

ESO

Europæisk
Syd
Observatorium

Mod Astronomiens nye Højder





ESO og Astronomi

Astronomien er den ældste af naturvidenskaberne. Mælkevejens bue over himlen en klar og mørk nat har været ærefrygtindgydende for generationer af mennesker i alle historiske tidsperioder og kulturer i fortiden og nutiden.

Idag er astronomi en af de mest dynamiske naturvidenskaber. Astronomerne bruger avancerede teknologier og udspekulerede teknikker til at studere himmelobjekter på grænsen til det observerbare Univers, til at finde exoplaneter i kredsløb om andre stjerner og til at udforske mange andre himmellegemer i så fine detaljer, som det aldrig før har været muligt.

Vi er på nippet til at kunne besvare nogle af menneskehedens mest grundliggende spørgsmål: Hvor kommer vi fra? Er der liv andre steder i Universet? Hvordan dannes stjerner og planeter? Hvordan udvikler galakserne sig? Hvad består Universet af?

Det Europæiske Syd Observatorium (European Southern Observatory — ESO) er Verdens førende internationale astronomiorganisation. ESO har et yderst ambitiøst arbejdsprogram, hvor

der er focus på design, bygning og drift af banebrydende jordbaserede observatorier. For at opfylde disse mål, bygger ESO på konstruktive partnerskaber imellem den videnskabelige verden og industrien, og i nogle tilfælde også med andre partnere over hele Verden.

Hvert år modtager ESO forslag til, hvad ESOs teleskoper kan bruges til, i et omfang, som svarer til imellem tre og fem gange mere observationstid, end der er nætter til rådighed! Den overvældende efterspørgsel efter observations-tid er en af grundene til, at ESO driver Verdens mest produktive jordbaserede observatorier. Hver eneste dag offentliggøres der i gennemsnit knapt tre videnskabelige høj-kvalitetsartikler, som er baseret på data indhøstet af ESO. I disse forskningsartikler fortælles der om nogle af de mest bemærkelsesværdige opdagelser i astronomien, og ESO er fast besluttet på fortsat at følge op på dette ved i fremtiden at understøtte historiens mest ambitiøse astronomiprojekt; opbygningen af Extremely Large Telescope.

Xavier Barcons
ESO Generaldirektør



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

Hele himmelområdet fra stjernebilledet Skytten (Sagittarius) til Skorpionen (Scorpius).

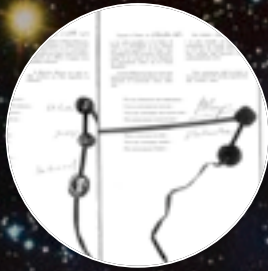


ESO/B. Tafreshi (twanight.org)

Fra Paranal rækker vi ud imod stjernerne.

ESO/J. Girard

Højdepunkter i ESOs historie



5. oktober 1962

ESO-konventionen bliver underskrevet af de stiftende medlemmer Belgien, Frankrig, Vesttyskland, Nederlandene og Sverige.



6. november 1963

Chile vælges som værtsland for ESO observatoriet, og den gensidige aftale *Convenio* (også kaldet *Acuerdo*) imellem Chile og ESO underskrives.



30. november 1966

ESOs første teleskop i Chile, ESO 1-meter teleskopet på La Silla har "First light".



23. marts 1989

"First light" for New Technology Telescope.



25. maj 1998

"First light" for det første af VLTs Unit Teleskoper (UT1), Antu.



17. marts 2001

"First light" for VLTI, Very Large Telescope Interferometer.



8. juni 2011

De første billeder fra VLT Survey Teleskopet.



30. september 2011

ALMA påbegynder de første videnskabelige observationer, og det første billede herfra bliver offentliggjort.



5. oktober 2012

ESO fejrer sit 50 års jubilæum.

Infrarødt billede af Carinatågen, optaget med kameraet HAWK-I på VLT.



7. november 1976

ESO 3,6 meter teleskopet har "First light".



5. maj 1981

Indvielse af ESOs hovedkvarter i Garching i Vesttyskland.



22. juni 1983

MPG/ESO 2,2 meter teleskopet har "First light".



11. februar 2003

"First light" for instrumentet High Accuracy Radial velocity Planet Searcher (HARPS), som er monteret ved ESOs 3,6 meter teleskop på La Silla-observatoriet.



14. juli 2005

"First light" for submillimeter Atacama Pathfinder Experiment (APEX).



11. december 2009

VISTA, det banebrydende infrarød-kortlægningsteleskop starter på sit arbejde.



19. juni 2014

Første spadestik til Extremely Large Telescope (ELT).



26. maj 2017

Grundstensnedlæggelsen for ELT overværes af Chiles præsident Michelle Bachelet Jeria.



Fremtiden

Terabytes af astronomiske data strømmer ud til astronomerne i ESOs medlemslande, og nye opdagelser følger i en tæt strøm...

ESO-anlæggene

I det nordlige Chile, som blandt andet omfatter Atacamaørkenen, er himlen usædvanligt klar og mørk i 300 nætter om året. Her har man et fantastisk udblik over den sydlige himmelhalvkugle med blandt andet Mælkevejens centralområder og de to Magellanske Skyer.

Chajnantorhøjsletten

Med en beliggenhed 5000 meter over havet er Chajnantorhøjsletten et af de højstbeliggende områder i Verden, som bruges i astronomiens tjeneste. Her hører Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA) hjemme. ALMA er et samarbejde imellem ESO, Nordamerika, Østasien og Chile. I nærheden findes også Atacama Pathfinder Experiment (APEX), som er et 12-meter teleskop beregnet til at observere i bølgelængdeområderne millimeter og sub-millimeter.

Cerro Paranal

2600 meter over havet, 130 kilometer syd for Antofagasta og 12 kilometer inde i landet fra Stillehavskysten i det nordlige Chile finder vi Very Large Telescope i et af de tørreste områder på Jorden. VLT er en samling af fire store Unit-teleskoper og fire flytbare hjælpeteleskoper; Auxiliary Telescopes eller AT, hver med en diameter på 1,8 meter. De danner tilsammen VLT – VLT Interferometeret. Desuden er der på Paranalbjerget opstillet to oversigtsteleskoper; VST og VISTA.

Cerro Armazones

Her er Extremely Large Telescope med en diameter på 39 meter under bygning. Stedet er bare 23 kilometer fra Paranalobservatoriet, og det nye store teleskop bliver med tiden integreret i resten af Paranal's logistikområde.

Vitacura, Santiago de Chile, Chile

ESOs kontor i Santiago er et aktivt center for uddannelse af nye generationer af forskere, og herfra støtter vi samarbejdet imellem europæiske og chilenske forskere.

Der foregår stjernedannelse her i Gum 15 området. Billedet er optaget med MPG/ESO 2,2 meter teleskopet.



La Silla

ESOs første observatorium er opført 2400 meter over havet og 600 kilometer nord for Chiles hovedstad Santiago. På observatoriet findes flere optiske teleskoper med diametre op til 3,6 meter. ESOs 3,6 meter-teleskop huser nu Verdens førende exoplanetjægerinstrument HARPS (High Accuracy Radial velocity Planet Searcher).

Hovedkvarteret, Garching, Tyskland

ESOs hovedkvarter er i Garching nær München i Bayern i Tyskland. Her findes ESOs videnskabelige, tekniske og administrative centrum. Meget vigtig er teknikbygningen, hvor ESOs mest avancerede instrumenter udvikles, bygges, samles, afprøves og opgraderes. Her findes også et af de største computerlagre med astronomiske data, og desuden ESO Supernova Planetarium & Visitor Centre.

Videnskabelige landvindinger fra ESO

De ti største astronomiske opdagelser fra ESO

1 | Stjerner i kredsløb om Mælkevejens supertunge sorte hul

For at skaffe det mest detaljerede overblik over nærområdet lige udenfor det supertunge sorte hul — et 'monster', som skjuler sig i Mælkevejens centrum — er flere af ESOs store teleskoper brugt over længere tid.



2 | Det accelererende Univers

To uafhængige forskerhold har brugt observationer af supernovaer, blandt andet optaget med ESOs teleskoper på La Silla og Paranal, til at vise, at Universets udvidelse accelererer. Nobelprisen i fysik for 2011 gik til disse forskere.



3 | Planet fundet i den beboelige zone omkring den næstnærmeste stjerne Proxima Centauri

Det tog sin tid at finde den verden, som har fået betegnelsen Proxima b. Den kredser omkring sin kolde røde moderstjerne på bare 11 dage, og den har en temperatur, som svarer til, at der kan findes flydende vand på overfladen. Den fundne klippeplanet har en lidt større tæthed end Jorden, og det er vores nærmeste nabo blandt exoplaneterne — og oven i købet kan den vise sig at være det nærmeste sted udenfor Solsystemet, hvor der er liv.



4 | Epokegørende ALMA-billede afslører planetdannelse

I 2014 viste Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA) et planetsystem under dannelse i bemærkelsesværdige detaljer. Det var billeder af HL Tauri, som er de skarpeste, som nogensinde er optaget i submillimeterbølglængder. Billederne viser, hvordan planeter under dannelse samler støv og gasarter ind, og skaber en protoplanetarisk skive omkring stjernen.

