

Utforskningen av exoplaneter gör sig redo för nästa fas: jakten på jordlika planeter

AV BIBIANA PRINOTH

Ju fler exoplaneter vi hittar, desto tydligare blir det att många planetsystem ser helt annorlunda ut än solsystemet. Detta är en upptäckt som har förändrat vår bild av universum i grunden, men som också väcker många frågor. Hur har vårt solsystem bildats? Hur bildas andra planetsystem? Hur vanliga är jordplaneter? Och den största: finns det liv någon annanstans än här?
Vi närmar oss svaren.

I Atacamaöknen bygger Europeiska sydobservatoriet världens största spegelteleskop, ELT. Bilden är tagen den 3 maj 2025. Ett år senare är bygget av kupolen nästan klart. Men är astronomerna redo? Bibiana Prinoth berättar om hur ELT kan revolutionera exoplanetforskningen.

Idag känner vi till drygt sex tusen planeter som kretsar kring andra stjärnor, så kallade exoplaneter. Vissa av exoplaneterna som vi har upptäckt är större än Jupiter, medan andra är små som jorden. Vissa består av gas, andra av sten. Några kretsar på ett sådant avstånd från sin stjärna att de skulle kunna befinna sig i den beboeliga zonen, där temperaturen tillåter flytande vatten. Men hur vet vi allt detta? Tro det eller ej, men i de allra flesta fall har vi faktiskt aldrig sett själva planeterna. Istället bygger nästan all vår kunskap på indirekta mätningar där vi inte observerar planeten direkt.

Till exempel: när en planet passerar framför sin stjärna ser vi att stjärnans ljus minskar. Bara en aning, men tillräckligt mycket för att våra stora teleskop ska kunna mäta just den skillnaden. Samtidigt är det egentligen inte så att planeten kretsar runt stjärnan, utan båda rör sig kring en gemensam tyngdpunkt. Den rörelsen kan vi se som en pytteliten förskjutning i spektrallinjerna i stjärnans ljus.

Det är tack vare dessa små signaler som vi kan lära känna planeterna: vi kan mäta deras massa, deras radie och även beräkna deras omloppsbanor, utan att ha sett dem med blotta ögat en enda gång. I många fall känner vi alltså till en planets egenskaper förvånansvärt väl, trots att den själv förblir helt osynlig för oss.

Det betyder också att vi hittills mest har studerat exoplaneternas avtryck, deras påverkan, och inte själva världarna. Det är just där fascinationen börjar för många. För i grunden handlar exoplanetforskning inte bara om planeter. Det handlar om frågor som är mycket större: Hur har solsystemet bildats? Hur bildas andra planetsystem? Hur vanlig är jorden som plats? Och kanske även: finns det liv någon annanstans än här?

Lägga pussel med flera lösningar där bitar saknas

För att ens kunna närma oss frågorna måste vi först ta oss an nästa steg: att inte bara upptäcka planeter, utan att förstå vad de är. Under de senaste åren har forskningen därför fokuserat allt mer på planeternas atmosfärer. När en planet kretsar framför sin stjärna passerar en liten del av stjärnljuset genom planetens atmosfär. De grundämnen och molekyler som finns i

Att fånga exoplaneter på bild är svårt, så forskare samarbetar med konstnärer för att ta fram realistiska bilder. Denna visar en ultrahet exoplanet: en planet som kretsar extremt nära sin moderstjärna.

