteries. Bovenal echter is het de moedigste poging van de mensheid om de wereld waarin we in leven te begrijpen.

Kosmische Geheimen Ontsluieren



Zoeken naar Andere Werelden

ESO telescopen leveren de gegevens voor vele resultaten en doorbraken in de astronomie en leiden elk jaar tot een groot aantal wetenschappelijke publicaties. Astronomen gebruiken de modernste observatoria om de objecten in ons eigen zonnestelsel tot die in de verste uithoeken van het heelal te bestuderen. We gaan nu met hen op reis door de kosmos, met speciale aandacht voor enkele ontdekkingen die bij ESO zijn gedaan.

Het zoeken naar planeten buiten ons eigen zonnestelsel is een sleutelement in de wellicht meest diepgaande vraag voor de mensheid: is er leven elders in het heelal? De ESO sterrenwachten beschikken over een uniek arsenaal van instrumenten om deze zogenaamde 'exoplaneten' te vinden, te bestuderen en te volgen.

Met de Very Large Telescope waren astronomen voor het eerst in staat om het zeer zwakke licht van een planeet buiten ons zonnestelsel te vinden. Deze nieuwe wereld is reusachtig, ruim vijf keer zo zwaar als Jupiter. Deze waarneming markeert de eerste grote stap naar een van de meest belangrijke doelstellingen van de moderne astrofysica: het karakteriseren van de fysische structuur en chemische samenstelling van reusachtige, en mogelijk aarde-achtige, planeten.

Een van de telescopen op La Silla die gebruik maakt van een innovatieve techniek die bekend staat als 'microlensing' werkte als deel van een netwerk van telescopen verstrooid over de aardbol. Deze samenwerking ontdekte een nieuwe exoplaneet die ongeveer vijf maal zo massief is als de aarde. Met een omlooptijd van ongeveer 10 jaar om de moederster heeft hij bijna zeker een rotsachtige/ijzige oppervlakte.

Met HARPS, de High Accuracy Radial velocity Planet Searcher, hebben sterrenkundigen niet minder dan drie planeten met massa's vergelijkbaar met die van Neptunus gevonden in een baan rond een nabijge ster, inclusief een planeet met een massa van vijf maal de aarde, die zich in de bewoonbare zone van de ster bevindt. De planeet cirkelt in slechts 13 dagen om zijn ster. Sterrenkundigen denken dat deze planeet rotsachtig is en dat water – een eerste vereiste voor leven – over zijn

oppervlakte stroomt. Deze ontdekking betekent een baanbrekend resultaat in de zoektocht naar planeten waarop leven mogelijk zou kunnen zijn.

„De zwakke signalen ontdekt door HARPS zouden door de meeste van de huidige beschikbare spectrografen niet kunnen worden onderscheiden van 'gewone ruis'.”

**Michel Mayor, Geneva Observatory
Medeontdekker van de eerste exoplaneet**

„De spectra van deze relatief zwakke ster zijn absoluut geweldig – inderdaad van een kwaliteit die tot voor kort alleen bij sterren, die met het blote oog te zien zijn, kon worden bereikt. Hoewel de uranium lijn zwak is kan ze daardoor met een zeer goede nauwkeurigheid gemeten worden.”

Roger Cayrel, Sterrenwacht van Parijs

Heel oude Sterren



Teams van astronomen hebben de Very Large Telescope gebruikt om unieke metingen te doen die de weg vrijmaken voor een onafhankelijke bepaling van de leeftijd van het heelal. Ze maten voor de eerste keer de hoeveelheid uranium van het radioactieve isotoop uranium-238 in een ster die geboren is toen onze Melkweg waarin wij leven zich nog vormde.

Net als bij koolstofdatering in de archeologie, maar dan over langere tijdschalen, meet deze uranium 'klok' de leeftijd van de ster. Het toonde aan, dat de ster 12,5 miljard jaar oud is. Aangezien de ster niet ouder kan zijn dan het heelal zelf moet het heelal ouder zijn dan die waarde. Dit komt goed overeen met wat we weten uit de kosmologie, die een leeftijd van 13,7 miljard jaar geeft. Deze ster en ons Melkwegstelsel moeten zijn gevormd kort na de Big Bang, de Oerknal waarbij het heelal is ontstaan.

Een ander resultaat vordert de astronomische technologie tot aan zijn grenzen en werpt een nieuw licht op de vroegste tijden in de ontwikkeling van ons Melkwegstelsel. Astronomen hebben de allereerste meting gedaan van de hoeveelheid beryllium in twee sterren in een bolvormige sterrenhoop. Daarmee konden ze de vroegste fasen bestuderen tussen de vorming van de eerste sterren in ons Melkwegstelsel en die in deze bolhoop. Ze vonden dat de eerste generatie sterren in het Melkwegstelsel gevormd moeten zijn zeer kort na het einde van de ongeveer 200 miljoen jaar durende 'Dark Ages' (Donkere Eeuwen) die volgden op de Oerknal.

Een Zwart Gat in het Centrum van ons Melkwegstelsel



Mensen bij ESO: Olivier Hainaut, Astronoom en Hoofd van de Afdeling Science Operations Paranal

„In termen van astronomische uitdagingen komen er twee gebeurtenissen bij me op: een ongelooflijk grote kosmische gebeurtenis toen de uit elkaar gebroken komeet Shoemaker-Levy 9 in 1994 met de planeet Jupiter botste. Wereldwijde intensieve voorbereiding en enorme verwachtingen gingen eraan vooraf: We hadden geen idee wat we te zien zouden krijgen; met name ging het onze voorstelling te boven dat de effecten zo sterk en indrukwekkend zouden zijn. Uiteindelijk sliep niemand een week lang. Tien telescopen op La Silla namen de botsing waar op alle mogelijke golflengten; op het hoofdkwartier in Garching brachten collega's een volle week door in hun kantoor, waarbij ze onder hun bureau sliepen, om ons 24 uur per dag van dienst te kunnen zijn, de koks op de sterrenwacht hielpen ons met speciale gerechten, en de technische staf was minstens zo enthousiast als de astronomen. Een vergelijkbare gebeurtenis vond plaats in juli 2005 toen het 'Deep Impact' ruimtevaartuig zijn projectiel liet inslaan op de komeet Temple 1. Deze keer hadden we een beter idee van wat te gebeuren stond, omdat het een door de mens geënceneerde botsing was. Toch was het de culminatie van 10 jaar werk, en dus was de spanning enorm op het moment van de inslag. In de huidige tijd met onmiddellijke wereldwijde communicatie konden we de inslag en de effecten ervan beleven samen met collega's op 30 verschillende observatoria toen de draaiing van de aarde ons allen een kans gaf de komeet waar te nemen. Een jaar daarna zijn we nog steeds de gegevens aan het analyseren en leren we nog steeds van de inslag.”





Het centrum van ons Melkwegstelsel.

Wat ligt er in het centrum van de Melkweg? Lang hebben sterrenkundigen vermoed dat een zwart gat zich verschuilt in het hart van ons Melkwegstelsel, maar men was er niet zeker van. Recentelijk, na 15 jaar het Galactisch Centrum met ESO telescopen op de La Silla Paranal sterrenwacht in de gaten te hebben gehouden hebben wetenschappers eindelijk overtuigend bewijs gevonden.

Sterren in het centrum van de Melkweg staan zo dicht op elkaar dat een speciale techniek van beeldvorming ('Adaptive Optics', zie bladzijde 25) nodig was om de beeldscherpte met de VLT goed genoeg te maken. Astronomen waren in staat om individuele sterren tijdens hun beweging rond het Galactisch Centrum met een ongeëvenaarde nauwkeurigheid waar te nemen. De banen van die sterren toonden overtuigend aan, dat ze in de greep van de immense zwaartekracht van een supermassief zwart gat moeten

bewegen, dat een massa heeft van drie miljoen maal die van onze zon.

De VLT waarnemingen lieten ook flitsen infrarood licht zien met zeer regelmatige intervallen. Hoewel de preciese oorzaak van dit verschijnsel nog onbekend blijft, hebben waarnemers voorgesteld dat het zwarte gat wel eens heel snel om zijn as zou kunnen draaien. Hoe dan ook, het leven van een zwart gat is verre van vreemd en rustig.

Sterrenkundigen hebben de VLT ook gebruikt om in de centrale delen van andere melkwegstelsels buiten het onze te kijken. In het actieve stelsel NGC 1097 konden ze nog niet waargenomen details zien van een netwerk van filamenten die naar de kern spiraliseren en die mogelijk voor de eerste keer zichtbaar maken hoe materiaal van het stelsel gekanaliseerd wordt van de buitendelen tot helemaal in de kern.



De centrale delen van het actieve melkwegstelsel NGC 1097.

„We hadden nog scherpere beelden nodig om te besluiten of een andere configuratie dan een zwart gat mogelijk is en we rekenden op de ESO VLT om die beschikbaar te maken. Het tijdperk van zwarte gaten fysica is nu werkelijk begonnen.”

Reinhard Genzel, Directeur van het Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik



Mensen bij ESO: Carla Gil,
student bij ESO Vitacura

„Ik kom uit Portugal en ik ben mijn proefschrift aan het afmaken aan de Universiteit van Porto en aan de Joseph Fourier Universiteit in Grenoble in Frankrijk. Alhoewel ik me eerst aangetrokken voelde tot kosmologie en theoretische natuurkunde heeft het niet lang geduurd voordat het virus van de observationele sterrenkunde mij te pakken kreeg. Ik wilde echt meewerken aan de ontwikkeling van een instrument en er dan wetenschappelijk onderzoek mee doen. Daarom begon ik in Grenoble als medewerker van de AMBER VLTI groep en hielp met het in elkaar zetten en testen van dat instrument toen ik in Europa was. Het was een gelukkige samenloop van omstandigheden dat ik in Santiago aankwam voor mijn stage als student juist toen AMBER naar Paranal ging. Mijn onderzoek behelst het bestuderen van jonge sterren en hun 'jets' met interferometrische technieken. Hiervoor maak ik ook gebruik van een ander interferometrisch instrument, MIDI. Voor mij heeft de VLTI geen echte concurrent van betekenis en ik hoop dat ik in staat zal zijn als Fellow naar Paranal terug te keren als ik mijn doctorsgraad gehaald heb.”



Gamma Flitsen

Gamma Flitsen (Gamma Ray Bursts of GRBs) zijn flitsen van zeer energetische gamma stralen die een tijdsduur hebben van minder dan een seconde tot enkele minuten – een knipooog op de kosmische tijdschaal. We weten dat ze optreden op enorme afstanden van de aarde, bij de grens van het waarneembare heelal.

De VLT heeft het nagloeien van een Gamma Flits waargenomen die de verste is ooit gemeten. Met een gemeten roodverschuiving van 6,3 is het licht van deze verre astronomische bron 12,8 miljard jaar onderweg om ons te bereiken. Deze correspondeert dus met een tijdstip toen het heelal 900 miljoen jaar oud was, hetgeen minder dan zeven procent is van de huidige leeftijd. Het moet 300 maal zoveel energie in een paar seconden hebben uitgestraald dan onze zon in haar gehele leven van 10 miljard jaar zal produceren. GRBs zijn daardoor de meest krachtige explosies in het heelal sinds de Oerknal zelf.

