

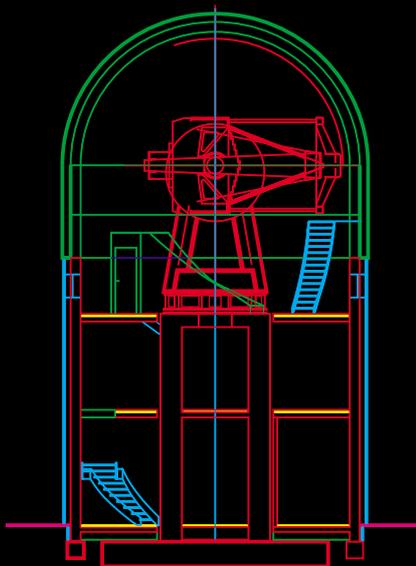
# Geschärfter Blick ins Weltall

Hans-Joachim Teske



Hans-Joachim Teske ist bei Carl Zeiss verantwortlich für Astronomische Geräte und Projekte.

*Der griechische Astronom der Antike Aristarch von Samos (320 bis 250 v.u.Z.) hatte zur Himmelsbeobachtung nur seine Augen zur Verfügung. Ob er sich vorstellen konnte, dass ca. 2250 Jahre später ein hochkomplexes Teleskop mit einem Spiegeldurchmesser von 2,3 Metern Tausende von Lichtjahren ins Universum blicken kann? Und dass dieses Teleskop seinen Namen trägt? Das 2,3-m-Aristarchos-Teleskop des Nationalobservatoriums Athen ist nur eines der Großprojekte für die Astronomie, an denen Carl Zeiss derzeit in Jena arbeitet.*



**Bild 1:** Entwurf des 2,3-m-Teleskops für das Nationalobservatorium Athen (NOA).

## Größtes Teleskop auf dem Balkan

Das 2,3-m-Teleskop für Griechenland soll auf dem Berg Helmos in 2 340 Metern Höhe nach den interessantesten astronomischen Objekten, wie Quasaren, Schwarzen Löchern und Gravitationslinsen Ausschau halten. Dieses hochmoderne Observatorium, das aus Teleskop, Schutzbau und Turm besteht, wurde bei Carl Zeiss komplett in Auftrag gegeben (Bild 1). Neue Lösungen für Steuerung, Achslagerungen und Spiegelhalterungen sowie ein modulares Konzept sind die Kennzeichen einer neuen Baurei-

he von 2-m- bis 3,5-m-Teleskopen, die mit dem Griechenland-Teleskop begonnen wurde. Für das 8,5 Meter hohe Teleskop, das größte auf dem Balkan, musste in der Jenaer Montagehalle eine 2,5 Meter tiefe Montagegrube mit einem Durchmesser von ca. 7,2 Metern geschaffen werden. Im Zentrum befindet sich ein schwingungsisoliertes Fundament, auf dem das Teleskop montiert und erprobt werden kann.

Der Schutzbau hat einerseits Funktionen einer normalen Teleskopkuppel; er schützt die empfindlichen optischen, mechanischen und elektronischen Systeme des Teleskops vor Witterungseinflüssen während der Ruhezeit. Andererseits sieht das Konzept für den Berg Helmos ein frei in der Atmosphäre stehendes, vom Wind umspültes Teleskop vor. Dieses Konzept reduziert die schädlichen Einflüsse konventioneller Kuppeln, erfordert aber wegen möglicher hoher Windbelastungen während der Beobachtung große dynamische Stabilität des gesamten Systems. Um die exzellente optische Qualität voll nutzen zu können, werden hohe Anforderungen an Positionier- und Nachführgenauigkeit des Teleskops gestellt. Zur Lösung dieser technischen Forderungen ist bei Carl Zeiss eine spezielle Technologie-Plattform entwickelt und erprobt worden, bei der die Systeme für Lagerung, Antrieb, Positionsmessung sowie Strom- und Datenübertragung optimal aufeinander abgestimmt sind. Das Design gewährleistet eine hohe natürliche Frequenz der gesamten Teleskopstruktur, insbesondere des Tubus; damit sind astronomische Beobachtungen auch bei Windgeschwindigkeiten bis zu  $15 \text{ ms}^{-1}$  möglich. Das Teleskop, der Schutzbau und der Turm mit dem innenliegenden Teleskopfundament sind so konstruiert, dass sie den seismischen Aktivitäten am vorgesehenen Standort in der Region um Helmos widerstehen können. Das gesamte Territorium von Griechenland

ist starken Erdbeben ausgesetzt, es ist die Zone mit der höchsten Erdbebenwahrscheinlichkeit bezüglich Größe und Häufigkeit im Mittelmeerraum. Außerdem wird diese noch durch seismische Aktivitäten der Regionen von Albanien, Bulgarien und der westlichen Türkei verstärkt.

