

# ESA/ESO ÖVNINGSSERIE I ASTRONOMI

Övningar i astronomi  
som använder observationer från  
NASA/ESA Hubble Space Telescope  
och ESOs teleskop



## ALLMÄN INTRODUKTION





## ESA/ESOs övningsserie i astronomi

Astronomi är en lättillgänglig och visuell vetenskap, vilket gör den idealisk i undervisnings-syfte. De senaste åren har NASA<sup>1</sup>, ESA<sup>2</sup>, Hubble Space Telescope och ESOs<sup>3</sup> teleskop på La Silla- och Paranal-observatorierna i Chile presenterat allt djupare och mer spektakulära bilder av universum. Hubble och ESOs teleskop har inte bara gett fantastiska bilder, de är även ovärderliga instrument för astronomer. Teleskopen har en mycket bra rums/vinkel-upplösning (bildskärpa), vilket ger astronomer möjlighet att blicka längre ut i universum än någonsin tidigare och låter dem svara på gamla, hittills obesvarade frågor.

Att analysera sådana observationer, vilket ofta är ett sofistikerat och detaljerat arbete, är ibland tillräckligt enkelt för att gymnasie-studenter själva ska kunna utföra det.

Denna serie av uppgifter är framtagen av den europeiska partnern i Hubbleprojektet, ESA, som har 15% av observationstiden med Hubble, tillsammans med ESO.

Ändamålet med denna serie är att presentera olika små projekt som ger studenterna inblick i spänningen och tillfredställelsen i vetenskapliga upptäckter. Genom att använda enkla geometriska och fysikaliska tankesätt ska studenterna kunna göra beräkningar som ger resultat jämförbara med resultat från mycket mer avancerade analyser beskrivna i den vetenskapliga litteraturen.

Här ger vi en överblick av motivationen och idéerna bakom Hubble och ESOs faciliteter tillsammans med en kort beskrivning av teleskopen, deras instrument och operationsinställningar, detaljerat nog för att förklara de observationer som presenteras i uppgifterna.

I modern utbildning har man erkänt att det är viktigt att bryta barriärerna mellan olika ämnesområden och länka samman dem genom att använda interdisciplinära aktiviteter som utvecklar och styrker flera olika typer av kunskaper.

Alla uppgifterna är konstruerade med en bak-

grundstext följt av en serie frågor, mätningar och beräkningar. Uppgifterna kan användas antingen som texter i traditionellt klassrumsformat eller, på grund av att uppgifterna är ganska självförklarande, ges till mindre grupper som en del av "projektarbeten".

Uppgifterna är menade att vara oberoende av varandra och ett urval kan väljas så att den passar till den tid som finns tillgänglig. Vi rekommenderar dock att de relevanta delarna av Hjälpmedelsavsnittet arbetas igenom med studenterna innan arbetet med uppgifterna påbör-



<sup>1</sup>National Aeronautics and Space Administration

<sup>2</sup>European Space Agency

<sup>3</sup>European Southern Observatory

## Rymdteleskopet Hubble

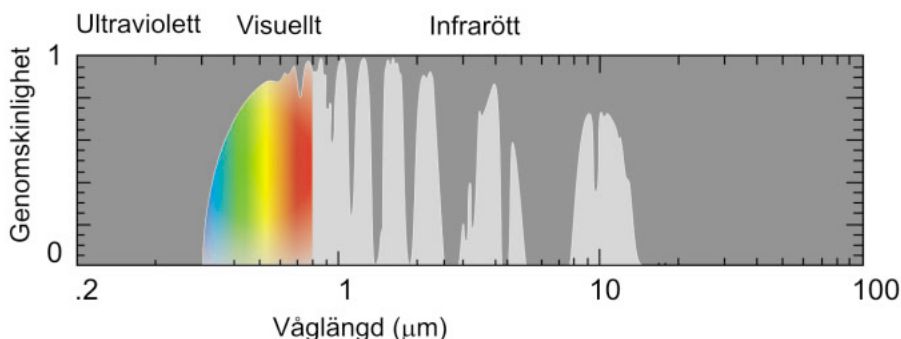
jas, om inte innehållet redan är bekant för dem. Rymdteleskopet Hubble sattes i sin bana från ett lastutrymme i rymdfärjan Discovery den 26 april 1990, 67 år efter det att den tyska raketpionjären H. Oberth hade påpekat den potentiella möjligheten att utföra astronomiska observationer från rymden. Det första förslaget till ett stort astronomiskt rymdteleskop fick NASA tidigt på 60-talet. Efter en serie av studier angående möjligheten att bygga ett rymdteleskop, godkändes och initierades 1977 ett gemensamt projekt mellan NASA och ESA. Med avseende på upplösning så slår Hubble alla jordbaserade teleskop med en komfortabel marginal. Även om det, med en primärspiegel på bara 2,4 m, inte är ett stort teleskop.