Onderzoekers hebben lange tijd geprobeerd de aard van deze explosies te ontdekken. Waarnemingen tonen aan dat GRBs voorkomen in twee verschillende typen – kortdurende (minder dan een seconde) en langdurende – en er werd vermoed dat ze door twee verschillende kosmische gebeurtenissen worden veroorzaakt.

In 2003 hebben astronomen met gebruikmaking van ESO telescopen een sleutelrol gespeeld om het verband te leggen tussen langdurende GRBs en de uiteindelijke ontploffing van zware sterren die 'hypernovae' genoemd worden. Door het verloop van de naweeën van de explosie gedurende een hele maand te volgen toonden ze aan, dat het licht vergelijkbare eigenschappen had als in het geval van een supernova, die ontstaat als een massive ster een het einde van zijn leven explodeert.

In 2005 registreerden ESO telescopen voor het eerst het zichtbare licht van een kortdurende flits. Door het object drie weken te volgen konden sterrenkundigen aantonen dat de kortdurende flitsen – anders dan de langdurende – niet het resultaat kunnen zijn van een hypernova. In tegendeel, het wordt nu gedacht dat ze ontstaan bij het geweldadige samensmelten van neutronensterren of zwarte gaten.

Europa's Astronomen Ondersteunen





Zoals beschreven in haar conventie zorgt ESO voor state-of-the-art faciliteiten voor Europa's astronomen en promoot en organiseert samenwerking in het sterrenkundig onderzoek. Thans exploiteert ESO enkele van de grootste en meest geavanceerde waarnemfaciliteiten ter wereld in Noord-Chili: La Silla, Paranal en Chajnantor. Voor zover bekend zijn dit de beste locaties in het zuidelijk halfrond voor astronomische waarnemingen. Naast andere activiteiten zoals technische onderzoek en ontwikkeling, het organiseren van conferenties en educatieve projecten speelt ESO ook een leidende rol in de vorming van een Europese Onderzoekgebied voor astronomie en astrofysica.

„Dit is een eerbetoon aan de menselijke genialiteit. Het is een buitengewone bijdrage aan de ontwikkeling van kennisvergaring, en als Commissaris voor Onderzoek ben ik er trots op dat dit een Europese onderneming is.”

Philippe Busquin, Europees Commissaris voor Onderzoek (2000–2005)

Paranal

De Very Large Telescope (VLT) is het vlaggeschip van de Europese sterrenkunde aan het begin van het derde millennium.



De Namen van de Individuele Telescopen:

Na een prijsvraag onder schoolkinderen in het Tweede Gebied van Chili werden de individuele telescopen van de VLT (ook bekend als 'Unit Telescopes' UT1 tot UT4) namen gegeven uit de lokale Mapuche taal.

De telescopen hebben de namen:

- Antu (UT1; De Zon)
- Kueyen (UT2; De Maan)
- Melipal (UT3; Het Zuiderkruis)
- Yepun (UT4; Venus – of ,de Avondster')

Het is 's werelds meest geavanceerde optische telescoop, bestaande uit vier Unit Telescopen met primaire spiegels met een diameter van 8,2 meter en vier verplaatsbare 'Auxiliary Telescopes' van 1,8 meter. De telescopen kunnen gezamenlijk werken, in groepen van twee of drie, om een gigantische 'interferometer' te vormen, die astronomen in staat stelt om details te zien die eigenlijk alleen met een veel grotere telescoop te zien zijn.

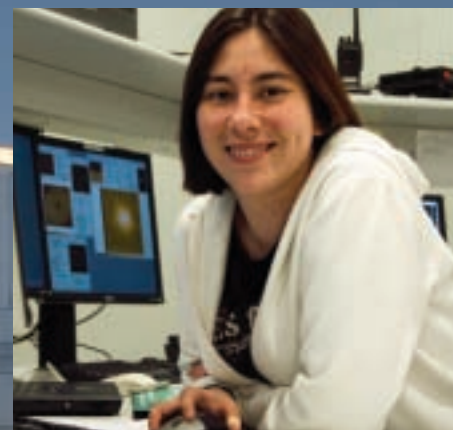
De 8,2-meter telescopen kunnen ook afzonderlijk gebruikt worden. Met zo'n enkele telescoop kunnen in een opname van een uur plaatjes van hemelobjecten tot een magnitude van 30 worden verkregen. Dit correspondeert met het zien van objecten die vier miljard keer zwakker zijn dan die we met ons blote oog kunnen zien.

Het VLT instrumentatieprogramma is het meest ambitieuze programma ooit opgezet voor een sterrenwacht. Het omvat meer-kanalen beeldvormers voor grote velden, camera's en spectrografen gecorrigeerd met behulp van 'Active Optics', alsmede spectrografen met een zeer hoog oplossend vermogen en voor waarneming van meerdere objecten tegelijk, en bedekt een breed spectraal gebied van het verre ultraviolet (300 nanometer) tot mid-infrarode (20 micron) golflengtes.

De 8,2-meter Unit Telescopen staan in compacte temperatuur-gecontroleerde gebouwen, die synchroon met de telescoop ronddraaien.

Het ontwerp minimaliseert nadelige effecten van de waarneemomstandigheden, zoals bijvoorbeeld die door turbulentie van de lucht in de telescoop als gevolg van variaties in de temperatuur en de luchtstroming.

De eerste Unit Telescoop, 'Antu', werd voor routinematige wetenschappelijke waarnemingen in gebruik genomen op 1 april 1999. Thans zijn alle vier deze Unit Telescopen en de vier Auxiliary Telescopen operationeel. Reeds nu heeft de VLT een onbetwiste stempel gedrukt op de observationele sterrenkunde.



Mensen bij ESO: Karla Aubel, Technicus en Instrument Operator op Paranal

„Ik kwam in 2001 bij ESO terwijl ik nog bezig was met mijn scriptie voor natuurkundig ingenieur. Ik heb eerst op La Silla gewerkt, terwijl ik op dagen dat ik niet werkte mijn scriptie voltooide, en kwam een jaar geleden in 2005 bij de VLT. Van jongs af aan heb ik een nieuwsgierige instelling en ben altijd bezig geweest antwoorden te vinden op vragen, en dacht dat fysica de juiste richting was. Het besturen van de VLT, het verkrijgen van de beste beeldkwaliteit, zo goed mogelijk het object te volgen en de hele nacht alert blijven is mijn manier om bij te dragen aan de pogingen van astronomen om de geheimen van het heelal te ontsluiten. In de winter, als je 's nachts 14 uur achtereen werken moet, is dat een moeilijke klus! Maar ik houd er erg van. En als ik dan een bericht in de pers zie over een ontdekking van de VLT denk ik alleen maar dat ik er deel van ben geweest. Dat geeft je een fantastisch gevoel en doet je realiseren dat je deel van iets belangrijks bent!”

Een unieke set instrumenten

De astronomische instrumenten, die op de VLT in gebruik zijn, omvatten alle belangrijke waarnemetechnieken die nodig zijn om moderne grensverleggende onderzoeken te doen:

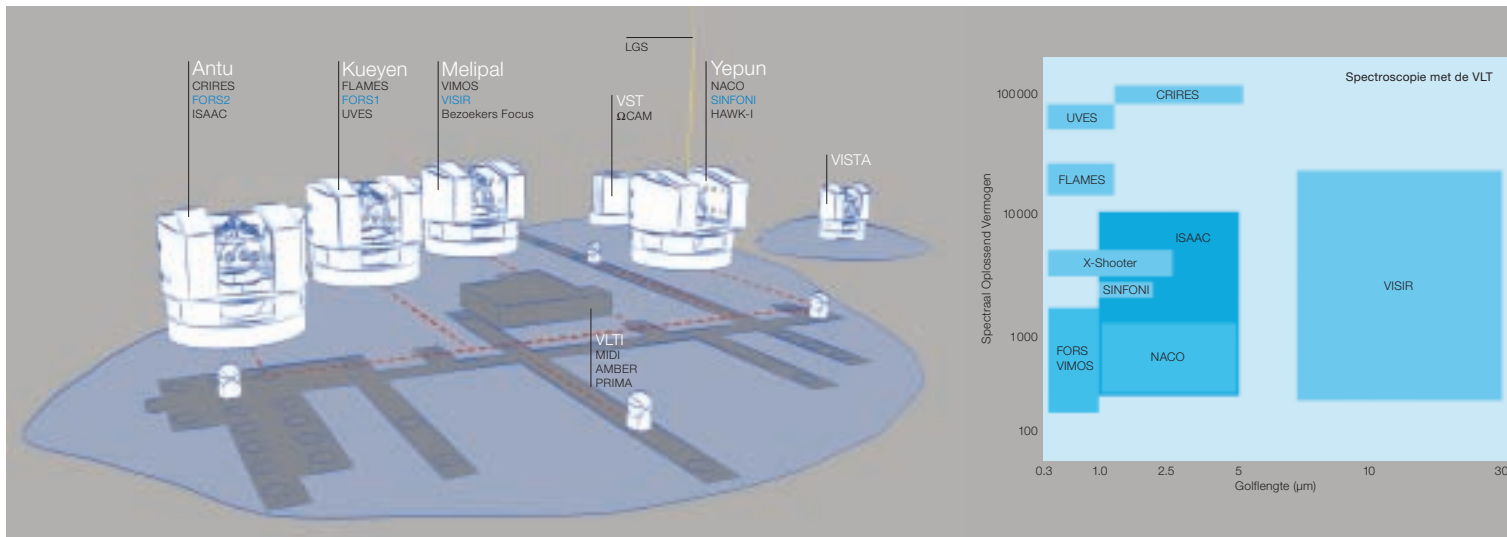
- FORS1 (FOcal Reducer en Spectrograph), en de tweelingbroer FORS2, zijn veelzijdige instrumenten waarmee afbeeldingen gemaakt kunnen worden alsmede spectroscopie en polarimetrie gedaan kan worden bij ultraviolette en zichtbare golflengten.
- ISAAC (Infrared Spectrometer And Array Camera) is een cryogeen gekoelde infrarood camera en een lage tot middelbare resolutie spectrometer voor het golflengtegebied 1 tot 5 micron.
- UVES (Ultra-violet and Visible Echelle Spectrograph) is een hoge-resolutie spectrograaf die bij golflengten van 300 tot 1100 nanometer kan waarnemen met een maximum oplossend vermogen van 110 000.
- NACO is een faciliteit voor 'adaptive optics' waarbij in het infrarood plaatjes geproduceerd kunnen worden die net zo scherp zijn als vanuit de ruimte en het omvat spectroscopische, polarimetrische en coronografische mogelijkheden.
- VIMOS (Visible Multi-object Spectrograph) geeft optische beelden en spectra van maximaal 1000 melkwegstelsels per opname in een veld van 14 bij 14 boogminuten.
- FLAMES (Fibre Large Array Multi-Element Spectrograph) geeft de unieke mogelijkheid om gelijktijdig honderden individuele sterren in nabije melkwegstelsels in het zichtbare licht te bestuderen bij een middelbaar oplossend vermogen.
- VISIR (VLT Imager and Spectrometer for the mid-InfraRed) geeft beelden tot de diffractielimiet en spectroscopie in de 10 en 20 micron vensters in de atmosfeer.
- SINFONI is een middelbare resolutie, nabij-infrarood (1–2,5 micron) spectrograaf die gevoed wordt door een 'adaptive optics' module.
- CRIRES (CRyogenic InfraRed Echelle Spectrograph) heeft ook 'adaptive optics' en heeft een oplossend vermogen tot 100 000 in het infrarood gebied van 1 tot 5 micron.
- HAWK-I (High Acuity Wide field K-band Imager) is een instrument voor afbeeldingen in nabij-infrarood met een relatief groot beeldveld.

