

Vom Fernrohr zum Hightech Teleskop

Ist da draußen jemand? Zur Erforschung des Alls werden seit Menschengedenken Mittel und Wege gesucht.

Sonne, Mond und Sterne haben die Menschen schon immer beschäftigt. Sie galten als Wohnsitz der Götter. Sie wurden für das Schicksal verantwortlich gemacht. Ihre Anordnung und Bewegung am Himmelszelt bestimmten die Einteilung der Zeit in Tage, Monate und Jahre. Und sie dienten als Orientierung auf Reisen, insbesondere bei der Seefahrt.

Jahrtausendlang konnte man die Himmelskörper nur mit bloßem Auge betrachten, bis 1609 Galileo Galilei als Erster ein Fernrohr für astronomische Beobachtungen einsetzte. Es wurde kurz zuvor in Holland erfunden und bestand aus einer Sammell- und einer Zerstreuungslinse. Obwohl seine optische Qualität sehr gering war – das Glas der Linsen hatte Schlieren und Färbungen –, konnte Galilei damit auf dem Mond Berge und Täler unterscheiden und am Saturn seitliche „Henkel“ ausmachen.

Keplers Klassiker

1611 schlug Johannes Kepler ein Fernrohr aus zwei Sammellinsen vor, das vom Prinzip her heute noch als „klassischer Refraktor“ oder „Keplersches Fernrohr“ verwendet wird: Die erste Sammellinse dient als Objektiv und erzeugt in der Brennebene ein reelles Bild, das mit der zweiten Sammellinse, dem sogenannten Okular, betrachtet wird. Das Bild ist umgekehrt, das heißt, es ist seitenverkehrt und steht auf dem Kopf, was allerdings in der Astronomie keine Rolle spielt.

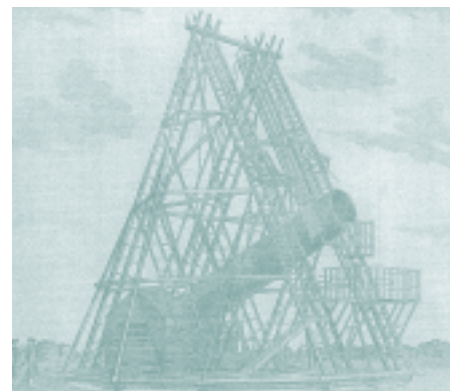
Erste Spiegelteleskope

Das erste funktionsfähige Spiegelteleskop baute Isaac Newton im Jahre 1668: Ein konkaver Hauptspiegel fokussiert das parallel einfallende Licht zu einem konischen Bündel, das von einem unter 45° zur optischen Achse des Hauptspiegels geneigten Planspiegel zum Okular umgelenkt wird. In der Theorie waren noch mehr Bauarten für Spiegelteleskope bekannt, unter anderem der Cassegrain-Reflektor, bei dem ein konvexer Fangspiegel das vom konkaven Hauptspiegel kommende Strahlenbündel zurückwirft, wo es dann durch die zentrische Bohrung des Hauptspiegels tritt. Diese Bauform konnte aufgrund der hyperbolischen Kontur des Fangspiegels allerdings erst ab 1905 gefertigt werden. Die praktische Weiterentwicklung der Spiegelteleskope nach Newton-Bauart wurde im 18. Jahrhundert im wesentlichen von Friedrich Wilhelm Herschel geprägt. Er baute und verkaufte innerhalb von 3 Jahren 60 Teleskope mit einer hervorragenden Abbildungsqualität, entdeckte 1781 den Planeten Uranus und wurde ein Jahr später zum „Royal Astronomer“ des Greenwich Observatoriums ernannt.

Um die Vergrößerung zu steigern, wurden die Spiegelteleskope immer größer konstruiert, denn je größer die Fläche des Hauptspiegels ist, desto mehr Licht kann er sammeln. Die Leistungsfähigkeit des Spiegels hängt aber nicht nur von seinem Durchmesser, sondern auch von der Exaktheit seiner Form, seiner Oberflächengüte und seinem Reflexionsvermögen ab.

