

## 1 Zusammenfassung

Das hier abgeschlossene Vorhaben war der dritte Teilabschnitt eines auf etwa 10 Jahre angelegten Projekts, welches von der Landessternwarte in Zusammenarbeit mit den Universitäts-Sternwarten Göttingen und München in Angriff genommen wurde. Ziel des Projekts ist der Bau von zwei Exemplaren eines leistungsfähigen Fokalreduktor-Spektrographen ("FORS") für das Very Large Telescope (VLT) des European Southern Observatory (ESO). Die Kombination von FORS mit dem ESO-VLT wird es erlauben, auch äußerst lichtschwache und sehr weit entfernte Objekte photometrisch, spektroskopisch und polarimetrisch zu beobachten.

Im Rahmen der Zusammenarbeit mit den Universitäts-Sternwarten Göttingen und München ist die Landessternwarte für den Entwurf, die Realisierung und Tests des optischen Systems, den Bau eines Stern- und Teleskop-Simulators, die Entwicklung und Implementierung der Datenreduktions-Software sowie für die Projektleitung verantwortlich.

Im Berichtszeitraum wurden die Tests des FORS1 Instruments am Teleskop-Simulator (TSS) abgeschlossen und dieses im September 1998 am ESO VLT Teleskop Nr. 1 installiert. Nach erfolgreicher Testphase im Dezember 1998 wurde FORS1 von ESO "vorläufig" akzeptiert. Die Tests von FORS2 am TSS wurden im November 1998 begonnen. Die Beschaffung von Farbfiltern und Gitterprismen für FORS2 wurde größtenteils abgeschlossen. Große Teile der Datenreduktions-Software sind schon in das weitverbreitete Bildverarbeitungssystem der ESO implementiert.

Das Projekt und der aktuelle Stand des Vorhabens wurde auf mehreren nationalen und internationalen Fachkonferenzen präsentiert.

## 2 Wissenschaftlich / technische Ergebnisse

Das Ziel dieses Vorhabens ist der Bau und die Inbetriebnahme einer neuen, leistungsfähigen Instrumentierung, die in der ersten Ausbaustufe (FORS1) seit April 1999 im Einsatz ist, und nach dem gegenwärtigen Stand der Planung im Jahr 2000 (FORS2) abgeschlossen sein wird. Daher werden erste wissenschaftliche Ergebnisse frühestens im zweiten Halbjahr 1999 vorliegen.

Basierend auf den Ergebnissen der konzeptionellen Planung (“Preliminary Design”) und der detaillierten Planung (“Final Design”) wurde der Bau der beiden FORS Instrumente zum Abschluss gebracht. FORS1 wurde eingehend in Europa getestet und im Juli 1998 zum ESO VLT Observatorium gebracht. Im September/Okttober und im Dezember 1998 fanden die Tests am Teleskop statt und FORS1 wurde von ESO “vorläufig” akzeptiert. Im Berichtszeitraum fanden auch die Tests und die Optimierung von FORS2 in der Integrationshalle in Oberpfaffenhofen statt.

Ein wichtiger Test für die Leistungsfähigkeit des Instruments war die Messung der durch Durchbiegung verursachten Bildbewegung. Diese tritt auf, wenn Objekte in der Nähe des Horizonts beobachtet werden. Am Teleskop-Simulator wurden dazu Messungen bei verschiedenen Positionen des Instruments gemacht und die resultierende Bildbewegung durch Optimierung der mechanischen Struktur minimiert. Letztendlich ist diese Bildbewegung kleiner als 1/4 Pixel während einer Belichtungszeit von 1 Stunde. Dies ist ein hervorragender Wert für ein Instrument dieser Größe. Mit FORS1 wurde am Teleskop mit Testbeobachtungen verifiziert, dass die Bildbewegung auch im praktischen Einsatz vernachlässigbar klein ist.

Die Multi-Spalt-Einheit, die die gleichzeitige Spektroskopie von 19 Objekten erlaubt, wurde durch sorgfältige Justage und optische Testmessungen in ihrer Funktion kalibriert und optimiert. Eingehende Testaufnahmen wurden damit am Teleskop gemacht und die volle Funktionsfähigkeit unter Beweis gestellt. Für FORS2 wurde zusätzlich eine Maskeneinheit implementiert, die die gleichzeitige Spektroskopie von noch mehr (bis zu 70) Objekten erlaubt. Dies bedeutet ein noch höhere Flexibilität des Instruments. Die Einheit wird momentan am Teleskopsimulator getestet.