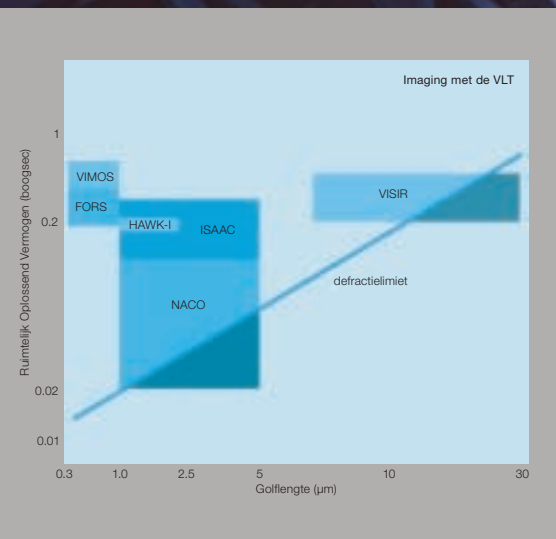
Vele van deze instrumenten zijn gebouwd door consortia van Europese instituten in samenwerking met ESO.

Inmiddels zijn diverse tweede-generatie instrumenten in ontwerp:

- X-Shooter (een breedband [ultraviolet tot nabij-infrarood] spectrometer) is ontworpen om de eigenschappen van zeldzame, ongewone of ongeïdentificeerde bronnen te onderzoeken;
- KMOS (een cryogene infrarood multi-object spectrometer) is vooral bedoeld voor de studie van verweggelegen melkwegstelsels;
- MUSE (een enorm '3-dimensionaal' spectroscopisch instrument) zal complete optische spectra leveren van alle objecten in het heelal in kleine gebieden aan de hemel;
- SPHERE (een adaptive optics systeem met hoog contrast) is gewijd aan het ontdekken en bestuderen van exoplaneten, planeten buiten ons zonnestelsel.

Instrumenten op de Very Large Telescope en hun golflengtebereik.





Vele Ogen, een Enkel Beeld

Individuele telescopen van de VLT sterrenwacht kunnen gecombineerd worden in een groep van twee of drie tot de 'VLT Interferometer' (VLTI), zodat ze samen een enkele gigantische telescoop simuleren met een afmeting van de hele groep. Zo kunnen details tot 25 keer scherper dan met een individuele telescoop zichtbaar gemaakt worden.

In the VLT Interferometer worden de lichtbundels gecombineerd in een complex systeem dat zich in ondergrondse tunnels bevindt. Om dit te doen moeten de lichtpaden gelijk gehouden worden met een nauwkeurigheid van minder dan een duizendste millimeter.

De VLTI kan beelden reconstrueren met een oplossend vermogen van een milli-boogseconde, hetgeen betekent dat het in principe de twee koplampen van een auto op de maan zou kunnen onderscheiden.

Instrumenten voor de VLTI

- VINCI: de VLT Interferometer Commissioning Instrument
- AMBER: het nabij-infrarood instrument voor fotometrische en spectroscopische studies
- MIDI: het Mid-Infrared instrument voor fotometrie en spectroscopie
- PRIMA: het instrument voor Phase-Referenced Imaging and Micro-arcsecond Astronomy voor met name het waarnemen van zeer zwakke bronnen en het zoeken naar exoplaneten



Bewegende Telescopen

Alhoewel de vier 8,2-meter telescopen gecombineerd kunnen worden in de VLTI worden de grote telescopen de meeste tijd gebruikt voor andere doeleinden. Ze zijn daardoor maar een beperkt aantal nachten per jaar beschikbaar voor interferometrische waarnemingen.

Om de VLTI elke nacht te kunnen gebruiken zijn er vier kleinere, toegewijde 'Auxiliary Telescopes' (ATs) beschikbaar. De ATs

staan op rails waarlangs ze verplaatst kunnen worden naar precies gedefinieerde posities. Vanuit deze posities worden hun lichtbundels gecombineerd in de VLTI.

De ATs zijn zeer ongewone telescopen. In hun ultra-compacte koepels hebben ze hun eigen elektronische apparatuur, ventilatie, hydraulica en koelsystemen. Elke AT heeft een transportinstallatie die hem kan optillen en overbrengen naar een andere positie. Als een slak beweegt hij rond in zijn eigen behuizing.

La Silla



Het HARPS instrument.



Alhoewel Paranal de thuishaven is van ESO's vlaggeschip, de VLT, is het oorspronkelijke waarnemstation van ESO de berg La Silla in het zuiderlijk deel van de Atacama woestijn, 600 km ten noorden van Santiago de Chile en op een hoogte van 2 400 meter. Hier heeft ESO diverse optische telescopen in bedrijf met spiegels met diameters tot 3,6 meter.

De 3,5-meter New Technology Telescope (NTT) was de eerste ter wereld die een spiegel heeft waarvan de vorm computer gestuurd wordt (Active Optics), een technologie die ESO heeft ontwikkeld en die nu wordt toegepast in de VLT en de meeste andere grote telescopen in de wereld.

Op La Silla staat ook de 3,6-meter telescoop van ESO, die sinds 1977 in bedrijf is. Na een aantal grondige verbeteringen blijft het een leidend onderzoeksinstrument onder de 4-meter klasse telescopen in het zuidelijk halfrond.

Op deze telescoop werkt het instrument HARPS (High Accuracy Radial Velocity Planet Searcher), een spectrograaf met onovertroffen nauwkeurigheid, die uitsluitend wordt gebruikt voor de jacht op exoplaneten.

De 2,2-meter MPG (Max-Planck-Gesellschaft)/ESO Telescope is in 1984 in gebruik genomen en aan ESO uitgeleend voor een onbepaalde tijd. De Wide Field Imager (WFI) is een camera met een gezichtsveld zo groot als de volle maan, hetgeen het mogelijk maakt om plaatjes en spectra te verkrijgen van grote gebieden aan de hemel.

La Silla is ook gastheer voor diverse nationale telescopen, zoals de 1,2-meter Zwitserse en de 1,5-meter Deense telescoop. Deze zijn gebruikt voor wetenschappelijke doorbraken, zoals de ontdekking van de kleinste exoplaneet ooit gevonden, slechts vijf maal de massa van de aarde.



Mensen bij ESO: Françoise Delplancke,
VLT Instrumentatie fysicus

„Na meer dan 20 uur op reis vanuit München, was mijn eerste indruk van Cerro Paranal, midden in de Atacama woestijn in Chili, dat ik geland was op de planeet Mars. De sterrenwacht die ESO in dit vijandige milieu heeft gebouwd is een comfortabele oase, uitgerust met de meest geavanceerde astronomische technologieën en op uiterst professionele wijze en door behulpzame en vriendelijke mensen in bedrijf gehouden. De hemel is zo helder dat je zelfs met het blote oog de blauw – en roodachtige kleuren van sterren in de Melkweg kunt zien; een droom voor amateurastronomen die in het lichtvervuilde Europa wonen. Om dezelfde reden kun je, als je een uurtje buiten blijft gedurende de nacht, het omringende landschap heel goed zien bij het licht van de sterren, zelfs als er geen maanlicht is. Ik had de uitzonderlijke ervaring om met eigen ogen door een van de 8,2-meter telescopen van de VLT de maan te zien; het leek op vliegen boven het maanoppervlak in een ruimtevaartuig.”

Speerpunten van Nieuwe Technologieën

Vanaf het begin werd de VLT beschouwd als een formidabel wetenschappelijk instrument, gebruikmakend van de meest recente technologische ontwikkelingen.

Adaptive Optics (AO) is een techniek die het instrumenten mogelijk maakt de versmerende effecten van de atmosfeer te verhelpen, en daarbij beelden te maken die zo scherp zijn alsof ze in de ruimte zijn gemaakt. Dit maakt het mogelijk om zwakkere objecten waar te nemen en met meer detail. Met AO kan de telescoop in principe de diffractielimiet halen – het beste oplossend vermogen dat in theorie mogelijk is. Een VLT instrument zou dan in staat zijn om de koppen in een krant op een afstand van meer dan 10 kilometer te lezen.

Om te kunnen werken heeft AO een referentierester nodig die vlakbij het object staat en relatief helder is, en dit beperkt welke gebieden van de hemel waargenomen kunnen worden. Om deze beperking te omzeilen is een van de Unit Telescopen van de VLT onlangs uitgerust met een krachtige laser die een kunstmatige volgerster (Guide Star) aan de hemel kan produceren waar en wanneer astronomen dat maar willen.

Om de VLT nog efficiënter te maken is elke Unit Telescoop van de VLT uitgerust met een speciaal ontworpen AO instrument, MACO, dat het licht van verre objecten focuseert in de smalst mogelijke bundels.

Met zeven geïnstalleerde AO-systemen tot nu toe, een laser volgerster, en de mogelijkheid om twee of drie telescopen te combineren voor interferometrie is de VLT waarlijk de meest geavanceerde sterrenwacht op de aarde geworden.

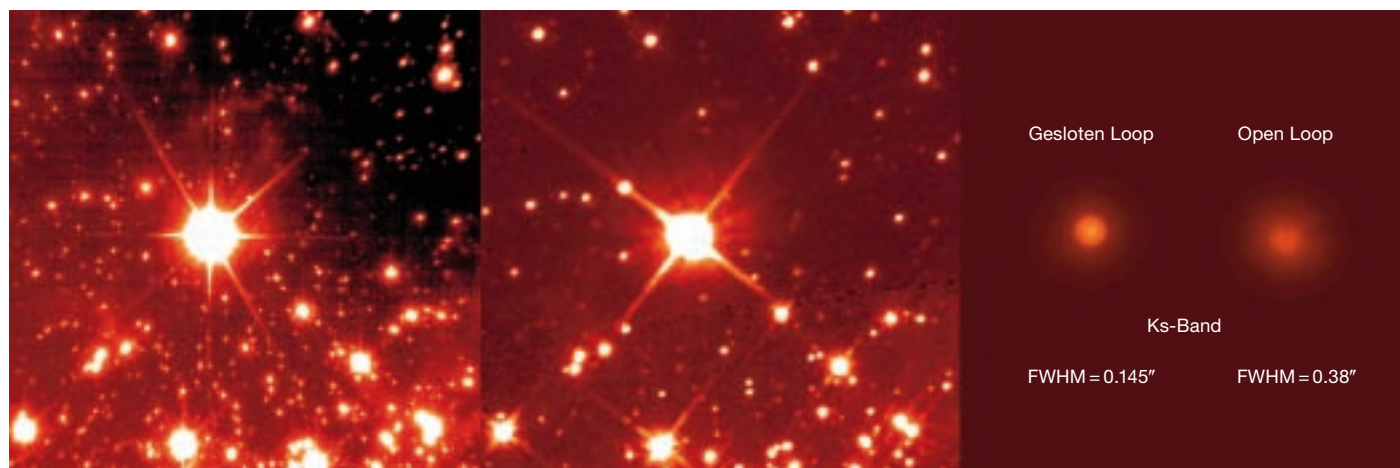
Met diverse Europese instituten is ESO nu bezig om de volgende generatie Adaptive Optics faciliteiten te ontwikkelen, zoals het zogenaamde SPHERE instrument. De SPHERE 'Extreme Adaptive Optics' faciliteit zal gewijd zijn aan het produceren van beelden en het karakteriseren van de reuzen-gasplaneten buiten ons eigen zonnestelsel tot een massa vergelijkbaar met die van Jupiter. Dit is een belangrijke stap in de richting van de ontdekking en karakterisering van aarde-achtige planeten waarop leven mogelijk zou kunnen bestaan, en waarop een toekomstige Europese Extremely Large Telescope (ELT) zich zal richten.

