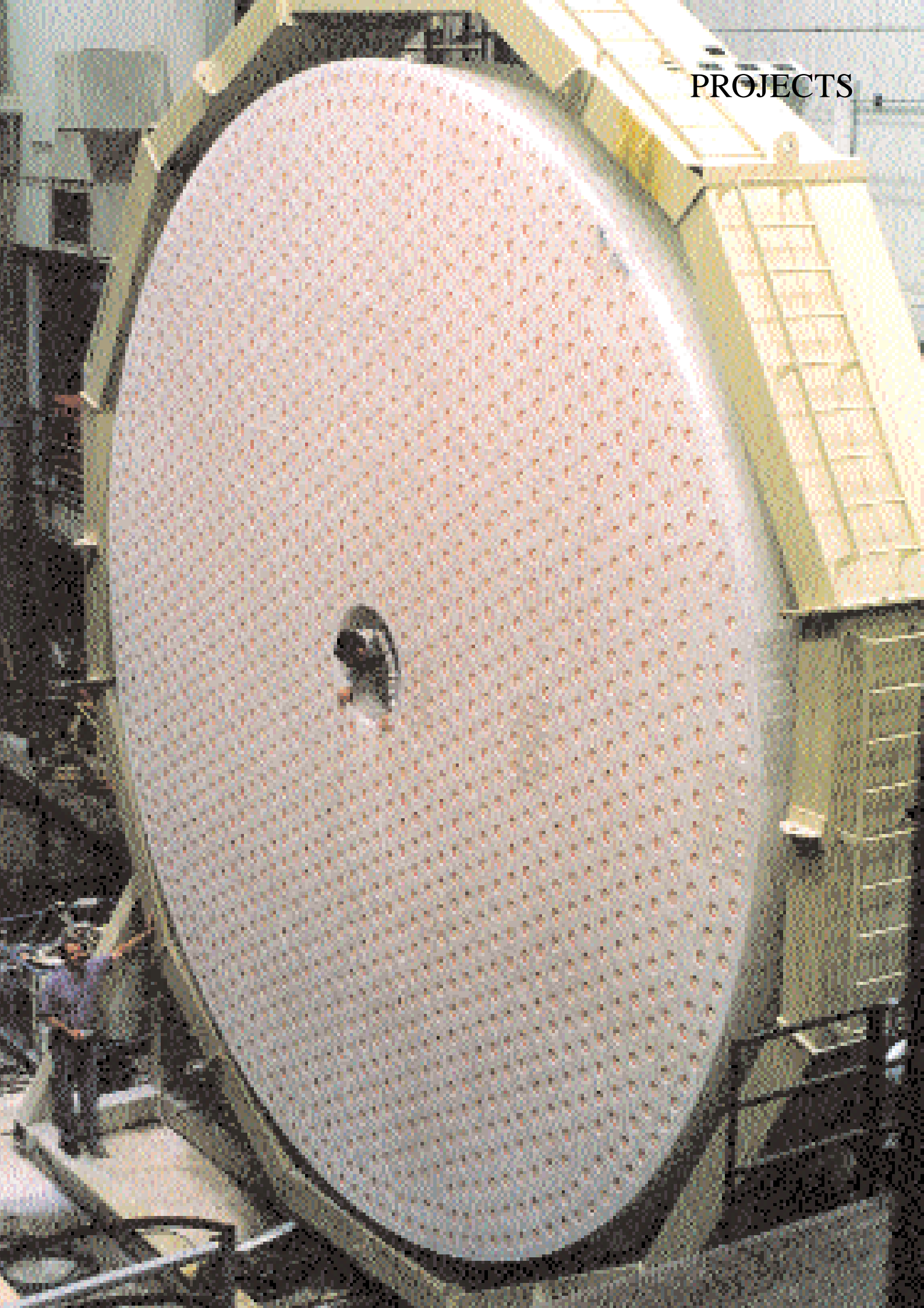


PROJECTS



The Large Binocular Telescope (LBT)



