

Vakuum ermöglicht tiefste Einblicke ins Weltall



Das VLT (Very Large Telescope) in Aktion
Quelle: ESO/S. Brunier

ESO, die „European Organisation for Astronomical Research in the Southern Hemisphere“, ist eine Forschungsgemeinschaft aus fünfzehn Ländern. ESO betreibt einige der fortschrittlichsten erdgebundenen astronomischen Observatorien weltweit. An Infrarotinstrumenten setzt die ESO Turbopumpen ein. Der vorliegende Bericht beschreibt den Test einer ATH 500 M für den Einsatz am VLT (Very Large Telescope) und dem kommenden E-ELT (European Extremely Large Telescope), das 2018 in Betrieb genommen wird.

Die 1962 gegründete europäische Südsternwarte ESO ist eine zwischenstaatliche Organisation der folgenden Mitgliedsstaaten: Belgien, Dänemark, Deutschland, Frankreich, Finnland, Italien, Niederlande, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, Tschechische Republik, Vereinigtes

Königreich und Brasilien. Die Observatorien der ESO bieten in 350 klaren Nächten des Jahres in der extrem trockenen Luft der chilenischen Atacama-Wüste optimale Bedingungen für die Astronomie.

An den Infrarotinstrumenten des VLT betreibt die ESO Turbopumpen vom Typ ATH 400 M. Mit diesem Pumpentyp gab es seit der Inbetriebnahme vor mehr als zehn Jahren keinen einzigen betriebsbedingten Ausfall. Wegen der im Einsatz bewiesenen Zuverlässigkeit, Langzeitstabilität und Robustheit war das Nachfolgemodell ATH 500 M die erste Wahl für kommende Anwendungen in den ESO-Observatorien auf dem Cerro Paranal und dem neuen Standort für das E-ELT, dem Cerro Armazones. Der vorliegende Bericht beschreibt vorbereitende Labortests der ATH 500 M.

Die Untersuchungen wurden von Jean-Louis Lizon, Vakuumverantwortlicher bei der ESO am Hauptquartier in Garching bei München, durchgeführt. Zu einer abschließenden Diskussion der Ergebnisse trafen sich Jean-Louis Lizon sowie von Entwicklungsseite Rudolf Konwitschny (Technical Support, Pfeiffer Vacuum).

Konwitschny: „Warum benötigt ein astronomisches Instrument wie ein Teleskop überhaupt Vakuum?“

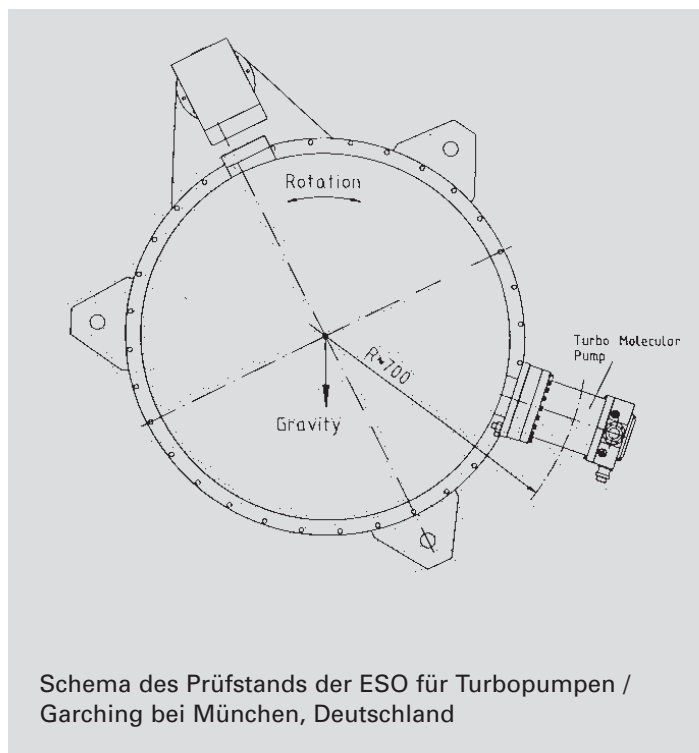
Lizon: „Das Herzstück unserer Instrumente ist natürlich eine Hochleistungsoptik. Unser Very Large Telescope besteht aus einem Array von vier Teleskopen. Die Spiegel dieser Einzelteleskope haben einen Durchmesser von 8,2 Metern und sind 17,5 cm dick. Um die Leistung dieser 20 Tonnen schweren Giganten ausnutzen zu können, sind die Scheiben als aktive Optik konzipiert und ruhen auf jeweils 150 Lagerpunkten, die computergesteuert optimiert werden können. Damit haben wir zurzeit das weltweit leistungsfähigste erdgebundene Teleskop. Wenn die Teleskope zu einem Interferometer verbunden werden, erreichen wir eine optische Leistung, die einem Fernrohr mit einem Durchmesser von etwa 200 Metern entspricht. Am VLT ist die installierte Basis etwa 13 Jahre alt. Eigentlich sollte speziell die Detektortechnik durch technische Fortschritte in den letzten Jahren modernisiert werden. Daher planen wir neue Instrumente.“