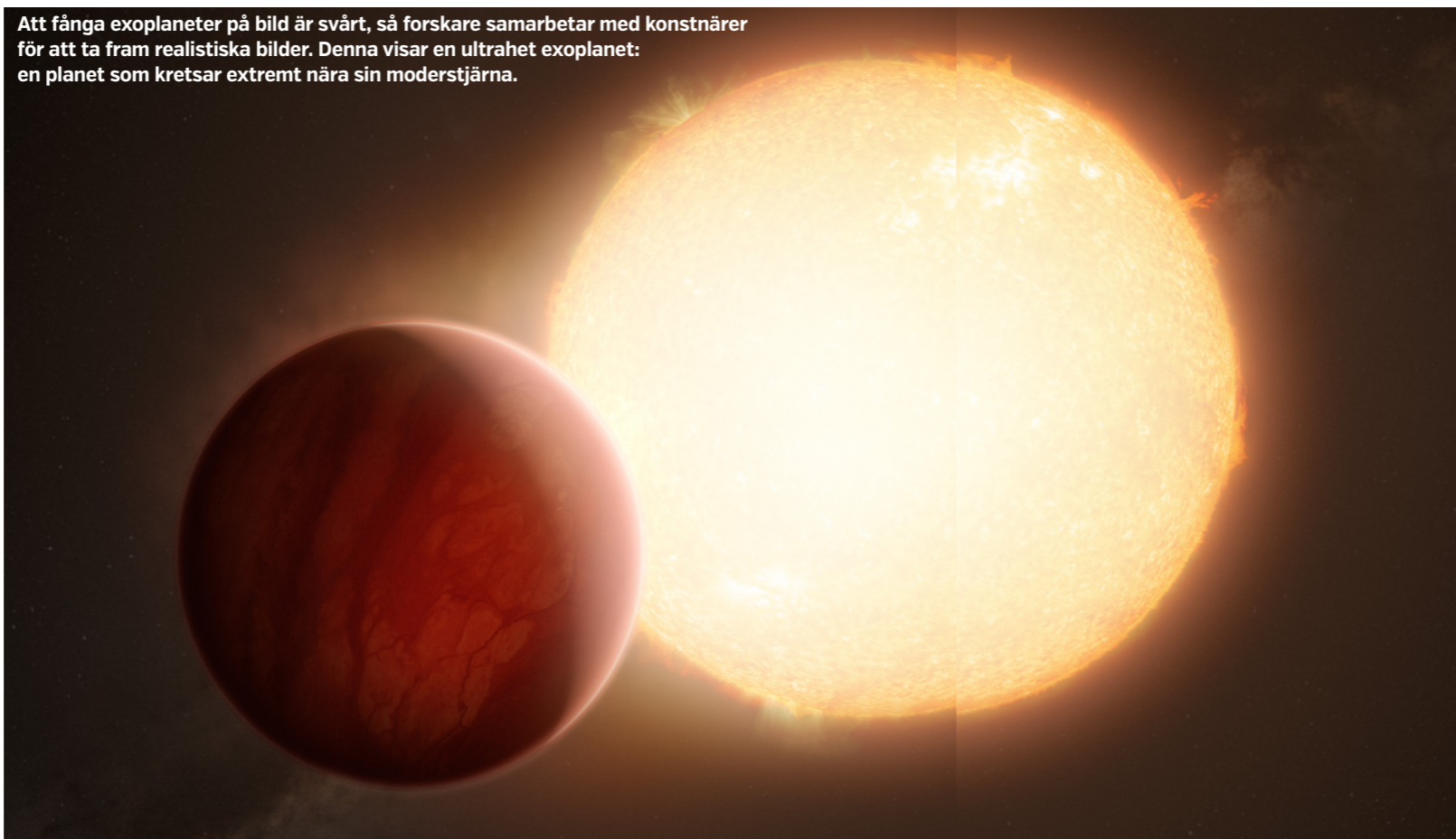


BILD: ESA/M. KORNMESSER

atmosfären lämnar då sina egna spår i ljuset, som ett slags kosmiskt fingeravtryck. I vissa andra fall kan vi också studera ljus som planeten själv emitterar eller reflekterar från sin stjärna. Genom att analysera detta filtrerade och reflekterade stjärnljus kan vi identifiera ämnen som till exempel vattenånga, koldioxid eller metan och ibland till och med få en uppfattning om planetens temperatur och väder.

I praktiken innebär detta att vi jämför observationer med ett stort antal modeller. Vi testar olika kombinationer av molekyler, temperaturer och tryck för att se vad som bäst kan förklara signalen i ljuset – alltså i spektrumet. Det är lite som att lägga ett pussel där många bitar saknas och där flera olika bilder faktiskt skulle kunna passa in.

