

# ASTRONOMISCHE ÜBUNGSREIHE DER **ESA/ESO**

Astronomische Schülerübungen basierend auf  
Beobachtungsdaten des NASA/ESA  
Hubble Weltraumteleskops  
und der ESO Teleskope.



## ALLGEMEINE EINLEITUNG





# Astronomische Übungsreihe der ESA/ESO

Astronomie ist eine leicht zugängliche und anschauliche Wissenschaft, welche ideal für die Verwendung im Schulunterricht ist. In den letzten Jahren haben das NASA/ESA Hubble Weltraumteleskop und die ESO Teleskope auf den Beobachtungsstationen La Silla und Paranal in Chile immer spektakulärere und tiefere Einblicke in das Universum geliefert. Hubble und die ESO Teleskope haben nicht nur faszinierende neue Bilder geliefert, sie sind gleichzeitig auch als Werkzeuge für Astronomen von unschätzbarem Wert. Die Teleskope haben hervorragende räumliche Auflösung/Winkelauflösung (Bildschärfe) und erlauben den Astronomen tiefer als je zuvor ins Universum zu blicken und dabei seit langem anstehende Fragen zu beantworten.

Obwohl die Analyse von solchen Beobachtungen im Detail oft wissenschaftlich sehr anspruchsvoll ist, können sie manchmal einfach genug sein, dass auch Oberstufenschüler die Möglichkeit haben, die Auswertung selbständig nachzuvollziehen.

Diese Übungsreihe wurde gemeinsam von der ESA (European Space Agency), dem europäischen Partner des Hubble Projekts, welche 15% der Beobachtungszeit am Hubble besitzen, und der ESO (European Southern Observatory, Europäische Südsternearte) erstellt.

Das Ziel dieser Übungsreihe ist es, verschiedene kleinere Aufgaben zu liefern, welche die Faszination und Freude an wissenschaftlichen Entdeckungen an die Schüler weitergeben. Unter Verwendung von elementaren geometrischen und physikalischen Modellen sind die Schüler in der Lage, vergleichbare Antworten zu wesentlich aufwendigeren Analysen, die in der wissenschaftlichen Literatur beschrieben sind, zu erhalten.

Neben der Motivation und den Ideen hinter Hubble und den ESO Einrichtungen, wird in die-

ser Broschüre eine kurze Beschreibung der Teleskope, der Instrumente, und deren Funktionsweise detailliert wiedergegeben, um die Beobachtungen in den nachfolgenden Übungen ausreichend verstehen zu können.

Die Originalsprache der Astronomischen Übungsreihe der ESA/ESO ist Englisch. Es gibt einige Gründe für diese Wahl — Englisch ist die meistbenützte Sprache in der Wissenschaft. Gute Kenntnis und praktische Erfahrung in dieser Sprache sind wertvolle Qualifikationen für alle Schüler, speziell bei so wissenschaftlichen Texten wie diesen.

In der modernen Ausbildung hat man die Wichtigkeit erkannt, dass man die Grenzen der Fachgebiete in Form von fächerübergreifenden Arbeiten überschreitet, welche verschiedene Wissensbereiche sowohl entwickelt als auch stärkt. Wir empfehlen daher, auch den englischen Text dieser Übungsaufgaben zu verwenden, um gleichzeitig eine praktische Anwendung der englischen Sprache zu haben. Es gibt inzwischen auch Versionen in verschiedenen anderen Sprache der ESA/ESO Mitgliedsstaaten (siehe WWW Links unter <http://www.astroex.org>).

Der Aufbau aller Übungen ist folgender: auf Hintergrundinformationen folgen eine Reihe von Fragen, Messungen und Berechnungen. Die Übung kann sowohl als Material für herkömmliche Unterrichtsmethoden dienen als auch an kleine Schülergruppen im Rahmen von Projektarbeiten ausgeteilt werden, weil die Übungsaufgaben weitgehend selbsterklärend sind.

Da die Übungen voneinander unabhängig sind, ist es möglich eine Auswahl zu treffen, um die zu Verfügung stehende Zeit gut zu nützen. Falls der Inhalt den Schülern noch nicht vertraut ist, empfehlen wir, dass die entsprechenden Teile der Werkzeuge durchgearbeitet werden, bevor die Schüler mit der eigentlichen Übung beginnen.