Bilder från teleskop nere på jorden är alla påverkade av de störningar som uppkommer då ljuset passerar de turbulenta lagren i jordens atmosfär. Oavsett teleskopets storlek begränsar dessa oundvikliga störningar den faktiska upplösningen som normalt kan uppnås med markbaserade teleskop, till cirka en halv bågsekund (1 bågsekund =  $1/3600$  grader). I rymden kan ljuset däremot propagera fritt (stjärnor blinkar inte) och prestandan hos ett teleskop är enbart bestämt av den inbyggda optikens kvalitet och hur exakt det kan riktas under en exponering. Sålunda är bilder tagna med Hubble fem gånger så detaljerade som liknande bilder tagna från marken. Upplösningen sedd i bilder tagna från marken är ungefär likvärdig med att läsa överskriften i en dagstidning från en kilometers avstånd medan det med Hubble är möjligt att även läsa det finstilta!

Det är framför allt denna femfaldiga förbättring i bildkvalitet som gör Hubble så speciell. Hubble ger inte bara astronomer möjlighet att studera välkända objekt på en mycket högre detaljnivå, utan också möjlighet att studera hittills okända objekt som är flera gånger ljussvagare än de som man kan observera från marken. På detta sätt har Hubble expanderat den volym av rymden som kan observeras astronomiskt.

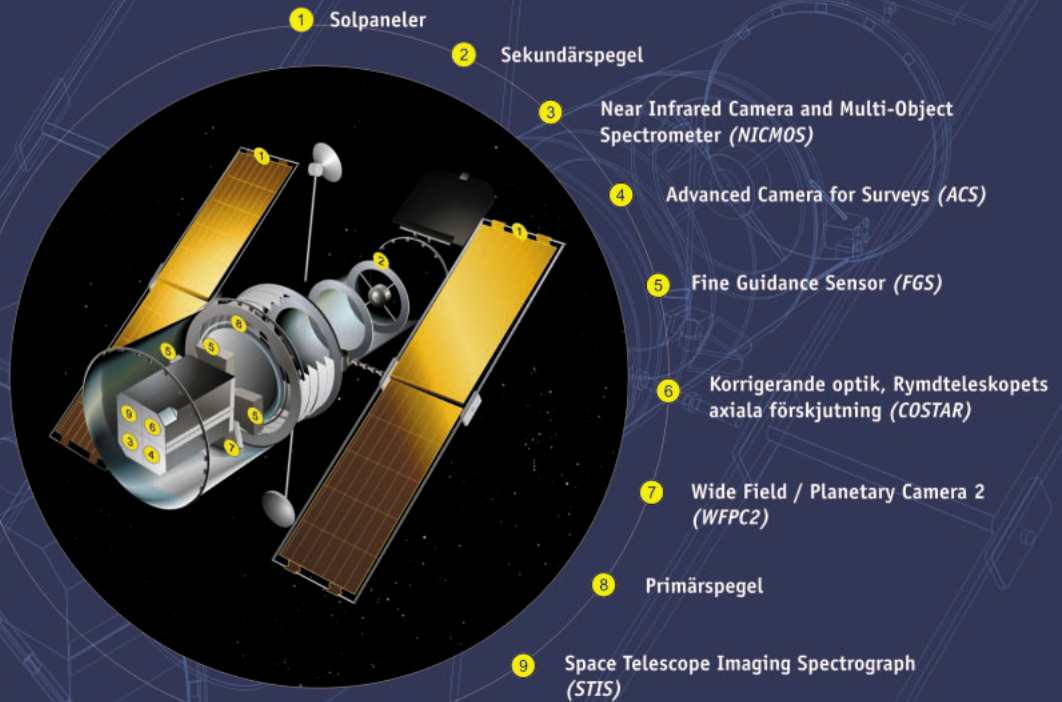
Teleskop som opererar ute i rymden kan dessutom samla in ljus utsänt från astronomiska objekt i en betydligt bredare del av det elektromagnetiska spektret än markbaserade teleskop, som är begränsade till de våglängder som atmosfären släpper igenom (se fig. 1).

Detta betyder att Hubble inte bara kan observera celesta objekt i visuellt ljus utan även i ultraviolett och infrarött. Det ultravioletta spektralområdet är av speciell vikt på grund av att det innehåller de flesta "atomära övergångarna" i de vanliga grundämnena. Alla kemiska ämnen har sin egen karakteristiska signatur genom att absorbera och emittera strålning med speciella våglängder. Det är genom att identifiera dessa signaturer i spektra från celesta objekt som deras kemiska sammansättning, temperatur och fysikaliska egenskaper kan bestämmas.