Trots detta är jämförandet av observationer och modeller ett kraftfullt verktyg. Signalerna vi försöker mäta är ofta på gränsen till vad som är möjligt att detektera, även med de största och mest avancerade teleskopen. Tolkningen av vad som

faktiskt syns i ljuset kräver avancerade modeller och olika atmosfärmodeller kan ibland ge liknande signaler.

De ultraheta planeterna banar väg

De planeter som vi idag kan studera i störst detalj är ofta stora, heta gasjättar, så kallade heta eller ultraheta Jupiterplaneter. Detta är planeter som kretsar mycket nära sina stjärnor; de är extrema världar, långt ifrån något som liknar jorden.

På dessa planeter kan temperaturen nå över 3 000 grader, vilket i sin tur innebär att molekyler bryts isär och att metaller kan existera i gasform. I vissa atmosfärer har vi till och med sett tecken på järn och andra tunga grundämnen. Det är världar där fysiken drivs till sin spets, med snabba vindar som transporterar material mellan dag- och nattsidan.

Studier av dessa planeter har också visat hur pass mycket en stjärna kan påverka sin planet, inte bara genom strålning

utan även genom att förändra dess kemi och temperaturstruktur. I vissa fall har vi till och med hittat spår av titandioxid, som tros kunna absorbera stjärnljus högt upp i atmosfären och därmed skapa temperaturinversioner på ett sätt som påminner om hur ozon påverkar temperaturstrukturen i jordens stratosfär.

Trots att dessa världar är så pass exotiska och olika vår egen, så är det just dessa planeter som har gjort det möjligt för oss att utveckla våra metoder. Tack vare storleken, och närhet till sin stjärna, så ger de starka och tydliga signaler som fungerar som en slags testbädd där vi kan lära oss hur atmosfärer beter sig under extrema förhållanden.

De är fantastiska världar som har gett oss mycket kunskap: de rör sig snabbt, är stora, absorberar mycket ljus från sin stjärna och lämnar därför starka fingeravtryck som kan observeras. Trots att de inte nödvändigtvis är de mest representativa systemen i jakten på en jordliknande planet, så är de de mest informativa systemen för forskningen. De gör det enkelt för oss att få en inblick i deras miljö, nästan som om de vill att vi ska se vad som händer i deras fascinerade atmosfärer.

Att undersöka system med planeter som är betydligt mindre, kanske till och

med liknar jorden, medför flera utmaningar. Då planeterna är mindre är också de signaler som finns i ljuset mycket svagare. För att lista ut vad deras atmosfärer består av måste vi förstå deras stjärnor mycket bättre för att kunna skilja mellan stjärnornas och planeternas egenskaper. Vi måste alltså kunna urskilja planetens svaga signaler, och vara säkra på att de inte kommer från vår egen atmosfär eller från stjärnan, utan verkligen från planeten.

För att verkligen kunna studera dessa världar krävs något mer. Något större. Mycket större.

En ny era av exoplanetobservationer

I Atacamaöknen i Chile, på toppen av berget Armazones, bygger Europeiska sydobservatoriet, Eso, just nu ett av astronomins mest ambitiösa projekt: Extremely Large Telescope, eller det extremt stora teleskopet. ELT, kort sagt. När det står klart kommer det att ha en spegel med en diameter på 39 meter. Jämfört med rekordet nu på knappa 10 meter, så kommer ELT att vara mycket större än något tidigare spegteleskop och det beskrivs ibland som det största ögat mot himlen.

