

TELESKOP-INSTANDHALTUNG

Wertvolle Optik auf Luftkissen transportiert

Die vier 41 t schweren Spiegelzellen des weltgrößten Teleskops im ESO-Observatorium auf dem Cerro Paranal müssen regelmäßig instand gehalten werden. Für den erschütterungsfreien und positionsgenauen Transport im Teleskopgebäude sowie in der Instandhaltungshalle wurde ein leitbandgeführtes Luftgleitkissensystem entwickelt.

Eine Teleskoptechnologie für die Zukunft

Das größte Fernrohr der Erde, das „Very Large Telescope“ (VLT), ist die wichtigste Einrichtung des neuen Observatoriums der Europäischen Südsternwarte (ESO) auf dem 2632 m hohen Cerro Paranal in Chile (Bild 1). Die ESO war 1962 zur Erforschung des Himmels über der südlichen Hemisphäre gegründet worden und wird heute von acht europäischen Ländern getragen. Weil irdische Lichtquellen und zunehmende Luftverschmutzung das Firmament trüben, ziehen sich Sternforscher auf abgelegene Gipfel



DR.-ING. HARTWIG MICHELS
 DIPL.-ING. (FH) PETER KLUGE
 DELU GmbH Nürnberg

zurück. Der Cerro Paranal, inmitten der Atacama-Wüste 600 km nördlich der chilenischen Hauptstadt gelegen, wurde in den achtziger Jahren als geeigneter Standort für das neue Teleskop (Kosten 1 Mrd. DM) ausgewählt. In dieser extrem trockenen Wüste gibt es 350 klare Nächte im Jahr, und die Luft ist hier besonders ruhig.

Das VLT, das auf modernster Technologie basiert, besteht aus mehreren optisch verbundenen Teleskopen. Die Hauptelemente sind vier altazimutal montierte Spiegelteleskope mit einem Hauptspiegeldurchmesser von je 8,2 m. Sie stehen in einer trapezförmigen Anordnung. Zusätzlich sind drei bewegliche 1,8-m-Teleskope eingerichtet. Das Licht aller sieben Teleskope kann im VLT-Interferometer (VLTI) vereinigt werden. Dadurch entsteht ein 220 m² großes Sammelbecken für das Licht. Dies wird eine bisher unerreichte optische Auflösung (Bildschärfe) von 0,0005 Bogensekunden ermöglichen.

Die vier, auch einzeln einsetzbaren Teleskope sind exakt baugleich. Der 8,2 m große Spiegel stellt einen Weltrekord im Teleskopbau dar. Aufgrund von Masseproblemen wurde ein neues Teleskopprinzip vorgesehen: die aktive Optik. Der Spiegel ist nur 18 cm dünn und deshalb sehr biegsam. Damit er in allen Lagen seine Paraboloberfläche behält, und zwar auf 1/10000 mm genau,

wird er von 150 hydraulischen Stempeln gestützt. Jede Abweichung der Spiegeloberfläche von der Sollform wird computergesteuert über den hydraulischen Stempel korrigiert. Die Lebensdauer der Verspiegelung der vier Primärspiegel beträgt zwei Jahre, so daß alle sechs Monate ein Hauptspiegel ausgebaut, neu verspiegelt und wieder eingebaut werden muß. Das Instandhaltungsgebäude mit der Verspiegelungsanlage liegt rd. 2 km entfernt, am Fuße des Cerro Paranal.

Im Teleskopgebäude befindet sich die Teleskophauptstruktur, die das Teleskop mit den Spiegeln trägt und bewegt. Der Primärspiegel wird, eingebettet in einer Zelle aus Stahl, an der Unterseite des Teleskoprohres montiert. Die Gesamtmasse dieser Spiegelzelle beträgt rd. 41000 kg. Ein Tor auf einer Höhe von 5,2 m über dem Boden ermöglicht den Transport des Spiegels mit der Spiegelzelle in das bzw. aus dem Teleskopgebäude.

Reibungsloser Ein- und Ausbau der Spiegelzelle mit Luftkissenteknik

In einer Machbarkeitsstudie [1], die die Nürnberger DELU GmbH im Jahr 1992 erstellt hatte, wurde für den Ein- und Ausbau der Spiegelzelle und für den An- und Abtransport im Teleskopgebäude sowie in der Verspiegelungsanlage ein leitbandgeführtes Luftgleitkissen-Transportsystem (LTS) vorgesehen. Für den Einsatz der Luftkissenteknik waren in erster Linie drei entscheidende Vorteile ausschlaggebend:

- Erstens können mit einem Luftkissen-Transportsystem solche fragile Lasten erschütterungsfrei bewegt werden.
- Zweitens wird bei einem Luftkissenfahrzeug die Last großflächig auf dem Boden verteilt, was vor allem bei der statischen Auslegung der Teleskophauptstruktur eine entscheidende Rolle gespielt hat.
- Drittens ist es möglich, mit geringem Aufwand eine sehr hohe Positioniergenauigkeit zu erzielen. Dadurch, daß das System im Montageprozeß frei schwebt, zentriert sich die Spiegelzelle praktisch von selbst.