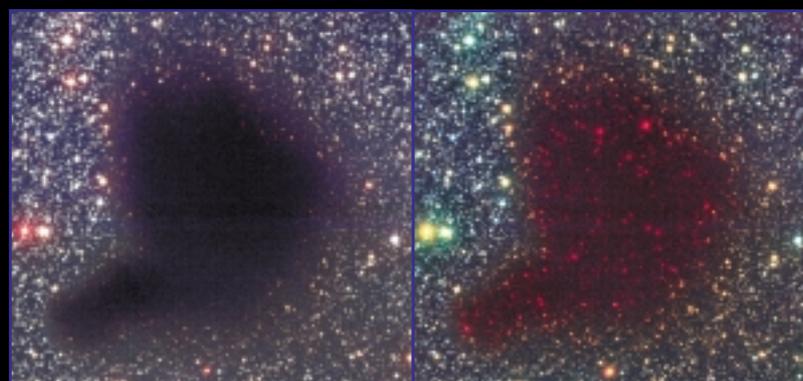
Das Observatorium wird mit einem Teleskop-Steuerungssystem ausgestattet, das die Möglichkeit der Fernsteuerung über PC und ein Ferndiagnostikprogramm enthält. Damit werden sofort Störungen angezeigt oder verhindert, die durch Beobachter ausgelöst werden können. Das Observatorium wird mit einem GPS-Timing-System und mit einer automatischen Wetterstation ausgestattet sein, die aktuellen Daten werden online in die Steuerungs- und Korrektionsysteme des Teleskops eingebunden.

Der Turm, bestehend aus einer Außenschale, die den 8-m-Schutzbau trägt, und einem zentral angeordneten schwingungsentkoppelten Fundament zur Befestigung des Teleskops, wird eine „leichte“, aber stabile Konstruktion mit einer guten Wärmeisolation sein. Um die innerhalb des Turmes generierte Wärme zu minimieren, wird die Wärmeenergie, die von Steuerschränken, Öldruckanlage und Computern erzeugt wird, über ein Abluftrohr in ca. 50 m in eine für die Beobachtung unschädliche Richtung ausgeblasen. Diese Maßnahmen und ein effektives Be- und Entlüftungssystem sichern, dass die Innentemperatur des Turmes, des Schutzbaus und des Teleskops tagsüber nahe der zu erwartenden Temperatur der nächsten Beobachtungsnacht liegt, um möglichst schnell – ohne schädliche Wärmeeffekte, die ein Luftflimmern erzeugen – astronomisch beobachten zu können.

## Sterne im Weitwinkel

Die Entwicklung und der Bau von Schmidt-Teleskopen haben bei Carl Zeiss eine lange Tradition, beginnend

mit dem 1,2-m-Schmidt-Teleskop Hamburg-Bergedorf, dem 2-m-Universal-Teleskop in Tautenburg über die Satellitenbeobachtungsgeräte SBG 420/500/760 bis zu dem aktuellen Auftrag aus Ägypten für zwei 630-mm-Teleskope, die mit 400-mm-Schmidt-Platten ausgerüstet sind. Diese Teleskope haben eine altazimutale Montierung, d.h., sie werden wie große Theodoliten benutzt – das reduziert die Gewichte und die schädlichen Deformationen; erfordert aber gleichzeitig eine dritte nachgeführte Achse, die sich in der Tubusmitte befindet. Die beiden Teleskope sind für die Abbildung großer Ge-