De VLT Laser Guide Star Faciliteit

Een Laser Guide Star Faciliteit voor gebruik met de NACO en SINFONI AO instrumenten wordt op dit moment getest op de VLT. Dit instrument creëert een kunstmatige 'ster' door een nauwe laserbundel te projecteren op een natrium-laag op 90 km hoogte in de aardatmosfeer. Deze ster wordt vervolgens met adaptive optics gebruikt om de atmosferische turbulenties te meten en hiervoor te compenseren op elk willekeurig deel van de hemel.

Deze Laser Guide Star Faciliteit is een samenwerkingsproject van ESO, het Max-Planck Institut für extraterrestrische Physik in Garching, Duitsland (MPE) en het Max-Planck Institut für Astronomie in Heidelberg, Duitsland (MPIA).

Vergelijking van een beeld verkregen vanaf de aarde met Adaptive Optics (links) met een beeld gemaakt in de ruimte (rechts).



VLT Beeldgalerij

De VLT is een unieke 'wetenschaps-machine', vooraanstaand in het astronomisch onderzoek. Maar hij produceert ook fantastische mooie beelden van hemelobjecten, zoals te zien is in deze galerij.

1 Majestueus spiraalstelsel NGC 7424

Deze prachtige meer-armige spiraalnevel NGC 7424 staat op een afstand van ongeveer 40 miljoen lichtjaar in het sterrenbeeld Grus (Kraanvogel) en wordt bijna recht van boven gezien. Het stelsel heeft een diameter van 100 000 lichtjaar – vergelijkbaar met die van ons eigen Melkweg.

2 De Zuilen van de Schepping

Dit mozaïek plaatje van de Arendnevel (Messier 16) is gebaseerd op 144 individuele opnamen. In het midden is het zogenaamde 'Zuilen van de Schepping' stervormingsgebied te zien.

3 De Krabnevel

De bekende Krabnevel (Messier 1) is het overblijfsel van een supernova explosie op een afstand van ongeveer 6 000 lichtjaar. De supernova zelf is bijna 1000 jaar geleden waargenomen, in het jaar 1054.

4 De Paardekopnevel

Dit plaatje toont de beroemde Paardekopnevel, die op een afstand staat van zo'n 1400 lichtjaar in het Orion moleculaire wolkcomplex. Het is een stofuitstulping van het zuidelijke deel van de dichte stofwolk Lynds 1630, aan de rand van het H_{II} gebied IC 434.

5 Hemelse strepen

Deze kleurcompositie, verkregen met FORS1 aan Antu (UT1), laat een gebied aan de hemel zien in de buurt van het Chameleon I complex van heldere nevels en hete sterren in het sterrenbeeld van dezelfde naam, dichtbij de zuidpool van de hemel. Deze opname werd een paar dagen voor de Paranal inauguratie en de overdracht aan de astronomen op 1 april 1999 gemaakt.

6 Het Naaldmelkwegstelsel NGC 4565

NGC 4565, of de Naaldnevel, werd voor het eerst opgemerkt door de ontdekker van Uranus, Sir William Herschel (1738–1822) en is een van de beroemdste voorbeelden van spiraalnevels op hun kant. Het staat op zo'n 30 miljoen lichtjaar in het sterrenbeeld Coma Berenices (Hoofdhaar van Berenice).



2



3



5



6



Onderzoek van het Koude Heelal – ALMA

Hoog op de Chajnantor-vlakte in de Chileense Atacama woestijn bouwt ESO state-of-the-art telescopen om het licht van enige van de allerkoelste objecten in het heelal te bestuderen. Dit licht heeft golflengtes van rond een millimeter, tussen radiostraling en infrarood licht, en staat daarom bekend als millimeter en submillimeter straling.

Licht op deze golflengtes wordt uitgestraald door grote koude wolken in de interstellaire ruimte met temperaturen van slechts enkele tientallen graden boven het absolute nulpunt en uit de verste uithoeken en daardoor vroegste fasen van het heelal. Sterrenkundigen gebruiken het om de chemische en fysische condities te bestuderen in moleculaire wolken – de dichte gebieden met gas en stof waar nieuwe sterren worden geboren. Vaak zijn deze gebieden in het heelal donker en ondoorzichtig voor zichtbaar licht, maar ze schijnen helder in het millimeter en submillimeter gebied van het spectrum.

Millimeter- en submillimeterstraling openen een nieuw venster op het raadselachtig koude heelal, maar waarbij de signalen uit de ruimte sterk worden geabsorbeerd door waterdamp in de aardse atmosfeer. Dit is de reden dat telescopen voor dit soort sterrenkunde op hoge, droge plaatsen moeten worden gebouwd en waarom het 5000 meter hoge plateau van Chajnantor is gekozen.

Hier bouwt ESO, samen met de internationale partners (zie bladzijde 32) ALMA, de Atacama Large Millimeter/submillimeter Array. De ALMA locatie bevindt zich zo'n 50 km ten oosten van San Pedro de Atacama, in de Atacama woestijn – een van de droogste plekken op aarde. Sterrenkundigen treffen er onovertroffen waarneemcondities aan, maar moeten wel een sterrenwacht onder extreem moeilijke omstandigheden runnen. Chajnantor is 750 meter hoger dan de Mauna Kea Sterrenwacht in Hawaï en 2 400 meter hoger dan de VLT op Cerro Paranal.



Mensen bij ESO: Stefano Stanghellini, ALMA antenne subsystemen manager

„Ik kom uit Toscane, uit een familie waar het altijd al een traditie was naar het buitenland te gaan om je dromen te verwezenlijken. Voor ESO werkte ik voor Westinghouse Nuclear International aan kernenergie installaties in Brussel en later verhuisde ik naar Duitsland om aan straalmotoren te werken. Toen ik over de VLT las, die geadverteerd werd als een grote uitdaging voor Europa en zijn ingenieurs, voelde ik dat ik bij ESO op mijn plaats zou zijn. Terugkijkend beschouw ik mezelf gelukkig om bij ESO te hebben gewerkt in een ongelooflijk opwindende en succesvolle periode met de VLT. De teamgeest was ongelooflijk, iedereen bij ESO had hetzelfde doel. Hoe trots waren we in 1998 toen de VLT het Eerste Licht zag met uitstekende resultaten: Het was ons gelukt!

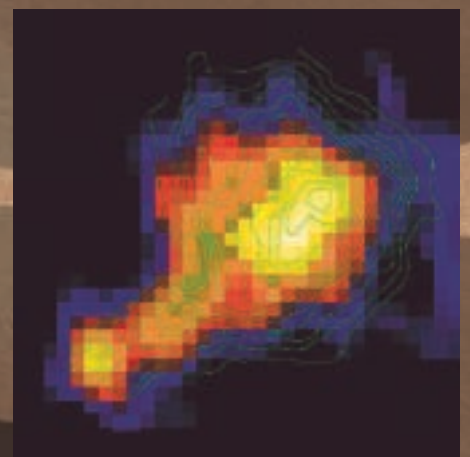
En nu proberen we hetzelfde succes nog eens te boeken, op een nog grotere wereldwijde schaal, met ALMA.”



ALMA wordt een enkel instrument, dat werkt bij een golflengte van 0,3 tot 9,6 millimeter. Zijn '12-meter array' zal bestaan uit vijftig 12-meter antennes, die als een enkele telescoop samenwerken, een interferometer. Daarnaast zal de 'compact array' bestaande uit vier 12-meter en twaalf 7-meter antennes het instrument aanvullen. De antennes kunnen verplaatst worden over een gebied van 150 meter tot 18 kilometer, dat ALMA een krachtige en wisselende 'zoom' zal geven. Het zal in staat zijn om het heelal waar te nemen op millimeter en submillimeter golflengten met ongekeerde gevoeligheid en oplossend vermogen, met een waarneemscherpte tot tien keer scherper dan de Hubble Space Telescope, en opnamen aanvullen die met VLTI gemaakt zijn.

ALMA zal onderzoekers in staat stellen beelden van sterren en planeten te verkrijgen die geboren worden in gaswolken in de buurt van ons zonnestelsel. Het zal ook verweggelegen melkwegstelsels kunnen detecteren aan de rand van het waarneembare heelal, zoals ze er ongeveer tien miljard jaar geleden uit zagen. ALMA laat ons een blik werpen op ontstaansgeschiedenissen in het universum die zowel ruimte als tijd omvatten, hetgeen sterrenkundigen een ongekeerde weelde aan nieuwe wetenschappelijke mogelijkheden biedt.

De constructie van ALMA zal omstreeks 2012 klaar zijn maar wetenschappelijke waarnemingen met een deel van de array zullen vanaf 2010 mogelijk zijn.



Een donkere wolk in het optisch (boven), nabij-infrarood (midden) en submillimeter (onder).

Een Wereldwijde Onderneming

Het ALMA project is een samenwerking tussen Europa, Noord-Amerika en Oost-Azie met deelname van de republiek Chili. ALMA wordt gefinancierd in Europa door ESO, in Oost-Azie door de Nationale Instituten voor Natuurwetenschappen samen met de Academia Sinica van Taiwan en in de Verenigde Staten door de National Science Foundation samen met de national Research Council van Canada. De bouw van ALMA en het in bedrijf houden wordt geleid door ESO namens Europa, namens Oost-Azie door de Nationale Sterrenwacht van Japan en door namens Noord-Amerika door de National Radio Observatory, dat valt onder de Associated Universities, Inc.

„Het ALMA project is een indrukwekkende technische uitdaging, omdat de nauwkeurigheid van het oppervlak van de antennes binnen 25 micron moet zijn, de richtnauwkeurigheid beter dan 0,6 boogseconden en de antennes verplaatsbaar moeten zijn over een afstand van 18 kilometers en de mogelijkheid hebben naar de zon te kijken. We bedanken ESO voor het vertrouwen deze nieuwe uitdaging aan te nemen.”