Eine mobile Hebevorrichtung mit einer U-förmigen Plattform überbrückt den Höhenunterschied zwischen der Azimut-Ebene im Teleskop und der Straße. Mit diesem Hebezeug wird das mit der Spiegelzelle beladene LTS abgesenkt bzw. angehoben. Die Anlagen wurden von den Firmen AMOS und DELU gebaut und im Jahr 1998 in Betrieb gesetzt.

Aufbau und Funktion des Transportsystems

Das leitbandgeführte, ferngesteuerte Transportsystem (Bild 2, Abmessungen 11000 mm x 5400 mm x 2450 mm) mit einer maximalen Tragfähigkeit von 60 t und

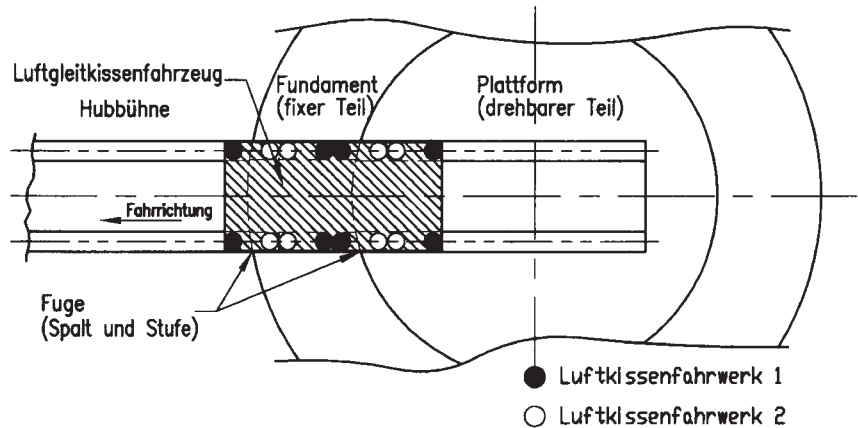


1 Blick auf das VLT am Cerro Paranal in Chile

(Bilder: ESO/DELU)

einer Positioniergenauigkeit von ± 1 mm arbeitet auf der Basis des Luftkissenprinzips [2, 3]. Die Lasten werden auf einem Luftpolster zum Schweben gebracht und können dann mit geringstem Kraftaufwand in jede Richtung bewegt und sehr genau positioniert werden. Der Transport ist erschütterungs- und vibrationsfrei, so daß auch sehr empfindliche und schwere Lasten, wie der Primärspiegel des Teleskops, sicher transportiert werden. Die Ansprüche an die Tragfähigkeit des Bodens im Teleskop sind durch die Verteilung des Druckes auf einer relativ großen Fläche bei weitem nicht so groß wie bei herkömmlichen Transportmitteln. Der Luftdruck in den Luftgleitkissenelementen des LTS beträgt bei der maximalen Belastung 2 bar und der Reibungskoeffizient $\mu = 0,001$. Außerdem ermöglicht diese Technik eine sehr geringe Bauhöhe des LTS und somit auch eine kostengünstige Lösung des Spiegeltransportgerätes.

Aus Sicherheitsgründen orientiert sich das LTS automatisch entlang einer optischen Leitbandführung, die an den Fahrbahnen der Teleskope, der Instandhaltungshalle und der Hebeanlage angebracht sind. Die Fahrbewegungen werden von vier Drucklufttreibradantrieben ausgeführt, die von computergesteuerten Lenkeinheiten synchron gelenkt werden. Die Antriebe ermöglichen die Überwindung von Neigungen bis maximal 2 %. Bei Verlust des passiven Leitbandes wird durch den Bordrechner des LTS ein Not-Stop der Antriebe ausgelöst. Die Fahreigenschaften außerhalb des Leitbandes sind omnimobil, d.h. das LTS ist in alle Richtungen verfahrbar. Ein automatischer Präzisions-Stop unterhalb des Teleskoprohres im Teleskopgebäude ermöglicht die hohe Positioniergenauigkeit des LTS sowie einen reibungslosen Aus- und Einbau der Spiegelzelle. Gesteuert werden alle Fahrbewegungen von nur einem Bediener



3 Durch Umschalten zwischen den beiden Luftkissenfahrwerken können die Fugen überfahren werden

über ein tragbares Steuerpult, das über ein Kabel mit der Steuerung des LTS verbunden ist.

