

ESO

Europeiska organisationen
för astronomisk forskning
på södra halvklotet

Upptäckternas universum



Innehåll

Om ESO	3
ESO och astronomin	4
Att förstå vår värld	7
Att avslöja kosmos' hemligheter	8
Sökandet efter andra världar	9
Urgamla stjärnor	9
<i>Folk vid ESO: Olivier Hainaut</i>	10
Ett svart hål i Vintergatans centrum	10
<i>Folk vid ESO: Carla Gill</i>	12
Gammablixtar	13
Till hjälp för Europas astronomer	14
Paranal	16
<i>Folk vid ESO: Karla Aubel</i>	17
Flera ögon ser samma sak	20
La Silla	22
<i>Folk vid ESO: Françoise Delplancke</i>	24
I spetsen för ny teknik	25
Bilder från VLT	26
Utforskning av det kalla universum – ALMA	28
<i>Folk vid ESO: Stefano Stanghellini</i>	29
I global samverkan	32
APEX	33
<i>Folk vid ESO: Petra Nass</i>	34
Högeffektivt – Dataflödessystemet	34
Vetenskapsarkivet	35
Det digitala universum	35
Framtida projekt – E-ELT	36
<i>Folk vid ESO: Marc Sarazin</i>	36
Att etablera samarbete	40
EIROforum	41
Att nå ut i samhället	42
Teknikspridning	43
ESO:s utbildningsprogram	44
Att arbeta vid ESO	46
<i>Folk vid ESO: Jean-Michel Bonneau</i>	46



Om ESO

ESO, Europeiska sydobservatoriet, är en organisation för astronomisk forskning på södra halvklotet. Den bildades 1962, och ESO håller nu europeiska astronomer och astrofysiker med toppmoderna forskningsanläggningar med stöd från Belgien, Danmark, Finland, Frankrike, Italien, Nederländerna, Portugal, Schweiz, Spanien, Storbritannien, Sverige, Tjeckien och Tyskland. Flera andra länder har uttryckt starkt intresse av att införlivas i organisationen.

ESO Headquarters (med organisationens vetenskapliga, tekniska och administrativa centrum) ligger i Garching nära München i Tyskland, men därtill driver ESO, utöver en bas i Chiles huvudstad Santiago, tre observationsplatser i den chilenska Atacamaöknen. På La Silla, 600 km norr om Santiago och på en höjd av 2 400 m, har ESO flera medelstora optiska teleskop. *Very Large Telescope* (VLT, 'det mycket stora teleskopet') finns på Paranal, ett 2 600 m högt berg söder om Antofagasta, tillsammans med VLT-interferometern och två genommonstringsteleskop, VST och VISTA. Den tredje platsen är det 5 000 m höga Llano de Chajnantor, nära San Pedro de Atacama. Där har ett nytt submillimeterteleskop (APEX) tagits i bruk, och en jättelik uppsättning av 12 m stora submillimeterantennar (ALMA) håller på att byggas i samarbete med Nordamerika, Östasien och Chile.

ESO sysslar för närvarande med förstudier av ett extremt stort teleskop för synligt och nära infrarött ljus, ELT (*Extremely Large Telescope*).

Medlemsländernas årliga bidrag till ESO är omkring 120 miljoner euro, och ESO sysselsätter omkring 600 anställda.

"En nästintill unik nivå av internationellt samarbete har uppnåtts vid ESO, och allt görs där av dem som kan göra det bäst, oberoende av vilket land eller vilken institution de tillhör. Denna anda av att alltid vilja nå högsta klass är en förebild för hela Europa."

Maria van der Hoeven,
utbildnings-, kultur- och vetenskaps-
minister i Nederländerna

ESO och astronomin

Astronomin beskrivs ofta som den äldsta vetenskapen, och otvivelaktigt måste en blick mot det majestätiska Vintergatsbandet av stjärnor som sträcker sig över himlen en klar natt ha gjort djupa intryck på människor i alla tider och kulturer. I dag framstår astronomin som en av de mest moderna och dynamiska vetenskaperna, som använder en del av de mest avanse-

rade och sofistikerade tekniker som forskarna har tillgång till. Och astronomin är inne i en spännande tid; dagens teknik låter oss studera himlakroppar vid universums yttersta gräns och hitta spår av planeter runt andra stjärnor. Vi kan börja ana svaret på en fundamental gåta som fascinerar oss alla: är vi ensamma i universum?

ESO är den främsta mellanstatliga vetenskaps- och teknikorganisationen inom astronomin. Den genomför ett ambitiöst program inriktat mot konstruktion, bygg-

nad och drift av kraftfulla markbundna observationsanläggningar för astronomi för att göra viktiga vetenskapliga upptäckter möjliga.

ESO driver La Silla-Paranal-observatoriet på två platser i den chilenska Atacamaöknen. På La Silla, ett 2 400 m högt berg 600 km norr om Santiago de Chile, finns flera teleskop av omkring 3,5 m storlek



som används för högt syftande långtidsprogram. Observatoriets flaggskepp är *Very Large Telescope* (VLT, 'det mycket stora teleskopet') på toppen av Paranal-berget, vars design, instrumentuppsättning och funktion satte en ny standard för markbaserad optisk och infraröd astronomi. VLT-interferometern (VLTI) förstärker denna unika anläggnings egenskaper ännu mer, liksom de två genommonstreringsteleskopen VST (synligt ljus) och VISTA (infrarött). Publiceringsstatistik visar att VLT lämnar data till en vetenskaplig artikel varje dag året runt.

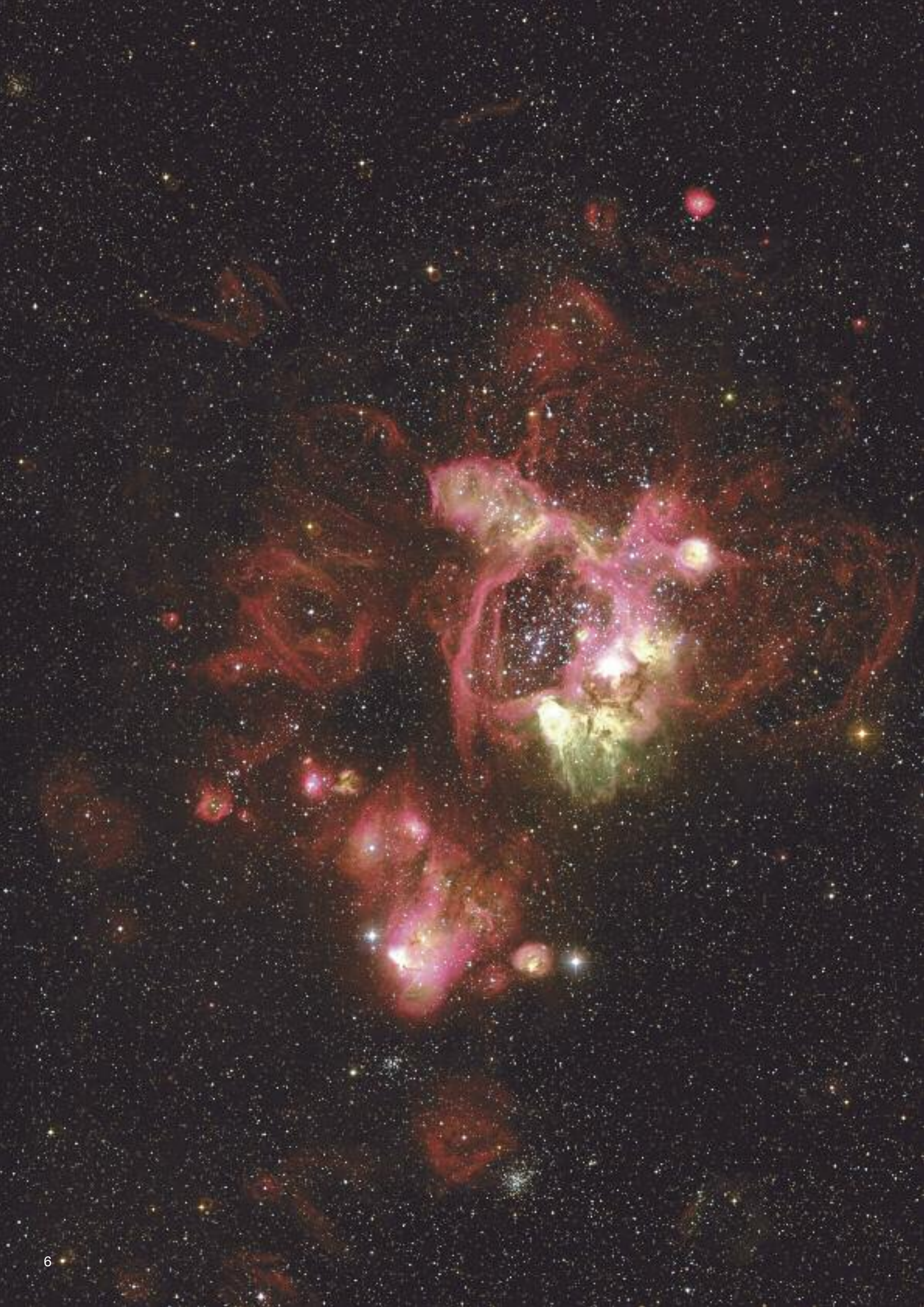
ESO är också samlingspunkt för Europas deltagande i *Atacama Large Millimeter/submillimeter Array* (ALMA), ett interkontinentalt samarbete med Nordamerika, Östasien och Chile. De samverkande parterna i ALMA bygger upp denna unika anläggning på den högt belägna platsen Chajnantor på Chiles Altiplano. ALMA ska tas i bruk 2012 och kan av allt att döma bli lika omvälvande för vetenskapen som Hubbleteleskopet.

Nästa steg bortom VLT är att bygga ett extremt stort optiskt/infrarött teleskop med en primärspiegel som är mellan 30 och 60 m i diameter. ESO har utvecklat en banbrytande ny design och gör nu upp detaljerade byggplaner tillsammans med myndigheterna. ELT (*Extremely Large Telescope*) kan komma att förse oss med de första bilderna någonsin av jordliknande planeter runt andra stjärnor, vilket verkligen skulle vara en enastående milstolpe.



Tim de Z

Tim de Zeeuw
ESO Generaldirektör



Att förstå vår värld

Astronomerna brottas med väsentliga frågor som utmanar vår tankeförmåga och fantasi. Hur kom planeterna till? Hur utvecklades livet på jorden, och finns det liv lite här och var i universum? Hur bildades galaxerna? Vad är mörk materia och mörk energi?

Astronomin är en modern, högteknisk vetenskap som utforskar rymden omkring oss och försöker förklara de otroliga processer som äger rum i denna enorma rymd. Den studerar vad som hände vid tidens början och försöker förutsäga framtiden för vårt solsystem, för galaxen Vintergatan och för hela universum.

Astronomin är en vetenskap om extrema omständigheter. Den handlar om de största avstånd, de längsta tidrymder, de tyngsta kroppar, de högsta temperaturer, de starkaste elektriska och magnetiska fält, de högsta och lägsta densiteter och de mest extrema energier som vi känner till.

Astronomin är en fysikalisk vetenskap baserad på observationer. Förutom ett fåtal himlakroppar i solsystemet kan vi inte röra vid de objekt vi undersöker. Vi tolkar det vi ser genom att använda vår kunskap om naturlagarna.

För att göra dessa observationer möjliga använder astronomin en del av de mest sofistikerade instrument och metoder som någonsin tänkts ut av människor. Högteknologi spelar en ytterst viktig roll inom astronomin.

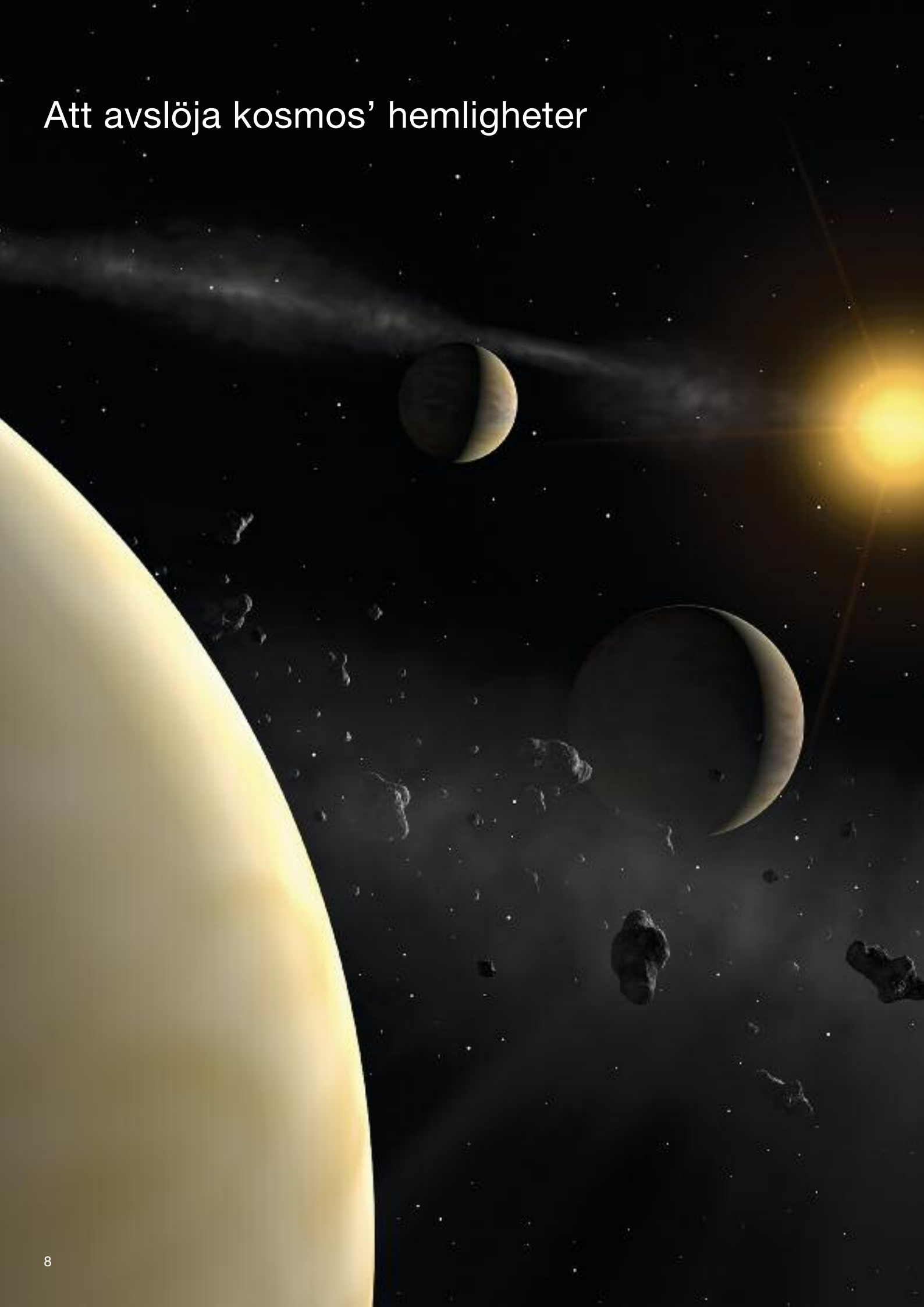
Astronomin är en väsentlig del av vår kultur och ett kraftfullt uttryck för vår inre boende vetgirighet och önskan att bättre känna till vår omgivning. Nu när vi har utforskat det mesta av jordens yta handlar astronomin om det vidsträckta *Terra Incognita* som omger oss.