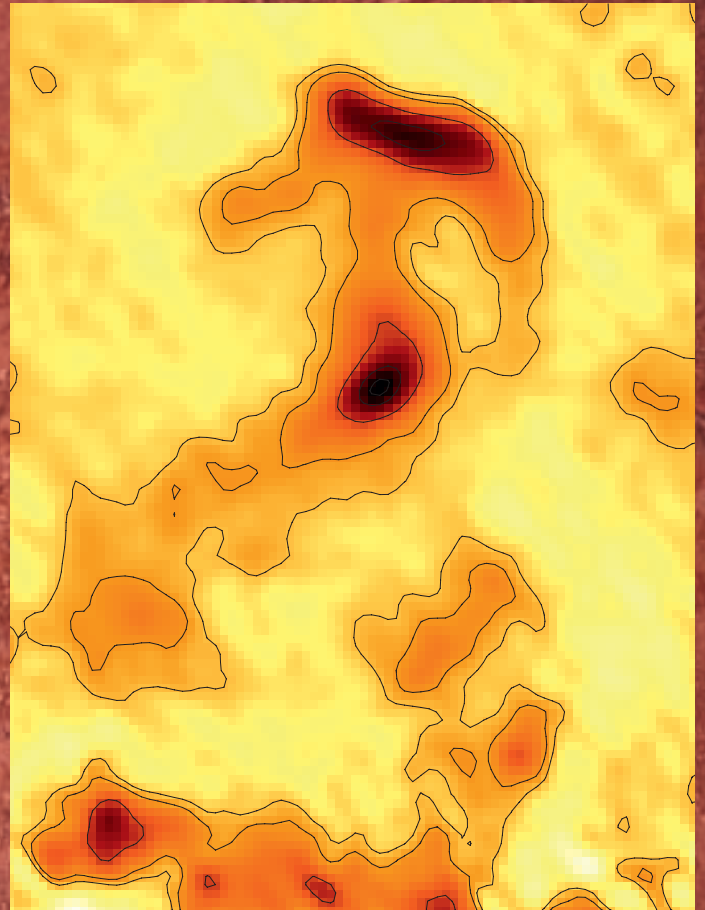
Pascale Sourisse, President en Chief Executive Officer van Alcatel Alenia Space

APEX

Terwijl ALMA op dit moment in de constructiefase is doen astronomen nu al millimeter en submillimeter astronomie op Chajnantor met de Atacama Pathfinder Experiment (APEX). Dit is een nieuwe technologie 12-meter telescoop gebaseerd op een ALMA prototype antenne en in bedrijf op de ALMA locatie. Het heeft gewijzigde optische eigenschappen en een verbeterde nauwkeurigheid van de antenneoppervlakte, en is ontworpen om te werken bij golflengtes in het gebied van 0,2 tot 1,5 millimeter.

Sterrenkundigen gebruiken APEX voor de studie van condities in moleculaire wolken, zoals die rond de Orionnevel of de „Zuilen van Schepping” in de Arendnevel. Ze hebben koolstofmonoxide gas gevonden en complexe organische moleculen, als wel geladen moleculen die fluorine bevatten wat nooit eerder gevonden was. Deze ontdekkingen brengen ons verder het gas in deze wiegen van stervorming te begrijpen.

APEX is een samenwerking tussen het *Max-Planck-Institut für Radioastronomie* (samen met het *Astronomisches Institut Ruhr Universität Bochum*), het *Onsala Space Observatory* en ESO. Het treedt in de voetsporen van de Zweeds-ESO Submillimeter Telescoop (SEST), die van 1987 tot 2003 in gebruik was op La Silla in een samenwerkingsverband tussen ESO en het *Onsala Space Observatory*. SEST werkte op golflengtes van 0,8 tot 3 millimeter.



APEX waarnemingen van de Paardekopnevel.



Hoge Efficiëntie – het Data Flow Systeem



Mensen bij ESO: Petra Nass,
Afdeling User Support

„Als een operations support scientist en werkend in Garching, ben ik de interface tussen de astronomen die aanvragen doen voor service waarnemingen en het team van ESO astronomen die de waarnemingen in feite in Chili verrichten, zodat de best mogelijke data worden verkregen onder optimale condities. Ik denk dat we als zodanig de gemeenschap inderdaad een ‚dienst‘ aanbieden. Gedurende de waarnemingsessies die ikzelf uitvoerde om gegevens te verzamelen voor mijn proefschrift-onderzoek zat ik alleen in de controlekamer van een telescoop op een berg met verscheidene computerschermen voor me die ik in de gaten moest houden en begrijpen, en met daarbij ook nog de stress van het hopen op de best mogelijke waarnemingscondities. Voor service waarnemingen is dat niet meer het geval. Ik maak nu gebruik van mijn ervaring als waarnemer om voortdurend de wijze waarop service waarnemingen wordt uitgevoerd te verbeteren en daarmee zelfs wetenschappelijk onderzoek mogelijk te maken dat in de conventionele wijze van waarnemen door ‚bezoekers‘ niet mogelijk zou zijn geweest. Dit is iets dat zich voortdurend verder ontwikkelt. ALMA zal op de service wijze gebruikt worden en we denken er al over na hoe dit aan te passen voor de toekomstige E-ELT.”

De operationele efficiëntie van de ESO Sterrenwacht overtreft die van elk andere telescoop op aarde. Dit wordt bereikt door de unieke combinatie van nieuw ontwikkelde operationele technieken en uitgebreide onderhouds-schema's met een ingewikkeld, zorgvuldig ontwikkeld systeem voor het opslaan, controleren en valideren van wetenschappelijke en technische gegevens.

Met ‚traditionele‘ astronomische observatoria op aarde doen sterrenkundigen aanvragen voor waarnemingslocaties, reizen naar de telescopen, voeren hun waarnemingen zelf uit en nemen de meetgegevens mee terug naar hun thuisbasis voor de uiteindelijke wetenschappelijke analyse. Data zijn na de analyse in het algemeen niet meer beschikbaar voor anderen. De waarnemingslocaties worden lang tevoren in een schema vastgelegd en zelfs op de beste waarnemingslocaties, kunnen variërende weercondities een negatief effect hebben op de wetenschappelijke data. Nu moderne sterrenwachten meer complex en op meer afgelegen plaatsen gebouwd worden, wordt deze methode minder en minder effectief.

Het ESO Data Flow System systeem (DFS) is ontworpen om deze problemen het hoofd te bieden. Het laat zowel traditioneel waarnemen ter plaatse toe als ‚service‘ waarnemen, waarbij de gegevens worden verzameld door de staf van de sterrenwacht op aanvraag uit de gebruikersgemeenschap. Alle gegevens worden vervolgens opgeslagen in het ESO wetenschappelijk archief. Na een periode van een jaar, waarin uitsluitend de originele aanvrager het alleenrecht heeft op de gegevens, kunnen andere onderzoekers de gegevens gebruiken voor hun eigen doeleinden.

ESO was het eerste observatorium op aarde dat deze concepten en het bijbehorend gereedschap introduceerde binnen een compleet systeem. Het was ook de eerste aardse sterrenwacht die een dergelijk uitgebreid wetenschappelijk archief ontwierp en bouwde met daarin niet alleen de waarnemingen zelf, maar ook bijbehorende informatie die deze waarnemingen beschrijft. Op beide gebieden blijft ESO een wereldleider.

„ESO heeft de werkwijze van astronomische sterrenwachten revolutionair veranderd met een nieuw eind-to-eind gegevens systeem, ontwikkeld om het versturen en het management van astronomische waarnemingen en gegevens over transcontinentale afstanden te verbeteren.”

ComputerWorld Honors 21st Century Achievement Award Vermelding

De voordelen zijn duidelijk. Waarnemingen kunnen gepland en ingediend worden vanaf het thuisinstituut van een astronoom zonder naar de sterrenwacht te hoeven reizen. Dit beperkt het risico van fouten en zorgt voor een veel hogere efficiëntie. Projecten worden uitgevoerd onder de meest geschikte weersomstandigheden en zo wordt elke nacht optimaal gebruikt. Veel-eisende waarnemingsprogramma's kunnen ook gebruik maken van grote fracties van de betrekkelijk zeldzame en uitstekende atmosferische condities. Grote financiële besparingen worden gerealiseerd. Gebruikers ontvangen bewerkte gegevens die voldoen aan goed gedefinieerde kwaliteitscriteria en die klaar zijn voor wetenschappelijke analyse. Tenslotte worden de gebruikers ondersteund door een team van ESO sterrenkundigen die experts zijn in alle aspecten van de DFS operaties.

De DFS strategie heeft een aanzienlijke toename veroorzaakt in de wetenschappelijke productie van de ESO gebruikersgemeenschap. Gemeten naar het aantal pagina's artikelen in tijdschriften met peer-review is ESO nu één van de leidende astronomische faciliteiten ter wereld.

ESO is onlangs geëerd als uitblinker op dit gebied door de ComputerWorld Honors 21st Century Achievement Award te winnen, een zeer bekende prijs in de IT gemeenschap.

Wetenschappelijk Archief

Alle gegevens afkomstig van ESO telescopen en van de HST worden opgeslagen in het Wetenschappelijk Archief, waarvan de huidige omvang ongeveer 60 000 gigabytes (GB) is – het equivalent van ongeveer 13 000 DVDs.

Meer dan 24 terabytes (TB) gegevens wordt per jaar beschikbaar gesteld als respons op ongeveer 10 000 aanvragen via de Website. Omdat dit met de komst van de VISTA en VST telescopen, die ongeveer 100 TB aan data per jaar zullen produceren, spoedig drastisch zal stijgen is ESO momenteel bezig om een petabyte-klasse (1000 TB of 1 miljoen GB!) archief te installeren.

ESO's enterprise-klasse database servers worden gecoördineerd tussen Garching en Chile en hun technologie en complexiteit kan wedijveren met die van de grootste commerciële ondernemingen zoals de internationale bankgemeenschap.

De aanwezigheid van deze archieven maken de ontwikkeling van het Astrofysisch Virtuele Sterrenwacht mogelijk.

Het Digitale Heelal

Belangrijke doorbraken in de technologie van telescopen, detectoren en computers maken nu het astronomische surveys mogelijk om enorme hoeveelheden beelden, spectra en catalogi te produceren. Deze data sets bedekken de gehele hemel op alle golflengten van gamma-en röntgenstraling via optisch en infrarood naar radiogolven.

Sterrenkundigen ontwikkelen methoden om nieuw onderzoek te doen door deze enorme hoeveelheden gegevens in dit 'digitale heelal' gemakkelijk beschikbaar te maken. Deze technieken maken gebruik van de GRID filosofie van 'distributed computing' met naadloze en transparante toegang tot de gegevens via 'Virtuele Sterrenwachten'.

Net zoals een echte sterrenwacht telescopen heeft, elk met unieke instrumenten, bestaat een Virtuele Sterrenwacht uit data centra, die elk hun eigen unieke verzamelingen astronomische gegevens, software systemen en verwerkingsmogelijkheden hebben.