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

<sup>2</sup>European Space Agency

<sup>3</sup>European Southern Observatory



## Das Hubble Weltraumteleskop

Am 26. April 1990, 67 Jahre nachdem der deutsche Raketenpionier H. Oberth die möglichen Vorteile astronomischer Beobachtungen im Welt- raum aufgezeigt hat, wurde das Hubble Welt- raumteleskop aus dem Frachtraum der Raumfähre Discovery ausgesetzt. Die ersten ernstzuneh- menden Projekte für ein großes astronomisches Weltraumteleskop erhielt die NASA in den frühen 60er Jahren. Nach einer Reihe von Machbarkeits- studien wurde das Gemeinschaftsprojekt der NASA/ESA schlussendlich im Jahre 1977 geneh- migt. In bezug auf Auflösung hat Hubble bis vor kurzem alle erdgebundenen Teleskope bei wei- tem übertroffen. Und das, obwohl der Haupt- spiegel nur einen Durchmesser von 2,4 m hat, handelt es sich bei Hubble doch um kein großes Teleskop.

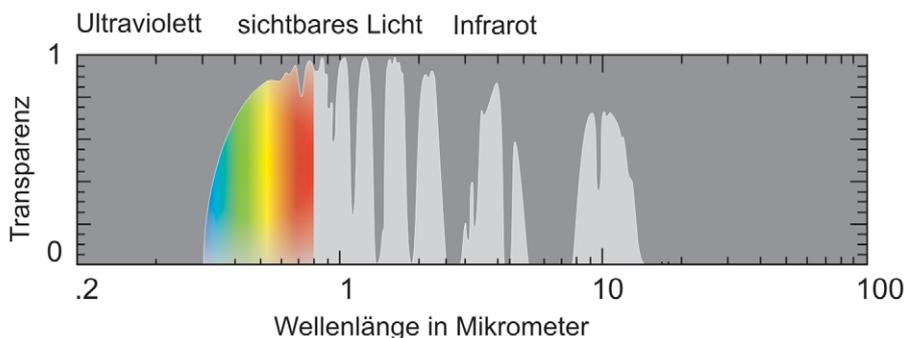
Die Qualität der Bilder von erdgebundenen Teles- kopen sind durch Störungen aufgrund des Licht- wegcs durch turbulente Schichten der Erdatmos- phäre beeinträchtigt. Unabhängig von der Größe des Teleskops, führt dieses unvermeidliche Ver- waschen zu einer signifikanten Verschlechterung der Winkelauflösung von bestenfalls einer halben Bogensekunde. Im Gegensatz dazu ist im Welt- raum die Leistungsfähigkeit eines Teleskops nur durch die Güte der Optik und die Genauigkeit, mit der ein Objekt während der Aufnahme anvi- siert werden kann, definiert — da sich das Licht im Weltall ohne Störungen ausbreitet (Sterne funkeln nicht). Dadurch enthalten die Bilder von Hubble fünfmal mehr Details verglichen mit ähn- lichen Aufnahmen von der Erde aus. Mit einem erdgebundenen Teleskops können die Schlagzei- len einer Zeitung aus einer Entfernung von ein- em Kilometer gelesen werden, jedoch mit

Hubble ist es möglich, sogar das Kleingedruckte zu entziffern!

Hauptsächlich die fünfmal bessere Bildqualität machen Hubble so speziell. Mit Hubble können nicht nur bereits bekannt astronomische Objekte mit wesentlich höherer Genauigkeit studiert wer- den, es ist auch möglich, bis jetzt unbekannte Objekte zu entdecken, die mehrere Male schwä- cher sind als alles, was von der Erde aus beob- achtbar ist.

Mit weltraumgestützten Teleskopen ist es darüber hinaus noch möglich, das Licht, das von astronomischen Objekten stammt, in einem weit größeren Bereich des elektromagnetischen Spek- trums zu erforschen, als es mit erdgebundenen Teleskopen möglich ist. Diese sind in ihrem Wellenlängebereich durch Absorption in der Erdat- mosphäre eingeschränkt (siehe Abbildung 1).