Für den Ein- und Ausbau der Spiegelzelle ist das LTS mit einem Hubwerk ausgestattet. Der erforderliche Nutzhub beträgt 1800 mm. Für den sicheren Aus- und Einbau der Spiegelzelle ist das Hubsystem mit einer Kraftmeßeinrichtung und im oberen Hubbereich mit einem automatischen Schleichgang ausgerüstet.

Um die Stufen und Spalten im Fußboden, die sich bei den Übergängen zwischen dem drehbaren und dem fixen Teil des Teleskops und zwischen dem Teleskopgebäude und der Hubbühne ergeben, zu überwinden, ist das LTS mit zwei Luftkissenfahrwerken von je acht Luftkissen ausgestattet. Die Überbrückung dieser Hindernisse erfolgt automatisch durch Umschalten zwischen den beiden Fahrwerken (Bild 3).

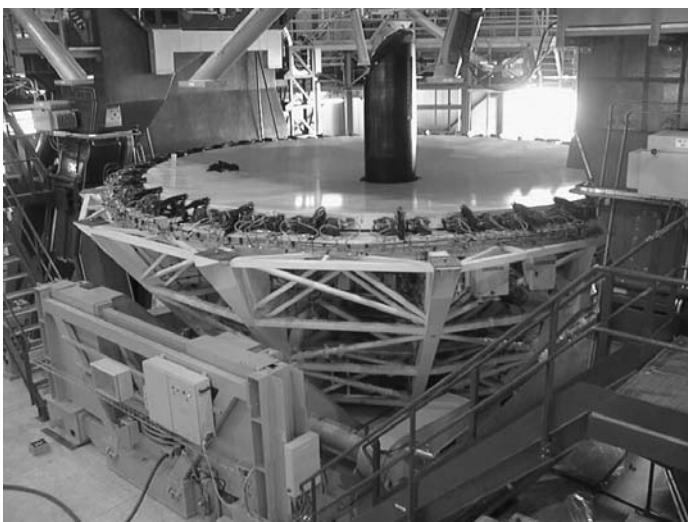
Für den Transport des LTS mit der Last (Gesamtmasse Fahrzeug plus Spiegelzelle rd. 75 t) zur Instandhaltungshalle wurde ein

Straßenfahrzeug vorgesehen. Das Be- und Entladen des Straßenfahrzeuges wird mit einer Selbst-Belade- und Entladevorrichtung des LTS realisiert. Nachdem der Straßentransporter das LTS mit der Last zur Instandhaltungshalle gebracht hat, entlädt sich das LTS selbst und schwebt leitbandgeführt in die Halle mit der Verspiegelungsanlage, wo es weitere Transport- und Positionieraufgaben ausführt (Bild 4).

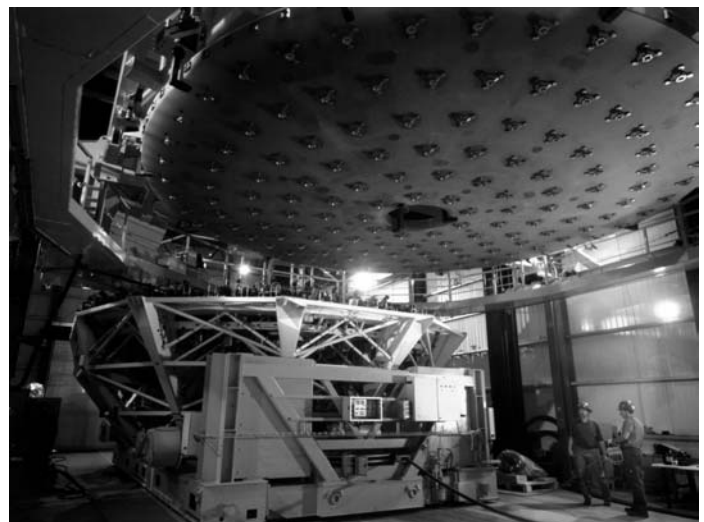
Literatur

- [1] Machbarkeitsstudie der Luftgleitkissen-transport-systeme des Spiegeltransporters und des Beschichtungsanlagen-Fahrzeuges. DELU GmbH Nürnberg, Projekt ESO-VLT, Sternwarte am Berg Paranal in Chile, 1992.
- [2] Michels H.; Klingler, K.: Luftkissensysteme lösen flexibel Materialflußprobleme. dhf, Ludwigsburg 34 (1998) 1, 2, 3 und 4.
- [3] Michels H.; Klingler, K.: Vorrichtung zum Tragen und Transportieren von Lasten mit einer Stützplatte und einer Luftkisseneinrichtung. Europ. Patent 0118464, 1983.

HF 8627



2 Leitbandgeführtes, ferngesteuertes Luftgleitkissen-Transportsystem beim Positionieren der Spiegelzelle im Teleskop



4 Luftgleitkissen-Transportsystem in der Instandhaltungshalle