5 | Første billede af en exoplanet

VLT har taget det første billede nogensinde af en planet udenfor Solsystemet. Det er en planet fem gange tungere end Jupiter, og den kredser om en stjerne, som lige netop ikke var tung nok til at starte kerneomdannelsen i dens indre — en brun dværg. Afstanden imellem planeten og stjernen er 55 gange større end afstanden imellem Jorden og Solen.





SDSS

6 | Mælkevejens ældste kendte stjerne

Ved hjælp af VLT har astronomer målt alderen for den ældste kendte stjerne i vores egen galakse. Stjernen, som er 13,2 milliarder år gammel, blev dannet i den første periode med stjernedannelse i Universet. Der er fundet uran i stjernen, som er dannet imens selve Mælkevejen stadig var under dannelse, og det grundstof blev brugt til at give en uafhængig vurdering af Mælkevejens alder.



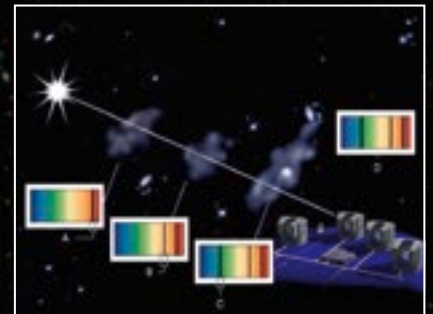
ESO/L. Calçada

7 | Direkte målinger af spektrer for exoplaneter og deres atmosfærer

For første gang er atmosfæren omkring en exoplanet af super-Jord typen blevet analyseret, og det er sket ved hjælp af VLT. Det er exoplaneten GJ 1214b, som blev observeret mens den var på vej ind foran sin stjerne, så noget af stjernelyset passerede skråt igennem exoplanetens atmosfære. Enten består atmosfæren mest af vand i form af vanddamp, eller også er den fyldt med tykke skyer eller dis.



ESO/N. Bartmann/spaceengine.org



8 | Uafhængig måling af den kosmiske temperatur

VLT har for første gang detekteret kuliltemolekyler i en galakse, som vi ser, som den så ud for næsten 11 milliarder år siden. Det er noget, som man først har haft held med efter 25 års arbejde. Resultatet har gjort det muligt for astronomerne at beregne den præcise kosmiske temperatur for så længe siden.

9 | Rekordholderen blandt planetsystemer

Med hjælp fra teleskoper både i rummet og på Jorden; blandt andre VLT, har astronomerne fundet et exoplanetsystem med hele syv jordlignende planeter, og 'bare' 40 lysår borte. Planeterne kredser om en ultrakold stjerne, som har betegnelsen TRAPPIST-1. Tre af exoplaneterne ligger i den beboelige zone, og det øger sandsynligheden for, at der kan være liv i dette exoplanetsystem. Det er både det system med det største kendte antal jordlignende planeter, og det med det største antal af slagsen, hvor der kan findes flydende vand på overfladen.



10 | Gammastråleudbrud — og forbindelsen til supernovaer og til neutronstjerner, som smelter sammen

Det er med ESO-teleskoper, der er fundet klart bevis for, at de langvarige gammastråleudbrud har forbindelse med eksplosionerne, som afslutter tilværelsen for de tunge stjerner. Det er løsningen på en længe kendt gåde. Desuden har det danske 1,54 m teleskop på La Silla for første gang observeret synligt lys fra et af de kortvarige gammastråleudbrud. Det viser os, at denne type hændelser efter al sandsynlighed stammer fra den voldsomme kollision imellem to neutronstjerner, som er i kredsløb om hinanden.

Baggrunds billedet er en optagelse, som rækker dybt ud i Universet. Det er kameraet Wide Field Imager (WFI) på MPG/ESO 2,2-meterteleskopet på La Silla-observatoriet, som har stået for optagelsen.

Very Large Telescope

Very Large Telescope (VLT) er flagskibet for europæisk astronomi i det optiske område her ved starten af det tredje årtusinde. Det er Verdens mest avancerede optiske og infrarøde observatorium. Det består af fire Unit Teleskoper, hver med en diameter for hovedspejlene på 8,2 meter. De fire teleskoper kan bruges individuelt eller sammen, så de ligesom de fire flytbare 1,8 meter Auxiliary Telescopes (AT – hjælpeteleskoper) kan bruges til interferometri. Teleskoperne er så kraftige, at de kan optage billeder af himmelobjekter, som er fire milliarder gange svagere end det svageste, som kan opfattes med det blotte øje.

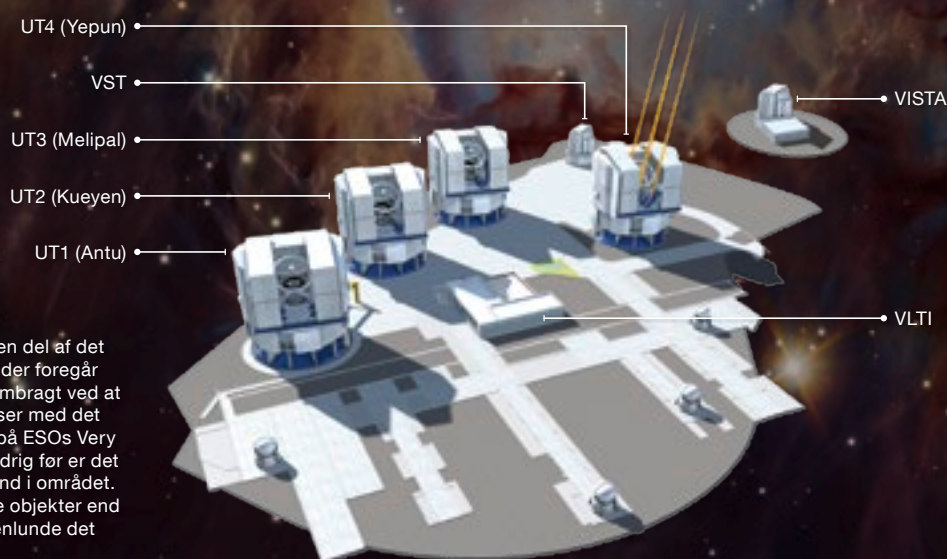
Instrumentprogrammet for VLT er det mest ambitiøse, som nogensinde er iværksat for et enkelt observatorium. Det omfatter kameraer og spektrografer, som kan indfange et bredt område af spektret, helt fra ultraviolet (0,3 μm) til midt i det infrarøde område (20 μm).

De fire 8,2 meter Unit Teleskoper huses i hver deres kompakte og temperaturkontrollerede bygning. Bygningerne roterer sammen med teleskoperne, og det mindsker påvirkningen af observationsforholdene fra lokale forhold. Der kan for eksempel være tale om turbulent luft i teleskopstrukturene, forårsaget af temperaturforskelle og ujævn vindafkøling.

Det første Unit Teleskop startede på regelmæssige videnskabelige opgaver den 1. april 1999. Siden da har VLT haft enorm indflydelse indenfor observationsastronomien. Det er det mest produktive individuelle jordbaserede observatorium i Verden, og målinger fra VLT bidrager med mere end halvanden forskningsartikel pr dag i gennemsnit.

ESO's Paranalobservatorium er også hjemsted for NGTS (Next-Generation Transit Survey) og SPECULOOS (Search for habitable Planets EClipsing ULtra-cOOl Stars), som er nationale teleskoper.

| | |
|------------------------|--|
| Navn | VLT |
| Sted | Cerro Paranal |
| Højde | 2635 meter |
| Bølgelængder | Ultraviolet/optisk/infrarød |
| Bestanddele/teknikker | Interferometri med 4 teleskoper (maksimal basislinie 130 meter); 3 af teleskoperne har adaptiv optik |
| Optisk design | Ritchey-Chrétien reflektor |
| Diameter af hovedspejl | 8,2 meter |
| Montering | Alt-Azimuth |
| First light | Maj 1998 – september 2000 |



Det flotte billede her viser en del af det område i Oriontågen, hvor der foregår stjernedannelse. Det er frembragt ved at sammesætte flere optagelser med det infrarøde kamera HAWK-I på ESO's Very Large Telescope i Chile. Aldrig før er det lykkedes at kigge så dybt ind i området. Her finder man mange flere objekter end forventet, og de vejer nogenlunde det samme som planeter.



ESO/H., Dress et al.



Y. Belesky (LCO)/ESO

VLTs Laser guidestjerne (LGS) peger mod centeret af Mælkevejen. Billedet er taget inde fra kuppelbygningen til et af de fire Unit Teleskoper, som ESOs VLT består af.



ESO/G. Hudepohl (atacamaphoto.com)

Den nedgående sol dykker under stillehavshorizonten, og overstrømmer Paranalbjerget med solnedgangsslys i dette smukke luftfoto fra Atacamaørkenen i det nordlige Chile.

Adaptiv Optik

Uro i Jordens atmosfære forstyrrer de billeder, som bliver optaget fra jordoverfladen, og det er også det, som får stjernerne til at tindre. ESOs astronomer bruger en metode, som kaldes adaptiv optik til at udligne atmosfærens forstyrrelser.

Der bruges avancerede spejle, som kan deformeres med computerhjælp, så optagelserne korrigeres mens de foretages. Teknikken korrigerer for atmosfærens turbulens, så de billeder, man får, er næsten lige så skarpe, som hvis de var optaget ude fra rummet.