K. G. Strassmeier und das AIP-LBT Team

Ein Hochhaus in 3200m Seehöhe

Das LBT besteht aus zwei gewaltigen 8,4m-Teleskopen auf einer gemeinsamen Montierung. Mit seinen 110 Quadratmeter Spiegelfläche ist das LBT das größte Teleskop der Welt auf einer einzelnen Montierung, nur übertroffen durch die kombinierten VLTs und Kecks. Mit einem Abstand der Spiegelaußenseiten von 22,8m fallen die Dimensionen des Schutzgebäudes auch entsprechend aus, vor allem die Dimensionen des Spaltes. Alleine der Spaltverschluß mit einer Gesamtbreite von 25 m wiegt insgesamt 200 Tonnen. Aus Stabilitätsgründen kann aber nicht die gesamte Breite des Spaltes genutzt werden sondern nur der Bereich von je 10,4m den die beiden Spiegel benötigen. Dies bedingt eine Nachführung des 1400-Tonnen schweren Gebäudeoberteils mit dem Teleskop. Das Teleskop selbst ruht auf einem ringförmigen Pfeiler aus Stahlbeton mit einem Durchmesser von 15m und einer Wandstärke von mehr als einem Meter. Der bewegliche Gebäudeoberteil wiederum hat seinen eigenen ringförmigen Pfeiler mit einem Durchmesser von etwa 23m. Das angeschlossene Betriebsgebäude mit einer riesigen Halle kann mit dem 55-Tonnen Kran des Teleskopraumes erreicht werden und dient dem Versetzen und der Lagerung von sehr großen Teleskop- und Zusatzteilen. Insgesamt 9 Geschosse im Hauptteil des Gebäudes nehmen neben der technischen Betriebsinfrastruktur den Teleskopkontrollraum, eine umfangreiche Werkstatt, Beobachterquartiere und Wissenschaftler-Büros sowie eine große Besuchergalerie auf. Durch letztere können interessierte Besucher tagsüber auch bei kritischen Teleskopeinsätzen, etwa beim Instrumentenwechsel, live mit dabei sein, vorausgesetzt man schafft den Weg auf den 3200m hohen Mount Graham – und wieder zurück.

Zeitplan und "Milestones" –

Erster der beiden LBT Spiegel fertig und am Berg!

Bereits am 10. September 1997 war der erste kritische Meilenstein erreicht. Der rotierende Ofen des Steward Observatory Mirror Lab in Tucson wurde geöffnet und der wabenförmig aufgebaute erste 8,408m f/1.14 Rohling aus Borosilikat erfolgreich gegossen. Kurz danach folgte Spiegel Nummer 2 - die bei-

A sky scraper in 3200m above sea

The LBT consists of two gigantic 8,4m mirrors on a common mount. Its 110 square meters of mirror surface makes it the largest optical/IR telescope in the world on a single mount, just topped by the combined VLT and Kecks, respectively. Its mirrors are the largest monolithic mirrors ever build and their separation on the mount totals 22,8m. Accordingly are the dimensions of the observatory dome, especially the dome slit. It totals to 25m in width, the two shutters each weight 200 tons. Because of the required mechanical stiffness of the building only two 10,4m windows centred around the optical axes of the two mirrors can be opened. This construction requires that the entire top part of the building, a total of 1400 tons, is tracked along with the telescope. The telescope itself sits on a ring-like pier of diameter 15m with a wall thickness of over a meter. The movable top part has its own pier with a diameter of 23m. The enclosed support building can be reached with a 55-ton crane and is used for moving and storing heavy parts, e.g. the aluminization chamber. A total of 9 stories in the main part of the building host the technical infrastructure, the telescope control room, a mechanical workshop, various labs, observing quarters, offices, and a large visitor gallery. The latter enables visitors to participate in the day-time life of a night-time telescope and may, e.g., witness instrument changes or other day-time action, presumed one has the health to get up to 3200m, and back.

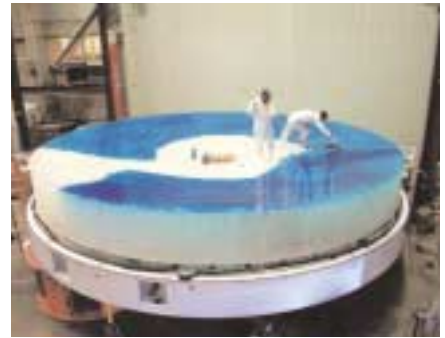
Time table and "milestones" –

first of the two LBT mirrors ready and waiting

The first critical milestone was already achieved on September 10th, 1997. The spinning furnace of the Steward Observatory Mirror Lab in Tucson had opened its doors and the largest mirror blank in the world made of honeycomb Borosilikat (8,408m, f/1,14) was successfully released. Shortly thereafter the second mirror followed. It took until spring 2003 that the surface of #1 was polished to the demanded specifications. Mirror #2 was prepared for backside polishing in November 2003 and was scheduled to go on the polishing



Panorama-Blick vom Mount Graham



Die LBT Spiegel im Steward Observatory Mirror Lab...

den größten Einzelspiegel der Welt. Im Frühjahr 2003 war der erste der beiden Spiegelgiganten fertig geschliffen und poliert und ausgiebig getestet worden. Spiegel Nummer 2 wird seit Dezember 2003 geschliffen und soll im Herbst 2004 fertig sein. Im Sommer darauf wird das LBT dann seine endgültige optische Kapazität erhalten.