Den bidrar till en bättre förståelse av vår ömtåliga miljö och den enastående slump som gjort liv möjligt på jorden. Genom astronomin har vi lärt oss förstå hur utsatt vår plats i det enorma universum verkligen är.

Den ger oss även den nödvändiga bakgrunden till framtida expeditioner och kanske mänsklighetens följande expansion ut i världsrymden. Genom att undersöka förhållandena därute bereder vi vägen för kommande generationer.

Att observera fjärran galaxer innebär att vi ser bakåt i tiden – ibland nästan ända tillbaks till universums födelse. Det var då tiden började. Det innebär att vi studerar hur universum har utvecklats, hur stjärnor och planeter kom till, däribland jorden. Astronomin är en studie av ursprung. Den är också en studie av omstörtande händelser. Och av stora mysterier. Men framför allt är den mänsklighetens djärvaste försök att förstå den värld som vi lever i.

Att avslöja kosmos' hemligheter



ESO:s teleskop lämnar data till många resultat och genombrott inom astronomin och leder till ett stort antal vetenskapliga artiklar varje år. Astronomer använder dessa toppmoderna observatorier för att studera objekt från vårt solsystem till universums mest avlägsna delar. Här följer vi med dem på en resa genom kosmos och belyser några få av de upptäckter som gjorts vid ESO.

Sökandet efter planeter utanför vårt solsystem är en grundsten till vad som kanske är den djupaste fråga mänskligheten ställer sig: finns det liv någon annanstans i universum? ESO:s observatorier är utrustade med en unik uppsättning instrument för att hitta, undersöka och övervaka dessa så kallade exoplaneter.

Med hjälp av *Very Large Telescope* kunde astronomer för första gången se det svaga ljuset från en planet utanför solsystemet och så ta den första bilden någonsin av en exoplanet. Denna nya värld är jättelik, sådär fem gånger tyngre än Jupiter. Denna observation var ett första stort steg mot ett av den moderna astrofysikens viktigaste mål: att fastställa den fysikaliska strukturen och den kemiska sammansättningen hos jätteplaneter, och senare även jordliknande planeter.

Ett av teleskopen på La Silla fungerade, med användning av en snillrik teknik som kallas mikrolinsning, som en del i ett nätverk av teleskop utspridda över jordklotet. Detta samarbete ledde till upptäckten av en ny exoplanet som bara är omkring fem gånger tyngre än jorden. Den gör ett varv runt sin moderstjärna på ungefär tio år, och den har högst sannolikt en stenig eller isig yta.

Med HARPS (*High Accuracy Radial velocity Planet Searcher*, 'mycket noggrann planetsökare med hjälp av radialhastigheter') har astronomer upptäckt inte mindre än tre planeter av ungefär Neptunus' massa i banor runt en närbelägen stjärna, däribland en planet med fem jordmassor som befinner sig i stjärnans beboeliga zon. Denna planet kretsar runt sin stjärna på bara 13 dygn. Astronomerna tror att denna planet är stenig och att vatten – förutsättningen för liv – flyter på dess yta. Den upptäckten är ett banbrytande resultat i sökandet efter planeter som kan härberga liv.



"De svaga signaler som HARPS fångade upp skulle inte ha kunnat skiljas från 'vanligt brus' i de flesta av de spektrografer som finns i dag."

Michel Mayor, Genèveobservatoriet, en av upptäckarna av den första exoplaneten

"De spektra som erhållits av denna relativt ljussvaga stjärna är helt enastående – de är faktiskt av en kvalitet som till helt nyligen var förbehållen stjärnor som kan ses med blotta ögat. Trots att den är så svag kan därför uranlinjen mätas upp med mycket god noggrannhet."

Roger Cayrel, Parisobservatoriet

Lag av astronomer har använt *Very Large Telescope* för att utföra unika mätningar som bereder vägen till en oberoende uppskattning av universums ålder. De mätte halten av den radioaktiva isotopen uran-238 i en stjärna som föddes då Vintergatan, den galax där vi bor, ännu höll på att bildas.

Liksom kol-14-datering i arkeologin, men över mycket längre tidsskalor, mäter denna 'uranklocka' stjärnans ålder. Den visar att den äldsta stjärnan är 13,2 miljarder år gammal. Eftersom stjärnan inte kan vara äldre än universum självt, så måste universum vara ännu äldre än så. Det stämmer med vad vi vet från kosmologin, vilket ger en ålder på universum på 13,7 miljarder år. Stjärnan, och Vintergatan, måste ha bildats mycket snart efter stora smällen.

Ett annat resultat utnyttjar astronomisk teknik till dess gräns och kastar nytt ljus över Vintergatans allra första tid. Några astronomer gjorde den allra första mätningen av berylliumhalten hos två stjärnor i en klotformig stjärnhop. Med dess hjälp undersökte de det tidiga stadiet mellan uppkomsten av de allra första stjärnorna i Vintergatan och av dem i denna klothop. De kom fram till att den första generationen stjärnor i Vintergatan måste ha bildats strax efter slutet på den omkring 200 miljoner år långa 'mörka tidsålder' som följde på stora smällen.

Ett svart hål i Vintergatans centrum



Folk vid ESO: Olivier Hainaut, astronom och chef för *Paranal Science Operations Department*

"När det gäller astronomiska utmaningar kommer jag att tänka på två begivenheter: En våldsamt händelse, då kometen Shoemaker-Levy 9 kolliderade med Jupiter 1994. Före denna gjordes intensiva förberedelser världen över, och förväntningarna var enorma; vi visste inte vad vi skulle få se, och framför allt hade vi inte en tanke på att effekterna skulle vara så starka och imponerande. I slutändan sov just ingen på en vecka. Tio teleskop på La Silla observerade kollisionerna i olika våglängder; vid högvakteret i Garching tillbringade en kollega en hel vecka på sitt kontor och slumrade under skrivbordet för att kunna finnas till hands 24 timmar om dygnet, observatoriets köckar tillhandahöll extra fin mat åt observatörerna och den tekniska personalen var minst lika entusiastisk som astronomerna. Något liknande inträffade i juli 2005, när *Deep Impact* smällde in sin projektil i kometen Tempel 1. Eftersom smällen hade åstadkommit av människor förstod vi mycket bättre vad som skulle hända. Men det var ändå kulmen på tio års ansträngningar, så spänningen var på topp vid nedslaget. Med dagens ögonblickliga kommunikationer världen över kunde vi följa nedslaget och dess följder i direktsändning tillsammans med kollegor vid 30 olika observatorier, allteftersom jordens rotation lät oss titta på kometen i tur och ordning. Ett år senare analyserar vi fortfarande data och drar lärdomar av detta nedslag."





Vintergatans centrum.

Vad finns det i centrum av Vintergatan? Sedan länge har astronomerna misstänkt att ett svart hål döljer sig i hjärtat av vår galax, men de kunde inte vara säkra på det. Först rätt nyligen, efter 15 års regelbundna övervakningsobservationer av Vintergatans centrum med ESO:s teleskop vid La Silla-Paranal-observatoriet fick forskarna till sist avgörande bevis.

Stjärnorna i Vintergatans mitt är så tätt packade att speciella tekniker som adaptiv optik (se sidan 25) behövdes för att förbättra upplösningen hos VLT. Astronomerna kunde iaktta enskilda stjärnor med dittills ouppnådd noggrannhet medan de rörde sig runt Vintergatans centrum. Deras banor visade slutgiltigt att de måste röra sig i det ofantligt starka gravitationsfältet från ett supertungt svart hål, nästan tre miljoner gånger tyngre än vår sol.

VLT-observationerna avslöjade också blixtar av infrarött ljus som kom från området med regelbundna intervall. Även om den exakta orsaken till detta fenomen ännu är okänt, så har observatörerna föreslagit att det svarta hålet snurrar snabbt. Vad som än sker rymmer det svarta hålets tillvaro inte bara lugn och ro.

Astronomerna använder också VLT för att titta in i de centrala delarna hos galaxer utanför vår egen, där de återigen hittar spår av supertunga svarta hål. I den aktiva galaxen NGC 1097 kunde de med aldrig tidigare uppnådd detaljrikedom se ett komplext nätverk av trådliknande bildningar som löpte i spiraler in mot galaxens centrum, en första detaljerad bild av hur materia slussas in från galaxens huvuddel tills den försvinner in i kärnan.



De centrala delarna av den aktiva galaxen NGC 1097.

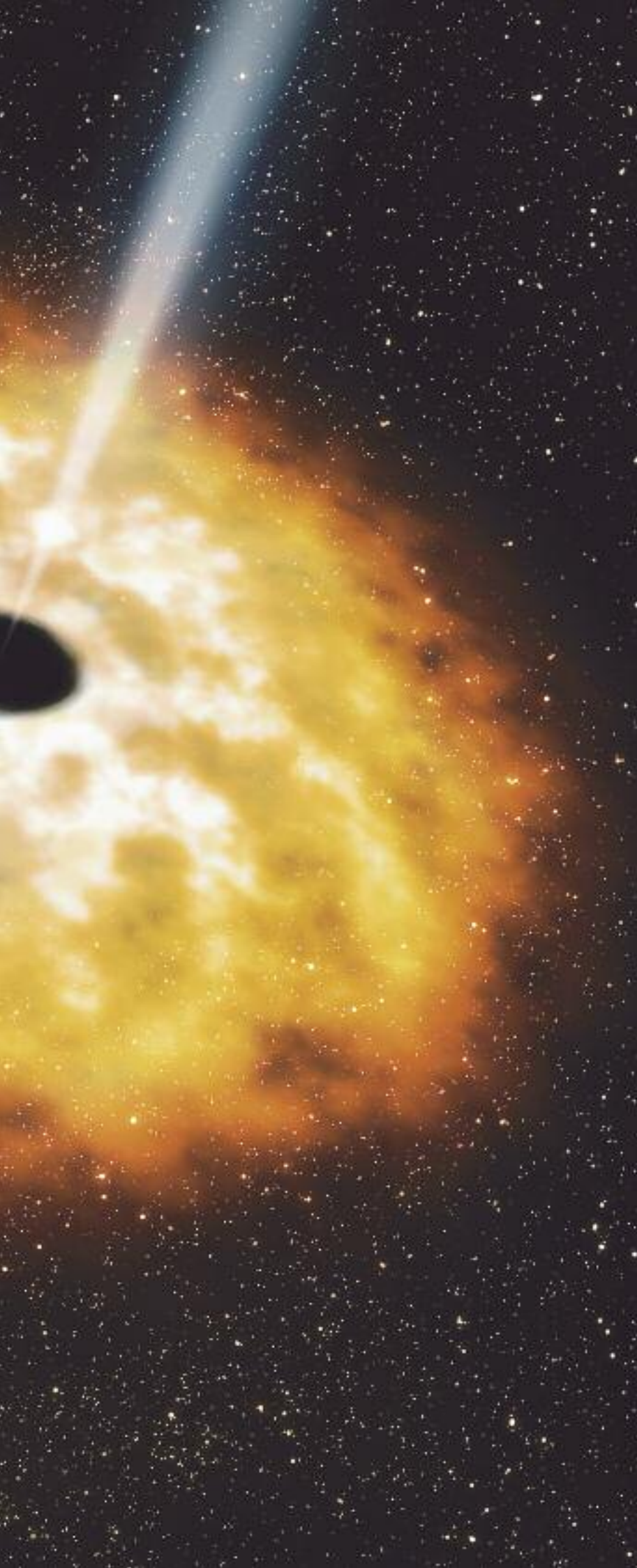
"Vi behövde ännu skarpare bilder för att avgöra om det fanns något alternativ till ett svart hål, och vi räknade med att ESO:s VLT skulle kunna ge oss dem. Nu har tiden för observationell svarta hål-fysik verkligen börjat!"

Reinhard Genzel,
Direktor vid Max-Planck-institutet för
utomjordisk fysik



Folk vid ESO: Carla Gil, student vid ESO Vitacura

"Jag kommer från Portugal, och jag fullföljer mitt doktorsarbete handledt från både universitetet i Porto och Joseph Fourier-universitetet i Grenoble i Frankrike. Även om jag från början drogs till kosmologi och teoretisk astrofysik, så fångades jag snart av den observationella astronomin. Jag ville verkligen delta i utvecklandet av ett instrument och sedan kunna göra vetenskap med det. Så jag började i Grenoble som medlem i AMBER VLT-gruppen och hjälpte till med att anpassa och testa instrumentet då det fanns i Europa. Av en lycklig slump kom jag med mitt stipendium till Santiago samtidigt som AMBER kom till Paranal. Min forskning innefattar användning av interferometerteknik för studier av mycket unga stjärnor och deras jetstrålar. Till det använder jag också det andra interferometerinstrumentet, MIDI. I mina ögon finns inget som VLT, och jag hoppas verkligen att jag kan få komma tillbaka till Paranal som forskare när min doktorsexamen är färdig."