**Figur 1: Jordens atmosfärs absorption av strålning.** Astronomiska objekt sänder ut strålning i ett stort våglängdsområde, men endast vissa våglängder kan penetrera jordens atmosfär. Resten absorberas eller sprids i atmosfären. Diagrammet visar atmosfärens genomskinlighet som funktion av våglängden. Som synes så absorberas eller sprids ultraviolet ljus nästan fullständigt och stor del av den infraröda strålningen blir också absorberad.

# Rymdteleskopet Hubble



## Instrumenten

Antalet instrument ombord på Hubble - 2 kameror, 2 avbildande spektrografer och ett set av 3 noggranna guidsensorer - ger en vid variation av möjliga observationer.

Wide Field / Planetary Camera 2 (WFPC2) är den primära kameran på Hubble. Den är kapabel att avbilda himlen genom ett stort urval av filter från en våglängd av 1000 nm i det nära infraröda till 115 nm i det ultravioletta.

## Satelliten

Primärspiegel	Ritchey-Chrétien optik	2.4 m
Total längd		15.9 m
Diameter (solpaneler ihoppackade)		4.2 m
Spännvidd med solpaneler		12.1 m
Vikt		11,110 kg
Guidningsnoggrannhet		7 millibågsekunder under 24 h

## Omloppsbanan

Höjd (efter uppskjutning)	598 km
Inklination mot ekvatorn	28.5 grader
Livstid	20 år (till 2010)

Mer allmän och teknisk information om NASA/ESA Hubble Space Telescope finns på Hubble European Space Agency's Informationscentrum:  
<http://hubble.esa.int>

## ESO's Very Large Telescope

ESO's Very Large Telescope (VLT) är världens största optisk-infraröda teleskop. Initiativen till att realisera drömmen om ett stort europeiskt teleskop startade redan under sent 1970-tal. Den grundläggande designen av VLT diskuterades djupgående bland europeiska astronomer under tidigt 1980-tal. Baserat på ett detaljerat koncept med en tillhörande finansiell plan för konstruktion och efterföljande drift, gav ESOs styrelse grönt ljus för VLT-projektet i december 1987.

ESO, en internationell forskningorganisation, grundades 1962 av Belgien, Frankrike, Tyskland, Nederländerna och Sverige med "önskan att gemensamt skapa ett observatorium utrustat med kraftfulla instrument på det södra halvklotet och

följaktligen främja och organisera samarbete i astronomisk forskning". Sen dess har Danmark, Italien, Portugal och Schweiz anslutit sig. Storbritannien kommer att ansluta sig under 2002. Nyligen har även andra länder uttryckt sitt intresse för att ansluta sig till ESO.

ESO driver två toppmoderna observatorier, Paranal och La Silla. Cerro Paranal, ett 2635 m högt berg (24 deg 37 min S, 70 deg 24 min W), ligger i den nordliga delen av Chile, 12 km från Stilla Havskusten, 130 km söder om Antofagasta, 1200 km norr om Santiago de Chile och 600 km norr om La Silla. Denna plats ligger i ett av världens torraste områden, Atacamaöknen. Eftersom dåligt väder är astronomernas värsta fiende så gjorde ESO omfattande klimatundersökningar innan man valde att bygga VLT på Cerro Paranal. Här har man upp till 350 molnfria nätter per år.

VLT består av fyra 8,2 meters teleskopenheter (UT); detta mått anger diametern hos de fyra primärspeglarna. Sekundär- och tertiär-speglarna är betydligt mindre. När ljus passerar genom jordens atmosfär störs bilden, detta är anledningen till att stjärnor tycks blinka. Ett system av adaptiv optik har tagits fram för att korrigera denna oönskade effekt, så att bilder tagna med teleskopet blir lika skarpa som om VLT hade varit i rymden.

VLT är utrustat med många olika högteknologiska astronomiska instrument. Alla fyra 8,2 meters teleskopen var tagna i drift i slutet av år 2000. Många intressanta vetenskapliga resultat har redan erhållits.

Tre stycken 1,8 meters Assisterande Teleskop (AT) byggs nu. Det är möjligt att använda de fyra teleskopen var för sig eller, när AT'na är färdiga, kombinera alla teleskopen till en VLT-interferometer (VLTI). VLTI kommer att ha en bildskärpa motsvarande ett teleskop med en diameter på 200 m. De första observationerna med VLTI gjordes 2001.



Figur 2: Karta över Chile

Platserna för ESOs två observatorier i Chile, La Silla och Paranal, är utmärkta.