Dit wereldwijde initiatief vanuit de astronomische gemeenschap wordt ontwikkeld onder de auspiciën van de International Virtual Observatory Alliance (IVOA).

Virtuele Sterrenwachten hebben hun effectiviteit reeds bewezen, bijvoorbeeld door de ontdekking van 31 nieuwe, optisch zwakke verduisterde quasar kandidaten in de bestaande 'Great Observatories Origin Deep Survey' (GOODS) velden, waarmee het bekende aantal van deze objecten verviervoudigd is. Deze ontdekking betekent dat surveys van machtige supermassieve zwarte gaten tot nu toe hun aantal met tenminste een factor twee hebben onderschat en mogelijk met een factor van zelfs vijf.

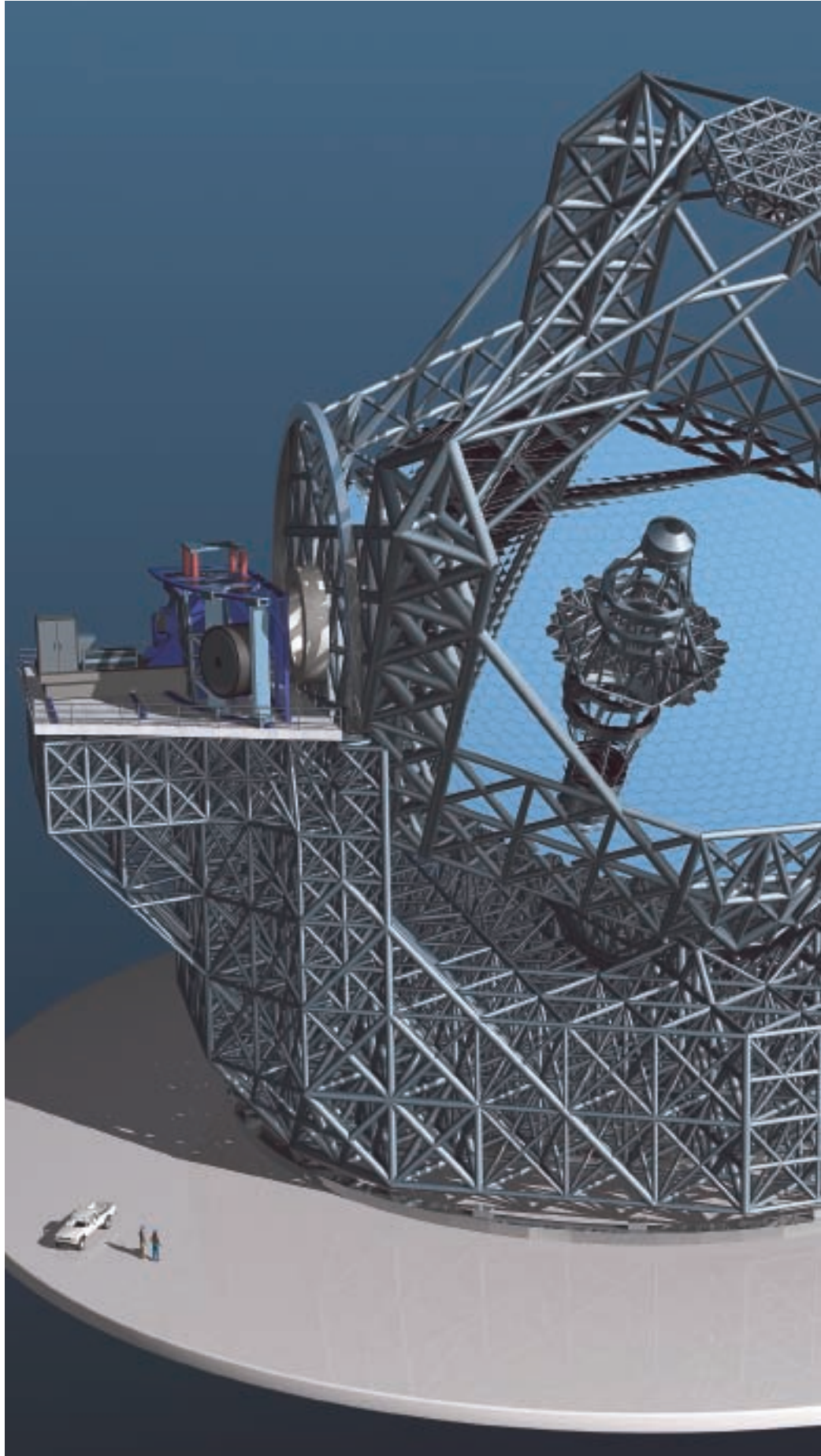


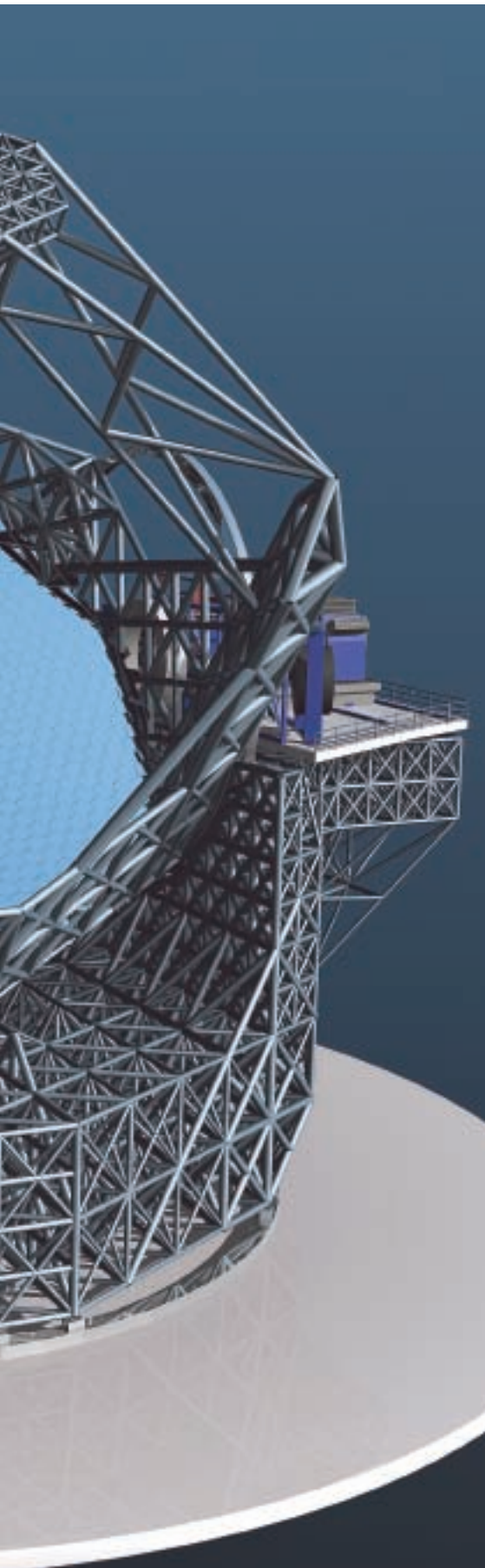
Toekomstige Projecten – de E-ELT



Mensen bij ESO: Marc Sarazin,
E-ELT locatie onderzoeker

„Ik ben meer dan 20 jaar geleden bij ESO gekomen als een natuurkundig ingenieur om te helpen de beste locatie te identificeren voor de toen toekomstige Very Large Telescope. Er stond iets revolutionairs te gebeuren in de astronomie. In het verleden konden we niet altijd het volle potentieel benutten van een goede waarnemingslocatie, maar dankzij verbeteringen aan telescopen was dit aan het veranderen. Door de atmosfeer beter te begrijpen konden we de beste locatie kiezen en de beste wetenschap uit de telescopen halen. Het heeft ons ongeveer tien jaar gekost om de ideale locatie voor de VLT goed te karakteriseren en te kiezen, op Paranal. We zijn nu bezig om de beste locatie voor de E-ELT te vinden. ESO heeft daarvoor vier verschillende mogelijkheden. Maar we delen onze kennis met onze Amerikaanse collega's die op eenzelfde aantal andere locaties een plek voor hun project zoeken. En aangezien remote sensing zo'n enorme vooruitgang heeft ondergaan is het veldwerk minder omvangrijk geworden en wordt aangevuld met analyse op afstand van immense hoeveelheden gegevens. Uiteindelijk vertrouwen we erop, dat we de meest passende locatie voor deze buitengewone faciliteit zullen identificeren.”





De huidige generatie telescopen in de 8- tot 10-meter klasse, zoals de ESO VLT, maken het sterrenkundigen mogelijk om het heelal op onovertroffen manieren te bestuderen, en leidt tot nieuwe uitdagende onderzoeksvragen. Om deze vragen te beantwoorden wordt een nieuwe generatie Extremely Large Telescopes (ELTs) met diameters van 30 meter of meer ontworpen. Zulke telescopen kunnen te zijner tijd een revolutie in onze perceptie van het heelal bewerkstelligen net zoals dit Galileo's telescoop deed.

Deze toekomstige giganten worden naar verwachting in gebruik genomen in de periode 2015 tot 2020. Ze zullen de wetenschappelijke uitdagingen van hun tijd aannemen, waaronder het doorgronden van de zogenaamde 'Donkere Eeuwen' van ons heelal – de eerste honderden miljoenen jaren – en het localiseren van aarde-achtige planeten in bewoonbare zones rond andere sterren.

ESO heeft aanzienlijke ervaring opgebouwd in het ontwikkelen, integreren en exploiteren van grote astronomische telescopen op afgelegen locaties. ESO is verder al verscheidene jaren betrokken bij conceptuele studies voor een extreem grote optische en infraroodtelescoop met adaptive optics.

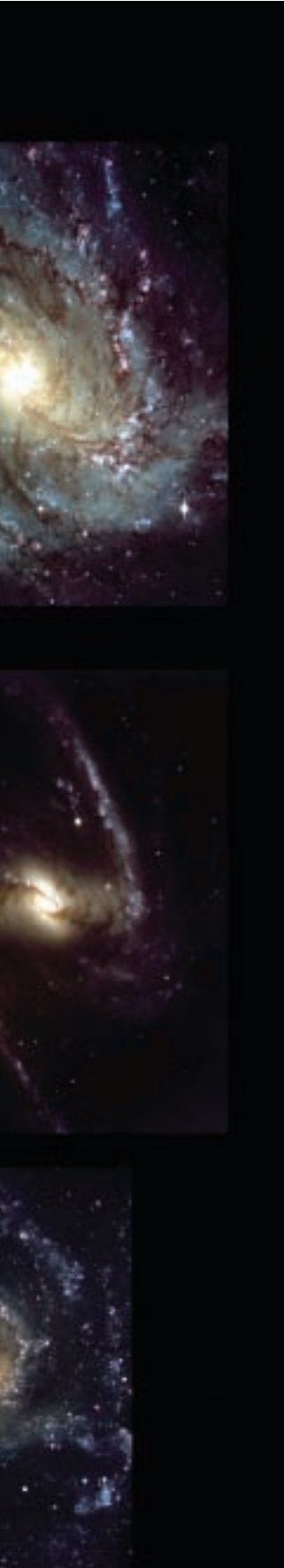
Deze ervaring vormt de ruggegraat van de pogingen om een Extremely Large Telescoop voor Europese astronomen te ontwikkelen, bekend als de E-ELT. Met het fundamentele referentie ontwerp – een telescoop met een 42-meter gesegmenteerde primaire spiegel – dat eind 2006 gereed was is nu het uiteindelijke ontwerp begonnen met als doel om een E-ELT in gebruik te hebben rond 2018. Tegelijkertijd worden cruciale nieuwe technieken ontwikkeld door een groot consortium van Europese instituten en hightech industriële bedrijven binnen de ELT Ontwerp Studie, met ESO en de Europese Commissie als de belangrijkste geldschieters.