Fortschritte bei Spiegelmaterialien

Bis 1835 wurden Teleskopspiegel aus polierten Metalllegierungen angefertigt. Dann erfand Justus Liebig ein Verfahren zum Abscheiden einer dichten Silberschicht auf Glas, und bald darauf bestanden



Teleskopspiegel aus Glas mit versilberter Oberfläche. 1930 wurde das chemisch abgeschiedene Silber durch aufgedampftes Aluminium ersetzt. Zum einen hatten die Spiegel dadurch einen höheren Reflexionsgrad, zum anderen bildete sich eine durchsichtige Aluminiumoxid-Schutzschicht an der Oberfläche, die das für Silberspiegel typische Anlaufen verhinderte.

Spiegelträger aus Glaskeramik

Die Aluminiumschicht hat sich bis heute bewährt, beim Grundmaterial für die Spiegelträger gab es aber weiterhin bahnbrechende Neuentwicklungen. Glas hat nämlich den Nachteil, dass es sich bei Erwärmung ausdehnt und dadurch die Kontur des Spiegels „verbiegt“. Gerade bei größeren Temperaturschwankungen führt dies zu unbrauchbaren Bildern. Man versuchte also ein Material mit einer möglichst geringen Wärmeausdehnung zu entwickeln. Bei Schott Glas gelang dies mit der Glaskeramik „Zerodur“, ein Material das seit 1970 bevorzugt als Träger für Teleskop- und Satellitenspiegel verwendet wird ■

Meilensteine der Materialentwicklung

bis 1835: Teleskopspiegel aus poliertem Metall
1835: Justus Liebig erfindet ein Verfahren zum Abscheiden einer Silberschicht auf Glas
1856: Teleskopspiegel aus Glas mit Silberschicht
ab 1930: statt Silber wird Aluminium als Reflexionsschicht verwendet
ab 1970: Spiegelträger aus „Zerodur“ Glaskeramik
1991-93: Schott Glas fertigt bisher größte Gussteile aus „Zerodur“ für das VLT (Very Large Telescope) mit 8,2 m Durchmesser

Aktuelle Teleskopprojekte

Dem Rätsel Universum ein Stück näher

Moderne Teleskope sind, je nach Einsatzgebiet, sehr unterschiedlich aufgebaut. „Zerodur“ wird dabei sehr häufig als Spiegelträgermaterial verwendet.

Während Teleskope früher reine Beobachtungsinstrumente waren, mit denen die Astronomen nachts stundenlang in den Himmel schauten, dienen sie heute mehr und mehr als Messinstrumente. Anstelle des Auges sind CCD-Chips (Charge Couple Device = Bauelement aus Halbleitermaterial zur Verarbeitung elektrischer und optischer Signale) als Empfänger im Einsatz, und die gesammelten Daten werden in Computern gespeichert und weiterverarbeitet. Die moderne Astronomie ist auch nicht mehr nur auf das sichtbare Licht beschränkt, vielmehr kann mit unterschiedlichen Teleskoparten die gesamte Bandbreite der elektromagnetischen Strahlung im All erforscht werden.

VLT

Das „Very Large Telescope“ (VLT) auf dem 2660 Meter hohen Cerro Paranal in Chile ist derzeit die größte und leistungsstärkste Teleskopanlage der Welt. Es besitzt vier Hauptspiegel aus „Zerodur“ mit einem Durchmesser von je 8,2 Metern – die größten, die jemals aus einem Guss gefertigt wurden. Die vier Teleskope werden momentan noch unabhängig voneinander eingesetzt, liefern aber jetzt schon Bilder aus dem sichtbaren und dem nahen infraroten Spektrum in sensationeller Auflösung. Wenn erst die Zusammenschaltung zu einem Riesenteleskop mit einem effektiven Spiegeldurchmesser von 16 Metern gelingt, könnte man theoretisch einen Astronauten beim Spaziergang auf dem Mond beobachten. Praktisch soll das VLT jedoch lichtschwache Objekte im Universum erforschen und zum Beispiel erstmals Informationen über Planetensysteme anderer Sterne sammeln.

Feinpolitur des vierten 8,2 Meter-Teleskopspiegels bei der französischen Firma REOSC.



Spektakuläre und detailreiche VLT-Aufnahme der Spiral Galaxie NGC 1232. In der Mitte der 100 Millionen Lichtjahre entfernten Galaxie befinden sich ältere rötliche Sterne, währenddessen die Spiralarme aus jüngeren, blauen Sternen und vielen sternbildenden Regionen bestehen.