Die Montage der Teleskopstruktur am Mt. Graham ist momentan bereits im Endstadium. Der erste der beiden 8,4m durchmessenden Hauptspiegel wurde mit Mai 2003 als fertig deklariert und wartet mittlerweile am Mt. Graham auf seine Endmontage im Frühjahr 2004. Mit seiner Lieferung auf den Berg im Oktober dieses Jahres wurde der letzte große Teil vor Wintereinbruch 2003/2004 auf den Mount Graham gebracht. Damit ist vorerst der Zeitplan für "Erstes Licht" im Sommer 2004 eingehalten. Die beiden kritischen Arbeitspakete "Telescope Control System" und "Spiegelzelle" konnten mittlerweile entschärft werden, die Arbeit an der elektronischen Kontrolle der Montierung ist aber noch voll im Laufen und birgt das Potential einer Verzögerung des ersten Lichtes in sich.

Erstes Licht ist erst der Beginn der zweiten Bauphase

Formales "Erstes Licht" ist für Juni 2004 geplant. Ab diesem Zeitpunkt soll eine der beiden CCD-Mosaik-Kameras im Primärfokus erste wissenschaftliche Daten liefern. Etwa ein Jahr soll zwischen den beiden "first lights" ausreichen bis die Lichtmaschine mit ihrer vollen Sammelkapazität aufwarten kann. Dann wird das LBT wie ein einzelnes 11,8m-Teleskop agieren und damit das größte Einzelteleskop der Welt auf einer Montierung sein. Danach beginnt die zweite, nicht weniger anspruchsvolle Bauphase: die Konvertierung zum bildgebenden Interferometer mit multi-konjugierter adaptiver Optik.

Das AIP im Drei-Länder-Konsortium

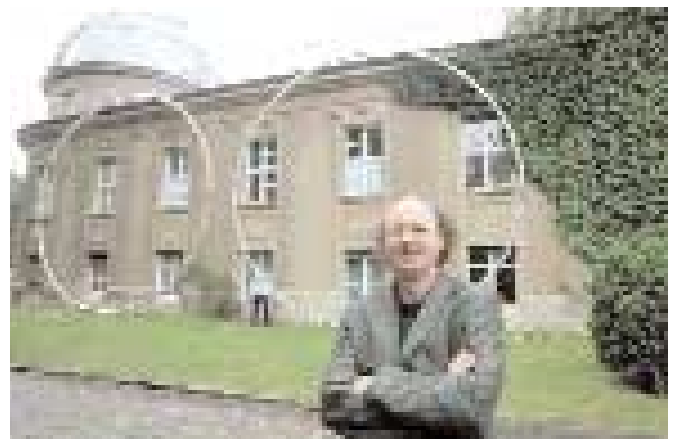
Die U.S.A. sind mit 50% Beteiligung am LBT der Großaktionär im Drei-Länder-Konsortium. Die beiden europäischen Partner Italien und Deutschland halten die verbleibenden Viertel. In Deutschland sind insgesamt fünf außeruniversitäre Institute

machine soon thereafter. It should reach the requested surface specifications by late 2004 and, if all goes well, the LBT should reach its full light-collecting capacity by summer 2005.

With the delivery of the first of the two main mirrors in October 2003, just before winter set in on Mount Graham, the last big part was successfully hauled up the mountain. "First light" is therefore still on track for summer 2004. Two other workpackages were already on the critical track, the "telescope control system" and the "mirror cell", but could be handled properly in the meantime. The electronic "mount control system", on the other hand, is still on the critical track and bears the potential for a delay of first light.

First light is just the begin of the second construction phase

Formal "first light" is scheduled for June 2004. From that time on the first of the two prime focus CCD-mosaic cameras should deliver preliminary science data. Approximately after one year the LBT should obtain its full light capacity. By then it can act with the light-collecting power of a single



Die LBT Spiegel im Größenvergleich am AIP Hauptgebäude

The Large Binocular Telescope (LBT)



... und der Transport auf den 3200m hohen Mount Graham.

am LBT beteiligt, wobei die Max-Planck-Gesellschaft mit den Instituten in Heidelberg (MPIA), Garching (MPE) und Bonn (MPfR) den Löwenanteil hält. Diese fünf Institute haben sich zur LBT-Beteiligungsgesellschaft, der LBTB, zusammenschlossen. Darunter auch die Landessternwarte Heidelberg (LSW) und das Astrophysikalische Institut Potsdam (AIP).