**Bild 4:** Die Dunkelwolke Barnard 68 ist nur ca. 410 Lichtjahre von der Erde entfernt und etwa 300-mal größer als das Planetensystem der Sonne. Aufgrund der verdunkelnden Wirkung von Staubteilchen im Innern der Wolke ist sie auf der VLT-Aufnahme im sichtbaren und nahen Infrarotbereich vollkommen undurchsichtig (links). Das zusammengesetzte Falschfarbenbild (rechts) basiert auf jeweils einer Aufnahme im sichtbaren (blau), im nahen Infrarot- (grün) und im Infrarotbereich (rot) mit dem ESO-Teleskop 8,2-m-VLT ANTU auf dem Berg Paranal, dessen Tertiärspiegel von Carl Zeiss gefertigt wurde, und dem 3,5-m-NTT mit Zeiss Optik in La Silla vom März 1999. Bei langen Belichtungszeiten traten durch die Dunkelwolke rund 3700 Hintergrundsterne hervor (rot). Die Forscher vermuten, dass aus der Wolke ein neuer Stern mit Planetensystem entsteht.

sichtsfelder spezifiziert, womit sie sich besonders zur Beobachtung schwacher Objekte im Wellenlängenbereich von 435 bis 850 nm eignen. Hohe Positioniergenauigkeit bei exakter Zeitmessung und die Fähigkeit zur Verfolgung von Sternen und Objekten mit Eigenbewegungen zeichnen

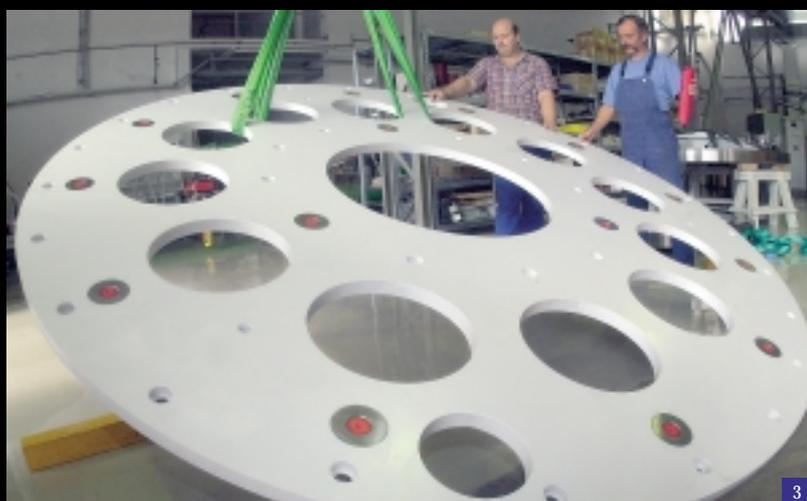
die Instrumente u.a. aus. Der Arbeitstemperaturbereich von  $-20^{\circ}\text{C}$  bis  $+60^{\circ}\text{C}$ , die Beständigkeit gegen Wind und Sturmböen bis ca. maximal  $v = 15 \text{ ms}^{-1}$  während der Beobachtungen sowie die geforderte Erdbebenbeständigkeit von  $a \leq 2 \text{ ms}^{-2}$  in jeder Richtung erfordern hohe Qualität bei der Entwicklung bis zur Installation am Aufstellungsort. Die bei Zeiss entwickelte und erprobte Technologie-Plattform wird auch hier eingesetzt.



## Entdeckungen vorbereiten

Das „Very Large Telescope Survey Telescope (VST)“ soll den südlichen Himmel am Cerro Paranal in Chile durchmusteren, um die Beobachtungen des Very Large Telescopes im hauptsächlich sichtbaren Bereich des Spektrums vorzubereiten. Das Projekt steht unter der Leitung von OAC Neapel, das auch für das Design und den Bau des Teleskops verantwortlich ist. Carl Zeiss fertigt, prüft und zertifiziert als Nachauftragnehmer gemeinsam mit seinem Großoptik-Partner LZOS in Russland das optische System. Dieses besteht aus dem 2,65-m-Primärspiegel, dem 0,95-m-Sekundärspiegel und zwei Korrektursystemen mit Durchmessern um 0,4 Metern. Die erreichte optische Qualität aller optischen Komponenten wird durch spezielle interferometrische Tests bestimmt, die der Kunde vor Auslieferung bzw. vor dem Einbau in die Fassungen bestätigen muss.

**Bild 2:** Der Schutzbau des 2,3-m-Teleskops aus einer 28-Tonnen-Stahlkonstruktion, mit deren Konstruktion, Teilefertigung und Montage die Rudolstädter Stahlbau GmbH beauftragt wurde, wird am künftigen Einsatzort auf einen acht Meter hohen Turm aus Stahlbeton aufgesetzt.