Man bruger en referencestjerne, som skal befinde sig meget tæt på retningen til det himmelobjekt, som man vil studere. Referencestjernen bruges til at måle atmosfærens forstyrrelser, så det adaptive spejl kan korrigere dem bort.

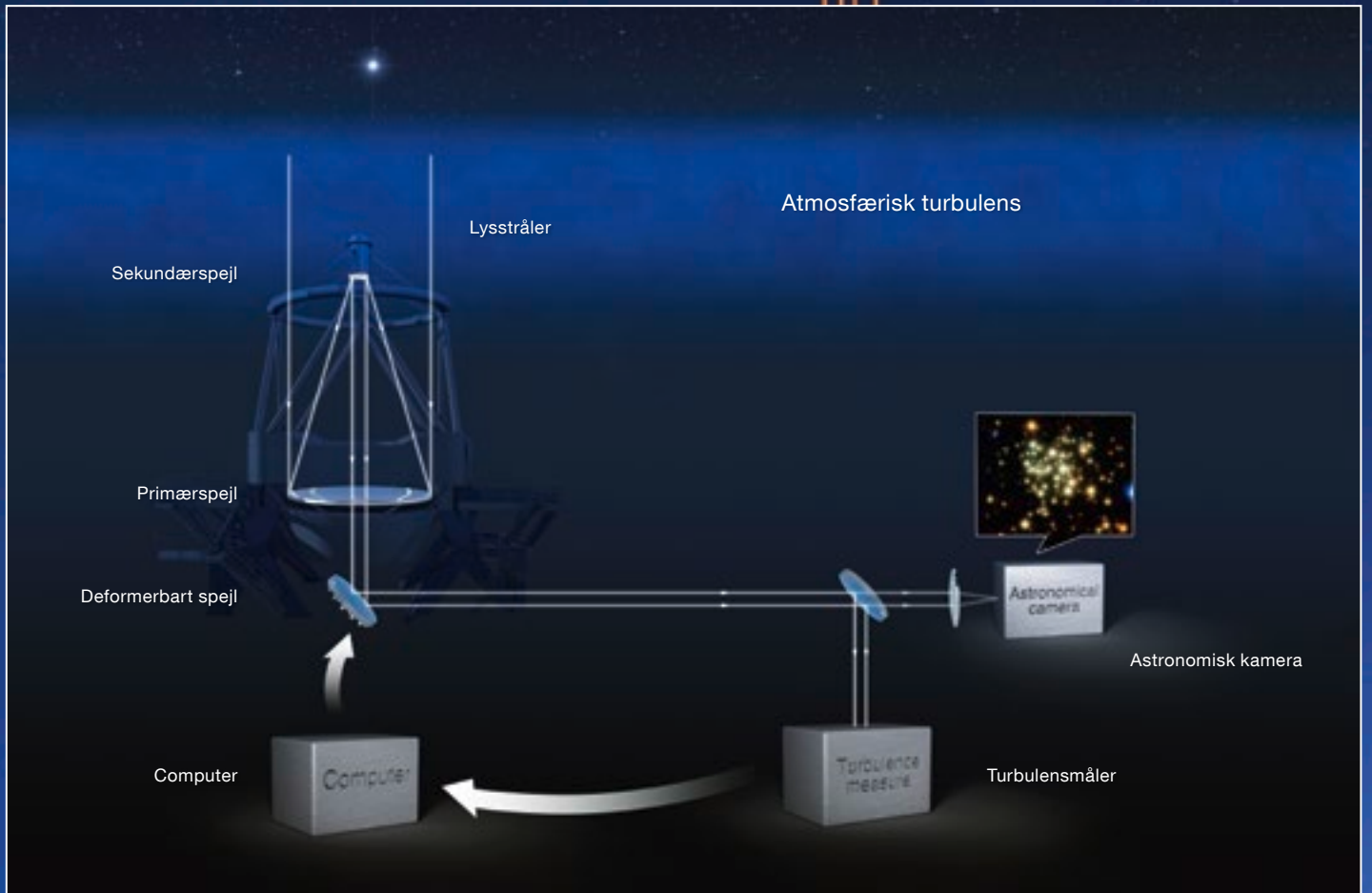
Nu er det ikke altid til at finde passende referencestjerner, men så skaber astronomerne kunstige stjerner 90 kilometer oppe i atmosfæren ved at lade kraftige lasere lyse op i Jordens ydre atmosfære.

ESO er førende i udviklingen af adaptiv optik og laser guidestjerneteknik, og det sker i samarbejde med europæiske institutter og industriforetagender. Der er opnået mange bemærkelsesværdige resultater ved hjælp af ESOs adaptive optik. Der kan nævnes den første direkte observation af en exoplanet (se side 8) og desuden detaljestudiet af omgivelserne omkring det sorte hul i centeret af vores Mælkevej (se side 8).

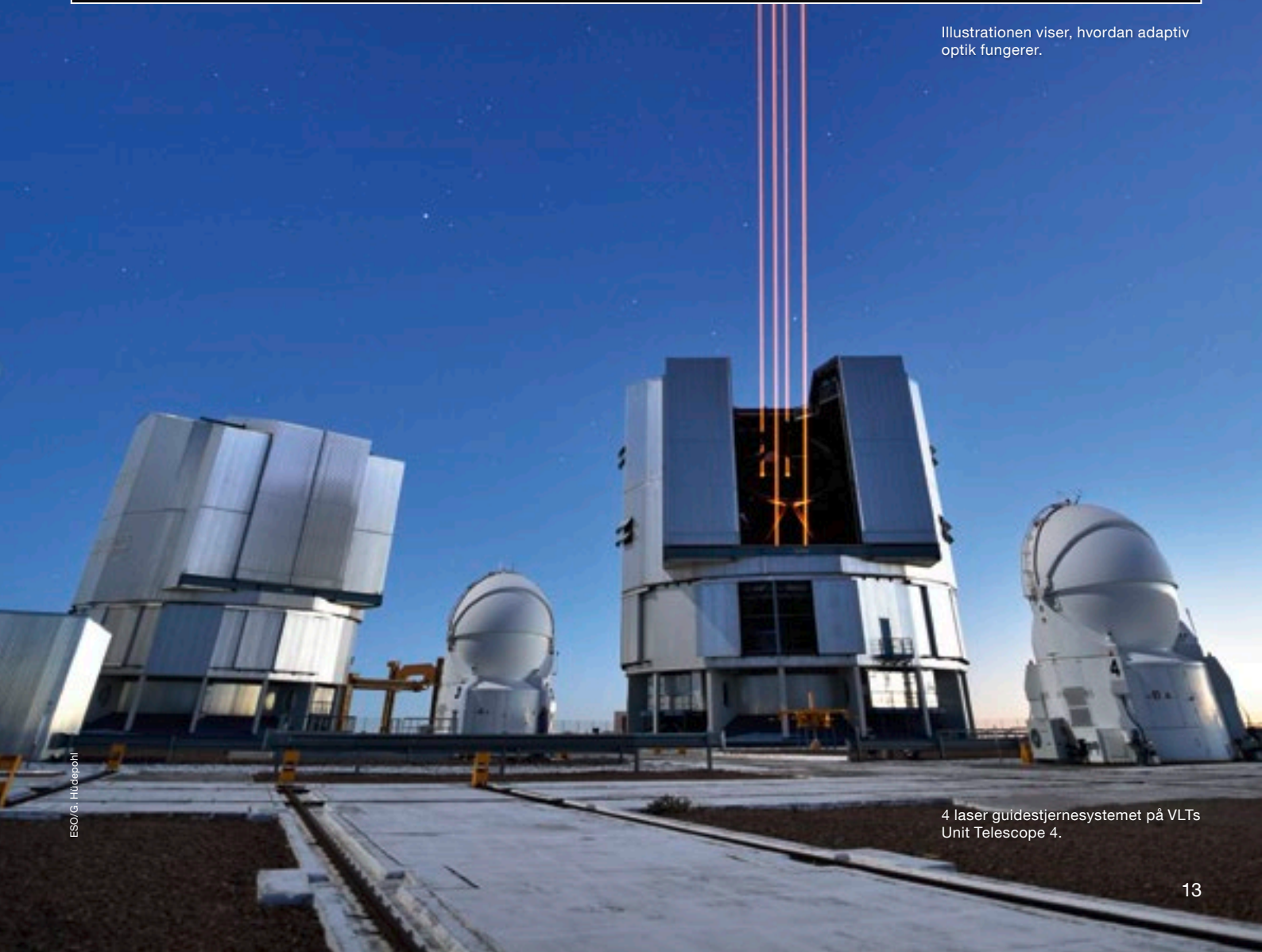
Næste generation af adaptiv optik er nu installeret på VLT. I videreudviklingen af teknikken bruges flere laser guidestjerner, og desuden avancerede adaptive instrumenter som fungerer som planetfindere. Der er endnu mere avancerede systemer under udvikling, og de skal anvendes ved ELT.

Med flere guidestjerner kan man korrigere over et større synsfelt, og det vil være vitalt for det fremtidige videnskabelige udbytte af både VLT og ELT.

Paranal 4 laser guidestjernesystem peger mod Carinatågen.



Illustrationen viser, hvordan adaptiv optik fungerer.



4 laser guidestjernesystemet på VLTS Unit Telescope 4.