Gammablixtar

Gammablixtar är utbrott av högenergetisk gammastrålning som varar från under en sekund till flera minuter – ett ögonblick på en kosmologisk tidsskala. Man vet att de uppkommer väldigt långt från jorden, ut mot gränsen för det observerbara universum.

VLT har observerat efterskenet från den mest avlägsna gammablixt som vi känner till. Med en uppmätt rödförskjutning av 6,3 har ljuset från denna mycket avlägsna astronomiska källa tagit 12,8 miljarder år på sig för att nå fram till oss. Vi ser den alltså som den var när universum var mindre än 900 miljoner år gammalt, eller mindre än sju procent av sin nuvarande ålder. Den måste ha frigjort 300 gånger mer energi under några få sekunder än solen kommer att ha gjort under sin totala livstid på över tio miljarder år. Gammablixtar är således de våldsammaste explosionerna i universum sedan stora smällen.

Forskarna har länge försökt komma underfund med dessa explosioners egenart. Observationerna visar att det finns två slags gammablixtar – kortvariga (kortare än någon enstaka sekund) och långvariga – och olika kosmiska skeenden antogs ligga bakom dem.

År 2003 spelade astronomer som använde ESO:s teleskop en nyckelroll för att koppla samman långvariga gammablixtar med slutexplosionerna av tunga stjärnor, så kallade hypernovor. Genom att följa skeendet efter en explosion i en hel månad visade de att ljuset uppförde sig på samma vis som ljuset från en supernova, då en tung stjärna exploderar vid slutet av sitt liv.

År 2005 upptäckte teleskop vid ESO för första gången det synliga ljus som följde på en kortvarig gammablixt. Genom att följa detta ljus i tre veckor kunde astronomerna visa att de kortvariga blixterna – till skillnad från de långvariga – inte kunde komma från en hypernova. De tros i stället uppkomma vid den våldsamma sammansmältningen av ett par neutronstjärnor eller svarta hål.

Till hjälp för Europas astronomer





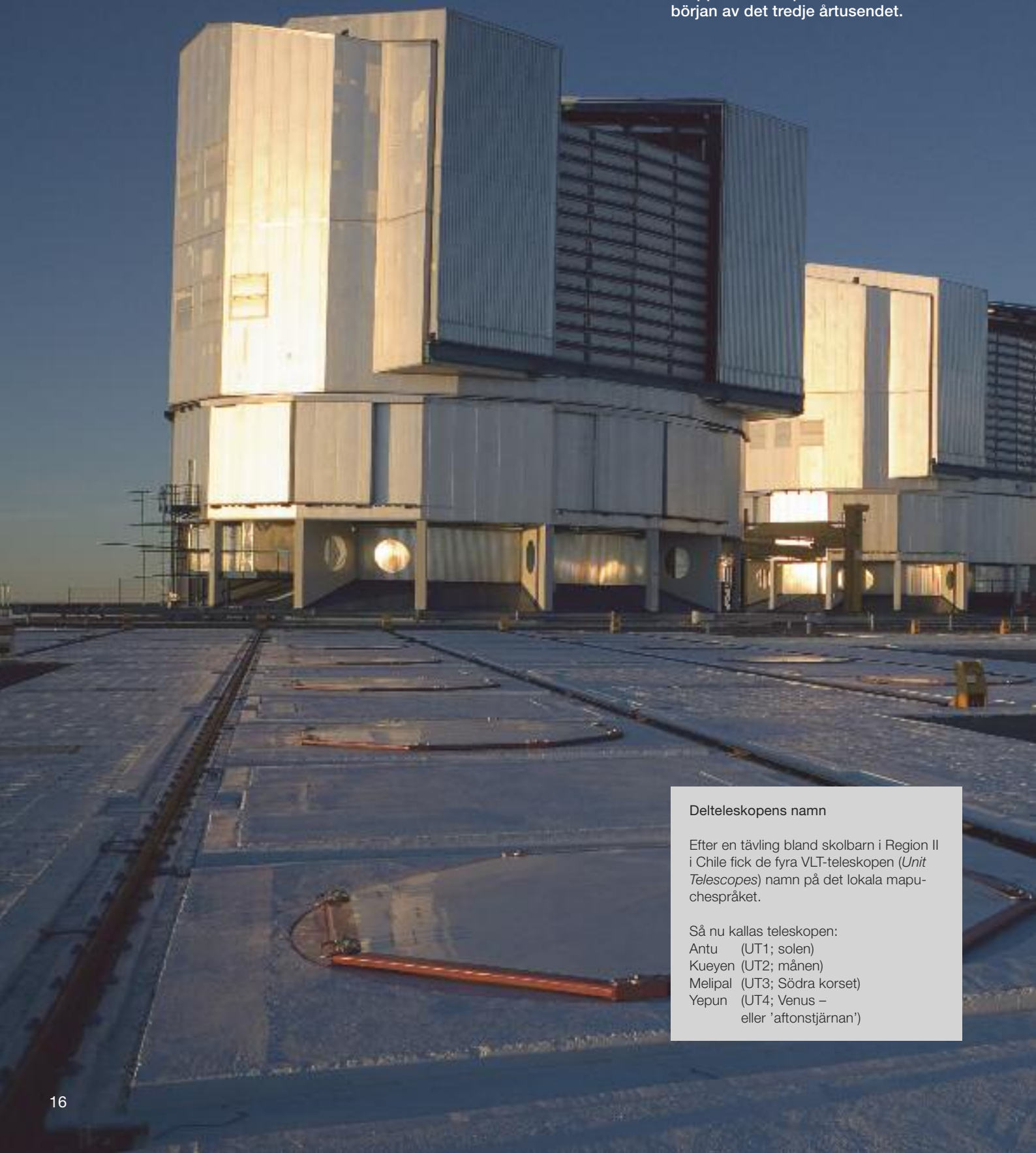
Som det står i dess konvention förser ESO Europas astronomer med högmoderna anläggningar samt förmedlar och organiserar samarbete inom astronomisk forskning. I dag driver ESO några av världens största och mest avancerade observationsanläggningar på tre platser i norra Chile: La Silla, Paranal och Chajnantor. Dessa är de orter på södra halvklotet som är bäst lämpade för astronomiska observationer. Med andra verksamheter som teknikutveckling, konferenser och utbildningsprojekt spelar ESO också en avgörande roll för uppkomsten av ett europeiskt samarbetsområde för forskning, *European Research Area*, inom astronomi och astrofysik.

"Detta är en hyllning till mänsklig genialitet. Det är ett utomordentligt bidrag till kunskapens utveckling, och som forskningskommissionär är jag stolt över att detta är ett europeiskt verk."

Philippe Busquin, Europakommissionär för forskning (2000–2005)

Paranal

Instrumentgruppen *Very Large Telescope* (VLT) är som anläggning flaggskeppet för europeisk astronomi vid början av det tredje årtusendet.



Delteleskopens namn

Efter en tävling bland skolbarn i Region II i Chile fick de fyra VLT-teleskopen (*Unit Telescopes*) namn på det lokala mapuchespråket.

Så nu kallas teleskopen:

Antu (UT1; solen)
Kueyen (UT2; månen)
Melipal (UT3; Södra korset)
Yepun (UT4; Venus –
eller 'aftonstjärnan')

Det är världens mest avancerade optiska instrument. Det består av fyra delteleskop med huvudspeglar som är 8,2 m i diameter samt fyra rörliga hjälpteleskop på 1,8 m. Teleskopen kan fungera tillsammans, i grupper om två eller tre, som en jättelik så kallad interferometer, och så göra det möjligt för astronomerna att urskilja detaljer som annars skulle kräva ett mycket större teleskop.

Men de fyra 8,2 m delteleskopen kan också användas vart för sig. Med ett sådant teleskop kan bilder av himlakroppar så ljussvaga som av magnitud 30 erhållas under en timmes exponering.

Det motsvarar att se kroppar som är fyra miljarder gånger svagare än vad det oöppnade ögat klarar av.

Instrumentprogrammet för VLT är det mest ambitiösa som någonsin gjorts upp för ett enskilt observatorium. Det innefattar apparater för avbildning av stora fält i flera kanaler, kameror och spektrografer som utnyttjar adaptiv optik samt högupplösande spektrografer för många objekt samtidigt, och det täcker ett brett våglängdsområde, från djupt ultraviolett (300 nm) till måttligt långvägigt infrarött ljus (20 μm).

De fyra 8,2 m delteleskopen står i kompakta, temperaturkontrollerade byggnader, vilka roterar i takt med teleskopen.

Den utformningen minimerar olämplig inverkan på observationsförhållandena, till exempel från luft rörelser i teleskoptuben som annars kan uppstå som följd av variationer i temperatur och vindriktning.

Det första av delteleskopen, Antu, togs i bruk för vetenskapliga observationer den 1 april 1999. I dag är alla de fyra delteleskopen och de fyra hjälpteleskopen i verksamhet. Redan nu har VLT haft ett odiskutabelt inflytande på den observationella astronomin.



Folk vid ESO: Karla Aubel, tekniker och instrumentskötare på Paranal

"Jag kom till ESO 2001, medan jag ännu arbetade på min avhandling för att bli fysikingenjör. Först arbetade jag på La Silla, med lediga dagar ägnade åt att fullborda avhandlingen, och kom till Paranal 2005. Sedan ungdomen har jag varit nyfiken på saker och ting och försökt hitta svar på frågor, och jag trodde fysiken var det ämne som ledde rätt. Att styra VLT, att få fram den bästa bildkvaliteten, den bästa följningen och hålla sig pigg natten igenom, det är mitt sätt att bidra till astronomernas försök att lösa universums mysterier. Och under vintern, med nattskift som är 14 timmar långa, kan det vara ett tufft jobb! Men jag tycker om det. Och när jag ser en tidningsnotis om en upptäckt som gjorts med VLT, då kan jag inte låta bli att tänka att jag var delaktig. Det känns verkligen bra och får en att inse att man är en del av något viktigt."

En unik uppsättning instrument

De astronomiska instrument som används vid VLT täcker alla viktigare observationsmetoder som behövs för att angripa de flesta av ämnena vid dagens forskningsfront:

- FORS1 (*FOcal Reducer and Spectrograph*) och dess tvilling FORS2 är instrument som kan användas på flera sätt, för avbildning, flerobjektsspektroskopi och polarimetri vid ultraviolettera och synliga våglängder.
- ISAAC (*Infrared Spectrometer And Array Camera*) är en kryogeniskt kyld kamera och låg/mellanupplösningsspektrometer som täcker det infraröda våglängdsområdet från 1 till 5 μm .
- UVES (*Ultra-violet and Visible Echelle Spectrograph*) är en spektrograf med hög dispersion som täcker våglängder från 300 nm till 1100 nm med en högst spektral upplösning på 110 000.
- NACO är ett instrument med adaptiv optik som framställer infraröda bilder lika skarpa som om de tagits ute i rymden samt kan fungera för spektroskopi, polarimetri och som koronagraf.

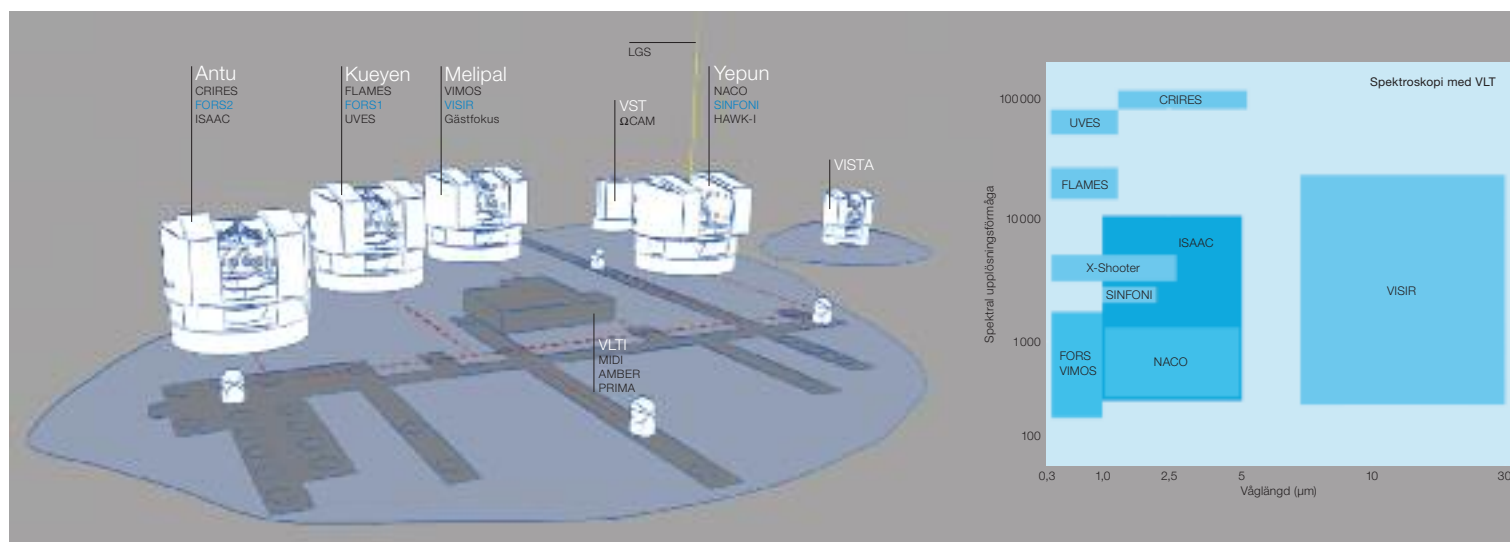
- VIMOS (*Visible Multi-Object Spectrograph*) ger bilder och spektra i synligt ljus av upp till 1000 galaxer på en gång inom ett synfält på 14×14 bågminuter.
- FLAMES (*Fibre Large Array Multi-Element Spectrograph*) erbjuder en unik möjlighet att samtidigt studera hundratalens enskilda stjärnor i närbelägna galaxer i måttligt hög spektral upplösning i synligt ljus.
- VISIR (*VLT spectrometer and imager for the mid-infrared*) medger diffraktionsbegränsad avbildning och spektroskopi med olika upplösning i de atmosfäriska fönstren för måttligt långvågigt infrarött ljus vid 10 och 20 μm .
- SINFONI är en helfältsspektrograf med medelhög upplösning som arbetar i nära infrarött ljus (1–2,5 μm), som leds dit via en apparat med adaptiv optik.
- CRIRES (*CRyogenic InfraRed Echelle Spectrograph*) stöds av adaptiv optik och ger en upplösning på upp till 100 000 i det infraröda spektralområdet från 1 till 5 μm .
- HAWK-I (*High Acuity Wide field K-band Imager*) ger avbildningar i det nära infraröda området av relativt stora fält.