Die Optik wurde auf ihre Qualität hin untersucht und wichtige optische Parameter für den späteren Einsatz am Teleskop bestimmt. Das Instrument wurde mittels der eingebauten Lichtquellen kalibriert und die Reproduzierbarkeit eingehend untersucht. Die Analyse-Optiken (Farbfilter, Gitter-Prismen zur spektralen Zerlegung des Lichtes und die Polarisations-Optik) wurden beschafft und im Instrument auf ihre Eigenschaften hin untersucht. Bei den Tests am Teleskop zeigte sich die hervorragende Qualität der Optik. Es wurden Bilder gewonnen, die nur 0.25 Bogensekunden (1 Bogensekunde = 1/3600 Grad) groß waren. Diese gehören zu den besten Bildern die je an einem Teleskop vom Erdboden aus gemacht wurden. Während der ersten Testphase von FORS1 am Teleskop stellte sich heraus, dass die Kalibrationseinheit wegen einer zusätzlich im Teleskop vorhandenen Optik modifiziert werden musste, um eine optimale Kalibration zu erreichen. Dies wurde noch vor der zweiten Testphase mit Erfolg durchgeführt.

Die “Instrument Control Software” und “Observer Support Software” wurden weiterentwickelt, so dass eine problemlose und benutzerfreundliche Steuerung des Instruments für den Beobachter möglich ist. Graphische Interfaces erlauben die einfach zu erlernende Benutzung von FORS. Am Teleskop wurde insbesondere die Software zur Einstellung

der Multi-Spalt-Einheit optimiert. Die speziell auf FORS ausgelegte Datenverarbeitungs-Software wurde weitgehend fertiggestellt und zur Auswertung der Tests auch am Teleskop benutzt. Die Software ist bereits in das Bildverarbeitungsprogramm der ESO (MIDAS) implementiert und steht allen Nutzern zur Verfügung.

In den Testphasen für FORS1 wurden unter anderem die folgenden Punkte untersucht: Bildqualität, spektroskopische Auflösung, Effizienz des Instruments, Bildfeldskala, Kontrollsoftware, Beobachtungssoftware, Datenarchivierungssystem, photometrische Stabilität, Kalibration für alle Moden des Instruments, Bildverzeichnung, Qualität der polarimetrischen Messungen, Detektorverhalten, thermisches Verhalten und Streulichteigenschaften der Optik.

Probleme waren z.B ein Wassereinbruch durch einen geplatzten Kühlschlauch im Teleskop, der die komplette Zerlegung und Reinigung der empfindlichen Komponenten notwendig machte. Es entstand aber kein bleibender Schaden am Instrument, alle Verunreinigungen usw. konnten beseitigt werden. Desweiteren war auch eine Modifikation der Auslegung der Kalibrationseinheit nötig. Es konnten aber alle aufgetretenen Probleme beseitigt werden und das Instrument in voller Funktionalität an ESO übergeben werden.

### 3 Veröffentlichungen und Fachvorträge

Der aktuelle Stand des FORS Projektes wurde auf mehreren nationalen und internationalen Konferenzen vorgestellt. Im folgenden sind die bisherigen Publikationen im Zusammenhang mit dem FORS Projekt, an denen Wissenschaftler der Landessternwarte beteiligt waren, aufgelistet.

#### 3.1 Veröffentlichungen

Appenzeller, I., Rupprecht, G.: FORS, the Focal Reducer for the VLT, Messenger No. 67, p. 18, 1992

Appenzeller, I., Fricke, K., Gässler, W., Häfner, R., Harke, R., Hess, H.-J., Hummel, W., Jürgens, P., Kudritzki, R.-P., Meisl, W., Muschiok, B., Nicklas, H., Rupprecht, G., Seifert, W., Stahl, O., Szeifert, T., Tarantik, K.: Successful Commissioning of FORS1 - the First Optical Instrument on the VLT. Messenger, 94, 1, 1998

#### 3.2 Konferenzbeiträge

Appenzeller, I., Duensing, K.H., Fricke, K., Gong, S., Hess, H.-J., Kiesewetter, S., Kudritzki, R.-P., Möhler, S., Muschiok, B., Nicklas, H., Östreicher, R., Roth, M., Rupprecht, G., Seifert, W., Stahl, O.: FORS: A multi-purpose instrument for the ESO VLT. Proc. of the ESO Conference No. 42 on "Progress in Telescope and Instrumentation Technologies", Garching, ed. Ulrich, p. 577, 1992