VLT Interferometeret

Teleskoperne på VLT kan kombineres, så de udgør Very Large Telescope Interferometer (VLTI). Med den opsætning kan astronomerne se detaljer, som er op til 16 gange finere, end hvad de individuelle teleskoper kan vise. Med VLTI kan man se detaljer på overfladen af stjerner, og endda studere området tæt på det sorte hul i centeret af en fjern galakse.

Lys fra teleskoperne samles i VLTI ved hjælp af et indviklet system af spejle i underjordiske tunneler. Her bliver lysstrålernes vejlængde tilpasset, så de er ens indenfor en tusindedel af en millimeter over en vejlængde på mere end 100 meter. VLTI udgør på den måde et "virtuelt teleskop" med en diameter på 130 meter, og det svarer til, at man ville kunne se en skrue på den Internationale Rumstation i kredsløb 400 kilometer oppe. Det meste af tiden bliver de fire

8,2 meter Unit Teleskoper brugt til hver deres mål på himlen, så interferometrikonfigurationen er kun til rådighed for astronomerne et begrænset antal nætter om året.

For at kunne udnytte VLTI's muligheder, kan fire mindre hjælpeteleskoper; Auxiliary Telescopes (AT) kobles ind i systemet. De er monteret på spor, så de kan flyttes rundt imellem positioner på bjergtoppen, som på forhånd er præcist definerede. Herfra kan lyset fra AT-spejlene sendes ind i VLTI's underjordiske spejlsystem.

AT-teleskoperne er meget usædvanlige. De er helt selvforsynende inde i hver deres små kupler, med hver deres elektronik, ventilation, hydraulik og kølesystemer, og de har hver deres transportør, som løfter teleskop og kuppel og flytter dem fra én position til en anden.

| | |
|------------------------|--|
| Navn | Auxiliary Telescopes |
| Sted | Cerro Paranal |
| Højde | 2635 meter |
| Bølgelængder | Optisk/infrarød |
| Bestanddele/teknikker | Interferometri med 4 mindre teleskoper (maksimal basislinie 200 meter) |
| Optisk design | Ritchey-Chrétien med coudé-focus |
| Hovedspejlens diameter | 1,82 meter |
| Montering | Alt-Azimuth |
| First light | January 2004 – december 2006 |



Panoramaoverblik over tunnelsystemet til Very Large Telescope Interferometer.



Kortlægningsteleskoper

Visible and Infrared Survey Telescope for Astronomy (VISTA) og VLT Survey Telescope (VST) befinder sig begge på ESOs Paranalobservatorium. De er hver for sig de kraftigste teleskoper i Verden specielt indrettet til kortlægningsopgaver baseret på himmelfotografering. Med dem er potentialet for videnskabelige opdagelser på Paranalobservatoriet forøget enormt.

Mange af de mest interessante astronomiske objekter er svære at finde — det kan være svage brune dværge i Mælkevejen, eller de fjerneste kvasarer. Med de største teleskoper kan man kun se på en meget lille del af himlen ad gangen, men VISTA og VST er bygget til at fotografere store himmelområder hurtigt og i dybden. De to teleskoper producerer meget omfattende arkiver både af

billeder og af kataloger over særlige objekter, og de vil være til stor gavn for astronomerne i årtier ind i fremtiden.

VISTA har et hovedspejl med en diameter på 4,1 meter, og det er Verdens kraftigste teleskop i det nær-infrarøde område. Hjertet i VISTA er et kamera, som vejer 3 tons, og som har 16 infrarødfølsomme detektorer. De giver tilsammen et billede på 67 megapixels, og det er det mest vidvinklede af alle astronomiske kameraer til det nær-infrarøde område.

VST er et 2,6 meter teleskop af nyeste type, med et monster 268 megapixel CCD kamera; OmegaCAM. Billedfeltet er mere end fire gange fuldmånens areal, og VST kompletterer VISTA i bølglængdeområderne for synligt lys.

| | |
|------------------------|---|
| Navn | VISTA |
| Sted | Tæt ved Cerro Paranal |
| Højde | 2518 meter |
| Bølglængder | Nær-infrarødt |
| Bestanddele | 67-megapixel kamera VIRCAM; synsfelt $1,65^\circ \times 1,65^\circ$ |
| Optisk design | Modificeret Ritchey-Chrétien reflektor med korrektorlinser i kameraet |
| Hovedspejlens diameter | 4,10 meter |
| Montering | Alt-Azimuth gaffel |
| First light | 11. december 2009 |

| | |
|------------------------|--|
| Navn | VST |
| Sted | Cerro Paranal |
| Højde | 2635 meter |
| Bølglængder | Ultraviolet/optisk/nær-infrarødt |
| Bestanddele | 268-megapixel kamera OmegaCAM; synsfelt $1^\circ \times 1^\circ$ |
| Optisk design | Modificeret Ritchey-Chrétien reflektor med korrektorlinser |
| Hovedspejlens diameter | 2,61 meter |
| Montering | Alt-Azimuth gaffel |
| First light | 8. juni 2011 |

Oriontågen (Messier 42), i en afstand af 1350 lysår fra Jorden, optaget med VISTA på ESOs Paranalobservatorium i Chile.



Inde i VST-kuplen, med Mælkevejen oven over.

ESO/B. Tafreshi (twanight.org)



VISTA teleskopbygningen ved solnedgang.

ESO/B. Tafreshi (twanight.org)

ELT

I den jordbaserede astronomi satses der internationalt yderst intenst på meget store teleskoper. Med dem vil man kunne komme meget længere indenfor astrofysikken. Man vil kunne studere exoplaneter omkring andre stjerner i detaljer. Universets tidligste objekter, supertunge sorte huller og egenskaber og fordeling af det mørke stof og den mørke energi har ligeledes høj prioritet.

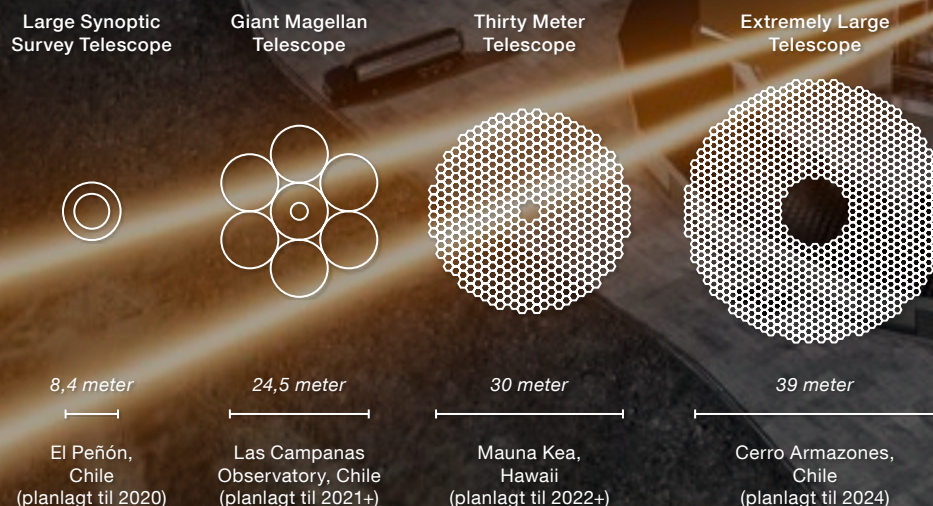
ESOs Extremely Large Telescope (ELT) får et hovedspejl med en diameter på 39 meter. Det vil sige, at det kan indsamle lys fra et område på næsten 1000 kvadratmeter, så det bliver Verdens største øje mod himlen. ELT bliver større end alle eksisterende store optiske teleskoper tilsammen, og det vil på én gang kunne samle omkring 15 gange mere lys end det største af de nuværende optiske teleskoper. Med adaptiv optik kommer ELT til at give billeder, som er 15 gange skarpere end dem, som NASA/ESA Hubble Rumteleskopet har kunnet levere.