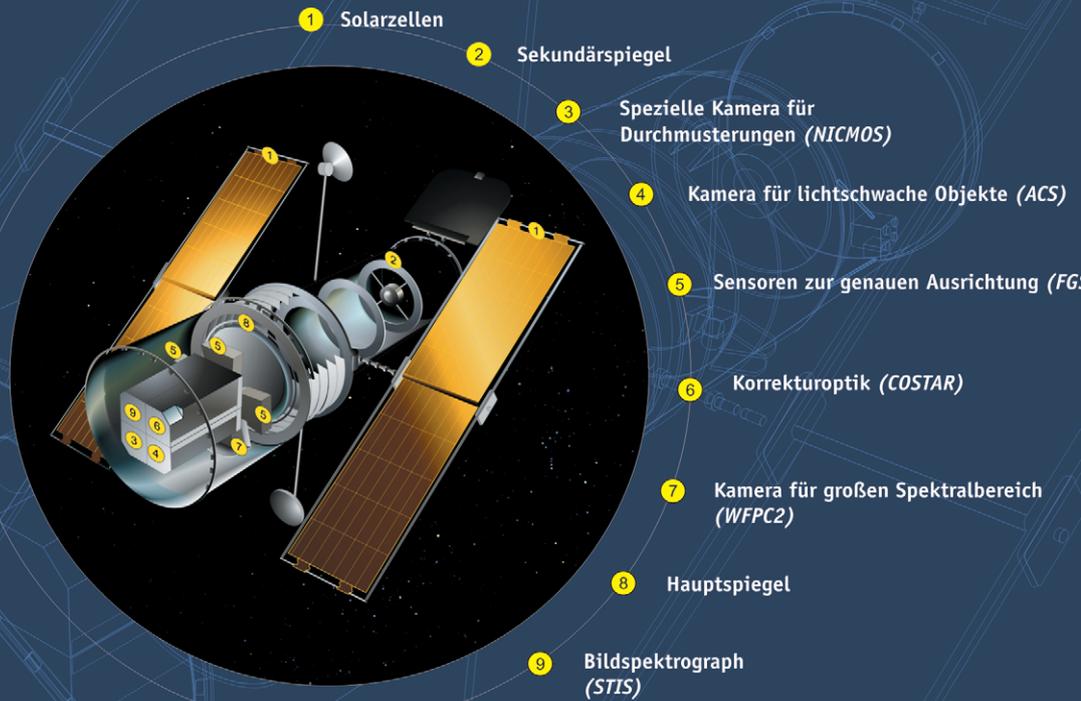
Das bedeutet, dass Hubble Himmelsobjekte nicht nur im sichtbaren Bereich, sondern auch im ul- travioletten und infraroten beobachten kann. Der ultraviolette Bereich des Spektrums ist für die Astronomen von besonderer Bedeutung, da die meisten sogenannten ‚atomaren Übergänge‘ der wichtigen Elemente in diesem Bereich liegen. Ein charakteristisches Merkmal von allen chemi- schen Elementen ist die Eigenschaft, Licht einer ganz speziellen Wellenlänge zu absorbieren und emittieren. Durch die Identifizierung dieser Wellenlängen im Spektrum eines Himmelsobjekts kann die chemische Zusammensetzung, die Temperatur und physikalische Parameter von sel- bigen bestimmt werden.



**Abbildung 1: Absorption von Strahlung durch die Erdatmosphäre**

Astronomische Objekte emittieren Licht in einem weiten Wellenlängenbereich, aber nur bestimmte Wellenlängen davon können die Erdatmosphäre durchdringen. Der Rest wird in der Atmosphäre absorbiert und gestreut. Das Diagramm zeigt die Transparenz der Atmosphäre als Funktion der Wellenlänge. Wie man sieht wird das ultraviolette Licht fast völlig absorbiert bzw. gestreut und auch ein großer Teil der infraroten Strahlung kommt nicht durch.

# Das Hubble Weltraumteleskop



## Die Instrumente

Die zusätzlichen Instrumente auf Hubble — 2 Kameras, 2 Bildspektrographen und ein Satz von 3 Sensoren zur genauen Ausrichtung — ermöglichen eine große Vielzahl von Beobachtungen. Die WFPC2 ist die Hauptkamera von Hubble. Sie ist in der Lage, den Himmel mittels einer Vielzahl von Filtern abzubilden; von 1000 nm im nahen Infrarot bis zu 115 nm im Ultravioletten.

## Der Satellit

Hauptspiegel	Ritchey-Chrétien Optik	2,4 m
Gesamte Länge		15,9 m
Durchmesser (eingeklappte Solarzellen)		4,2 m
Spannweite der Solarzellen		12,1 m
Gewicht		11.110 kg
Ausrichtgenauigkeit		7 Millibogensekunden für 24 Std

## Die Umlaufbahn

Die Höhe (ursprünglich)		598 km
Inklination zum Äquator		28,5 Grad
Vorhergesagte Lebensdauer		20 Jahre (bis 2010)

Weitere allgemeine und technische Information zum NASA/ESA Hubble Weltraumteleskop gibt es beim Hubble European Space Agency Information Center: <http://hubble.esa.int>