Das E-ELT bedeutet einen Quantensprung in der optischen Astronomie. Sein Primärspiegel wird etwa 38 Meter Durchmesser haben und aus rund 1.000 einzelnen Segmenten mit einem Durchmesser von etwa 2 Metern bestehen.

Vakuumtechnik benötigen wir an den Teleskopen zum einen bei der wiederholten Beschichtung von verspiegelten Flächen und in analytischen Geräten, die wir zur Signaldetektion einsetzen. Ein Beispiel dafür sind Infrarotinstrumente, die aus großen CCD-Detektorfeldern bestehen. Diese Detektoren werden je nach Art des Instruments bei tiefen Temperaturen zwischen 4 und 60 Kelvin betrieben. Vor dem Einkühlen werden die Instrumente evakuiert. Dabei werden als Isoliervakuum Drücke im Hochvakuumbereich benötigt. Weiter dient das Vakuum als Schutz vor Verunreinigungen unserer höchstempfindlichen Detektoren. Der Abpumpprozess wird während der ersten Stunden des Einkühlens fortgesetzt. Die Instrumente werden über mehrere Monate bei den oben angegebenen tiefen Temperaturen gehalten. Während dieses Zeitraums wird das Vakuum periodisch überwacht. Falls erforderlich, wird das Instrument nachevakuiert.“

Konwitschny: „Warum benötigen Sie Turbopumpen wie die ATH 500 M mit aktiver Regelung des Magnetlagers?“

Lizon: „Der Pumpvorgang am tiefkalten Instrument ist sehr kritisch. Es ist dringend notwendig, für diese Prozesse völlig ölfreie Pumpsysteme einzusetzen. Die Rückdiffusion von Kohlenwasserstoffen aus den ölgedichteten Pumpsystemen würde zur Kondensation auf den Instrumenten und zu enormem Leistungsverlust der Teleskope führen. Bereits an



Schema des Prüfstands der ESO für Turbopumpen / Garching bei München, Deutschland

Monolagen von Schichten aus Wasserdampf oder Kohlenwasserstoffen findet Reflexion statt. Jede Schichtbildung auf den Detektoren reduziert die Lichtempfindlichkeit unserer Instrumente. Mit ihrem Magnetlagerkonzept und ölfreien Notlaufaglern erfüllt diese magnetgelagerte Turbopumpe die Ansprüche hervorragend.“

Konwitschny: „Gibt es weitere Anforderungen an das Pumpsystem?“

Lizon: „Um den Pumpvorgang am Teleskop während des laufenden Betriebs durchführen zu können, brauchen wir ein Pumpsystem, das die schnellsten Winkelgeschwindigkeiten des Teleskops aushält. Das haben wir an unserem Testaufbau überprüft.“

Der Prüfstand ist eine Kopie des Instrumententrägers, wie er auch in den Observatorien in Chile eingesetzt wird. Das Instrument erlaubt detaillierte Simulationen in Bezug auf Schwingungsverhalten und Radialbeschleunigung der getesteten Pumpen. Für die Tests wird die Pumpe mit ihrer Rotationsachse senkrecht zur Hauptachse des Prüfbehälters installiert. Danach wird der Behälter am Teleskopsimulator installiert, der Drehungen um die horizontale Achse ermöglicht.“

Lizon: „Die Pumpen werden ganz oben am Teleskop angebaut und erhalten so natürlich einen riesigen Hebel. Sämtliche am Boden spürbare Vibrationen verstärken sich beträchtlich über das circa 15 Meter lange Teleskop. Unsere Vibrationsuntersuchungen am Simulator zeigen, dass die ATH 500 M genau wie ihre bewährte Vorgängerin ATH 400 M in

unserem Testaufbau nur sehr geringe Schwingungen erzeugt. Das Schwingungsspektrum zeigt nur wenige hohe Frequenzen. Damit ist die Pumpe für unsere Applikation optimal geeignet. Die Eigenfrequenz unserer Instrumente beträgt 14 Hertz und wir können durch Steuerungen von Accelerometern an den Hauptspiegeln die Hilfsspiegel steuern. Und in interferometrischen Anwendungen kompensiert eine sogenannte „delay line“ eventuelle Vibrationen. Die Vibrationen von Vakuumpumpen stellen bei uns inzwischen kein Problem mehr dar. Da sind die Öldruckpumpen für die Lager der Teleskope wesentlich kritischer.