Seifert, W.: FORS – Expected Optical Performance, AG Abstract Series Nr. 9, p. 13, 1993

Seifert, W., Fürtig, W.: Polarization Optics for FORS, AG Abstract Series Nr. 10, p. 240, 1994

Mitsch, W., Rupprecht, G., Seifert, W., Nicklas, H.: Versatile multi-object spectroscopy with FORS at the ESO Very Large Telescope, in "Instrumentation in Astronomy VIII", ed. C. Crawford, SPIE Proc. Vol. 2198, p. 317, 1994

Seifert, W., Mitsch, W., Nicklas, H., Rupprecht, G.: FORS: a workhorse instrument for the ESO VLT, in "Instrumentation in Astronomy VIII", ed. C. Crawford, SPIE Proc. Vol. 2198, p. 213, 1994

Seifert, W., Fürtig, W., Bönnhardt, H., Nicklas, H. : Imaging and spectroscopy with focal reducers. Proc. IAU Coll. No. 149 on "Tridimensional Optical Spectroscopic Methods in Astrophysics", Marseille, eds. Comte, Marcelin, p. 18, 1995

Fürtig, W., Seifert, W. : A set of grisms for FORS. Proc. IAU Coll. No. 149 on "Tridimensional Optical Spectroscopic Methods in Astrophysics", Marseille, eds. Comte, Marcelin, p. 27, 1995

Möhler, S., Seifert, W., Appenzeller, I., Muschiok, B. : The FORS instrument for the ESO VLT. Proc. ESO/ST-ECF 53 "Calibrating and Understanding HST and ESO Instruments", Garching, ed. Benvenuti, p. 149, 1995

Appenzeller, I., Fürtig, W., Harke, R., Hess, H.-J., Kiesewetter, S., Muschielok, B., Nicklas, H., Seifert, W. : The FORS instruments for the ESO VLT. AG Abstract Series 11, p. 40, 1995

Nicklas, H., Seifert, W., Böhnhardt, H., Kiesewetter-Köbinger, S., Rupprecht, G. : Construction of the FORS Focal Reducer/Spectrographs: Status report and first test results. SPIE Proc Vol. 2871 "Optical telescopes of Today and Tomorrow", ed. Ardeberg, Sweden, p. 1222, 1997

Stahl, O., Seifert, W., Fürtig, W., Böhnhardt, H., Kiesewetter-Köbinger, S., Reeg, A., Nicklas, H. : Spectroscopy with FORS, Workshop "Wide-Field Spectroscopy", eds. Kontizas et al., Athen, p. 49, 1997

Seifert, T., Appenzeller, I., Fürtig, W., Seifert, W., Stahl, O., Böhnhardt, H., Häfner, R., Hess, A., Kiesewetter-Köbinger, S., Meisl, W., Muschielok, B., Tarantik, K., Harke, R., Jürgens, P., Nicklas, H., Rupprecht, G. : Testing FORS - the first Focal Reducer for the ESO VLT. SPIE Proc. Vol. 3355 "Optical Astronomical Instrumentation", Kona, ed. D'Odorico, 20, 1998

Nicklas, H., Harke, R., Jürgens, P., Böhnhardt, H., Hess, A., Muschielok, B., Tarantik, K., Fürtig, W., Seifert, W., Stahl, O. : Flexural Behaviour and Compensation of the FORS spectrographs. SPIE Proc. Vol. 3355 "Optical Astronomical Instrumentation", Kona, ed. D'Odorico, 93, 1998

### 3.3 Pressemitteilungen

Zu den Tests und der Inbetriebnahme von FORS1 wurden mehrere Pressemitteilungen über die ESO Webseite herausgegeben. Neben den unten genannten wurden von ESO 8 weitere Berichte über die während der Testphase gewonnenen Ergebnisse im Berichtszeitraum herausgegeben.

A Forceful Demonstration by FORS - New VLT Instrument Provides Impressive Images (<http://www.eso.org/outreach/press-rel/pr-1998/pr-14-98.html>).

FORS1 at the VLT UT1: First Spectra Obtained - First commissioning phase successfully completed (<http://www.eso.org/outreach/press-rel/pr-1998/phot-38-98.html>).

New Photos from FORS at the VLT UT1 (<http://www.eso.org/outreach/press-rel/pr-1998/pr-47-98.html>).