## Das ESO Very Large Telescope

Das ESO Very Large Telescope (VLT) ist das größte optisch – infrarot Teleskop der Erde. Bereits im Jahre 1970 gab es erste Bemühungen zur Realisierung eines großen europäischen Teleskops. Die grundlegende Planung des VLT wurde in den frühen 80er Jahren ausführlich unter den europäischen Astronomen diskutiert. Der ESO-Rat gab im Dezember 1987 grünes Licht zum VLT-Projekt. Dieser Entscheidung basierte auf einem detaillierten Konzept und einem zugehörigen Finanzierungsplan zum Bau und zur nachfolgenden Verwendung.

ESO, eine internationale Forschungsorganisation, wurde 1962 von Belgien, Deutschland, Frankreich, Holland und Schweden „mit dem Ziel ein gemeinsames Observatorium auf der Südhalbkugel

zu schaffen, welches mit leistungsfähigen Instrumenten ausgerüstet ist, und damit Zusammenarbeit in astronomischer Wissenschaft zu fördern und organisieren“ gegründet. In der Zwischenzeit sind Dänemark, Italien, Portugal und die Schweiz dazu gestoßen. Das Vereinigte Königreich wird im Jahre 2002 beitreten. Vor Kurzem haben auch weitere Ländern ihr Interesse an einem ESO Beitritt ausgedrückt.

ESO betreibt zwei hochmoderne Observatorien, Paranal und La Silla. Cerro Paranal, ein 2635 m hoher Berg ( $24^{\circ}37' S$ ,  $70^{\circ}24' W$ ), liegt im Norden von Chile, 12 km von der Pazifikküste entfernt, 130 km südlich von Antofagasta, 1200 km nördlich von Santiago de Chile und 600 km nördlich von La Silla. Dieser Ort befindet sich in einem der trockensten Gebiete der Erde, der Atacama-Wüste. Da schlechtes Wetter der größte Feind der Astronomen ist, hat ESO ausführlich klimatische Untersuchungen durchgeführt, bevor Cerro Paranal als Ort für das VLT gewählt wurde. An diesem Ort gibt es bis zu 350 klare Nächte pro Jahr.

Das VLT besteht aus vier 8,2-m Einzelteleskopen (Unit Telescopes – UT); diese Zahl gibt den Durchmesser der vier Hauptspiegel an. Die Sekundär – und Tertiärspiegel sind wesentlich kleiner. Wenn Licht durch die Erdatmosphäre scheint, werden Aufnahmen von Sternen verzerrt: dies ist der Grund, warum Sterne funkeln. Das adaptive Optiksyste wurde entwickelt, um diesen unerwünschten Effekt zu korrigieren, so dass die Bilder, die von den Teleskopen aufgenommen werden, so scharf werden, als wenn das VLT sich im Weltraum befinden würde.

Das VLT ist mit vielen verschiedenen hochtechnischen astronomischen Instrumenten bestückt. Alle vier 8,2-m Teleskope sind seit Ende 2000 in Betrieb. Mit ihnen wurden schon viele aufregende wissenschaftliche Resultate erzielt.

Drei 1,8-m Hilfsteleskope (Auxiliary Telescopes – AT) werden noch gebaut. Es ist möglich, jedes UT alleine zu benutzen oder wenn die AT's fertiggestellt worden sind, alle Teleskope zum Very Large Telescope Interferometer (VLTI) zusammen-



**Abbildung 2: Karte von Chile**

Die geographische Lage der beiden ESO Observatorien in Chile, La Silla und Paranal, sind angegeben.

## Das ESO Very Large Telescope

menzuschalten. Das VLTI hat dieselbe optische Schärfe wie ein Teleskop mit einem Durchmesser von 200 m. In einer Vorstufe zum VLTI wurden bereits im Jahre 2001 erste Aufnahmen gemacht, indem zwei UT's zusammengeschaltet wurden.

### ANTU und FORS

Die Bauarbeiten auf Cerro Paranal begannen im Jahre 1991 und sechs Jahre später, 1997, wurde der erste Spiegel geliefert. Nach dem Einbau wurde, wie nach Plan, in der Nacht 25./26. Mai 1998 das erste Licht mit ANTU (UT1) eingefangen. ANTU bedeutet ‚Sonne‘ in der Mapuche Sprache. Die anderen drei Großteleskope hatten ‚erstes Licht‘ im März 1999, Januar 2000 und September 2000.