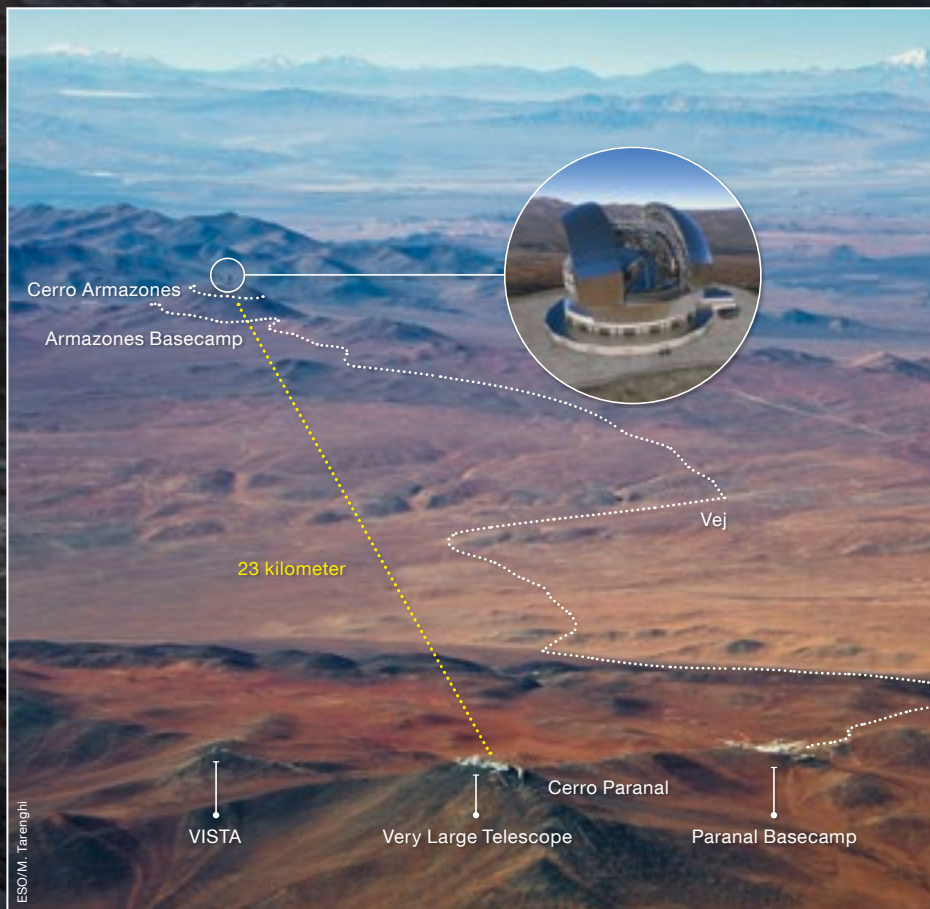
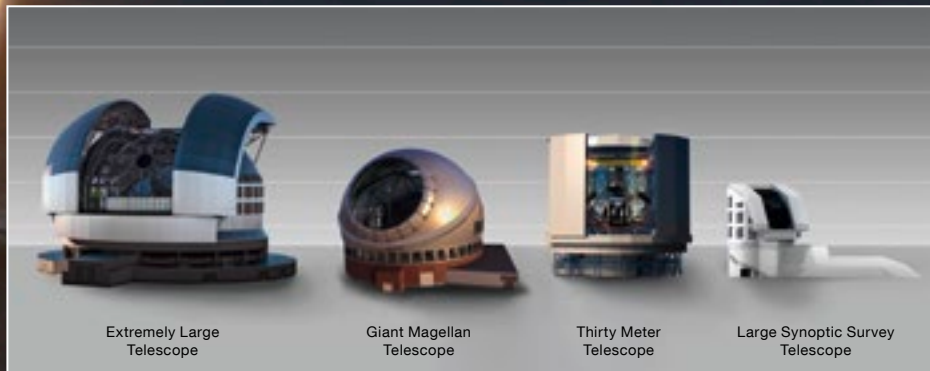
I ELT er der et helt nyt design med 4 spejle, og hovedspejlet består af 798 sekskantede enkeltspejle; hver 1,4 meter i diameter og kun 5 centimeter tykke.

Det forventes, at ELT har "first light" i 2024, og det kommer til at tage fat på nogle af vor tids største videnskabelige gåder. En hovedopgave vil være at studere jordlignende exoplaneter, som kredser i den beboelige zone omkring andre stjerner — der, hvor der er mulighed for liv. Desuden vil ELT arbejde med galaktisk arkæologi; studiet af gamle stjerner og stjernepopulationer i de nærmeste galakser. De grundlæggende problemer i kosmologien; studiet af de første stjerner og galakser og forklaringerne på mørkt stof og mørk energi bliver også hovedopgaver for ELT. Og ikke mindst forventer astronomerne, at der med de nye og uventede opdagelser, som ELT helt sikkert vil komme til at levere, også opstår uforudsete spørgsmål om Universet.

| | |
|------------------------|---|
| Navn | ELT |
| Sted | Cerro Armazones |
| Højde | 3046 meter |
| Bølgelængder | Optisk/nær-infrarøde |
| Teknik | Indbygget adaptiv optik med et 2,6 meter deformérbart spejl og op til 8 laser guidestjerner |
| Optisk design | Femspejlsdesign |
| Hovedspejlens diameter | 39 meter |
| Montering | Alt-Azimuth |
| First light | 2024 |

Sammenligning af størrelsen på hovedspejlene for de kommende store optiske teleskoper, som er under opførelse.





Øverst: Diagrammet viser kuplen til Extremely Large Telescope i sammenligning med de tilsvarende for andre større jordbaserede teleskoper under bygning for tiden.

Nederst: Luftfoto fra det nordlige Chile med ESOs observationssteder på Paranal og Cerro Armazones, samt vejen imellem dem.

Illustration af Extremely Large Telescope i funktion en nat på Cerro Armazones i det nordlige Chile.

ALMA

Højt oppe på Chajnantorhøjslette i de chilenske Andesbjergene driver ESO og en række globale partnere det største astronomiske projekt i Verden; ALMA – Atacama Large Millimeter/submillimeter Array. Det er et radiobservatorium af den mest moderne type, hvorfra forskerne studerer lyset fra de koldeste objekter i Universet. ALMA består af 66 yderst præcise antenner. Hovedanlægget er halvtreds 12-meter antenner, som tilsammen udgør et enkelt teleskop, og så desuden en tæt gruppering af fire 12-meter og tolv 7-meter antenner.

ALMA observerer Universet i de bølglængdeområder, som kaldes millimeter- og submillimeterbølger med en hidtil uset følsomhed og opløsningsevne. Anlægget 'ser' op til ti gange finere detaljer end NASA/ESA Hubble Rumteleskopet. Det lys, som observeres ligger i det elektromagnetiske spektrum imellem infrarødt lys og radiobølger, og det stammer fra enorme kolde skyer i det interstellare rum og fra nogle af de tidligste og fjerneste galakser i Universet. Den slags områder er som oftest mørke og skjulte i synligt lys, men de skinner klart i spektrets millimeter- og submillimeterområder.

ALMA studerer de byggesten, som stjerner, planetsystemer, galakser og selve livet består af. Det gør det muligt for astronomerne at komme med svar på nogle af de dybeste spørgsmål om vores kosmiske oprindelse.

Stråling i millimeter- og submillimeterområderne absorberes meget let af vanddamp i Jordens atmosfære, så derfor er ALMA opbygget i en højde af 5000 meter over havoverfladen på Chajnantorhøjsletten i det nordlige Chile. Det sted har den tørreste atmosfære på kloden, og derfor er observationsforholdene uovertrufne.

ALMA er et partnerskab imellem ESO, U.S. National Science Foundation (NSF) og Japans National Institutes of Natural Sciences (NINS), i samarbejde med Republikken Chile. Anlægget finansieres af ESO på vegne af medlemstaterne, af NSF i samarbejde med National Research Council of Canada (NRC) og Taiwans National Science Council (NSC) og af NINS i samarbejde med Academia Sinica (AS) i Taiwan og det sydkoreanske Korea Astronomy and Space Science Institute (KASI).

| | |
|-------------------------|--|
| Navn | ALMA |
| Sted | Chajnantor |
| Højde | 4576–5044 meter |
| Bølglængder | Submillimeter |
| Teknik | Interferometri med basislinier imellem 150 meter og 16 kilometer |
| Optisk design | Cassegrain paraboler |
| Hovedspejlenes diameter | 54 × 12 meter; 12 × 7 meter |
| Montering | Alt-Azimuth |
| First light | 30. september 2011 |



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

Stjerneeksplosioner forbinder vi som oftest med supernovaer, som er den voldsomme afslutning for tunge stjerner. Nye observationer af Oriontågen med ALMA viser, at der også foregår eksplosioner i den anden ende af stjernernes tilværelse, ved deres dannelse.



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

Her er et meget sjældent kosmisk syn: et par vekselvirkende galakser, som ligner et par øjne. Det er en sammensætning af billeder fra Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA) og NASA/ESA Hubble Rumteleskopet.

APEX

Der er endnu et anlæg til studiet af millimeter og submillimeterastronomi på Chajnantorhøjsletten. Det er Atacama Pathfinder Experiment (APEX); et 12 meter teleskop, som er baseret på en af prototyperne til ALMAs antenner, og som også befinder sig sammen med ALMA-anlægget. APEX var i funktion mange år før ALMA, og nu, hvor ALMA er færdiggjort, arbejder APEX med oversigtsopgaver.