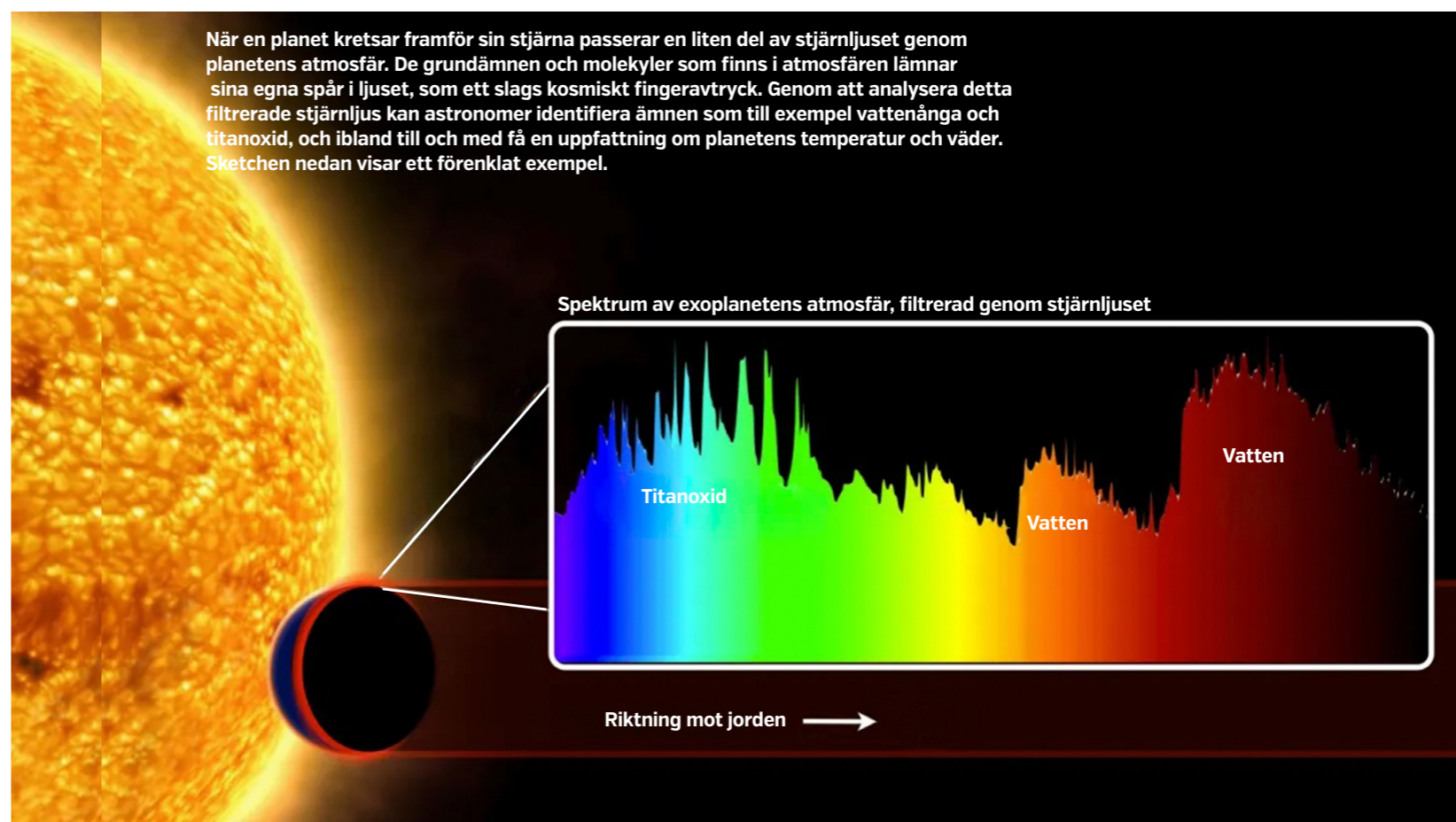


BILD: ESA/DAVID SINGER

” Det är lite som att lägga ett pussel där många bitar saknas och där flera olika bilder faktiskt skulle kunna passa in

Konstnärlig visulaisering av exoplaneten WASP-127b, en ultrahet Jupiter-liknande planet som ligger cirka 520 ljusår från jorden. I en studie från 2025 spårade forskare molekylernas hastighet i atmosfären. De fann att planetens atmosfär rör sig mot oss på ena sidan och bort från oss på den andra. Detta är en indikation på att kraftiga vindar rör sig runt planetens ekvator. Uträkningar visar på extrema vindhastigheter på 9 kilometer per sekund, eller 33 000 kilometer per timme. Det är den snabbaste jetströmmen i sitt slag som någonsin uppmätts i universum.