Die VLT UT's haben sogenannte altazimutale Montierung. In dieser Montierung bewegt sich das Teleskop um eine horizontale Achse, die Neigungsachse. Die beiden Lager, welche das Teleskop halten, sind in einer Gabel montiert, welche um eine vertikale Achse, die Azimuthachse, rotiert und damit dem Teleskop ermöglicht jeden

Punkt am Himmel anzuvisieren. Am 15. September 1998 sah FORS1 (Focal Reducer and Spectrograph), der an ANTU angeschlossen wurde, erstes Licht und lieferte sofort einige spektakuläre astronomische Bilder. FORS1 und die anderen VLT Instrumente öffneten der europäischen Astronomie eine Vielzahl von neuen Möglichkeiten. Die beiden Spektrographen FORS1 und dessen Zwilling FORS2 sind das Produkt einer der höchsttechnologischen und aufwendigsten Untersuchungen, die je mit erdgebundenen Teleskopen gemacht wurden. Die FORS Instrumente sind ‚multi-mode Instrumente‘, die in verschiedenen Beobachtungsmodi betrieben werden können. Zum Beispiel ist es möglich, Bilder mit zwei verschiedenen Maßstäben (Vergrößerungen) aufzunehmen; des weiteren können Spektren bei verschiedener Auflösung von einzelnen oder mehreren Objekten erzielt werden. Damit ist es FORS möglich, zuerst ein Bild von einer entfernten Galaxie und sofort anschließend ein Spektrum zu liefern, so dass der Typ und die Entfernung der Sterne in der Galaxie bestimmt werden können.

Weitere Informationen zum ESO VLT gibt es unter: <http://www.eso.org>.

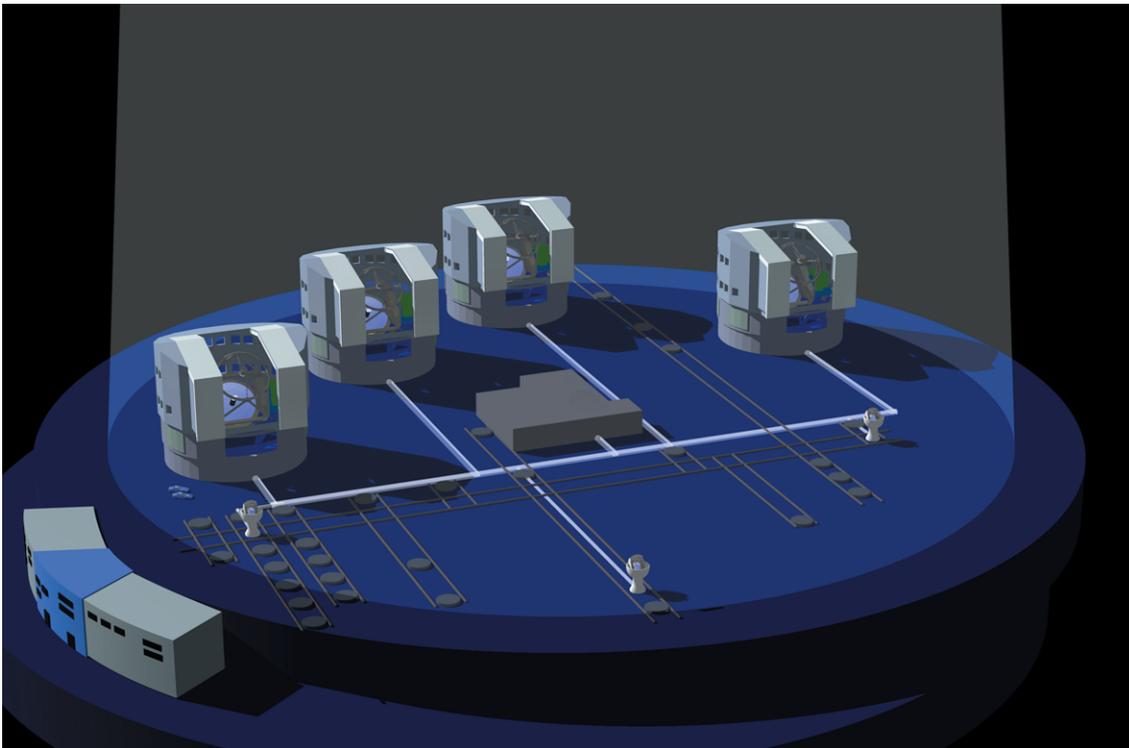


Abbildung 3: Eine schematische Ansicht des VLT Interferometer

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