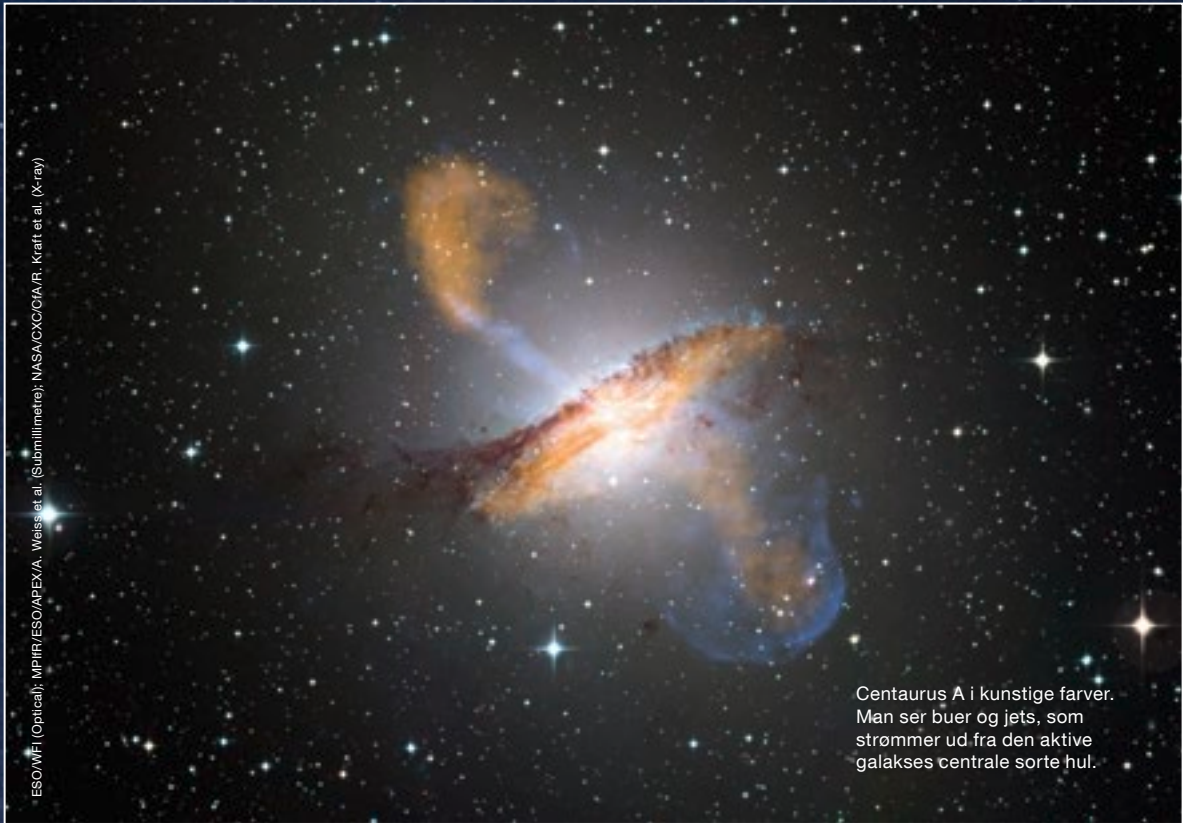
APEX arbejder ligesom ALMA i submillimeter bølglængdeområdet, hvor man kan studere nogle af de koldeste, mest støvfylde og fjerneste objekter i Universet. Igennem årene har tele-

skopet studeret de vilde ungdomsår for nogle af de galakser, som ligner nutidens største af slagsen. Stof, som bliver flået istykker af supertunge sorte huller, og molekyler af hydrogen peroxid i det interstellare rum har APEX også observeret. Andre opgaver har været studiet af forholdene inde i de molekylskyer, som udgør blandt andet Orientågen og "Pillars of Creation" i Ørnetågen. Vi har fået ny viden om de klumper af gas og støv, som nye stjerner dannes af.

APEX drives af ESO, og er et samarbejde imellem Max-Planck-Institut für Radioastronomie, Tyskland, Onsala Rymdobservatoriet i Sverige og ESO.

| | |
|-----------------------|---------------|
| Navn | APEX |
| Sted | Chajnantor |
| Højde | 5050 meter |
| Bølglængder | Submillimeter |
| Optisk design | Cassegrain |
| Hovedantenna diameter | 12 meter |
| Montering | Alt-Azimuth |
| First light | 14. juli 2005 |

Atacama Pathfinder Experiment (APEX) teleskopet ser mod himlen en klar og månelys nat på Chajnantor — et af de højestbeliggende og tørreste observatorier i Verden.



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

Centaurus A i kunstige farver. Man ser buer og jets, som strømmer ud fra den aktive galakses centrale sorte hul.



ESO/Digitized Sky Survey 2

En glødende bue over himlen i stjernebilledet Orion er et af de nye dramatiske billeder af kosmiske skyer.

ESO/B. Tafreshi (twanight.org)

La Silla

La Sillaobservatoriet har været kernen i ESOs arbejde siden 1960'erne. Her driver ESO stadig to af de bedste teleskoper i 4-meter klassen, og La Silla er stadig et af de videnskabeligt mest produktive observatorier i Verden.

Med en diameter på 3,58 meter var New Technology Telescope (NTT) et nybrud i teleskopkonstruktion og design. Det var det første teleskop i Verden med et computerstyret hovedspejl (adaptiv optik). Det er en teknik, som ESO har udviklet, og som nu bruges på VLT og de fleste af de andres store teleskoper rundt omkring på Jorden.

ESO's 3,6 meter teleskop har været i drift siden 1977. Efter en række større opgraderinger er det stadig i front blandt teleskoper i 4-meter klassen på den sydlige halvkugle. Instrumentet HARPS er tilkøbt teleskopet. Det er en af de bedste planetjæger-

spektrografer, med en præcision, som overgår alt andet.

Infrastrukturen på La Silla bruges af mange af ESOs medlemstater til at understøtte nationale projekter. Her kan nævnes det schweiziske 1,2 meter Leonhard Euler teleskop, MPG/ESO 2,2 meter teleskopet, det danske 1,54 meter teleskop, gammastråleudbrudsjægerne Rapid Eye Mount (REM) og TAROT (Télescope à Action Rapide pour les Objets Transitoires — Rapid Action Telescope for Transient Objects). Desuden TRAPPIST (TRAnsiting Planets and Planetesimals Small Telescope), ExTrA (Exoplanets in Transits and their Atmospheres) og MASCARA (Multi-site All-Sky CAmERA), som alle eftersøger exoplaneter. BlackGEM søger efter optiske kilder til gravitationsbølger, og Test-Bed Telescope søger efter kunstige og naturlige objekter nær Jordkloden i samarbejde med ESA.



Mosaikbillede i tre farver af Ørnetågen (Messier 16 eller NGC 6611). Billedet er sat sammen af optagelser fra kameraet Wide Field Imager på MPG/ESO 2,2 meter teleskopet på La Silla.



ESO 3,6-meter teleskopkuppen
i silhuet mod himlen ved nat over
La Sillaobservatoriet.

CTA

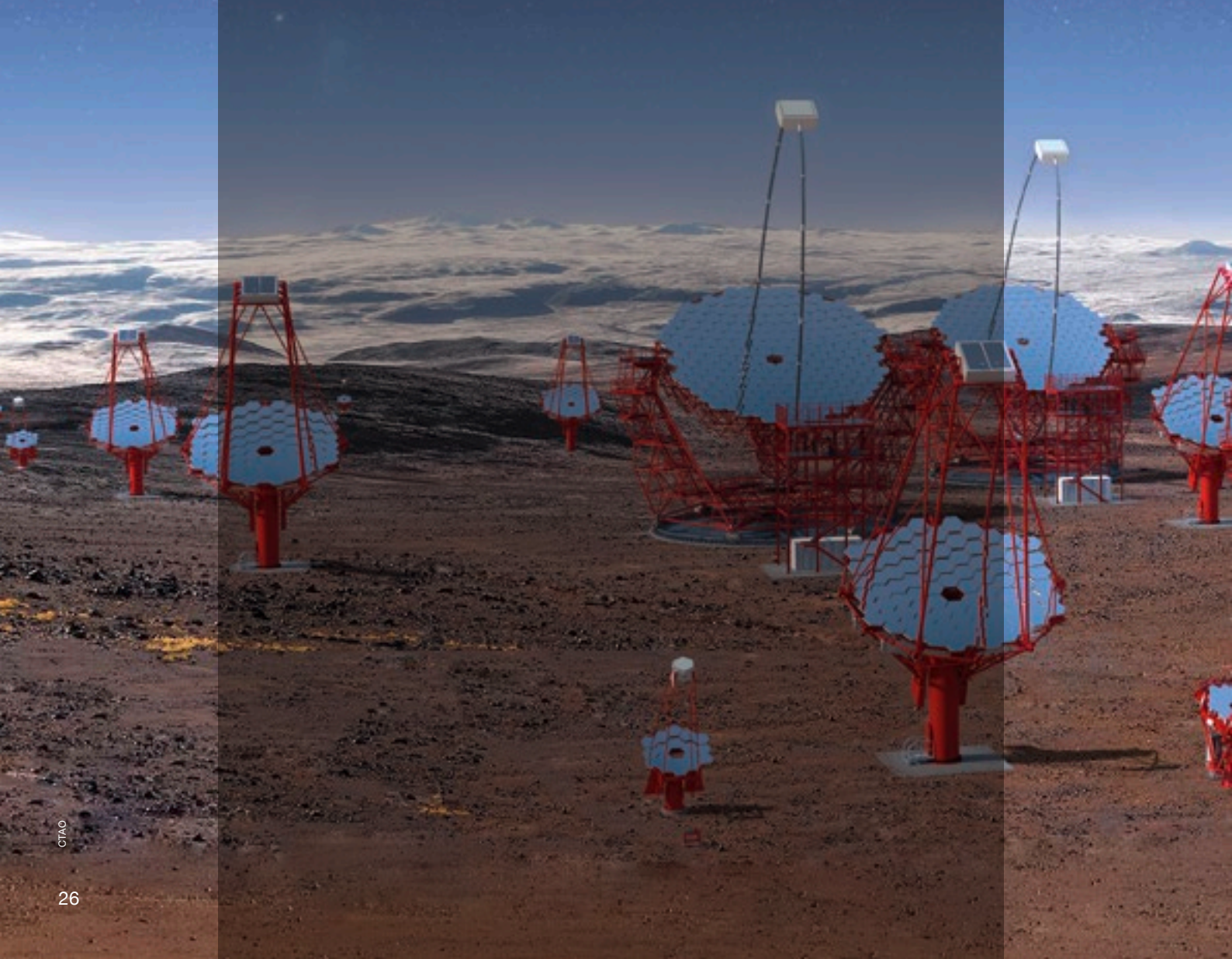
Cherenkov Telescope Array (CTA) er et kommende jordbaseret observatorium til studiet af højenergetiske gammastråler fra rummet. ESOs Paranalobservatorium kommer formentlig til at huse den sydlige part af teleskopet, som dermed kan understøttes af ESOs allerede eksisterende infrastruktur.