Das Hauptquartier des LBT-Observatoriums (LBTO) – siehe HYPERLINK "<http://lbto.org/>" – liegt am Campus der Universität von Arizona in Tucson im Gebäude des Steward Observatoriums. Dort werden dann auch deutsche LBT-Astronomen ihre Zelte aufschlagen. Das "base camp" mit seinen technischen Versorgungseinrichtungen zum Betrieb des Observatoriums befindet sich auf einem etwa 4000qm großen Gelände in Safford, etwa zwei Autostunden von Tucson entfernt. An diesen zwei Orten sowie am Mount Graham werden im Vollbetrieb ab 2006 etwa 40 Personen am LBTO arbeiten.

Potentielle LBT Wissenschaft: von der Entstehung des Universums bis zum Jupitermond Io

Der große Vorteil des LBT(I) gegenüber seinen Kollegen KeckI+II und VLT(I) wird der beinahe vollständige Zugang zu allen räumlichen Frequenzen einer Abbildung seiner beiden 8,4m Spiegel sein, bis hin zur maximalen Separation von 22,8m. Damit kann das LBT schon in einer einzigen Nacht eine kreisförmige 22,8m Apertur simulieren. Im nahen Infrarot wird dies eine Abbildungsqualität ermöglichen, die dem Hubble Space Teleskop (HST) mindestens um einen Faktor drei überlegen sein wird. Bei 110qm Spiegelfläche können dabei aber sogar noch lichtschwächere Quellen als mit dem HST untersucht werden, ein Umstand, der den LBT-Astronomen den kompetitiven Zugang zu den extrem rotverschobenen Objek-

ten, 11,8m Teleskop. Dann, die dritte und letzte Phase in der LBT-Bauweise, die Umwandlung in ein einziges 22,8m bildendes Interferometer mit multi-konjugierten adaptiven Optiken.

The AIP in a three-nation consortium

Mit 50% Beteiligung, die U.S. sind der führende Partner im drei-nation LBT-Konsortium. Die beiden europäischen Partner Italien und Deutschland halten die verbleibenden 50%. Deutschland ist durch fünf Forschungsinstitute, die die LBT "Beteiligungsgesellschaft" bilden, repräsentiert. Diese bestehen aus den Max-Planck-Instituten in Heidelberg (MPIA), in Garching (MPE), und in Bonn (MPfR) sowie der Landessternwarte Heidelberg (LSW) und dem Astrophysikalischen Institut Potsdam (AIP).

Das Hauptquartier des LBT-Observatoriums (LBTO) – siehe <http://lbto.org/> – ist auf dem Campus der Universität von Arizona im Gebäude des Steward Observatoriums. Das 4000 Quadratmeter große Basislager mit seiner technischen Support-Infrastruktur befindet sich in Safford zwei Autostunden von Tucson entfernt. Diese beiden Standorte, und natürlich die Spitze des Mount Graham, werden ab 2006 von etwa 40 LBTO-Personalmitgliedern im Routinebetrieb genutzt.

Potential LBT science: from the creation of the universe to the Jupiter moon Io

Der große Vorteil des LBT(I) gegenüber seinen Cousins KeckI+II und VLT(I) ist der beinahe vollständige Zugang zu allen räumlichen Frequenzen einer Abbildung seiner beiden 8,4m Spiegel bis zu ihrer vollen Separation von 22,8m. In der nahen Infrarot-Bereich wird dies eine Abbildungsqualität ermöglichen, die dem Hubble Space Telescope (HST) mindestens um einen Faktor drei überlegen sein wird. Bei 110 Quadratmetern Spiegelfläche können dabei sogar noch lichtschwächere Quellen als mit dem HST untersucht werden, ein Umstand, der den LBT-Astronomen den kompetitiven Zugang zu den extrem rotverschobenen Objek-

The Large Binocular Telescope (LBT)



LBT-Anteile; LBT-Kappe; LBT-Instrumentierung

ten des frühen Universums, wie z.B. den Gamma-Strahlen "Burstern" sichert.

Neben seinen Qualitäten als "Imaging"-Teleskop, wird das LBT vor allem mit drei innovativen Spektrographen ausgestattet sein (LUCIFER, MODS, und PEPSI) – zwei davon, LUCIFER und PEPSI, aus Deutschland, letzteres vom AIP -, und damit Beobachtungen vom nahen Infraroten bis ins Ultraviolette ermöglichen. Multi-Objekt Spektroskopie mit einer spektralen Auflösung von 2.000-36.000 im Bereich 320nm bis 2500nm (MODS für das UV und Optische, LUCIFER für das Infrarote), Langspalt-Spektroskopie im J, H und K-Bereich (LUCIFER), sowie Punktquellen-Spektroskopie und Stokes-Polarimetrie mit Auflösungen zwischen 30.000-300.000 bei 390-1050nm (PEPSI) werden ab etwa 2006 möglich sein. Alleine diese drei Instrumente decken einen großen Teil der Beobachterwünsche zur Galaxien-, Stern- und Planetenentstehung, zur Quasarmorphologie, kosmischen Magnetfeldern bis hin zur direkten Detektierung von extrasolaren Planeten ab.