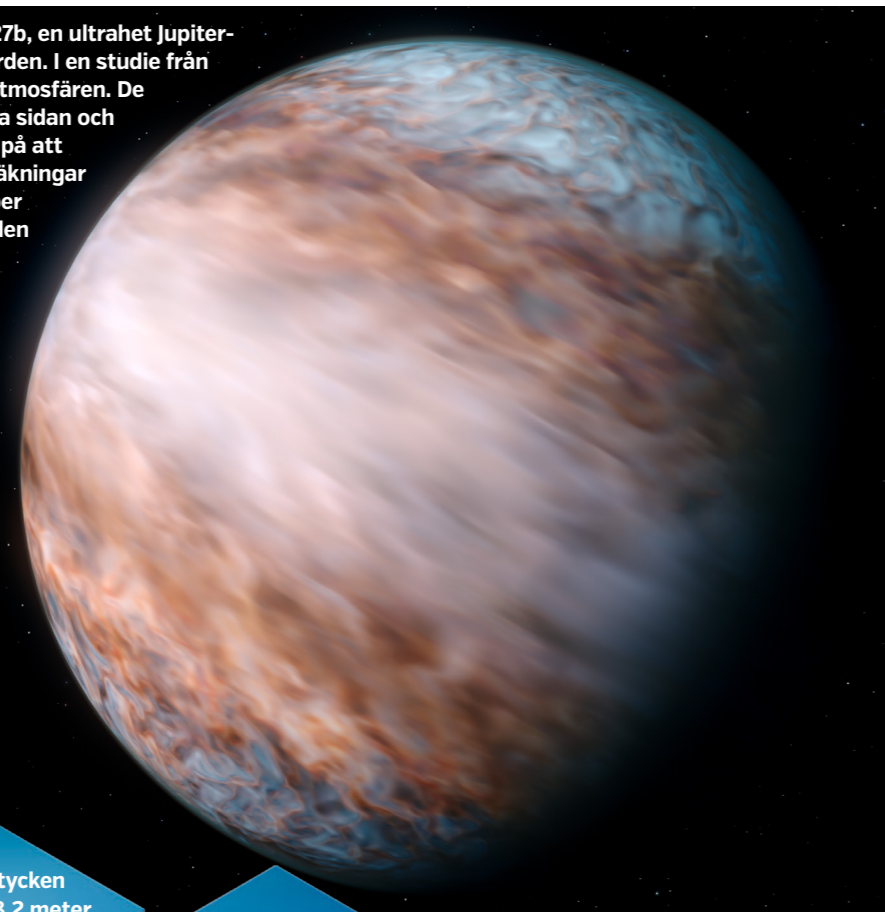


BILD: ESO/L.CALÇADA

ELT, 39 meter bred spegel



VLT, 4 stycken teleskop, 8,2 meter bred spegel



Triumfbågen



BILD: ESO

Det är svårt att överdriva vad detta kommer att innebära för utforskningen och studier av exoplaneter. En större spegel samlar mer ljus, vilket gör det möjligt att se ljussvagare objekt. Men den ger också högre upplösning och skarpere bilder, vilket är avgörande när man försöker skilja en planet från det bländande ljuset från dess stjärna.

ELT är tänkt att ta oss från att indirekt ana planeter och deras atmosfärer till att faktiskt börja studera dem mer direkt. Med denna gigant till teleskop kommer vi att kunna analysera atmosfärer med en precision som idag är långt utom räckhåll. Vi kan börja studera mindre planeter, kanske sådana som liknar jorden, och undersöka deras kemiska sammansättning. I vissa fall kan vi till och med hoppas på att direkt avbilda planeter som idag helt dränks i stjärnljuset. Kanske att vi kan titta närmre på en planet som ligger lika nära sin stjärna som jorden till solen.

Men ELT är fortfarande under uppbyggnad. Det är 20 år sedan de första planerna för ELT klubbades igenom vid Eso. 2014 började de allra första konstruktionerna vid Cerro Armazones. Och mycket arbete återstår, både tekniskt och vetenskapligt. Instrumenten måste fungera som planerat, metoderna måste utvecklas och data måste tolkas. Vi vet ännu inte exakt vad vi kommer att kunna se, bara att möjligheterna är större än någonsin tidigare.