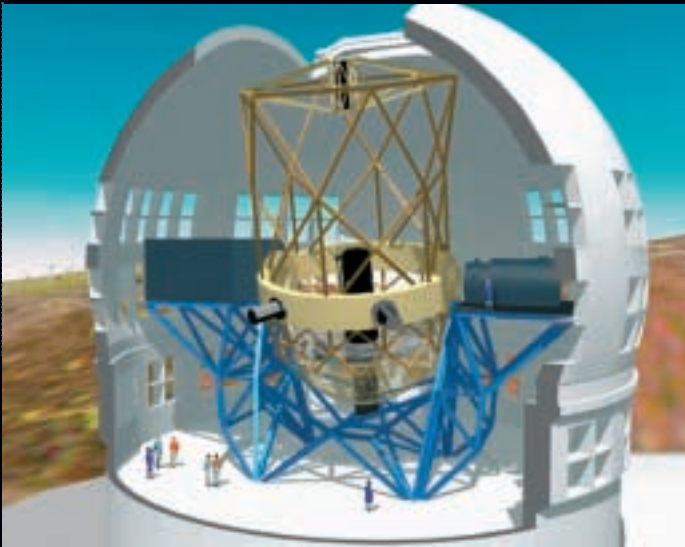
Standort des VLT ist der 2660 Meter hohe Cerro Paranal in der chilenischen Atacama-Wüste.



GTC

Zur Erforschung des Himmels der nördlichen Hemisphäre wird derzeit das Gran Telescopio Canarias (GTC) gebaut. Sein Standort auf der Kanareninsel La Palma gilt weltweit als einer der besten für Beobachtungen im sichtbaren und nahen infraroten Spektrum, da hier die atmosphärischen Störungen sehr gering sind. Der riesige Hauptspiegel des GTC mit einem Durchmesser von 10,4 Me-

tern besteht nicht aus einem Guss, sondern aus 36 sechseckigen Segmenten aus „Zerodur“. Ein ausgeklügeltes Träger-, Antriebs- und Sensorensystem sorgt dann dafür, dass die einzelnen Segmente während der astronomischen Messungen exakt aufeinander eingestellt sind. Die erste Betriebsaufnahme ist mit einem vorläufigen Hauptspiegel aus 8 bis 10 Segmenten für Ende des Jahres 2002 geplant, das Gesamtsystem soll bis 2004 fertig sein.

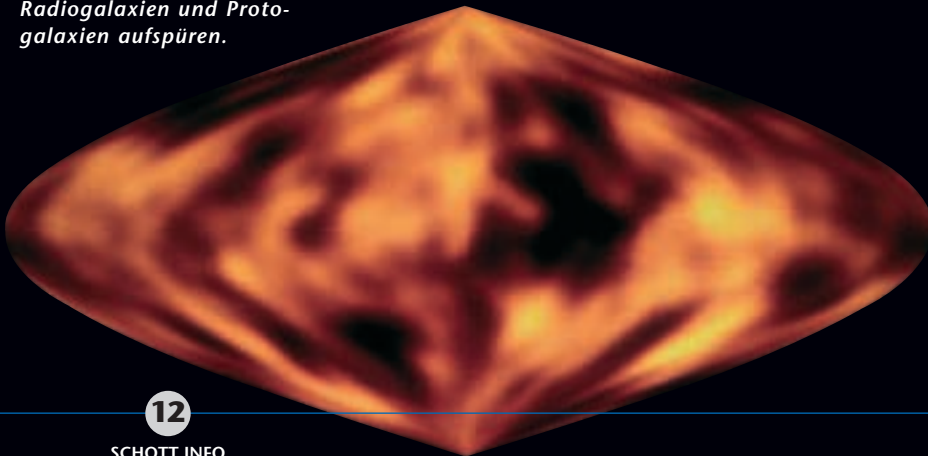


Mit 10,4 Metern Durchmesser und 11,3 Metern Maximalgröße ist das GTC weltgrößtes Teleskop.

Insgesamt 36 Hexagone aus „Zerodur“ Glas-keramik bilden den Primärspiegel.