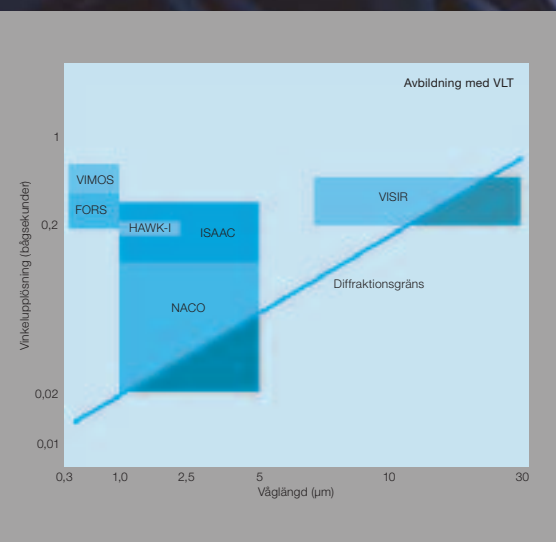
Många av dessa instrument har byggts av sammanslutningar av europeiska institutioner i samarbete med ESO.

Samtidigt är flera andra generationens VLT-instrument under utveckling:

- X-Shooter (en bredbandsspektrometer [UV till nära infrarött]) utformad för att utforska egenskaperna hos sällsynta, ovanliga eller oidentifierade källor;
- KMOS (en kryogenisk infraröd flerobjektsspektrometer) främst avsedd för undersökningar av fjärran galaxer;
- MUSE (en väldigt '3-dimensionell' spektroskopisk utforskare) som ska ge kompletta spektra i synligt ljus av alla objekt som ligger inom smala 'strålköner' genom hela universum;
- SPHERE (ett system med adaptiv optik som ger hög kontrast) som ska upptäcka och studera exoplaneter.

Instrument vid Very Large Telescope och vid vilka våglängder de används.





Flera ögon ser samma sak

Enskilda teleskop på VLT-observatoriet kan kombineras, i grupper om två eller tre, till 'VLT-interferometern' (VLTI), så att de fungerar som ett enda jättelikt teleskop, lika stort som hela gruppen. Så kan upp till 25 gånger finare detaljer observeras än med de enskilda teleskopen.

I VLT-interferometern sammanförs ljusstrålarna med hjälp av ett komplext spegelsystem i underjordiska tunnlar. Ljusets färdvägar måste hållas lika långa på mindre än 1/1000 mm när för att det ska fungera.

VLTI kan skapa bilder med en vinkelupplösning på tusendels bågsekunder, vilket innebär att den i princip skulle kunna särskilja de två strålkastarna hos en bil på månen.

Instrument för *Very Large Telescope*-interferometern

VINCI: testkameran *VLT INterferometer Commissioning Instrument*

AMBER: ett instrument för fotometriska och spektroskopiska studier i nära infrarött

MIDI: gör detsamma i måttligt långvågigt infrarött (*Mid-Infrared*)

PRIMA: ett instrument för avbildning och astrometri (*Phase-Referenced Imaging and Microarcsecond Astrometry*), särskilt avsett för att nå svagare källor och söka efter exoplaneter



Rörliga teleskop

Även om de fyra 8,2 m delteleskopen kan kombineras i VLTI, så används dessa stora teleskop mestadels för andra ändamål. De är därför bara tillgängliga för interferometriska observationer under ett begränsat antal nätter varje år.

För att VLTI ska kunna utnyttjas varje natt finns fyra mindre hjälpteleskop. Dessa är uppställda på räls och kan flyttas mellan

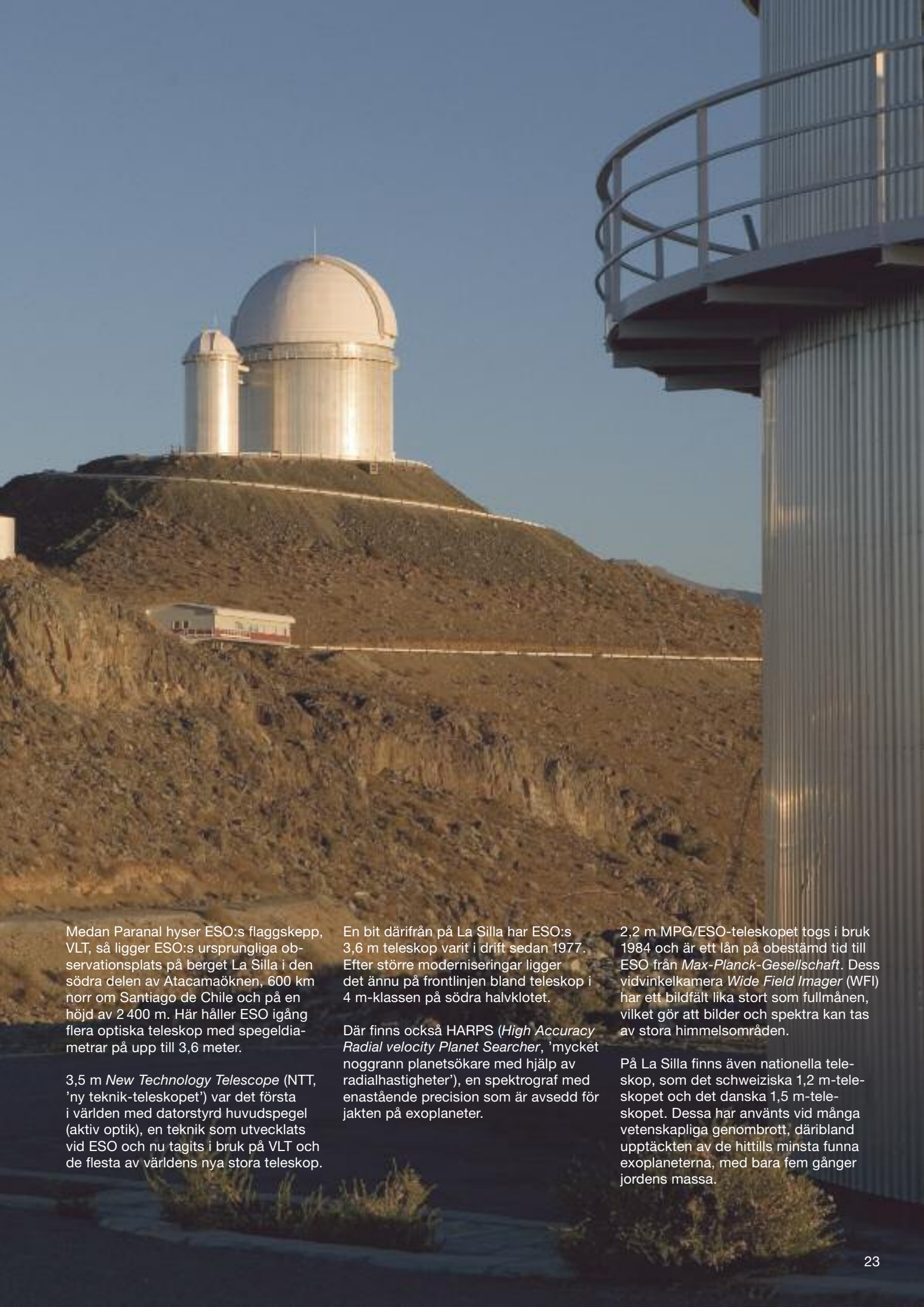
exakt bestämda observationslägen. Från dessa platser sammanförs ljuset från teleskopen i VLTI.

Hjälpteleskopen är högst ovanliga teleskop. I deras ultrakompakta skyddande kupoler ryms elektronik, ventilation, hydraulik och kylsystem. Vart och ett har en transportör som lyfter upp teleskopet och flyttar det från ett läge till nästa. Teleskopen tar med sig sina egna hus, ungefär som snäckor.

La Silla



Instrumentet HARPS.



Medan Paranal hyser ESO:s flaggskepp, VLT, så ligger ESO:s ursprungliga observationsplats på berget La Silla i den södra delen av Atacamaöknen, 600 km norr om Santiago de Chile och på en höjd av 2 400 m. Här håller ESO igång flera optiska teleskop med spegeldiametrar på upp till 3,6 meter.

3,5 m *New Technology Telescope* (NTT, 'ny teknik-teleskopet') var det första i världen med datorstyrd huvudspegel (aktiv optik), en teknik som utvecklats vid ESO och nu tagits i bruk på VLT och de flesta av världens nya stora teleskop.

En bit därifrån på La Silla har ESO:s 3,6 m teleskop varit i drift sedan 1977. Efter större moderniseringar ligger det ännu på frontlinjen bland teleskop i 4 m-klassen på södra halvklotet.

Där finns också HARPS (*High Accuracy Radial velocity Planet Searcher*, 'mycket noggrann planetsökare med hjälp av radialhastigheter'), en spektrograf med enastående precision som är avsedd för jakten på exoplaneter.

2,2 m MPG/ESO-teleskopet togs i bruk 1984 och är ett lån på obestämd tid till ESO från *Max-Planck-Gesellschaft*. Dess vidvinkelkamera *Wide Field Imager* (WFI) har ett bildfält lika stort som fullmånen, vilket gör att bilder och spektra kan tas av stora himmelsområden.

På La Silla finns även nationella teleskop, som det schweiziska 1,2 m-teleskopet och det danska 1,5 m-teleskopet. Dessa har använts vid många vetenskapliga genombrott, däribland upptäckten av de hittills minsta funna exoplaneterna, med bara fem gånger jordens massa.



Folk vid ESO: Françoise Delplancke,
VLT-instrumenteringsfysiker

"Mitt första intryck av Cerro Paranal mitt i Chiles Atacamaöken, efter mer än tjugo timmars resa från München, var att jag hade landat på planeten Mars. Det observatorium som ESO byggt upp i denna ogästvänliga omgivning är en bekväm oas utrustad med den mest avancerade astronomiska teknik och skött av mycket professionella och vänliga människor. Himlen är så klar här att man även med blotta ögat kan urskilja de blå och röda färgerna hos en del stjärnor i Vintergatan, en dröm för en amatörastronom från Europas ljusförorenade städer. Av samma orsak kan man, efter att ha vistats utomhus en timme, se det omgivande landskapet riktigt bra till och med i stjärnljus utan någon måne. En gång fick jag den ovanliga turen att få titta på månen genom ett av VLT-teleskopen; det kändes som om jag flög över dess yta i ett rymdskepp."

I spetsen för ny teknik

Redan från början var VLT tänkt som en formidabel vetenskapsmaskin – som skulle dra nytta av de senaste tekniska framstegen.

Adaptiv optik (AO) är en teknik som låter instrumenten vid ett teleskop slippa ifrån atmosfäriska störningar, så att de bilder som erhålls blir lika skarpa som om de tagits ute i rymden. Det medför att ljussvagare objekt kan observeras, och med bättre upplösning. Med AO kan teleskopet i princip uppnå sin diffraktionsbegränsade upplösning – den teoretiskt bästa möjliga. Ett VLT-instrument skulle därmed kunna läsa en tidningsrubrik på ett avstånd av mer än en mil.

För att fungera behöver AO en näraliggande referensstjärna som är någorlunda ljus, och det begränsar vilka delar av himlen som kan observeras. För att kringgå det har ett av VLT:s delteleskop nyligen försetts med en kraftfull laser som åstadkommer en konstgjord stjärna på himlen, var och när astronomerna behöver den.

För att göra VLT effektivare för interferometri har varje delteleskop utrustats med sitt eget specialdesignade AO-instrument, MACAO, som fokuserar ljuset från avlägsna objekt in i smalast tänkbara strålar.

Med än så länge sju installerade AO-system, en laserledstjärna och möjligheten att koppla samman två eller tre teleskop för interferometri är VLT verkligen världens

mest avancerade markbaserade observatorium.

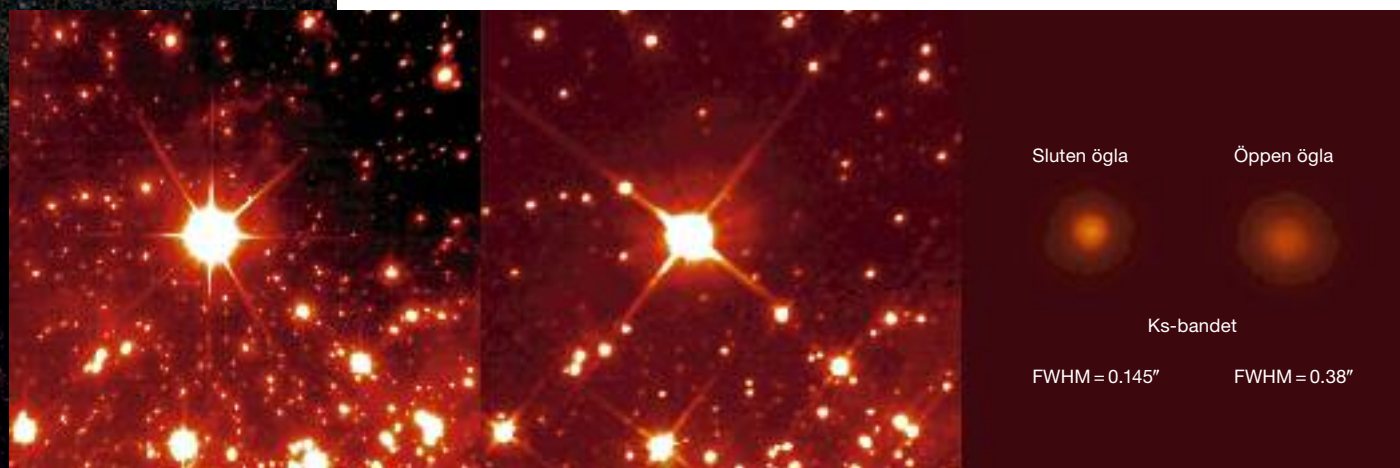
Tillsammans med flera europeiska institutioner utvecklar ESO nu nästa generation adaptiv optik-hjälpmedel för VLT, som instrumentet SPHERE. Detta kommer med sin extremt adaptiva optik att användas för att avbilda och klassificera jättegaserplaneter utanför solsystemet med massor så små som en Jupitermassa. Det är ett viktigt steg mot upptäckt och klassifikation av tänkbart livbärande jordliknande planeter med det framtida europeiska extremt stora teleskopet E-ELT.