Redan idag går det att följa hur teleskopet växer fram, hur strukturerna långsamt tar form och hur de 798 spegelsegmenten tillverkas. Det är ett projekt som sträcker sig över många

år och involverar forskare och ingenjörer från hela världen och som på många sätt representerar nästa stora steg i astronomin. Samtidigt finns det en inneboende osäkerhet: kommer vi att nå den precision vi hoppas på och kommer naturen att visa sig vara så pass "läsbar" som våra modeller antyder? Det är frågor som först kommer att besvaras när observationerna faktiskt börjar.

Jordlika planeter inom räckhåll

BILD: NASA/AMES/JPL-CALTECH



Exoplaneten Kepler-22b var en av de första jordlika exoplaneter som upptäcktes. Den har 2,4 gånger jordens massa och är inom den beboeliga zonen kring en stjärna som är lik vår sol, men ingen vet än ifall den består av gas, sten eller är flytande.

För oss som arbetar med exoplaneter innebär ELT ett avgörande skifte. Mycket av det arbete som görs idag handlar om att göra oss så pass förberedda som möjligt för framtiden. Vi utvecklar modeller, förbättrar våra analysmetoder och gör vårt yttersta för att förstå hur ljus växelverkar med olika slags atmosfärer. Det är ett arbete som kanske inte alltid syns utåt, men som är avgörande. För när de nya ob-

När de nya observationerna väl landar hos oss måste vi vara beredda att kunna tolka dem

servationerna väl landar hos oss måste vi vara beredda att kunna tolka dem.

Vi befinner oss i ett slags övergångsfas. Den första eran inom exoplanetforskningen handlade om att upptäcka att planeter finns runt andra stjärnor. Den andra eran, som vi är i just nu, handlar om att karakterisera de mest extrema världarna som inte finns i solsystemet, men som är mycket mer tillgängliga. Nästa steg blir att gå vidare till mer utmanande system och att förstå deras plats i universum.

Och i bakgrunden finns hela tiden de stora frågorna. Om liv. Om ursprung. Om hur

unik eller vanlig vår egen planet egentligen är.

Att hitta tydliga tecken på liv i en exoplanets atmosfär är fortfarande en enorm utmaning, och vi är – antagligen – långt ifrån att lyckats med det. Vi måste vara extremt noggranna och samtidigt ytterst försiktiga när vi tolkar våra resultat. Men med ELT tar vi ett stort steg närmare möjligheten att undersöka planeter som kan innehålla ledtrådar till alla våra frågor. Oavsett vad de kommer att avslöja och lära oss, har vi mycket att se fram emot.

Kanske är det ändå det mest fascinerande: att vi befinner oss i början av en ny fas. Trots alla

upptäckter hittills har vi trots allt bara sett silhuetterna av vad som finns där ute.

Vi har lärt oss att planeter är vanliga, men att de fortfarande kan överraska oss, nästan varje dag.

Och kanske, så småningom, kommer vi att känna igen något som påminner om det som finns här hemma.

Vi har bara skrapat på ytan. ★

Bibiana Prinoth är forskare vid Europeiska sydobseratoriet i Tyskland. Hon disputerade 2025 vid Lunds universitet, med en avhandling om kemin i ultraheta exoplaneters atmosfärer. Hon tilldelades Oscar II-stipendiet för bästa avhandlingen senaste två åren vid Lunds universitet.



BILD: ANA RITA COSTA SILVA

Bibiana Prinoth framför ELT den 15 augusti, 2025.



BILD: ALEXANDRA STOCKWELL MURPHY

Spegeln på ELT kommer att bestå av 798 stycken hexagonala segment

ELT i siffror

- **39 meter:** spegelns diameter
- **978 m²:** spegelns yta, som fyra tennisbanor
- **798 stycken** spegelsegment
- **Över 20 gånger** mer ljusinsamlingsförmåga än VLT, **100 miljoner gånger** mer än ett mänskligt öga
- **3 700 ton** i vikt
- **1 500 kilometer:** längden på all optisk kabel
- **2030:** året då ELT tas i drift

BILD: ELT SEGMENT: ESO