Das LBT befindet sich am "Emerald Peak" des Mount Graham (Länge: -109:53:28.48, Breite: +32:42:05.8, Höhe: 3190 m) am Gelände des "Mount Graham International Observatory" (MGIO).

access to much fainter sources and will provide LBT astronomers with cutting edge equipment for the detection of extremely redshifted objects of the young universe, e.g. the mysterious Gamma-Ray Bursters.

Besides its outstanding qualities as an interferometric imaging telescope, the LBT will feed three innovative spectrographs (LUCIFER, MODS, and PEPSI) and provide wavelength coverage from the ultraviolet to the infrared. Two of these instruments – LUCIFER and PEPSI – come from Germany, the latter from the AIP. These instruments will enable multiobject spectroscopy with a resolution of between 2,000 and 36,000 in the wavelength range 320nm to 2,5 microns (MODS for the UV and optical, LUCIFER for the infrared), long-slit spectroscopy in the J, H, and K-bands (LUCIFER), and high-resolution Echelle spectroscopy and full-Stokes polarimetry with resolutions between 30,000 and 300,000 in the wavelength range 390nm to 1050nm (PEPSI). Already these three instruments cover almost all basic requirements for the original science cases for the LBT: galaxy-, star-, and planet-formation, quasarmorphology, cosmic magnetic fields, and the direct detection of extrasolar planets.

The LBT is located on "Emerald Peak" on Mount Graham in 3200m above sea level on the grounds of the "Mount Graham International Observatory" (MGIO). Its coordinates are longitude 109:53:28.48, latitude +32:42:05.8.

Das LBT AIP-Team

K. G. Strassmeier ("Board" member, P.I. PEPSI), M. Steinmetz (stv. "Board" member), P. A. Stolz and H. Klein (financial affairs), J. Storm (P.I. AGW-units), H. Zinnecker (LBTI-scientist), M. I. Andersen (operations scientist), E. Popow (Dept. Forschungstechnik)

The AGW Units for the Large Binocular Telescope



J. Storm und das AGW Team

Das AIP ist Partner des LBT-Konsortiums (LBTC) und beteiligt sich finanziell und mit "in-kind" Leistungen am Bau des Large Binocular Telescope (LBT). Der Vertrag mit dem LBTC über eine Summe von 1.2 Mill. Euro umfasst sowohl die Entwicklung und den Bau der Optik sowie der mechanischen und elektronischen Komponenten als auch die Entwicklung der Software für die Erfassungs-, Nachführungs- und Wellenfront-Messeinheiten (AGW-Einheiten).

Die AGW-Einheiten sind ein wesentlicher Bestandteil des Teleskops und werden viele der wissenschaftlichen Instrumente unterstützen. Funktionell bestehen sie aus einem Off-axis- und einem On-axis-Teil.

Während der laufenden Messung wird der Offaxis-Teil einen in der unmittelbaren Nähe des Beobachtungsfeldes befindlichen Leitstern verfolgen. Wenn sich der Leitstern auf dem Detektor bewegt, verursacht durch Abweichungen in der automatischen Nachführung, werden sofort Signale zum Teleskop gesendet, um diese Bewegung zu kompensieren. Dadurch wird das Himmelsobjekt stets mit einer hohen Genauigkeit im Beobachtungsgerät gehalten. Das Licht des Leitsterns wird außerdem genutzt, um kontinuierlich die Ausrichtung und Form der Hauptspiegel des Teleskops zu korrigieren. Die in drei Achsen steuerbare Positioniereinheit, auf der die gesamte Optik der AGW-Einheit montiert wird, ist in der ersten Abbildung zu sehen. Die zweite zeigt die erste AGW-Einheit am Teleskopsimulator des AIP, wo das exakte opto-mechanische Verhalten geprüft wird.

Der On-axis-Teil, der zur Zeit in enger Zusammenarbeit mit unseren Kollegen in Arcetri (Italien) entsteht, analysiert das Licht eines Sterns, der sich in unmittelbarer Nähe des zu untersuchenden Himmelsobjekts befindet. Im Wesentlichen werden dabei die von der Atmosphäre hervorgerufenen Störungen im Bild ermittelt. Die gemessenen Fehler werden von dem sogenannten "adaptiven" Sekundärspiegel korrigiert. Die Korrekturen werden mehr als 200 mal pro Sekunde ausgeführt und versetzen das Teleskop in die Lage, die beugungsbegrenzte Auflösung bei den nahen infraroten Wellenlängen zu erreichen. Eine derartige Auflösung wurde bis vor kurzem nur von Weltraumteleskopen erreicht. Die für das LBT entwickelten Instrumente wurden natürlich für diese hohe Auflösung konzipiert.