VLT:s laserledstjärna

En laserledstjärneapparat användas med AO-instrumenten NACO och SINFONI håller för närvarande på att testas vid VLT. Med detta system projiceras en kraftig laserstråle mot det natriumskikt som finns på 90 km höjd i jordatmosfären, där det uppkommer en konstgjord 'stjärna'. Denna stjärna används av adaptiv optik-systemen för att mäta upp och kompensera för atmosfärisk turbulens över nästan hela himlen.

Laserledstjärneapparaturen är ett samarbetsprojekt mellan ESO, *Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik* i Garching, Tyskland (MPE) och *Max-Planck-Institut für Astronomie* i Heidelberg, Tyskland (MPIA).

En jämförelse mellan en bild tagen från marken med adaptiv optik (till vänster) och en tagen ute i rymden (mitten).



Bilder från VLT

VLT är en unik 'vetenskapsmaskin' vid den astronomiska forskningsfronten. Den åstadkommer också häpnadsväckande och vackra bilder av himlakroppar, som man kan se på detta uppslag.

1 Den majestätiska spiralgalaxen NGC 7424

Den vackra mångarmade spiralgalaxen NGC 7424 ligger omkring 40 miljoner ljusår från oss i stjärnbilden Tranan, och vi ser den nästan rakt uppfifrån. Galaxen är ungefär 100 000 ljusår tvärsöver – ganska lik Vintergatan i storlek.

2 Skapelsens pelare

Denna mosaikbild av Örnnebulosan (Messier 16) är framställd av 144 enskilda bilder. I mitten kan man se det stjärnbildningsområde som kallas Skapelsens pelare.

3 Krabbnebulosan

Den välkända Krabbnebulosan (Messier 1) är rester efter en supernovaexplosion på ett avstånd av omkring 6000 ljusår. Supernovan själv observerades för snart 1000 år sedan, år 1054.

4 Hästhuvudnebulosan

Denna bild visar den berömda Hästhuvudnebulosan, som ligger cirka 1400 ljusår bort i molekylnolskomplexet i Orion. Det är en utstickande stoftarm i södra delen av det täta stoftmolnet Lynds 1630, på gränsen mot H_{II}-regionen IC 434.

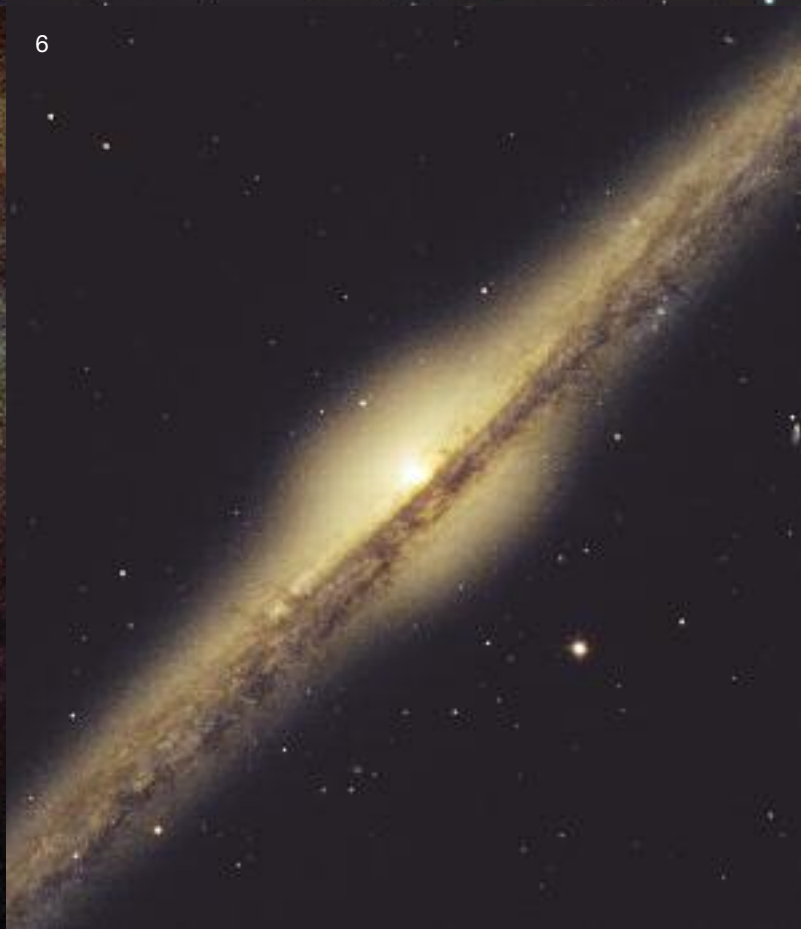
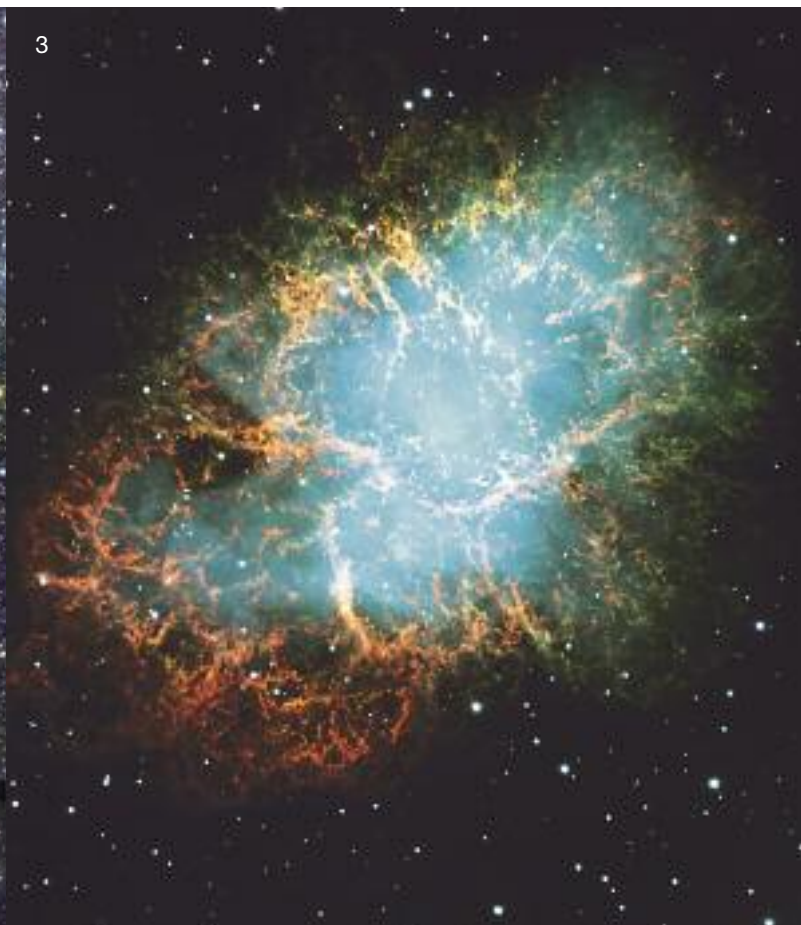
5 Anteckningar på himlen

Denna sammansatta färgbild tagen med FORS1 och Antu (UT1) visar ett himmelsområde nära Chamaleon I-komplexet av ljusa nebulosor och heta stjärnor i stjärnbilden Kameleonten, nära södra himmelspolen. Denna bild togs några dagar innan Paranal invigdes och teleskopet 'överlämnades' till astronomerna den 1 april 1999.

6 Nålgalaxen, NGC 4565

Nålgalaxen, NGC 4565, sågs först av Uranusupptäckaren sir William Herschel (1738–1822) och är ett av de mest välkända exemplen på en spiralgalax sedd rakt från sidan. Den ligger sådär 30 miljoner ljusår bort i stjärnbilden Berenikes hår.





Utforskning av det kalla universum – ALMA

Högt uppe på Chajnantorplatån i Chile Atacamaöken bygger ESO toppmoderna teleskop för att undersöka ljuset från några av universums kallaste kroppar. Detta ljus har våglängder runt en millimeter, mellan infrarött ljus och radiostrålning, och kallas därför millimeter/submillimeterstrålning.

Ljus med sådana våglängder kommer från väldiga kalla moln i den interstellära rymden, med temperaturer bara något tiotal grader över den absoluta nollpunkten, eller från en del av de yngsta och mest avlägsna galaxerna i universum. Astronomerna kan använda det för att studera de kemiska och fysikaliska förhållandena i molekylnmoln – de områden med tät gas och stoft där nya stjärnor föds. Ofta är dessa områden i universum mörka i synligt ljus, men de lyser klart i millimeter- och submillimeterdelen av spektrum.

Millimeter- och submillimeterstrålning öppnar ett fönster mot det gåtfulla kalla universum, men signalerna från rymden absorberas kraftigt av vattenånga i jordatmosfären. Det är därför som teleskop för detta slags astronomi måste byggas på högt belägna, torra ställen, så som den 5 000 m höga platån vid Chajnantor.

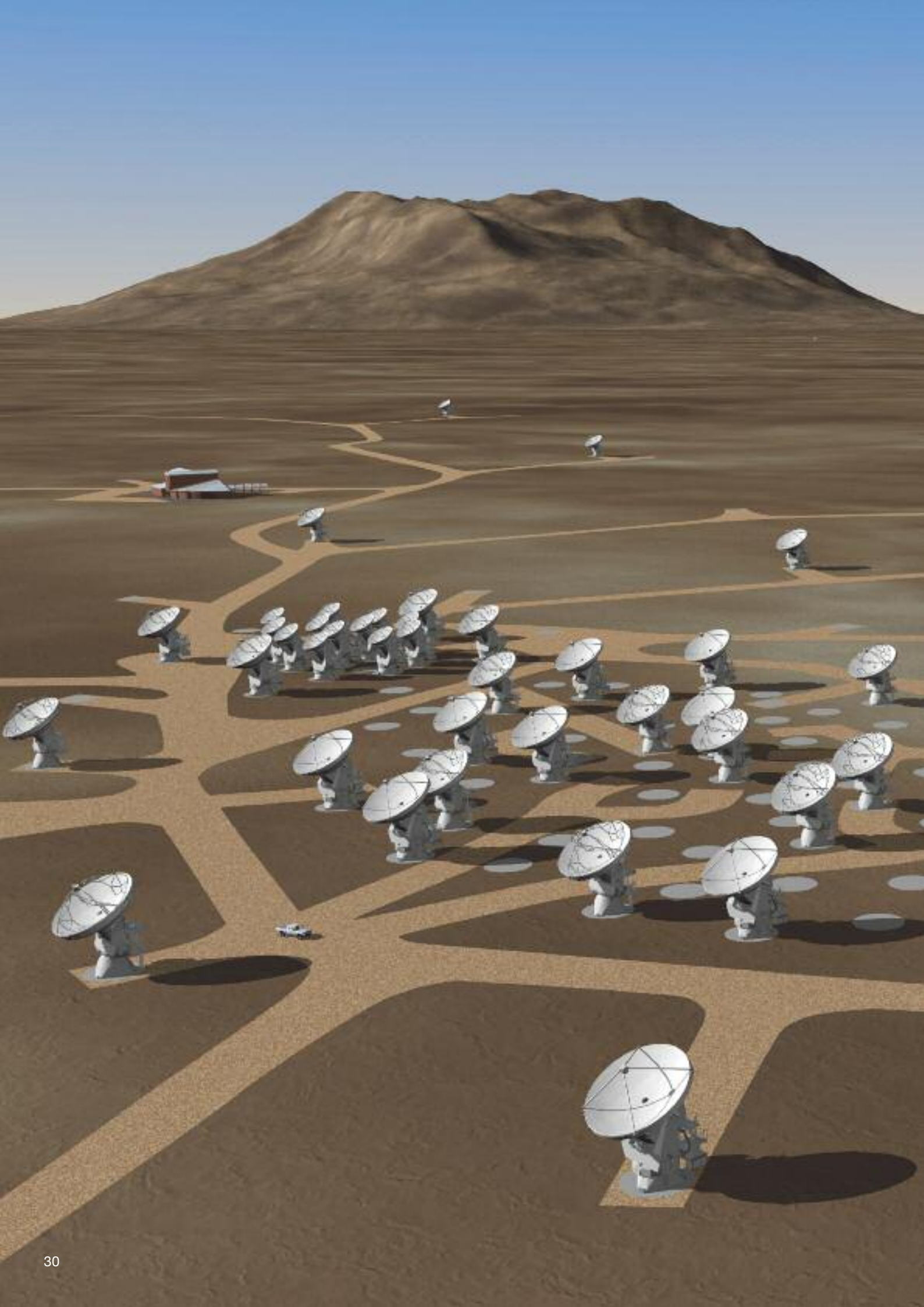
Här bygger ESO tillsammans med sina internationella partner (se sidan 32) ALMA, *Atacama Large Millimeter/submillimeter Array*. Platsen för ALMA ligger runt 50 km öster om San Pedro de Atacama i norra Chile, i Atacamaöknen – ett av de torraste ställena på jorden. Astronomerna får oöverträffade observationsförhållanden, men de måste sköta ett frontobservatorium under mycket svåra villkor. Chajnantor ligger mer än 750 m högre än observatorierna på Mauna Kea och 2 400 m högre än VLT på Cerro Paranal.