## ESO's Very Large Telescope

### ANTU och FORS

Konstruktionsarbetet på Cerro Paranal påbörjades 1991 och sex år senare, 1997, kom den första av de fyra speglarna till sin slutliga destination. Efter installationen sågs det första ljuset med ANTU (UT1) enligt tidtabellen den 25-26 maj 1998. ANTU betyder "solen" på språket Mapuche. De tre andra jätteteleskopen såg sitt första ljus i mars 1999, januari 2000 respektive september 2000.

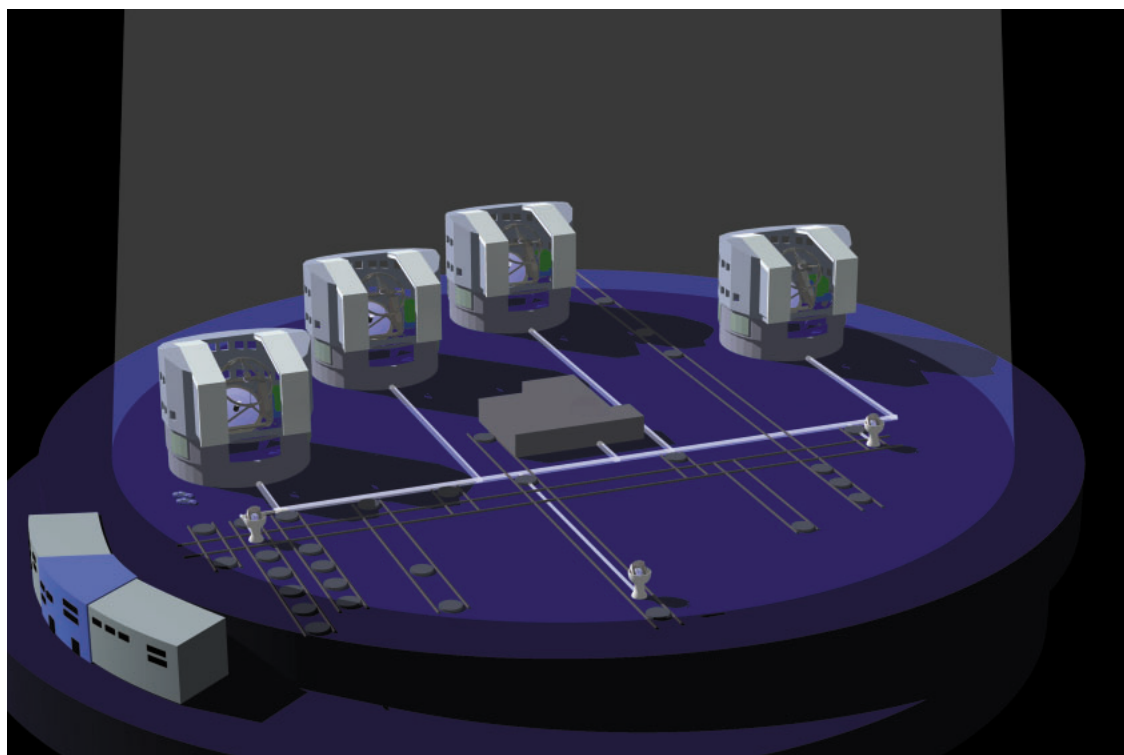
VLTs UTs är så kallat alt-azimutmonterade. I en sådan monterning rör sig teleskoptuben runt en horisontal axel (höjningsaxel). De två bärarna som understödjer tuben är monterade på en gaffel som roterar runt en vertikal axel (azimutaxeln) vilket gör det möjligt att rikta teleskopet mot hela himlen.

Den 15:de september 1998 såg FORS1 (FOkalReducerare och Spektrograf), monterad på ANTU, sitt första ljus och genast började den ta utmärkta astronomiska bilder. FORS1 och de andra

VLT-instrumenten har öppnat många nya möjligheter för europeisk astronomi.

FORS1, med sin tvilling FORS2, är en produkt av en av de mest genomgående och avancerade teknologiska studier någonsin gjorda för markbaserade astronomiska instrument. FORS-instrumenten är "multi-mode-instrument" som kan användas i flera olika observationsinställningar. Till exempel är det möjligt att ta bilder med två olika bildskalor (förstoringar) och spektra med olika upplösning av individuella eller multipla objekt. Alltså kan FORS först detektera bilder av avlägsna galaxer och sedan direkt ta upp deras spektra för att se vilken typ och hur långt borta stjärnorna i galaxen är.

Mer information om ESOs VLT finns på:  
<http://www.eso.org>.



Figur 3: En schematisk vy över VLT-interferometern.



[www.astroex.org](http://www.astroex.org)