As partner of the LBT consortium (LBTC) the AIP is contributing not only cash for the construction of the telescope but also an 'in-kind' contribution. This contribution, which gives us a credit of 1.2 Mill. Euro with the LBTC, covers part of the optical design as well as the design and construction of the mechanics and the control electronics and software for the Acquisition, Guiding, and Wavefront sensing units (AGW units).

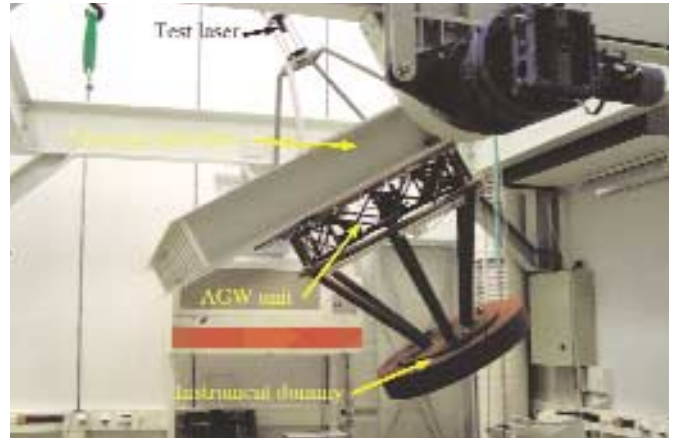
The AGW units are an integral part of the telescope and will support several of the science instruments. The units will serve multiple functions and can logically be divided into a so called off-axis unit and an on-axis unit.

During the actual observation the off-axis unit will observe a "guide" star close to the field observed by the science instrument. If this star moves ever so slightly on the detector due to inaccuracies in the tracking system, signals will immediately be sent to the telescope to compensate the movement. In this way the celestial target on the science instrument will be kept at the proper position with a very high degree of accuracy. The light from the guide star will also be used to continuously optimize the alignment and shape of the main mirrors of the telescope. A picture of the off-axis stage assembly is shown in the first figure where the optics is being installed. In the next figure, the first AGW-unit can be seen mounted in the AIP telescope simulator, where the exact opto-mechanical behaviour is being characterized.

The on-axis unit which is being built in close collaboration with our colleagues in Arcetri, Italy, will analyze the light from a star very close to the celestial object being investigated by the science instrument. The unit will measure the disturbances of the image which are being introduced by the atmosphere and the disturbances will be corrected with the so called "adaptive" secondary mirror. The corrections will be performed more than 200 times per second and will enable the telescope to reach the diffraction limited resolution in the near-infrared wave-length range, something which, until very recently, was only possible with a space based telescope. The LBT instruments are of course designed to take full advantage of this very high spatial resolution.



Der Aufbau der Offaxis-Einheit im Optiklabor des AIP.



Test der Verformungen der Offaxis-Einheit am Teleskopsimulator des AIP. Um die mechanische Stabilität der Einheit unter realistischen Bedingungen prüfen zu können, wurde vorher ein Instrumenten-Dummy mit einer Masse von zwei Tonnen befestigt.

Wie die Nachführungs- und Wellenfront-Messeinheit arbeitet

Die Aufgabe der Nachführungs-Einheit besteht in der exakten Ausrichtung des Teleskops auf den sich am Himmel bewegenden Stern. Dazu wird durch das Teleskop pro Sekunde ein Bild des Sterns aufgenommen. Jede Bewegung des Sterns auf diesem Bild wird sofort dem Teleskopkontrollsystem gemeldet, das die Nachführung des Teleskops korrigiert. Die dritte Abbildung zeigt den schematischen Aufbau des optischen Systems. Das Licht des Sterns wird im Hauptspiegel (M1) gesammelt und dann mit dem Sekundärspiegel (M2) im Brennpunkt zu einem Bild geformt. Das Licht dieses Bildes wird in die Nachführungs-Einheit geleitet, wo es zunächst die Kollimationslinse (A) passiert. Die folgende Kameralinse (B) erzeugt dann das Bild des Sterns (C).

Die Wellenfront-Messeinheit muss während der Beobachtung die Bildqualität aufrechterhalten. Stellen wir uns vor, dass das große Teleskop aus vielen kleinen Teleskopen besteht (Subpupillen), die jeweils einen Teil des Hauptspiegels nutzen. In den folgenden Abbildungen ist das durch die blauen und grünen Strahlen angedeutet. Wenn alle Subpupillen exakt ausgerichtet sind, erzeugen alle ein Bild an der gleichen Position (C) und wir erhalten eine scharfe Darstellung. Sind eine oder mehrere Subpupillen nicht genau eingestellt, wird das Bild (C) unscharf, weil die Bilder von verschiedenen Teilen des Spiegels (die blauen und grünen Strahlen) nicht exakt überlagert sind.