Det er planen, at CTA skal omfatte 118 teleskoper fordelt over hele Verden. 99 af dem bliver placeret i det større sydøstområde cirka ti kilometer sydøst for VLT. ESO varetager driften af sydøstområdet, og til gengæld får ESOs astronomer rådighed over 10 % af observationstiden både i syd- og nordområdet (på La Palma i den Canariske øgruppe). Desuden bliver andre 10 % af observationstiden i sydøstområdet reserveret til videnskabelige institutioner i Chile.

CTA bliver åben for et bredt udvalg af astronomer. Over 1350 forskere og ingeniører fra fem kontinenter, 32 lande og mere end 210 forskningsinstitutioner er i øjeblikket med i CTA-projektet.

Med sit store areal og dækning af store dele af himlen bliver CTA det største og mest følsomme observatorium i området for højenergetiske gammastråler. Det bliver 10 gange mere følsomt end eksisterende instrumenter, og nøjagtigheden bliver uovertruffen.

Gammastråler udsendes fra nogle af de varmeste og mest energirige objekter i Universet. Det er for eksempel super-tunge sorte huller og supernovaer. Jordens atmosfære forhindrer selve gammastrålerne i at nå jordoverfladen, men CTAs spejle og højhastighedskameraer fanger de kortlivede glimt fra den karakteristiske blålige Cherenkovstråling, som dannes, når gammastrålerne vekselvirker med atmosfæren. Ved at regne baglæns fra de atmosfæriske punkter for denne stråling, vil det være muligt at følge gammastrålernes retning tilbage til deres kosmiske kilder. Dermed kan astronomerne studere også de mest ekstreme og voldsomme begivenheder i Universet.



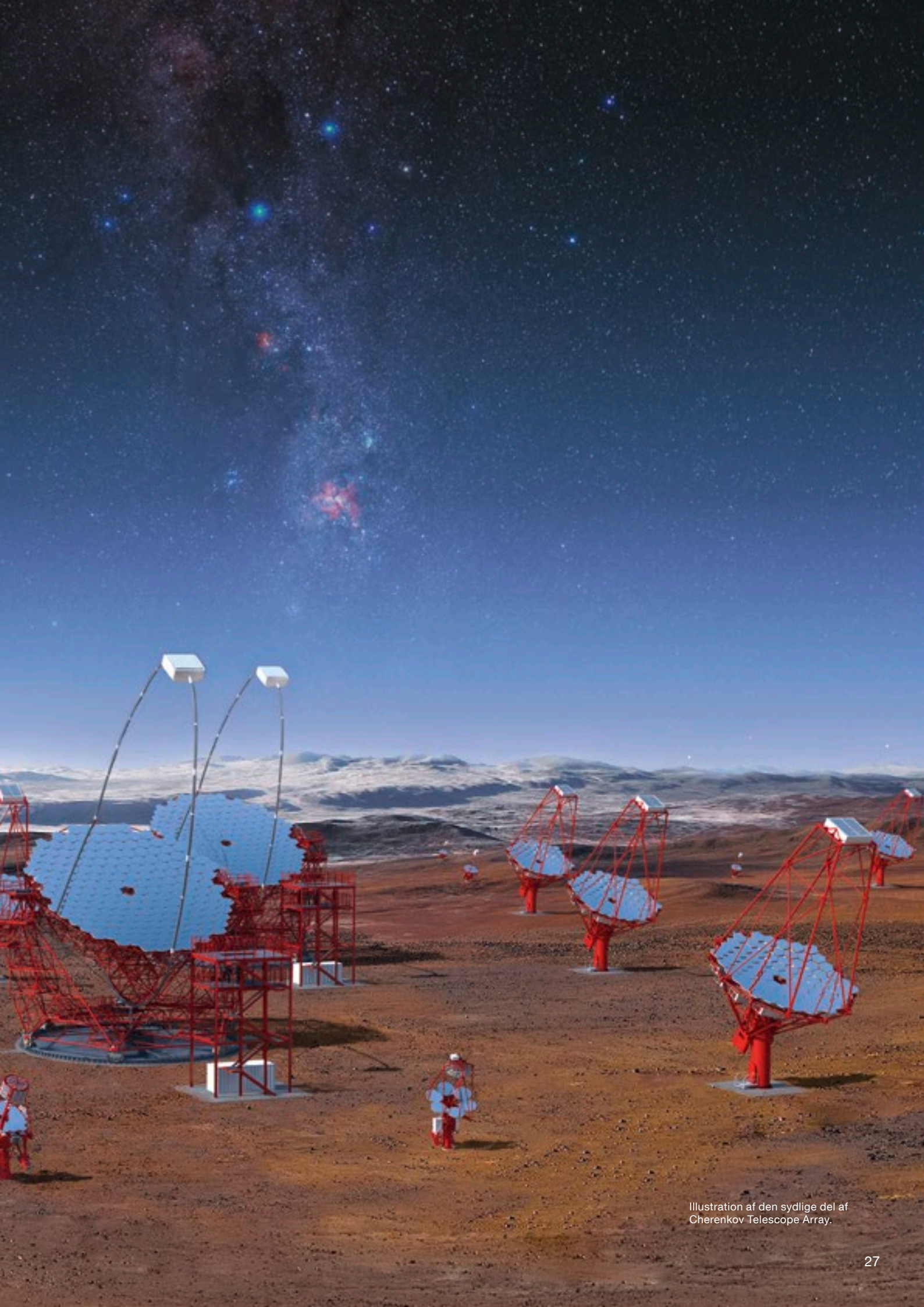


Illustration af den sydlige del af Cherenkov Telescope Array.

ESO & Chile

Den 6. november 1963 blev den første aftale imellem Chiles regering og ESO underskrevet. Det blev begyndelsen på en mere end 50-årig succeshistorie, og smedningen af et vigtigt kulturelt led imellem Chile og Europa. ESO bidrager på mange niveauer til et tæt og frugtbart samarbejde med Chile, både indenfor regering, universiteter, videnskabelige institutioner og industriforetagender.

Som en følge af samarbejdet har Chiles kapacitet indenfor videnskab, teknologi og teknik udviklet sig i takt med de astronomiske fremskridt, og udviklingen i de tilsvarende områder i ESOs medlemstater. Det har gjort chilenske forskere og ingeniører til meget værdsatte samarbejdspartnere for ESO.

ESO bidrager til udviklingen indenfor chilensk astronomi via fonde, som styres af ESO-Government of Chile Joint Committee og ALMA CONICYT

Joint Committee. Herfra finansieres en bred vifte af aktiviteter indenfor forskning, astroteknik og uddannelse. Chilenske astronomer har også særlig adgang til en procentdel af observatortiden på ESOs teleskoper.

Desuden står ESO for en del regionale og lokale samarbejdsprojekter i regionerne Coquimbo og Antofagasta, hvor observatorierne befinder sig. ESO støtter også programmer for naturbevarelse og viden om lokale værdier; herunder bevarelse af en mørk himmel, i disse regioner.

Samarbejdet imellem Chile og ESO har vist sig ikke blot stærkt og langvarigt, men også fleksibelt. Allervigtigst: forbindelserne åbner spændende muligheder for fremtiden, til fordel for Chile, ESO medlemstaterne og i det hele taget for videnskabelige og teknologiske fremskridt.

Laguna Miñiques befinder sig højt oppe på Andeshøjsletten tæt ved grænsen til Argentina, og omkring 80 kilometer syd for ALMA. Når man kører ad Rute 23 til Argentina kommer man tæt forbi den smukke sø.

Datastrømmen — fra id'e til offentliggjort artikel

Driften af ESOs teleskoper udgør en kontinuerlig proces, som starter, når astronomerne indsender et forslag til et observationsprojekt, hvor formålet er at undersøge specielle videnskabelige formål. Forslagene blive så vurderet af kolleger og eksperter indenfor området, og de godkendte projekter bliver omformet til en detaljeret observationsbeskrivelse.

Så udføres observationerne ved ESOs teleskoper, og de indsamlede data sikres og lagres. Med det samme er data til rådighed via ESO-arkivet for det forskerhold, som står for projektet. De videnskabelige observationer og de tilhørende kalibreringsdata bruges også af ESOs egne forskere til vurdering af datakvaliteten og instrumenternes detaljerede funktion. Det sikrer, at teknikken altid står mål med specifikationerne. Hele denne proces bygger på den konstante overførsel af store datamængder imellem observatorierne i Chile og ESOs hovedkvarter i Garching, Tyskland.

Alt, hvad der indsamles af videnskabelige data og kalibreringer opbevares i ESO Science Archive Facility. Her findes en komplet samling af alle observationer, som er foretaget siden driften begyndte på Paranal af Very Large Telescope, interferometeret og kortlægningsstele-

skoperne VISTA og VST. I arkivet findes også observationer foretaget med teleskoperne på La Silla og med APEX submillimeter radioteleskopet på Chajnantor. Typisk bliver observationer fra arkivet frigivet til offentligheden ét år efter at de er indhøstet, så forskere over hele Verden derefter frit kan bruge alle data.