Met een diameter van 42 meter en het adaptive optics concept zal de E-ELT meer dan honderd keer gevoeliger zijn dan de grootste optische telescopen zoals de 10-meter Keck en de 8,2-meter VLT telescopen.

„Extremely Large Telescopes worden wereldwijd gezien als de hoogste prioriteit in astronomie vanaf de aarde. Ze zullen een enorme voortgang van astrofysische kennis brengen via gedetailleerde studies van planeten rond andere sterren, de eerste objecten in het heelal, supermassieve zwarte gaten en van de aard van de Donkere Materie en de Donkere Energie, die in het heelal overheersen. Het Europese Extremely Large Telescope project zal de Europese positie aan het front van astrofysisch onderzoek bevestigen en versterken.”

De Europese Roadmap voor Onderzoeks Infrastructuur, ESFRI Rapport 2006





In december 2004 definieerde de Raad van ESO als hoogste strategische doelstelling „het behouden van Europees leiderschap en uitmuntendheid in de tijd van Extremely Large Telescopes (ELT)”, en bepaalde dat „de bouw van een ELT op een concurrerende tijdschaal wordt bekeken middels radicaal strategische planning”.

Volgend op een uitgebreide internationale doorlichting in oktober 2005 van de eerste concept studie – het OWL project – heeft het ESO projectbureau in 2006 een nieuwe studie ondernomen met ondersteuning van 100 astronomen om zorgvuldig de werking, kosten, tijdschema en risico's te evalueren. In november 2006 werden deze resultaten onderworpen aan gedetailleerde discussie door meer dan 250 sterrenkundigen tijdens een speciale conferentie in Marseille. Hun enthousiaste verwelkoming van deze resultaten plaveiden de weg voor de beslissing door de ESO Raad om naar de cruciale volgende fase over te gaan van een gedetailleerd ontwerp van de complete faciliteit. Deze definitieve ontwerpstudie zal drie jaar duren, waarna de constructie zou kunnen beginnen. Op dit moment worden de totale kosten geschat op ongeveer 800 miljoen Euro.

De uitdaging van het ontwerpen, bouwen en exploiteren van een 30- tot 60-meter telescoop is overweldigend. Het extrapoleren van technische oplossingen voor „lichtverzamelaars” van 10 naar 30 meter of meer met een uitstekende beeldkwaliteit over een veld van redelijke afmeting stelt vele eisen. ESO werkt met meer dan dertig Europese astronomische instituten en hightech industriële partners aan het beschikbaar maken van sleutel-technologieën die nodig zijn om de ELT mogelijk te maken voor een draaglijke prijs binnen de komende 5 tot 10 jaar. Twee van de belangrijkste aspecten van de ontwikkeling van de E-ELT zijn de controle over de hoge-preciese optiek over de enorme afmeting van de telescoop en het ontwerp van een efficiënte set instrumenten die sterrenkundigen in staat zullen stellen om de ambitieuze wetenschappelijke doelstellingen van de E-ELT binnen bereik te brengen.

Verweggelegen melkwegstelsels zullen te zien zijn alsof ze zich in onze tuin bevinden en bieden een onbevooroordeelde blik op de geschiedenis van sterformatie over het grootste deel van de bestaan van het heelal.

Wat instrumentatie betreft is het doel het beschikbaar maken van een flexibele set instrumenten om de grote variëteit van wetenschappelijke vragen te kunnen adresseren die sterrenkundigen de komende decennia beantwoord willen zien. De mogelijkheid om over een groot bereik van golflengten te kunnen waarnemen van het optisch tot het mid-infrarood met flexibele instrumenten zal de gebruikers in staat stellen de telescoop met zijn volle potentieel te gebruiken. Gestroomlijnde integratie van de instrumenten met de actieve en adaptieve controle systemen wordt een grote uitdaging. ESO zal de ontwikkeling van zo'n vijf eerste-generatie instrumenten coördineren tegen een geschat bedrag aan hardware ter waarde van 86 miljoen Euro. Dit vereist een aanzienlijke investering in vakken, vakmensen en management van deze projecten over een grote groep deelnemende instituten en zal een uitdaging op zichzelf zijn. Alleen door te gebruik maken van de intellectuele vaardigheden over heel Europa kan de ontwikkeling succesvol worden, net zoals eerder het geval was voor de instrumenten van de VLT.

Een Revolutionair Concept

Het huidige concept heeft als uitgangspunt een 42-meter diameter spiegeltelescoop en is revolutionair. De primaire spiegel bestaat uit 906 segmenten, elk 1,45 meter in afmeting, en de secundaire spiegel is wel 6 meter in diameter. Om de onscherpte van de sterbeeldjes als gevolg van de turbulentie in de atmosfeer teniet te doen is het nodig adaptieve spiegels in de optiek in te bouwen, en een tertiaire spiegel van 4,2-meter diameter die het licht doorgeeft aan het adaptive optics systeem bestaande uit twee spiegels: een 2,5-meter spiegel ondersteund door 5000 of meer actuators die in staat zijn om de vorm duizend keer per seconde aan te passen, en een 2,7-meter diameter spiegel die voor de uiteindelijke beeldcorrectie zorg draagt. Deze vijf-spiegel combinatie zorgt dan voor een uitzonderlijke beeldkwaliteit zonder significante aberratie over het gezichtsveld.

Partnerschappen tot Stand Brengen



EIROforum

Samenwerking in de sterrenkunde tot stand brengen ligt in het centrum van de missie van ESO. ESO heeft een bepalende rol gespeeld in het creëren van een Europese 'Research Area' voor astronomie en astrofysica.

Elk jaar voeren duizenden astronomen van de lidstaten en daarbuiten onderzoek uit met gegevens die op de sterrenwachten van ESO zijn verkregen. Sterrenkundigen vormen vaak internationale onderzoeksteams met leden uit diverse landen. Hun resultaten worden gepubliceerd in honderden wetenschappelijke artikelen per jaar.

ESO heeft een uitgebreid programma van 'fellows' (jonge astronomen met een doctorsgraad) en studenten en draagt op die wijze bij aan de mobiliteit van Europese wetenschappers. Ervaren onderzoekers van de lidstaten en andere landen werken een tijd lang als bezoekende wetenschappers op de ESO locaties. Daarnaast heeft ESO een levendig programma van internationale conferenties over thema's van grensverleggend astronomisch onderzoek en technologie en geeft het de logistieke ondersteuning van het internationale tijdschrift *Astronomy & Astrophysics*.

Om gebruikers voortdurend met betere astronomische telescopen en instrumenten te voorzien werkt ESO nauw samen met een groot aantal Europese industriële bedrijven. De Europese industrie speelt zonder meer een vitale rol in de realisatie van ESO projecten. Zonder de actieve en enthousiaste deelname van commerciële partners in de lidstaten en Chili zouden zulke projecten niet mogelijk zijn.

Ook op het gebied van de technologie-ontwikkeling houdt ESO nauw contact met de vele onderzoeksgroepen aan de universitaire instituten in de lidstaten en daarbuiten. Op die wijze zijn astronomen in lidstaten diep betrokken bij de planning en realisatie van wetenschappelijke instrumenten voor de VLT/VLTI en voor ALMA, evenals voor andere bestaande of geplande telescopen. Instrumentele ontwikkelingen bieden belangrijke mogelijkheden voor nationale onderzoekcentra, die jonge wetenschappers en ingenieurs aantrekken.

ESO is lid van EIROforum, een samenwerkingsverband van zeven Europese intergouvernementele onderzoeksorganisaties die belangrijke onderzoeksinfrastructuren onderhouden. Zowel direct als via de EIROforum samenwerking onderhoudt ESO nauwe en vruchtbare relaties met de Europese Commissie. Dit heeft geleid tot gezamenlijk gefinancierde projecten op het gebied van technologische ontwikkeling, opleiden van jonge wetenschappers, wetenschapsonderwijs in de basisscholen en het voortgezet onderwijs in Europa en diverse coördinerende activiteiten.

„Europa moet zijn krachten bundelen om de noodzakelijke kritische massa van hulpmiddelen, ervaring en wetenschappelijke uitmuntendheid bijeen te brengen. Ik verwelkom de toewijding van EIROforum aan ons gemeenschappelijke doel.”

Janez Potočnik, Europees Commissaris voor Wetenschap en Onderzoek



Janez Potočnik, Europees Commissaris voor Wetenschap en Onderzoek, tijdens het voorstellen van het EIROforum document over wetenschapsbeleid.

Ontmoetingen met de Samenleving



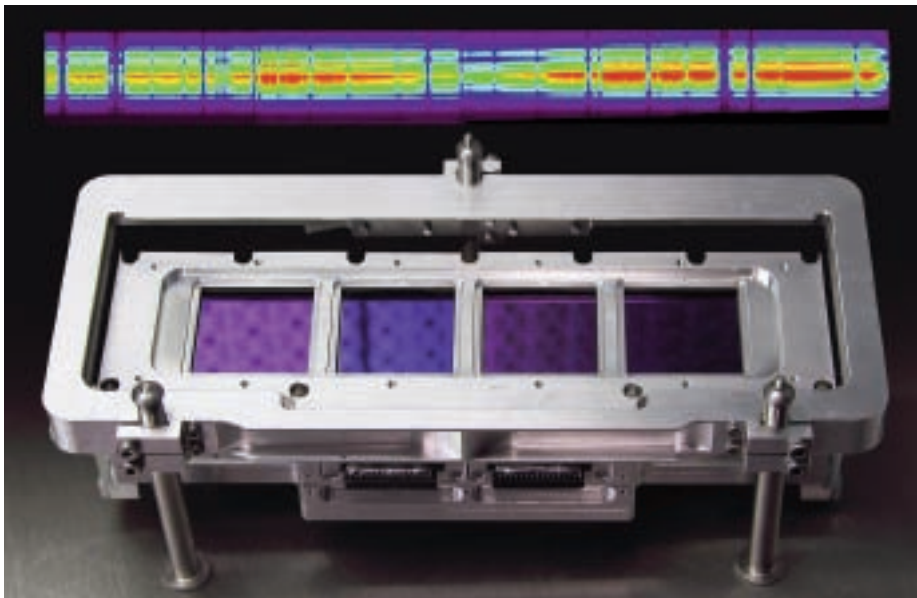
Overdracht van Technologie

Astronomie heeft een sterke traditie om nieuwe technologieën op gang te brengen waarvan vele in een later stadium meer algemene toepassingen krijgen.