Folk vid ESO: Stefano Stanghellini, ALMA:s antennsystemsövervakare

"Jag kommer från Toscana, från en familj där det alltid varit tradition att fara utomlands för att nå sina yrkesmål. Innan jag kom till ESO arbetade jag för *Westinghouse Nuclear International* i Bryssel med kärnkraftverk, och senare flyttade jag till Tyskland för att arbeta med jetmotorer. När jag läste om VLT, utannonserat som en utmaning för Europa och dess ingenjörer, så kände jag att ESO var platsen för mig. När jag ser bakåt skattar jag mig lycklig som fick arbeta för ESO under de otroligt spännande och framgångsrika VLT-åren! Lagandan var enastående, med alla vid ESO i arbete för samma mål. Så stolta vi var när VLT 1998 tog emot sitt Första ljus med strålande resultat: Vi gjorde det!

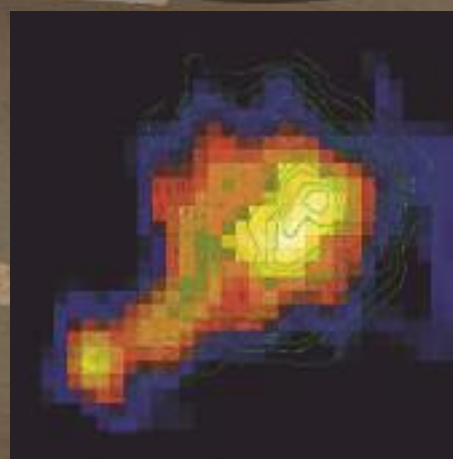
Och nu försöker vi nå samma framgång igen, på en ännu större och mer global skala, med ALMA."



ALMA ska bli ett enda instrument som arbetar vid våglängder mellan 0,3 och 9,6 mm. Dess '12-metersuppställning' får femtio antenner med 12 m diameter, som samarbetar som ett enda teleskop – en interferometer. Därtill kommer en kompletterande 'kompaktuppställning' av fyra 12 m och tolv 7 m antenner. Antennerna kan flyttas över ökenplatån över avstånd från 150 m till 18 km, vilket kommer att ge ALMA en kraftfull variabel 'zoom'. Det blir möjligt att utforska universum vid millimeter- och submillimetervåglängder med tidigare aldrig uppnådd känslighet och upplösning, med en skärpa uppemot tio gånger bättre än Hubbleteleskopets, och så komplettera bilder tagna med VLTi.

ALMA ska förse forskarna med detaljerade bilder av stjärnor och planeter som föds i gasmoln nära solsystemet. Det kan också urskilja fjärran galaxer som bildas i utkanten av det observerbara universum, vilka vi ser som de var för i runda tal tio miljarder år sedan. ALMA öppnar ett fönster mot himmelska ursprung som omfattar både rum och tid, och ger så astronomerna en uppsjö av nya vetenskapliga möjligheter.

Bygget av ALMA ska vara färdigt omkring 2012, men vetenskapliga observationer med en deluppställning ska vara möjliga från 2010.



Ett mörkt moln sett i synligt ljus (överst), nära infrarött (mitten) och submillimeterstrålning (nederst).

I global samverkan

ALMA-projektet är ett samarbete mellan Europa, Östasien och Nordamerika i samverkan med Chile. I Europa stöds ALMA av ESO, i Östasien av Nationella instituten för naturvetenskap i Japan i samarbete med *Academia Sinica* i Taiwan och i Nordamerika av *US National Science Foundation* i samarbete med *National Research Council* i Kanada. Bygget och driften av ALMA leds för Europas del av ESO, för Östasien av Nationella astronomiska observatoriet i Japan och för Nordamerika av *National Radio Astronomy Observatory*, som drivs av *Associated Universities, Inc.*

"ALMA-projektet är en verklig teknisk utmaning, då noggrannheten hos antenntyterna måste ligga inom 25 mikron, riktnoggrannheten inom 0,6 bågsekunder, och antennerna måste kunna flyttas över avstånd av tio kilometer och kunna riktas mot solen. Vi vill tacka ESO för att vi fått förtroendet att möta denna nya utmaning."

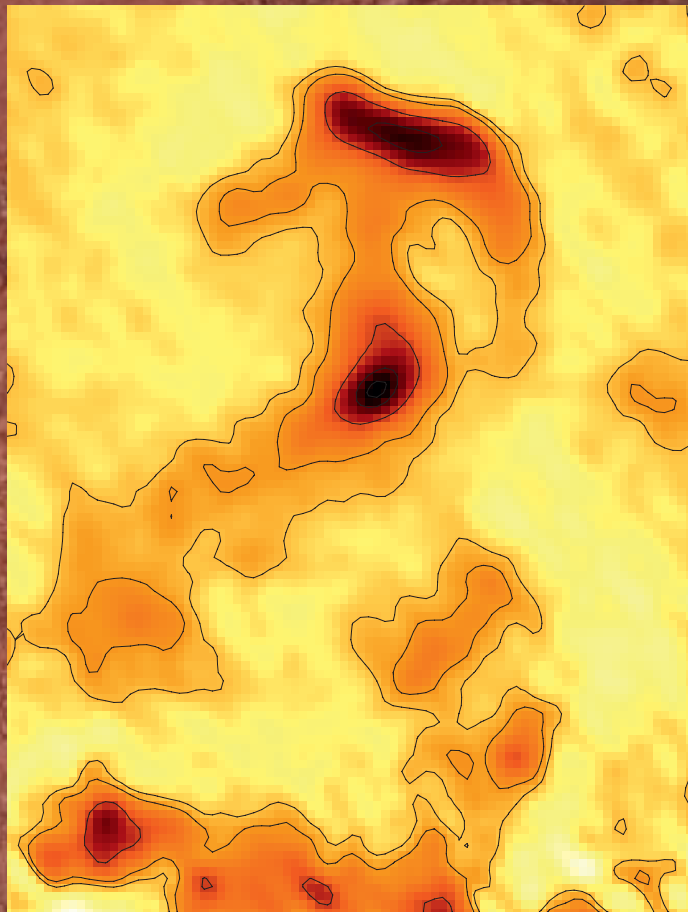
Pascale Sourisse, styrelseordförande och VD vid *Alcatel Alenia Space*

APEX

Under tiden som ALMA byggs upp bedriver astronomerna redan millimeter- och submillimeterastronomi vid Chajnantor med *Atacama Pathfinder Experiment* (APEX). Det är ett 12 m teleskop med modern teknik, baserat på en prototyp till ALMA:s antenner, som står på den plats där ALMA ska stå. Dess optik har modifierats och antenntyngens noggrannhet förbättrats, och det är byggt för att arbeta i våglängdsområdet 0,2 till 1,5 mm.

Astronomerna använder APEX för att studera förhållandena inne i molekyln, som de runt Orionnebulosan eller Skapelsens pelare i Örnnebulosan. De har hittat kolmonoxidgas och komplexa organiska molekyler samt laddade molekyler som innehåller fluor, vilket man aldrig funnit tidigare. Dessa upptäckter ger oss en bättre kunskap om de gasrika 'BB' där nya stjärnor föds.

APEX är ett samarbete mellan *Max-Planck-Institut für Radioastronomie* (tillsammans med *Astronomisches Institut Ruhr-Universität Bochum*), Onsala rymdobservatorium och ESO. Det följer i spåren av *Swedish-ESO Submillimetre Telescope* (SEST), som var i drift på La Silla från 1987 till 2003 i ett samarbete mellan ESO och Onsala rymdobservatorium. SEST arbetade i våglängdsområdet från 0,8 till 3 mm.



APEX-observationer av Håsthuvudnebulosan.



Högeffektivt – Dataflödessystemet



Folk vid ESO: Petra Nass,
User Support Department

"Som *Operations Support Scientist* i Garching är jag länken mellan de astronomer som söker observationstid i '*service mode*' och det lag ESO-astronomer som faktiskt genomför dem i Chile, så att de senare kan åstadkomma bästa möjliga data under optimala förhållanden. Som sådan tror jag verkligen att vi tillhandahåller en *service*. Under de observationsomgångar jag hade för att samla data till min egen doktorsexamen satt jag ensam i ett teleskopkontrollrum uppe på ett berg, med flera bildskärmar framför mig som jag måste titta till och begripa på ögonblicket, som spädde på den stress det innebar att hoppas på de bästa observationsförhållandena. I *service mode* är det inte längre så. Nu utnyttjar jag mina erfarenheter som observatör för att ständigt förbättra det sätt som *service mode* används på och på så vis till och med möjliggöra forskningsprojekt som inte skulle ha kunnat genomföras med det vanliga *visitor mode*, där astronomen observerar själv. Detta utvecklas allt mer; ALMA ska köras i *service mode*, och vi funderar över hur vi ska anpassa oss till det framtida E-ELT."

Driftseffektiviteten hos ESO som observatorium överglänser den hos något annat markbaserat teleskop på jorden. Det uppnås genom en unik kombination av nya driftidéer, ett genomtänkt underhållsschema och ett intrikat, noga planerat system för att lagra, ta fram och utvärdera vetenskapliga och tekniska data.

På 'traditionella' markbaserade astronomiska observatorier ansöker forskarna om observationstid, reser till teleskopen, genomför själva sina observationer och tar med sig data hem till sina institutioner för att göra den slutliga vetenskapliga analysen. Och när data väl har analyserats är de ofta inte tillgängliga för att användas på nytt av andra. Observationstiderna schemaläggs långt i förväg, och även på de bästa platser kan förändringar i vädret ha en negativ effekt på de vetenskapliga resultaten. Allteftersom moderna observatorier blir mer och mer komplexa och byggs på avlägsna platser blir detta sätt att arbeta allt mindre effektivt.

ESO:s dataflödessystem, DFS, har tagits fram för att lösa dessa problem. Det möjliggör såväl traditionella observationer på plats som *service mode*-observationer, där data samlas in av observatoriets personal efter ansökan från berättigade brukare. Alla data sparas i ESO:s vetenskapsarkiv. Efter ett år då de ursprungliga forskarna har ensamrätt till sina data kan andra forskare också få tillgång till dem för egen räkning.

ESO var det första markbaserade observatorium som tog dessa idéer och verktyg i bruk inom ett heltäckande system. Det var också det första markbaserade observatorium som byggde upp och vidmakthöll ett sådant omfattande vetenskapsarkiv, som inte bara innehåller observationsdata, utan också kompletterande information som beskriver observationerna. Inom båda dessa fält förblir ESO världsledande.

Fördelarna är uppenbara. Observationer kan planeras och beställas från en brukares hemmainstitution utan resor till observatoriet. Det minskar risken för misstag och borgar för mycket högre effektivitet. Projekt kan genomföras under de mest lämpade väderförhållandena, så att varje natt utnyttjas på bästa sätt. Krävande



"ESO har revolutionerat verksamheten vid markbaserade astronomiska observatorier med ett nytt heltäckande dataflödessystem, designat för att förbättra överföring och hantering av astronomiska observationer och data över transkontinentala avstånd."

Motiveringen för *ComputerWorld Honors 21st Century Achievement Award*

vetenskapliga program kan också få stora tilldelningar av relativt sällsynta, utmärkta atmosfäriska förhållanden. Mycket pengar kan sparas. Brukarna får förbehandlade data som uppfyller väldefinierade kvalitetsnormer och är klara att analyseras vetenskapligt. Slutligen får brukarna support från ett lag ESO-astronomer som är experter på alla aspekter av DFS-handhavande.

DFS-användandet har medfört en markant ökning i ESO-brukarnas vetenskapliga produktion. Mätt i antal artiklar i expertgranskade tidskrifter är ESO nu ett av världens ledande astronomiska institut.

ESO fick häromåret en fin utmärkelse inom detta område genom att tilldelas *ComputerWorld Honors 21st Century Achievement Award*, ett inom IT-världen välkänt pris.

Alla data som erhålls från ESO:s teleskop lagras liksom de från Hubbleteleskopet i Vetenskapsarkivet, som nu innehåller omkring 60 000 gigabytes (GB) – motsvarande omkring 13 000 dvd:er.

Mer än 24 terabytes (TB) data distribueras varje år, efter omkring 10 000 förfrågningar på nätet. Eftersom detta snart kommer att öka dramatiskt när genomströms-teleskopen VISTA och VST tas i bruk, vilka kommer att producera omkring 100 TB data per år, så installerar ESO för närvarande ett arkiv i petabyteklassen (1000 TB eller en miljon GB!).

ESO:s databasservrar i storföretagsklass fördelas mellan Tyskland och Chile, och deras teknik och komplexitet kan mäta sig med den hos större kommersiella inrättningar som den internationella bankvärlden.

Att dessa arkiv finns möjliggör utvecklandet av ett Astrofysikaliskt virtuellt observatorium.

Större genombrott i teleskop-, detektor- och dator teknik tillåter numera astronomiska genommönstringar att producera enorma mängder bilder, spektra och kataloger. Dessa datasamlingar täcker himlen i alla våglängder från gamma- och röntgenstrålning via synligt och infrarött ljus till radiovågor.

Astronomerna utvecklar sätt att göra ny vetenskap genom att göra den väldiga datamängden i detta 'digitala universum' lättillgängligt. Här används GRID-modellen för databehandlingsspridning, med sammanhängande och lättbegriplig tillgång till data genom 'virtuella observatorier'.

Precis som fysiska observatorier har teleskop, vart och ett med sina egna astronomiska instrument, så har ett virtuellt observatorium datacentraler, var och en med sin egen samling astronomiska data, mjukvara och databehandlingsförmåga.

Denna världsomspännande satsning, med rötter i hela vetenskapssamhället, utvecklas under överinseende av *International Virtual Observatory Alliance* (IVOA).

Virtuella observatorier har redan visat sin effektivitet, till exempel genom upptäckten av 31 nya, i synligt ljus svaga och bortskymda kvasarkandidater i de befintliga fälten hos *Great Observatories Origins Deep Survey* (GOODS), en fyrdubbling mot tidigare antal. Upptäckten innebär att genommönstringar av kraftfulla super-tunga svarta hål hittills underskattat deras antal med åtminstone en faktor två, kanske till och med fem.