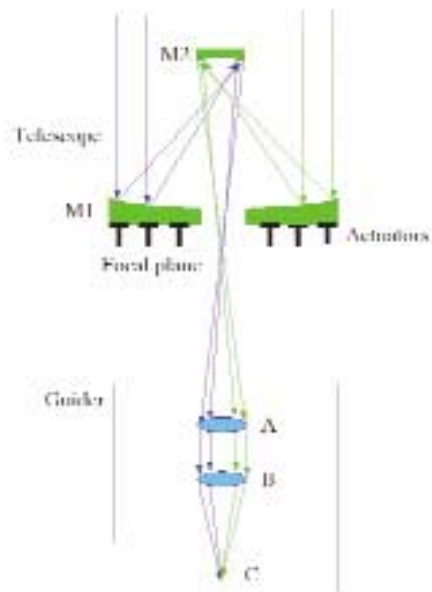
How it works

The purpose of the guider is to make the telescope follow the exact movement of the stars across the sky. This is achieved by obtaining images of a star through the telescope every second. Any movement of the star in these images is immediately communicated to the telescope control system which then corrects the movement of the telescope. The optical system is shown schematically in the third figure. The light from the star is collected by the main mirror (M1) of the telescope and an image is formed by the secondary mirror (M2) in the focal plane. The light from this image passes into the guiding system where it first meets a collimating lens (A) and then a camera lens (B) which forms an image of the guide star (C).

The purpose of the wavefront sensor is to maintain sharp images during the observations. Imagine that the large telescope is made up of a number of small telescopes (we call them sub-pupils) which each use different parts of the telescope mirrors. In the following figures, this is schematically indicated by the blue and green beams. When all these sub-pupils are properly aligned, each of them produces an image at the same position (C) and we have a sharp image. If one or more of these sub-pupils are not properly aligned, then the image (C) becomes unsharp because the images from the different parts of the telescope (the blue and green beams) are not properly superposed.

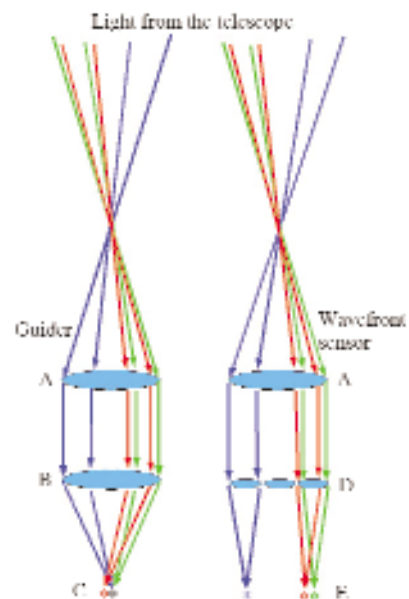
The AGW Units for the Large Binocular Telescope

Die Wellenfront-Messeinheit ermittelt, welche Subpupillen wie stark verstellt sind. Die letzte Abbildung zeigt den optischen Aufbau der Nachführungs- und Wellenfront-Messeinheit. Die zwei Systeme teilen das Licht, die blauen und grünen Strahlen entsprechen den gleichen Subpupillen für beide Systeme. Für jede Subpupille existiert eine separate Kameralinse (D), die ein Bild (E) erzeugt. Wenn sich die Bildposition des grünen Strahls hinsichtlich der Position des blauen verschiebt, wird das Bild (C) unscharf, da nicht mehr beide Bilder exakt übereinander liegen. Die Wellenfront-Messeinheit meldet den Fehler an das Teleskopkontrollsystem, welches mit den Stempeln an der Rückseite des Hauptspiegels (M1) dessen Form verändert.



Schematische Darstellung des Teleskops sowie der Nachführungs-Einheit. Die blauen und grünen Strahlen gehören zu unterschiedlichen Subpupillen, erzeugen aber alle ein Bild im Punkt C. Die Darstellung (C) ist nur dann scharf, wenn alle Subpupillen exakt gegeneinander ausgerichtet sind.

The wavefront sensor measures which of these sub-pupils are misaligned, and by how much. In the last figure, the optical layout is shown next to that of the guider. The two units share the light, and the blue and green beams corresponds to the same sub-pupils for both units. For each of the sub-pupils there is a separate camera lens (D) which forms an image (E). When the position of the image from the green beam moves with respect to that of the blue beam, then the image in (C) would become unsharp because also there the two images would no longer be exactly on top of each other. The wavefront sensor can then inform the telescope control system about the misalignment and the control system can then change the shape and alignment of the mirror (M1) with the actuators on the backside of the mirror.