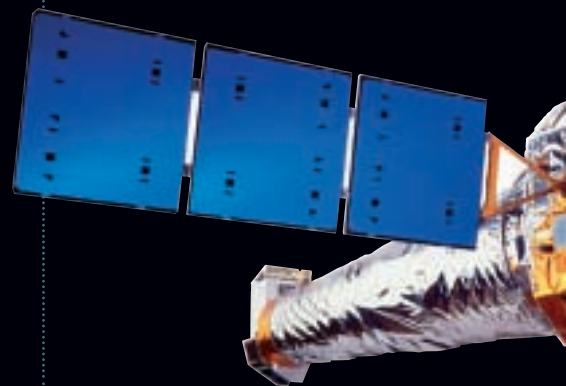
Das GTC soll künftig noch bessere Abbildungen von weit entfernten Objekten ermöglichen und neue Quasare, Radiogalaxien und Protogalaxien aufspüren.



CHANDRA

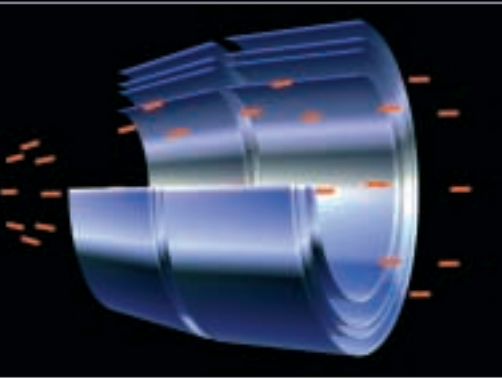
Das Röntgenteleskop Chandra wurde 1999 mit dem Space Shuttle ins All transportiert. Seitdem umkreist es die Erde auf einer stark elliptischen Umlaufbahn und führt dort Messungen im unsichtbaren Röntgenspektrum durch. Man kann damit z.B. das extrem heiße Gas in einem Galaxienhaufen untersuchen und daraus Rückschlüsse auf die Größe Schwarzer Löcher ziehen. Da Röntgenstrahlen sehr energiereich sind, dringen sie bei senkrechtem Aufprall tief in Materie hinein oder gar hindurch – sei es nun in eine Hand bei einer Röntgenaufnahme oder in einen Spiegel. Deshalb wurden für Chandra zylindrische Spezialspiegel aus „Zerodur“ entwickelt, die so angeordnet sind, dass die Röntgenstrahlen in einem sehr flachen Winkel auftreffen und dann auf die Detektoren abgelenkt werden.

Aufnahme der Circinus-Galaxie mit Chandra. Rote Bereiche entsprechen dabei niedriger, grüne Bereiche mittlerer und blaue der höchsten Röntgenenergie. Das Röntgenlicht entsteht im extrem heißen Gas eines Galaxienhaufens und lässt Rückschlüsse auf die Größe benachbarter Schwarzer Löcher zu.

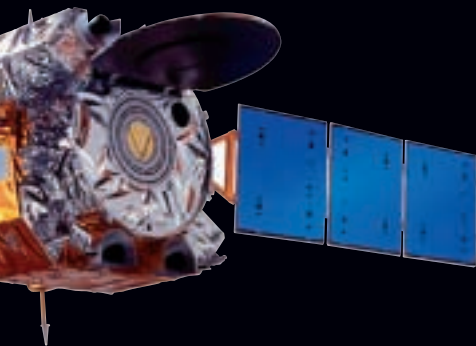
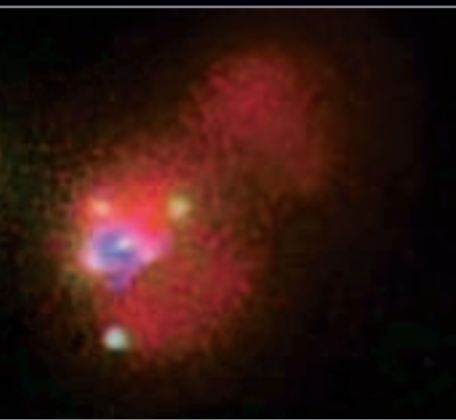


Das Chandra Observatorium umkreist die Erde auf einer elliptischen Umlaufbahn in einer Entfernung zwischen 10.000 und 14.000 Kilometern und ist damit weit von störenden Strahlungsgürteln entfernt.