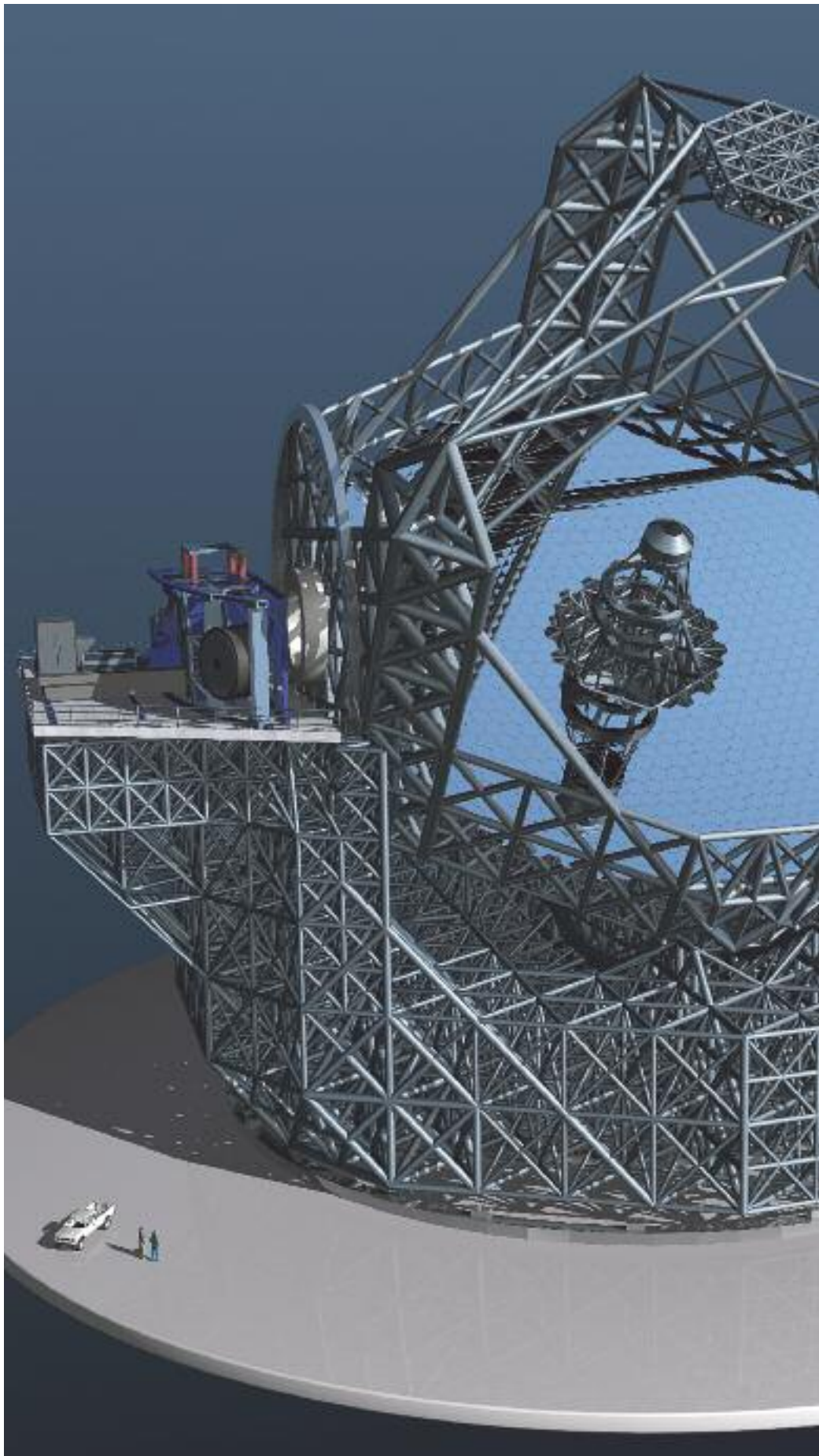


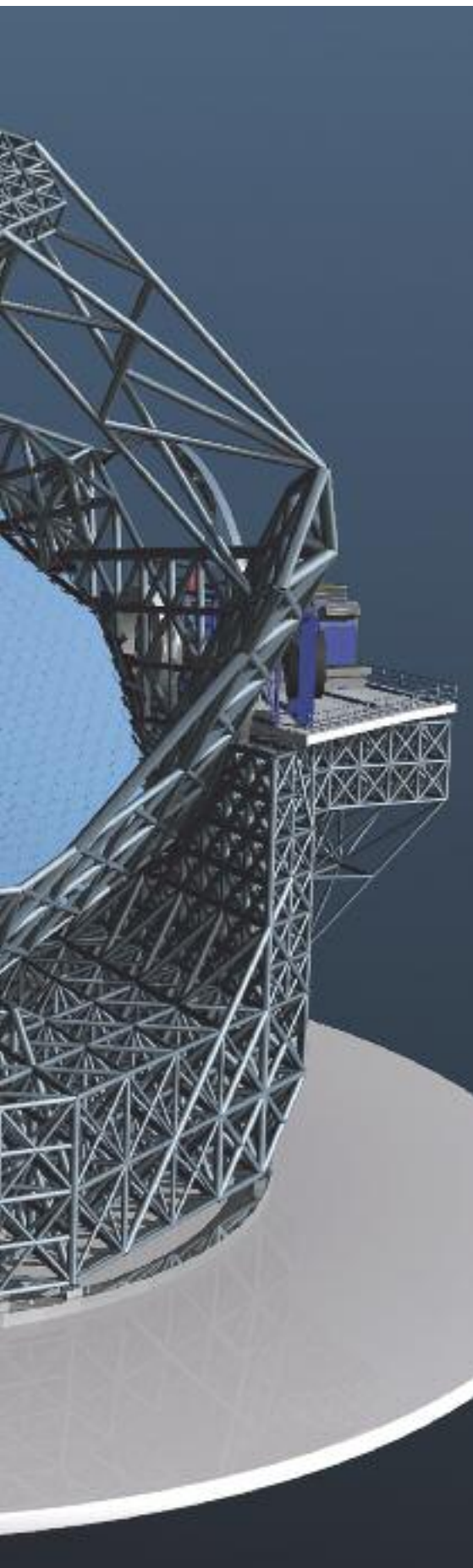
Framtida projekt – E-ELT



Folk vid ESO: Marc Sarazin,
E-ELT Site Surveyor

"Jag kom till ESO som ingenjör/fysiker för mer än 20 år sedan, för att hjälpa till med att välja ut den bästa platsen för det då planerade *Very Large Telescope*. Något omvälvande höll på att ske inom astronomin. Tidigare kunde man inte alltid fullt utnyttja möjligheterna hos en bra observationsplats, men tack vare förbättringarna av teleskopet ändrades det. Genom att förstå atmosfären kunde vi välja den bästa platsen och få ut bästa möjliga vetenskap ur teleskopet. Det tog oss omkring tio år att välja rätt förutsättningar och hitta den idealiska platsen för VLT på Paranal. Nu försöker vi hitta bästa stället för E-ELT. För detta ändamål undersöker vi på ESO fyra olika platser. Men vi delar informationen med våra amerikanska kollegor, som tittar på samma antal andra platser för sitt projekt. Och då fjärranalysen har utvecklats fantastiskt har fältarbetet minskat och kompletterats med fjärranalys av en otrolig mängd tillgängliga data. Vi är säkra på att till sist hitta den mest lämpade platsen för denna enastående anläggning."





Dagens generation av teleskop i 8–10 m-klassen, som ESO:s VLT, låter astronomerna studera universum på sätt som bara inte gått tidigare, och det leder till nya, utmanande forskningsfrågor. För att ta tag i dessa frågor planeras för närvarande en ny generation av extremt stora teleskop (ELT, *Extremely Large Telescopes*) med diametrar på 30 m eller mer. Sådana teleskop kan med tiden revolutionera vår uppfattning av universum lika mycket som Galileis teleskop gjorde.

Dessa framtida jättar antas komma att tas i bruk under åren 2015–2020. De ska ta sig an sin tids vetenskapliga utmaningar, däribland att blicka in i universums 'mörka tidsålder' – dess första hundratal miljoner år – och att leta reda på jordliknande planeter i de beboeliga zonerna runt andra stjärnor.

ESO har byggt upp en påtaglig sakkunskap när det gäller att utveckla, anpassa och använda stora astronomiska teleskop på avsides belägna platser. Därtill har ESO i många år varit engagerat i förstudier av ett extremt stort optiskt och infrarött adaptivt teleskop.

Denna sakkunskap utgör ryggraden i ansträngningarna att utveckla ett extremt stort teleskop åt Europas astronomer, kallat E-ELT. Med ett grundläggande utkast – ett teleskop med en 42 m sammansatt primärspiegel – färdigt vid slutet av 2006 har nu arbetet med den slutliga utformningen av detta instrument börjat, med avsikten att ha E-ELT-observatoriet i gång omkring 2018. Samtidigt utvecklas nödvändig teknik av ett stort konsortium av europeiska institutioner och högteknologiska industriföretag inom *ELT Design Study*, med ESO och Europakommissionen som huvudsakliga grundare.

Med en diameter av 42 m och sin adaptiva optik kommer E-ELT att vara mer än etthundra gånger känsligare än dagens största optiska teleskop, som de två 10 m Keckteleskopen eller VLT:s 8,2 m-teleskop.

"Extremt stora teleskop ses världen över som något av det viktigaste för markbaserad astronomi. De kommer att avsevärt vidga vårt astrofysikaliska vetande och möjliggöra detaljstudier av bland annat planeter runt andra stjärnor, de första himlakropparna i universum, supertunga svarta hål och egenskaper och fördelning av den mörka materia och mörka energi som dominerar universum. Det europeiska projektet för ett extremt stort teleskop kommer att vidmakthålla och förstärka Europas plats vid den astrofysikaliska forskningsfronten."

The European Roadmap for Research Infrastructures, ESFRI rapport 2006





Fjärran galaxer kommer att tyckas ligga på vår bakgård och så ge oss en oförvanskad bild av stjärnbildningens historia under större delen av universums tillvaro.

I december 2004 lade ESO:s styrelse som ESO:s viktigaste framtidsmål fast "bevarandet av Europas ledande ställning och höga klass inom astronomin i en tid för extremt stora teleskop (ELT)", samt önskade att "bygget av ett ELT på en konkurrenskraftig tidsskala ska angripas genom radikal strategisk planering".

Efter en grundlig internationell granskning i oktober 2005 av ett första utkast – projektet OWL – genomförde ESO:s projektavdelning under 2006 en ny studie, framtagen med hjälp från mer än 100 astronomer, för att noggrant utvärdera prestanda, kostnader, tidsschema och risker. I november 2006 underkastades resultaten grundliga diskussioner mellan över 250 europeiska astronomer vid en konferens i Marseille. Deras entusiastiska mottagande beredde vägen för beslutet från ESO:s styrelse att gå vidare till en detaljerad utformning av hela anläggningen. Denna slutstudie beräknas ta tre år, varefter bygget kan påbörjas. Kostnaden för E-ELT uppskattas nu vara omkring 800 miljoner €.

Det är en väldig utmaning att utforma, bygga och driva ett teleskop på 30 till 60 m. Att extrapolera tekniska lösningar för ljusinsamlande element från 10 m diameter till 30 m eller mer, och samtidigt erhålla en utmärkt bildkvalitet över ett någorlunda stort bildfält, medför en del problem. ESO arbetar tillsammans med över trettio europeiska vetenskapliga institutioner och högteknologiska företag för att ta fram de viktiga tekniker som krävs för att göra ELT genomförbart till rimlig kostnad under de närmaste 5–10 åren. Två synnerligen viktiga aspekter på utvecklandet av E-ELT är kontrollen av precisionsoptiken hos detta väldiga teleskop samt konstruktionen av en effektiv uppsättning instrument som låter astronomerna uppnå E-ELT:s ambitiösa vetenskapliga mål.

Vad beträffar instrumenteringen är målet att skapa en flexibel uppsättning instrument som ska kunna handskas med den mångskiftande mängd vetenskapliga frågor som astronomerna vill se lösta under kommande decennier. Förmågan att observera över ett stort våglängdsintervall från synligt ljus till måttligt långvågigt infrarött, med instrument för många brukare, låter forskarna utnyttja teleskopets storlek fullt ut. Det kan bli en utmaning att på ett smidigt sätt anpassa instrumenten till de aktiva och adaptiva kontrollsyste- men. ESO ska samordna utvecklandet av omkring fem instrument i en första omgång, till en uppskattad materialkostnad av 86 miljoner €. Det kräver också en rejäl investering i mänskligt kunnande, och att leda dessa projekt med en skara samarbetande institutioner blir en utmaning i sig. Bara genom att tillgodogöra sig Europas samlade intellektuella resurser kan detta utvecklingsarbete lyckas, som det gjorde för uppsättningen instrument för VLT.

En revolutionär idé

Den grundläggande tanken är nu ett teleskop med en spegel med 42 m diameter, och den är omstörtande. Primärspeglarna är sammansatt av 906 delar, var och en 1,45 m tvärs över, medan sekundärspeglarna är så stora som 6 m i diameter. För att komma förbi den suddighet hos bilderna av stjärnorna som beror på luftturbulens måste teleskopets optik ha adaptiva speglar, så en tredje spegel, 4,2 m i diameter, sänder ljuset vidare till systemet med adaptiv optik, vilket består av två speglar: en på 2,5 m stödd på 5000 eller fler ställdon så att den kan ändra form tusen gånger per sekund, och en på 2,7 m som möjliggör de slutliga bildkorrektionerna. Denna femspegelslösning resulterar i en exceptionell bildkvalitet utan påtagliga bildfel i synfältet.

Att etablera samarbete



EIROforum

En centraluppgift för ESO är att stödja samarbete inom astronomin. ESO har spelat en avgörande roll för att etablera en så kallad *European Research Area* för astronomi och astrofysik.

Varje år forskar tusentals astronomer från medlemsländerna och utanför dessa med hjälp av data som samlats in vid ESO:s observationsplatser. Astronomer bildar ofta internationella forskarlag med deltagare från flera länder. Deras resultat publiceras i många hundra vetenskapliga artiklar varje år.