De onderzoekers en ingenieurs van ESO werken actief samen met hun collega's in de Europese industrie en andere Europese onderzoeksinstituten om technologieën van de toekomst te ontwikkelen. Technologie Overdracht vermeerderd de waarde van ESO's onderzoek en ontwikkelingsactiviteiten in het algemeen en in de ESO lidstaten in het bijzonder.

Enkele van deze R&D activiteiten betreffen nieuwe opto-mechanische en opto-elektronische systemen en extreem hoge precisie controle en aansturing van zware apparatuur. Andere activiteiten betreffen hardware en software voor complexe telescopen en instrumenten, het optimaal verwerken, archiveren en weer beschikbaar maken van extreem grote hoeveelheden gegevens. ESO ontwikkelde de revolutionaire techniek van 'Active Optics' en speelde een belangrijke rol in de totstandkoming van 'Adaptive Optics' voor bredere toepassing. AO systemen zijn niet

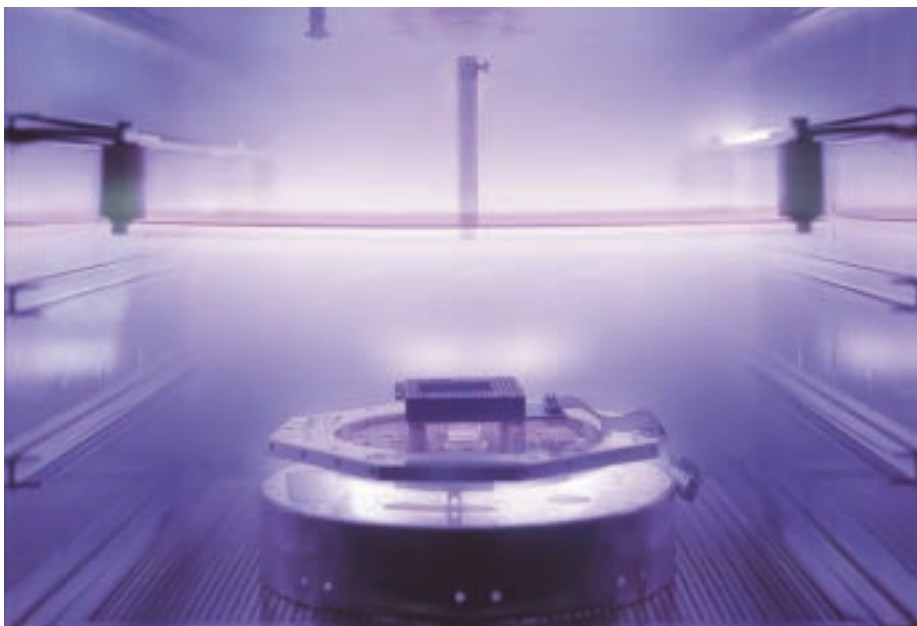
alleen van cruciaal belang voor de volgende generatie telescopen, maar komen nu in gebruik in mainstream optische technieken. Bij voorbeeld wordt heden ten dage de techniek van golffront-sensoren ook gebruikt in de moderne geneeskunde om bij operaties met behulp van refractieve lasers voor hoge aberraties in het oog te corrigeren.



Aan de frontlijn van de Technologie

Onder de vele innovatieve technologieën die bij ESO zijn ontwikkeld, voorbij aan de gebruikelijke grenzen of door nieuwe combinaties van bestaande technieken, kunnen de volgende speciaal genoemd worden:

- Actieve Optics
- Grote metalen spiegels
- Shank-Hartmann golffront sensoren
- Processoren in 'real time'
- Fiber-lasers
- Tijdsreferentie systemen
- Data archiverings systemen
- Virtual Observatories
- Cryogene lagere
- Thermisch gecontroleerde behuizing



Over de afgelopen 20 jaar heeft ESO aanzienlijke praktijkervaring opgebouwd in het ontwerp en het gebruik van cryostat met vloeibare stikstof voor CCD detectoren. Gedurende die periode heeft ESO een standaard cryostaat ontwikkeld die op vele plaatsen binnen de organisatie gebruikt wordt. Wegens de bredere mogelijke toepassing van deze technologie heeft ESO in 1999 een contract afgesloten met de Franse firma SNLS voor de productie en verkoop van de ESO dewar onder licentie.

ESO's Educative Program's



Met zijn sterke multidisciplinaire karakter en grote publieke aantrekkingskracht kan de sterrenkunde een belangrijke rol spelen bij de moderne wetenschappelijke voorlichting. De fascinerende wetenschappelijke resultaten van de ESO telescopen leveren kostbare schatten voor leraren in natuurwetenschappelijke vakken.

De educatieve programma's van ESO stellen zich tot doel de interesse in de natuurwetenschap, en in het bijzonder in de astronomie en astrofysica, bij de jeugd van Europa te stimuleren. Met hun internationale dimensie vullen ze de programma's aan van nationale educatieve organisaties, universiteiten en individuele scholen en onderwijzers. ESO is ook een active deelnemer in de *European Association of Astronomy Education* (EAAE).

ESO is ook de drijvende kracht bij de diverse beduidende educatieve pilot programma's, die vaak worden uitgevoerd in samenwerking met andere partners waaronder de Europese Commissie, zoals de *The Future Astronomers of Europe*, *Astronomy On-Line* en de *the Sea & Space*

projecten, die allen in het kader van de Europese Wetenschaps- en Technologie- weken plaats vinden.

Deze inspanningen worden voortgezet en versterkt door de gezamenlijke EIROforum activiteiten, met programma's gericht op schoolgaande kinderen zoals *Life in the Universe* and *Scitech – couldn't be without it*, en de *Physics on Stage* en *Science on Stage* programma's, die gericht zijn op de leraren natuurwetenschappen in Europa.

„Sterrenkunde moet bijdragen aan het besef, dat in een complexe maatschappij rijk aan wetenschap en technologie een wetenschappelijke scholing essentieel is voor de keuzes die elke burger moet maken in een democratische omgeving. Verder moeten studenten er gevoel voor krijgen dat de aarde een prachtige plaats in het heelal is, waar we voor moeten zorgen en die we moeten beschermen.”

De EAAE Oprichtingsverklaring

Met zijn partners in het EIROforum publiceert ESO ook Europa's eerste internationale multi-disciplinaire tijdschrift voor onderwijs in de natuurwetenschappen, *Science in School*. Elk jaar organiseert ESO een astronomie wedstrijd voor leerlingen. Deze wedstrijd, *Catch a Star!*, is afgestemd op alle leeftijden en vaardigheden. De jongsten nemen deel door een tekening te maken, terwijl anderen gevraagd worden om een opstel te schrijven over een sterrenkundig onderwerp van hun keuze.

ESO produceert ook, samen met ESA, een serie astronomische oefeningen, die in vele talen beschikbaar zijn. Verder heeft ESO een stel prachtig geïllustreerde didactische posters van het zonnestelsel uitgegeven.

Recentelijk heeft ESO een nieuw interdisciplinair onderwijsproject rond de Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA) gestart, bedoeld voor de middelbare scholen.



Werken bij ESO

Werken bij ESO betekent uitdagend, stimulerend werk in een internationale omgeving met de modernste technologie en grensverleggend wetenschappelijk onderzoek.

Mensen bij ESO werken als internationale staf, lokale staf, fellows, overige medewerkers en studenten.

De leden van de internationale staf en de lokale staf representeren een breed scala van vakmensen van wetenschappers en ingenieurs tot administratieve medewerkers.

Fellows zijn jonge, post-doctorale wetenschappers, die door de organisatie aangesteld worden om hun wetenschappelijk

loopbanen te stimuleren. ESO stelt moderne faciliteiten ter beschikking voor astronomische waarnemingen en de mogelijkheid om praktische ervaring op te doen tijdens de actieve uitvoering van een onderzoeksprogramma.

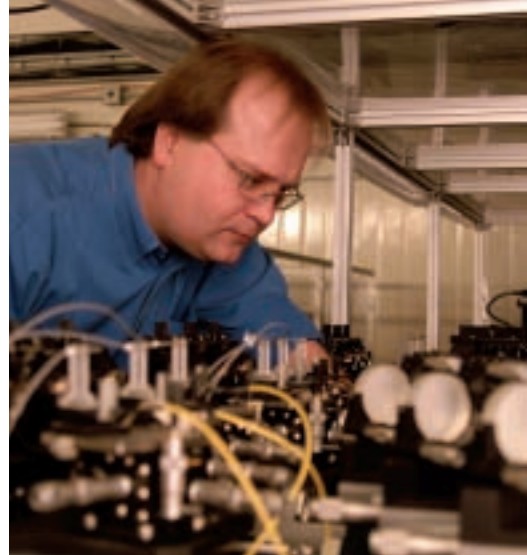
Overige medewerkers werken op kortetermijn contracten bij ESO om bepaalde taken te verrichten op het gebied van wetenschappelijk onderzoek of voor technische of administratieve ondersteuning.

Studenten (post-doctoraal) brengen tot twee jaar door binnen ESO in het kader van het studenten programma. Dat stelt zich tot doel om mogelijkheden te bieden om het post-doctorale programma van de universiteiten in de deelnemende landen te versterken. Zulke posities zijn beschikbaar zowel aan het ESO Hoofdkwartier in Garching als in Chili aan het Vitacura Hoofdkwartier.



Mensen bij ESO: Jean-Michel Bonneau, Hoofd van de Afdeling Financiën van ESO

„Voordat ik in 1996 bij ESO kwam werkte ik als Financieel controller in diverse gebieden – van de 1992 Olympische Winterspelen in Albertville tot een muzieklabel in Provence, Frankrijk. Ik ben blij dat ik naar ESO gekomen ben en de gelegenheid heb gekregen te werken voor een organisatie met unieke astronomische projecten van honderden miljoenen Euro's dat duidelijk staf nodig maakt die gespecialiseerd is in accounting en financiële zaken. In de Afdeling Financiën zorgen we ervoor dat de financiële middelen uitgegeven worden volgens de richtlijnen en regels van de ESO overheden. We houden altijd in gedachten dat het consistent financieren door de ESO lidstaten de realisatie heeft mogelijk gemaakt van de buitengewone infrastructures die nu voor de gemeenschap beschikbaar zijn.”





ESO is

- een wereldleider in optische sterrenkunde vanaf de aarde;
- een ontmoetingspunt voor wetenschappers van de lidstaten en een katalysator bij innovatieve ideeën;
- een sprankelende organisatie met grote toekomstige projecten voor de komende generatie wetenschappers;
- een actieve partner van de industrie;
- een actieve partner in educatie;
- een bouwer van een culturele en wetenschappelijke brug tussen Europa en Chili;
- een uitstekend voorbeeld van een succesvolle Europese samenwerking.

Voor verdere informatie:

ESO Headquarters
 Public Affairs Department
 Karl-Schwarzschild-Straße 2
 85748 Garching bei München
 Duitsland
 Telefoon +49 89 320 06-2 76
 Fax +49 89 320 06-2 75

information@eso.org
www.eso.org

www.eso.org