Som oftest er observationerne udført, ved at astronomerne selv rejser til det sted, hvor teleskopet befinder sig, for selv at udføre observationerne med hjælp fra lokale eksperter. Det kaldes "visitor-mode", og fordelene er, at forskerne kan tilpasse deres observationsforløb efter de atmosfæriske forhold og efter de foreløbige resultater mens de bliver indhøstet. Men naturligvis kan man ikke garantere, at de nødvendige observationsforhold er til stede hver eneste nat.

ESO tilbyder derfor også en alternativ mulighed, som kaldet "service observing". For hver planlagt observation specificerer forskerne under hvilke forhold observationen skal udføres, for at de videnskabelige mål er tilfredsstillende. Ud fra disse specifikationer bliver observationerne så udført ved teleskopet, når forholdene tillader det. Den metode har så mange fordele, at den bliver valgt af 60–70% af brugerne af VLT.



Datacenteret ved ESOs hovedkvarter i Garching bei München i Tyskland. Her opbevares og fordeles data fra ESOs teleskoper.

Partnerskaber

Et kernepunkt i ESOs mission er at befordre samarbejde indenfor astronomi. Organisationen har spillet en afgørende rolle for dannelsen af et fælleseuropæisk forskningsområde i astronomi og astrofysik.

Hvert år udfører tusindvis af astronomer fra medlemsstaterne og udenfor forskningsprojekter baseret på data, som er indhøstet på ESOs observatorier. Ofte danner astronomerne internationale forskerteams med medlemmer fra adskillige lande.

ESO har et stort program for studerende og fellows, og etablerede forskere fra medlemslandene og også fra andre lande arbejder som visiting scientists ved ESOs faciliteter. Det giver mange rejsemuligheder for europæiske forskere. Desuden varetager ESO en serie af internationale konferencer over emner indenfor frontlinieastronomi og teknologi, og desuden ydes støtte til det internationale tidsskrift *Astronomy & Astrophysics*.

Europæisk industri spiller en vital rolle i ESO-projekterne. Der fremstilles hele tiden bedre og bedre astronomiske teleskoper og instrumenter til brugerne takket være et tæt samarbejde med en lang række europæiske high-tech firmaer. Kommercielle partnere fra alle medlemslandene og Chile har altid vist sig både aktive og entusiastiske.

Indenfor teknologiudvikling opretholder ESO tætte forbindelser med mange forskningsgrupper ved videnskabelige institutioner i medlemslandene og også udenfor. Astronomer fra medlemslandene indgår derfor i planlægning og realisering af videnskabelige instrumenter til de nuværende ESO teleskoper og til andre eksisterende og kommende teleskoper. Instrumentudvikling giver muligheder for at danne nationale centres of excellence, som kan tiltrække unge forskere og ingeniører.

I arbejde for ESO

Hvem er interesseret i at arbejde i et udviklende internationalt miljø i teknologiens frontlinje? Hos ESO oplever man et aktiverende internationalt og multikulturelt arbejdsmiljø, hvor det vigtigste er respekt og samarbejde, og hvor både bidrag fra enkeltpersoner og grupper støttes. Uanset om man er med i tekniske, videnskabelige eller logistiske grupper, bliver man en del af et alsidigt og talentfuldt hold, hvor man direkte kan bidrage til nogle af de mest udfordrende astronomiske projekter. Interesseret? Tag et kig på linkene jobs.eso.org og www.linkedin.com/company/european-southern-observatory.



Stab og konferencedeltagere ved ESO.

Flagene for ESOs medlemsstater på platformen ved Very Large Telescope.

Uddannelse og forskningsformidling

ESO investerer i både uddannelse og forskningsformidling ved at fortælle offentligheden og medierne både generelt om astronomi og om resultaterne fra de vigtigste jordbaserede observatorier i Verden. En stor vifte af materiale i høj kvalitet til formidling, såsom billeder, videoer og tryksager stilles gratis til rådighed.

ESO Supernova Planetarium & Visitor Centre ved hovedkvarteret i Tyskland er Verdens første open-source planetarium og også et center i forreste række for gratis astronomiformidling for offentligheden. Centeret tilbyder en alsidig ople-

velse, med interaktive astronomiske udstillinger om astronomiens fascinerende verden. Gæsterne får en dyb oplevelse af det Univers, vi lever i. Desuden tilbydes uddannelsesworkshops for studerende og lærere, som kommer ud med uforglemmelige oplevelser til videre inspiration i uddannelsesforløbene.

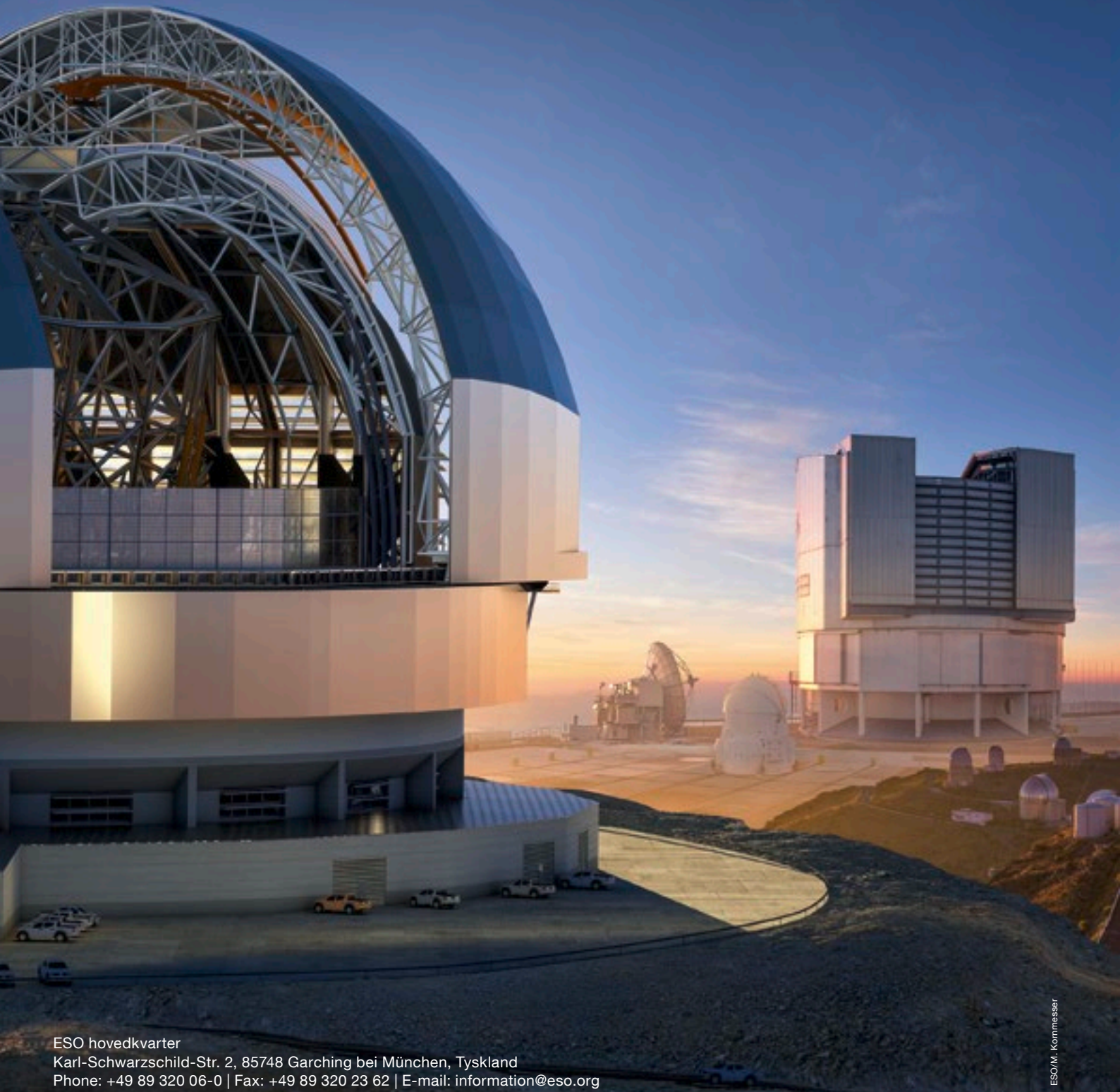
De planetarieforestillinger som produceres til ESO Supernova, bliver stillet gratis til rådighed for andre planetarier i form af det første real-time fordelings-system for forestillinger og andre gratis visualiseringer.

Bliv hængende!

ESO er tilstede på mange forskellige sociale medier, og vi når ud til hundreder af millioner mennesker hvert år via Facebook, Twitter, Instagram, Pinterest, Flickr, YouTube og LinkedIn. Det er let at holde kontakten til os, hvis man vil holde sig informeret om de seneste opdagelser, være den første til at se helt utrolige billeder fra ESOs teleskoper og følge med i det daglige arbejde på vore frontlinieobservatorier. ESO udsender ugentlige og månedlige nyhedsbreve med fantastiske billeder af Universet, de seneste nye forskningsresultater og nyheder om organisationen.



www.eso.org



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



09.2017 — Danish