ESO har ett omfattande program för *fellows* (unga astronomer med doktorsexamen) och studenter, och bidrar på så vis till de europeiska forskarnas rörlighet. Äldre forskare från medlemsländerna och andra länder arbetar tidvis som gästforskare på ESO:s anläggningar. Därtill har ESO ett livaktigt program med internationella konferenser över teman från astronomin och teknikens frontlinjer, samt bidrar med logistiskt stöd till den internationella tidskriften *Astronomy & Astrophysics*.

För att kunna tillhandahålla brukarna allt bättre teleskop och instrument har ESO ett nära samarbete med ett stort antal europeiska högteknologiska industrier. Europeisk industri spelar verkligen en väsentlig roll för att förverkliga ESO-projekt. Utan det aktiva och entusiastiska deltagandet från kommersiella partner från alla medlemsländer och Chile skulle sådana projekt inte vara möjliga.

Även när det gäller teknisk utveckling uppehåller ESO nära kontakter med många forskargrupper vid universitetsinstitutioner i och utanför medlemsländerna. Så är astronomer i medlemsländerna högst delaktiga i planerandet och framtagandet av vetenskapliga instrument för VLT/VLTI och för ALMA, såväl som för andra existerande eller planerade teleskop. Instrumentutveckling erbjuder viktiga tillfällen för framstående nationella forskningscentra att dra till sig många unga forskare och ingenjörer.

ESO är medlem i EIROforum, samarbetsorgan för de sju europeiska mellanstatliga forskningsorgan som driver större forskningsanläggningar. Både direkt och genom EIROforum har ESO nära och fruktbara kontakter med Europakommissionen. På så sätt har man kunnat starta gemensamt finansierade projekt inom teknisk utveckling, utbildning av unga forskare, vetenskapsundervisning i europeiska skolor och diverse samverkansaktiviteter.

"Europa behöver samla sina krafter för att nå den nödvändiga kritiska massan av resurser, sakkunskap och hög vetenskaplig kvalitet. Jag välkomnar EIROforums engagemang för våra gemensamma mål."

Janez Potočnik, Europakommissionär för vetenskap och forskning



Janez Potočnik, Europakommissionär för vetenskap och forskning, då EIROforums skrift om vetenskapspolitik presenterades.



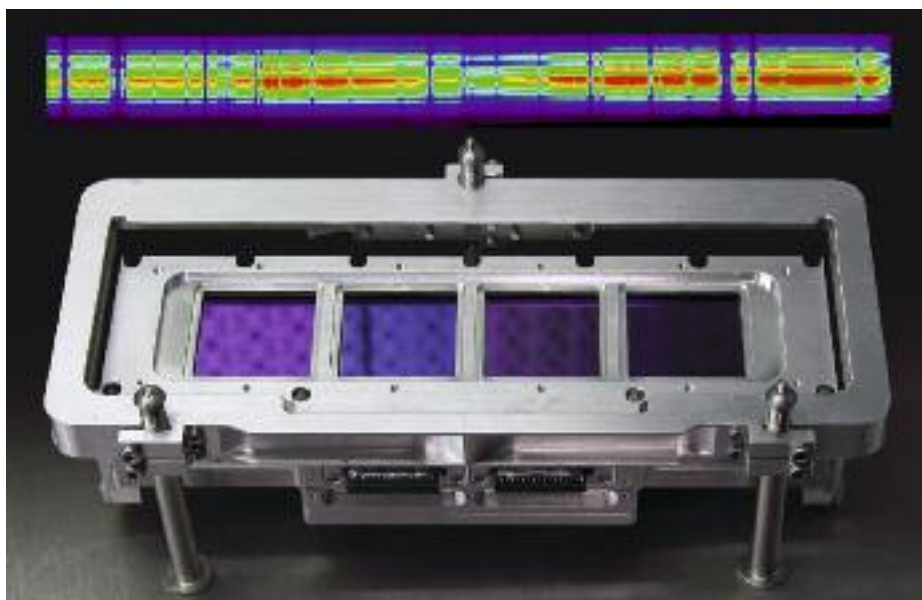
Teknikspridning

Astronomin har en stark tradition av att ta fram ny teknik, som i många fall senare kommer till mer allmän användning.

ESO:s forskare och ingenjörer arbetar aktivt tillsammans med kollegor från Europas industrier och andra europeiska forskningsinstitutioner för att utveckla väsentlig teknik för framtiden. Teknikspridningen ökar värdet av ESO:s forsknings- och utvecklingsarbete för hela samhället, och i synnerhet i ESO:s medlemsländer.

En del av dessa forsknings- och utvecklingsaktiviteter rör nya optomekaniska och optoelektroniska system samt styrning av tung utrustning med extremt hög noggrannhet. Andra handlar om hårdvara och mjukvara för komplexa teleskop och instrument, matematiskt avancerad bildanalys samt bästa möjliga handhavande, arkivering och åtkomst av extremt stora datamängder. ESO utvecklade den omvälvande 'aktiva optiken' och spelade en viktig roll för att utveckla 'adaptiv optik'

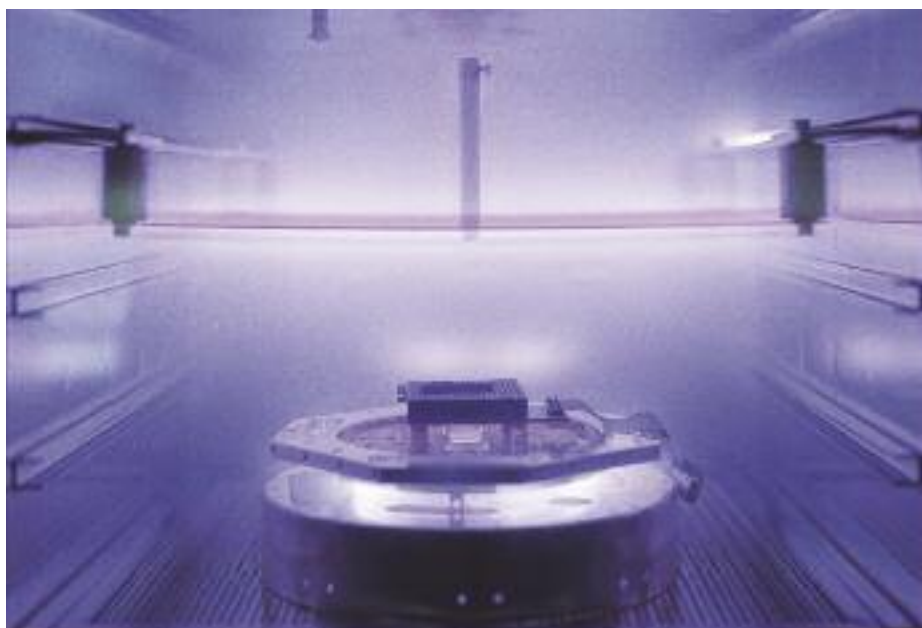
för civilt bruk. AO-system är inte bara av största vikt för nästa teleskopgeneration, utan ingår numera i optisk ingenjörsvksamhet i allmänhet. Så används till exempel numera teknik för vågfrontsavgäckning i modern medicin tillsammans med laserkirurgi för att rätta till högre ordningars avbildningsfel i ögat.



Vid teknikens frontlinje

Bland de många tekniska innovationer som har utvecklats hos ESO, utöver befintliga gränser eller i nya kombinationer, kan man märka:

- Aktiv optik
- Stora metallråännen
- Shack-Hartmanns vågfrontssensorer
- Realtidsprocessorer
- Fiberlasrar
- Tidsreferenssystem
- Dataarkivsystem
- Virtuella observatorier
- Kryogeniska lager
- Termiskt kontrollerade skåp



Under de senaste 20 åren har ESO samlat en påtaglig praktisk erfarenhet beträffande utformning och användning av kryostat med flytande kväve avsedda för ccd-detektorer. Under den tiden har ESO utvecklat en standardkryostat-design som används på många ställen inom organisationen. Eftersom denna teknik har vidare användningsområden tecknade ESO 1999 ett avtal med den franska firman SNLS om licenstillverkning och -försäljning av ESO:s vakuumkärl.

ESO:s utbildningsprogram



Då den inbegriper många olika ämnesområden och röner ett stort intresse från allmänheten kan astronomin spela en viktig roll i modern naturvetenskapsundervisning. De häpnadsväckande resultaten från ESO:s teleskop är ovärderliga för naturvetenskapslärare.

ESO:s utbildningsprogram syftar till att stimulera intresset för naturvetenskap, i synnerhet astronomi och astrofysik, bland europeisk ungdom. Med sin internationella dimension kompletterar de vad som görs av nationella utbildningsmyndigheter, universitet och enskilda skolor och lärare. ESO deltar också aktivt i *European Association for Astronomy Education (EAAE)*.

ESO har varit en drivande kraft bakom åtskilliga ambitiösa utbildningstestprogram, ofta genomförda i samarbete med bland andra Europakommissionen, såsom projekten *The Future Astronomers of Europe*, *Astronomy On-Line* och *Sea & Space*, vilka alla genomfördes inom ramen för de europeiska vetenskaps- och teknikveckorna.

Dessa insatser fortsätts och stärks genom gemensamma aktiviteter inom EIROforum, med program som riktar sig till skolbarn som *Life in the Universe* och *Sci-tech – couldn't be without it!* och programmen *Physics on Stage* och *Science on Stage*, som vänder sig till Europas naturvetenskapslärare. Tillsammans med sina partner i EIROforum ger ESO också ut Europas första internationella tidskrift för undervisning i olika slags naturvetenskap, *Science in School*.

"Astronomin bör bidra till medvetandet att, i ett komplext samhälle där naturvetenskap och teknik förekommer rikligt, en naturvetenskaplig utbildning är väsentlig för de val som varje medborgare måste göra under ett demokratiskt liv. För övrigt bör eleverna känna att jorden är en underbar plats i universum som måste tas väl om hand och skyddas."

EAAE:s stiftelsesdeklarationn

Varje år anordnar ESO en astronomitävling för elever. Den kallas *Catch a Star!* och passar alla åldrar och förmågor. De yngsta deltar med en teckning, medan andra inbjuds att skriva en uppsats om ett självvalt astronomiskt ämne.

ESO producerar också i samarbete med ESA en serie astronomiska övningar, som finns tillgängliga på många olika språk. Dessutom har ESO skapat en uppsättning vackert illustrerade planscher över solsystemet.

Nyligen har ESO påbörjat ett nytt ämnesövergripande undervisningsprojekt som riktar sig till högstudier och gymnasier, utgående från *Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA)*.



Att arbeta vid ESO

Att arbeta vid ESO innebär utmanande och stimulerande arbete i en internationell miljö med modernaste teknik och vetenskaplig forskning vid frontlinjen.

Folk vid ESO är anställda som internationell stab, lokal stab, *fellows*, *associates* och studenter.

De som tillhör den internationella eller lokala staben representerar ett brett spektrum av yrken från forskare till ingenjörer, tekniker och administrativ personal.

Fellows är unga forskare med doktorsexamen som anställs av organisationen för att stödja deras vetenskapliga karriärer. ESO tillhandahåller toppmodern

utrustning för astronomiska observationer och möjligheten att få praktisk erfarenhet under aktivt genomförande av ett forskningsprogram.

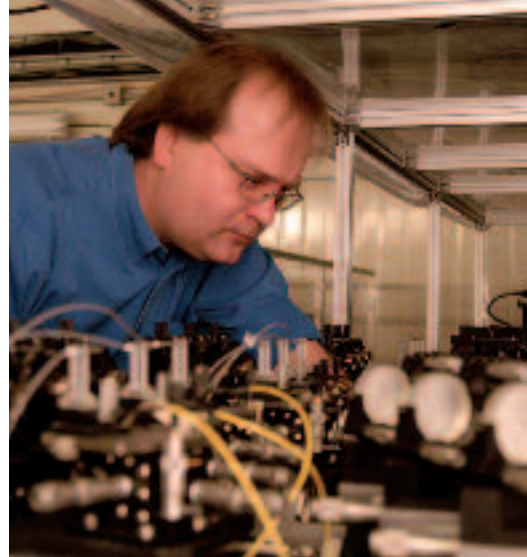
Associate-personal arbetar med korttidskontrakt hos ESO för att utföra vissa uppgifter inom forskning eller teknisk eller administrativ support.

Studenter (under forskarutbildning) kan tillbringa upp till två år vid ESO inom ramen för studentprogrammet. Det syftar till att ge möjligheter att förstärka forskarutbildningen vid universitet i ESO:s medlemsländer. Studentplatser finns både vid *ESO Headquarters* i Garching och i Chile vid *Vitacura Headquarters*.



Folk vid ESO: Jean-Michel Bonneau, chef för ESO:s finansavdelning

"Innan jag fick tjänst hos ESO 1996 arbetade jag på många olika områden som *Finance Controller* – från vinterolympiaden 1992 i Albertville till ett musikföretag i Provence i Frankrike. Jag är glad att jag flyttade till ESO med chansen att arbeta för en organisation med unika astronomiska projekt omfattande åtskilliga hundra miljoner euro, som uppenbart kräver personal som specialiserat sig på bokföring och finansiell verksamhet. I finansavdelningen förvissar vi oss om att de finansiella resurserna används för de ändamål och enligt de regler som ESO:s styrande enheter definierat. Vi tänker ständigt på att de återkommande anslagen från ESO:s medlemsländer har gjort det möjligt att förverkliga de utomordentliga anläggningar som nu är tillgängliga för forskarsamhället."





ESO är

- världsledande på markbaserad optisk astronomi;
- en mötesplats för medlemsländernas forskare och en katalysator för nydanande idéer;
- en verksam organisation med stora framtidsprojekt för nästa generation forskare;
- en aktiv partner till industrin;
- en aktiv partner inom vetenskaplig utbildning;
- en kulturell och vetenskaplig bro mellan Europa och Chile;
- ett gott exempel på framgångsrikt europeiskt samarbete.

För att få ytterligare information

ESO Headquarters
Public Affairs Department
Karl-Schwarzschild-Straße 2
85748 Garching bei München
Tyskland
Tel +49 89 320 06-2 76
Fax +49 89 320 23 62

information@eso.org
www.eso.org

www.eso.org