SOFIA



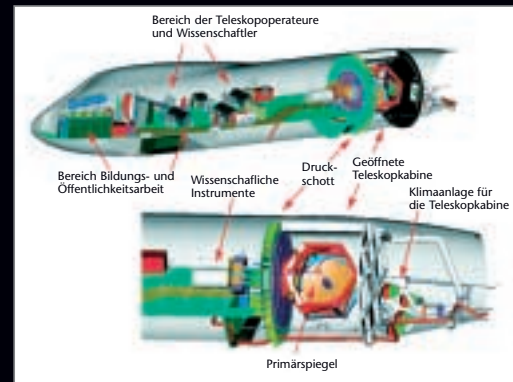
Kernstück des Chandra-Teleskops: ein hochauflösendes Spiegelmodul mit zylindrischen Spezialspiegeln aus „Zerodur“.



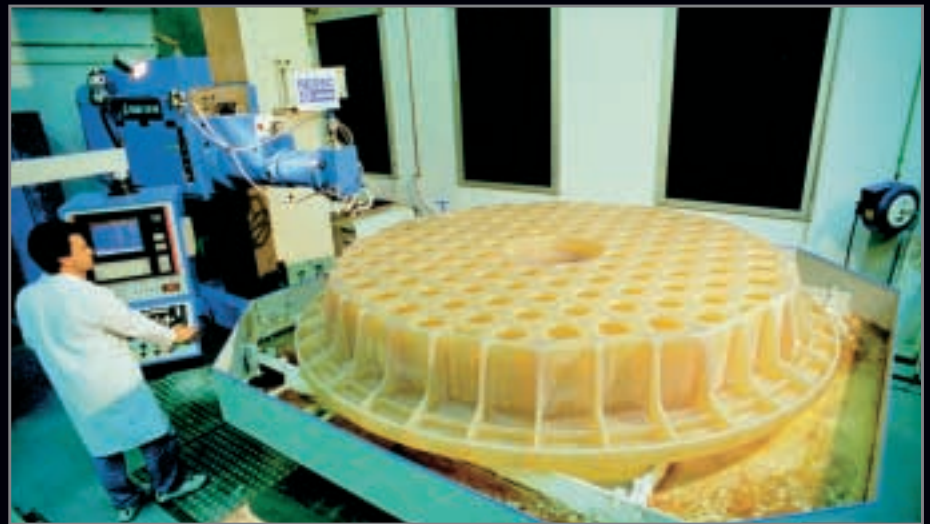
SOFIA steht für „Stratosphären-Observatorium für Infrarot-Astronomie“ und ist im Grunde ein Jumbo-Jet (Boeing 747) mit einem Teleskop an Bord. Da ein Großteil der zu untersuchenden infraroten Strahlung die Erdatmosphäre nicht durchdringt, werden die wissenschaftlichen Beobachtungsflüge voraussichtlich ab 2004 in ca. 13 km Höhe stattfinden. Dort herrschen raue Bedingungen, d.h. niedriger Druck, turbulente Windströmungen und eine Temperatur von ca. - 60°C. Der Teleskopspiegelträger aus „Zerodur“ hält das alles sehr gut aus, obwohl seine Rückseite nur noch aus einer dünnen Wabenstruktur besteht. Durch diese Maßnahme konnte sein ursprüngliches Gewicht von 4 t auf 850 kg reduziert werden ■



Fliegendes Teleskop SOFIA: Das optische Instrument ist im Rumpf der Boeing 747 installiert.



Blick in das Innere von SOFIA.



Auf der Rückseite des „Zerodur“ Spiegelträgers wurde eine Wabenstruktur herausgefräst und somit das Gewicht von vier Tonnen auf 850 Kilogramm reduziert.

Elektromagnetische Strahlung

Die Erdatmosphäre ist nur für einen kleinen Teil der Strahlung durchlässig, nämlich für das sichtbare Licht und jeweils einen Teil der angrenzenden Infrarot- und UV-Strahlung. Dabei gilt: Je dünner die Atmosphäre, desto mehr kommt letztendlich auf der Erdoberfläche an. Aus diesem Grund stehen die großen erdgebundenen

Teleskope auf hohen Berggipfeln. Will man dagegen Informationen aus dem kurzwelligeren Strahlungsbereich (z.B. Röntgenlicht) oder aus dem langwelligeren (z.B. fernes Infrarot oder Mikrowellen), so muss man die Erdatmosphäre ganz verlassen und die Messungen von einem Flugzeug, einem Fesselballon oder Satelliten aus durchführen.