Was uns ebenfalls gut an der Pumpe gefällt, ist ihre Betriebsstabilität und Ausfallsicherheit. Sie müssen unsere Betriebsbedingungen berücksichtigen. Wir sitzen auf einem 2.635 Meter hohen Berggipfel in der Atacama-Wüste, 130 km von der nächsten Stadt Antofagasta entfernt. Zusätzlich haben wir mehrmals pro Jahr Erdbeben mit einer Stärke von mehr als 5,4 auf der Richter-Skala. Vom großen Beben im Februar 2010 weiter südlich in Chile wurden wir zwar weitgehend verschont, aber in Folge der Nachbeben mussten wir nochmals eine optische Feinjustierung vornehmen.“

Konwitschny: „Sie hatten vorhin Tests an sich bewegenden Teleskopträgern angesprochen. Welche Erfahrungen haben Sie denn unter diesen Bedingungen gesammelt?“

Lizon: „Die Tests wurden mit verschiedenen Winkelgeschwindigkeiten zwischen 0,1 deg/min und 5 deg/s durchgeführt. Normalerweise bewegen wir unsere Teleskope nur sehr langsam, wenn wir das Objekt verfolgen, das uns gerade interessiert. Die hohen Geschwindigkeiten haben wir nur, wenn wir von einem Objekt zum nächsten springen. Die maximal getestete Winkelbeschleunigung betrug 1 deg/s². Dies entspricht etwa dem Doppelten des in der Praxis erzielten Werts. Wir haben die Tests mit den schwierigsten Parametern je zehnmals wiederholt. Die Pumpe hat diese Tortur ohne jede Störung verkraftet.

Was wir uns ganz allgemein von jeder Komponente an unseren Teleskopen wünschen, ist eine optimale Temperaturkonstanz. Jeder Temperaturgradient erzeugt ein klein wenig Konvektion, was natürlich eine optische Beobachtung stören kann. Daher setzen wir in unseren Anwendungen nur Komponenten ein, die unsere Spezifikation für die Temperaturkonstanz von +1/-3 °C erreichen. Das erreichen wir mit wassergekühlten Pumpen perfekt.

Ein Wasseraustritt verursachte einen zweiwöchigen Anlagenstillstand. Daher bevorzugen wir Konvektionskühlung, wann immer möglich. Bei dieser Kühlung wird speziell die Elektronik schon etwas wärmer. Aber der Anschluss der Wasserkühlung liegt in unserer eigenen Verantwortung. Grundsätzlich hilft uns aber die kompaktere Bauweise der ATH 500 M im Vergleich zur Vorgängerversion mit integrierter Elektronik und niedrigen Oberflächentemperaturen.“

Konwitschny: „Herr Lizon, wir danken Ihnen für dieses Gespräch.“



Die ATH 500 M ist eine Turbopumpe mit aktiver Regelung des Magnetlagers auf fünf Achsen in der inertiellen Achse der Pumpe.

Die Autoren:

Jean-Louis Lizon à L'Allemand
Head of the Integration and Cryogenic Group
European Southern Observatory Garching bei München

Rudolf Konwitschny
Technical Support, Pfeiffer Vacuum

**Führend. Zuverlässig.
Kundennah.**

Pfeiffer Vacuum steht weltweit für innovative und individuelle Vakuumlösungen, für deutsche Ingenieurskunst, kompetente Beratung und zuverlässigen Service.

Als Erfinder der Turbopumpe setzen wir in unserer Branche immer wieder Maßstäbe. Dieser Führungsanspruch wird uns auch in Zukunft antreiben.

**Sie suchen eine perfekte
Vakuumlösung?
Sprechen Sie uns an:**

Pfeiffer Vacuum GmbH
Headquarters · Germany
T +49 6441 802-0
info@pfeiffer-vacuum.de
www.pfeiffer-vacuum.de