**Bild 3:** Bodenplatte für das 40-Tonnen schwere 2,3-m-Teleskop. (Aufnahmen 2 und 3: Kasper).



**Bild 5:** Ein Interferometer auf Cerro Paranal wird das Licht von zwei oder mehreren Teleskopen der ESO in einem unterirdischen Tunnel zusammenführen und wesentlich höher aufgelöste Bilder ermöglichen. Das VLT kann dann ein Teleskop mit 200 m Spiegeldurchmesser simulieren und bis zu 100mal schärfer sehen als Hubble. Für das Interferometer fertigt Carl Zeiss Spiegeleinheiten. (Aufnahmen 4 und 5: ESO).

### Licht im Tunnel

Die vier 8-m-Teleskope und zwei 2-m-Hilfsteleskope des European Southern Observatory (ESO) auf dem Gipfel des Cerro Paranal in Chile bilden ein überdimensionales Interferometer (Bild 5). Die Relaisoptik des Interferometers besteht aus anspruchsvollen optischen Komponenten, die in einem unterirdischen Tunnel zusammenwirken.



**Bild 6:** Spiegeleinheit für das VLT Interferometer der ESO.

Für ein neues Element des Interferometers werden bei Carl Zeiss derzeit 12 Spiegeleinheiten gefertigt, um 10 weitere Spiegeleinheiten von insgesamt 36 hat die ESO den bestehenden Auftrag erweitert. Die Spiegel sind beschichtete Planspiegel, die den eintreffenden Strahl von den großen Teleskopen, den Hilfsteleskopen oder den

Siderostaten in die Delay Lines im VLTI Tunnel ablenken (Bild 6). Die optische Oberfläche ist vertikal angeordnet und wird mit 45° Einfallswinkel genutzt. Die Betriebstemperatur in dem unterirdischen Interferometer beträgt 15°C, bei dieser Temperatur werden auch die optischen Abschlussstests bei Carl Zeiss durchgeführt. Der 650-mm x 230-mm-Planspiegel mit zwei Sub-Pupillen von jeweils 200 mm Durchmesser ist aus der Glaskeramik AstroSital gefertigt und wird von einer Halterung unterstützt, die spezielle Anforderungen bezüglich hoher Eigenfrequenz, Leichtgewichtigkeit, hoher Reproduzierbarkeit und Positioniergenauigkeit erfüllen muss. Für die Realisierung der optischen Leistung unter den gegebenen thermischen und Gravitationsbedingungen ist ein Wellenfrontfehler < 20 nm rms und eine Oberflächenrauigkeit von weniger als 1 nm rms notwendig. Das geforderte Reflexionsvermögen wird durch eine reflexionsverstärkte Silberbeschichtung mit > 98% über die meisten Teile des Spektrums erreicht.

### Wo andere Urlaub machen

In La Palma auf den Kanarischen Inseln/ Spanien wird das „Gran Telescopio Canarias“ – GTC – mit einem

segmentierten 10-m-Primärspiegel errichtet. Carl Zeiss fertigt und prüft gemeinsam mit LZOS in Russland den GTC Tertiärspiegel, dieses Projekt wird mit AMOS in Belgien als Hauptauftragnehmer bearbeitet. Das GTC ist ein Spiegelteleskop mit zwei gekrümmten Spiegeln in Ritchey-Chrétien-Ausführung für die Zuführung zum Cassegrain-Focus. Auf der Höhe der Höhenachse kann ein ebener Tertiärspiegel in den Lichtstrahl eingeschwenkt werden, der das Licht zu den Nasmyth-Foki oder gefalteten Cassegrain-Foki leitet. Um die Beobachtung in einer der Fokus-Stationen zu ermöglichen und die geforderte Bildqualität zu gewährleisten, muss der Tertiärspiegel mit einer speziellen mechanischen Aufhängung und einem Antriebssystem ausgestattet sein. Der Tertiärspiegel ist ein elliptisch geformter Zerodur® Spiegel mit einer planen optischen Oberfläche. Die optische Hauptachse ist 1 514,9 mm, die Nebenachse ist 1 066,7 mm lang. Die Spiegeloberfläche muss bis zu einem Restfehler der Oberflächenrauigkeit im Bereich von 2 nm rms poliert werden. Die plane Form hat einen nominalen Radius von mehr als 40 km.