Die Nachführungs- und Wellenfrontmess-Einheit. Die blauen und grünen Strahlen gehören zu unterschiedlichen aber exakt ausgerichteten Subpupillen. Der rote Strahl zeigt, was passiert, wenn die grüne Subpupille nicht richtig eingestellt ist. In der Nachführungs- und Wellenfrontmess-Einheit ist das rote Bild verschoben, die Darstellung (C) wird unscharf. Die Wellenfrontmess-Einheit ermittelt diese Verschiebung und das System kann die Subpupille korrigieren.

Das AGW-Team

J. Storm, S. M. Bauer, F. Dionies, T. Fechner, U. Hanschur, F. Krämer, G. Möstl, J. Paschke, E. Popow, H. Zinnecker

PEPSI: The Potsdam Echelle Polarimetric and Spectroscopic Instrument



K. G. Strassmeier, M. I. Andersen, M. Woche und das PEPSI Team

PEPSI ist ein hochauflösender Echelle-Spektrograf mit Polarimeter für das LBT. Je ein Polarimeter für jedes der beiden Teleskope liefert polarisiertes Licht für alle vier Stokes-Vektoren an einen gemeinsamen Echelle-Spektrografen. PEPSI soll in mindestens zwei Nischen weltweit einzigartige neue Beobachtungen ermöglichen: Erstens, als einziges Stokes-Polarimeter hoher spektraler Auflösung an einem Großteleskop können kosmische Magnetfelder mit Hilfe des Zeeman-Effektes bis zu einer Helligkeit von $V=17\text{mag}$ kartografiert sowie, zweitens, mit seinem adaptiven Modus im Integrallicht eine ultra-hohe spektrale Auflösung von 300,000 wie sonst nur in der Sonnenphysik möglich, erreicht werden. Die Verwendung von innovativen optischen und elektronischen Komponenten (z.B. "Volume Phase Holographic Gratings" bzw. "Waveguide Image Slicers") erlaubt es Quellen bis zu $V=20\text{mag}$ bei $R=100,000$, $0.7''$ seeing, mit einem S/N von 10:1 bei einer Integrationszeit von einer Stunde zu beobachten.

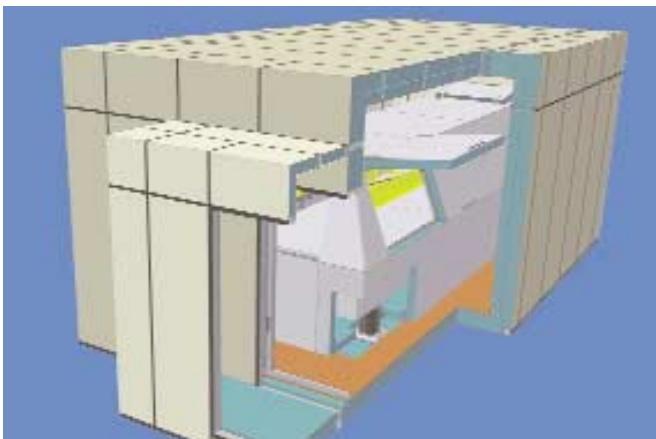
Wissenschaftliche Zielsetzung

Magnetfelder an der Oberfläche von Sternen wie unserer Sonne werden tief im Inneren ihrer Konvektionszone von einem Dynamoprozess erzeugt. Die Basis dieser Erkenntnis stellen neueste helioseismologische Untersuchungen dar, die zeigen, dass womöglich nur eine dünne Schicht unterhalb der Konvektionszone diesen Dynamomechanismus beherbergt. Es ist dies eine Zone wo magnetische Flußröhren einerseits lang genug verweilen können um die gemessenen Feldstärken zu erlangen, sowie genug Turbulenz vorhanden ist um den Dynamo überhaupt funktionieren zu lassen. Erfahren diese Flußröhren einen Auftrieb, sind sie später an der Oberfläche als bipolare Sonnen- bzw. Sternflecke sichtbar, also eine Art Fingerabdruck des Dynamos. Bei der Sonne bestimmt diese rela-

PEPSI is a high-resolution echelle spectrograph with two polarimeters for the LBT. One polarimeter for each telescope selects polarized radiation in one or two of the four Stokes parameters and sends it to a joint spectrograph. Besides normal high-resolution spectroscopy, PEPSI will enable observations in two unique niches: firstly, as the only high-resolution polarimeter on a large telescope it enables the mapping of stellar magnetic fields down to a limiting magnitude of $V=17\text{mag}$ and, secondly, its ultra-high resolution mode with $R=300,000$ will enable spectra that are otherwise only possible for the Sun. The use of innovative optical and electronic components, e.g. volume phase holographic gratings or waveguide image slicers will allow a limiting magnitude in integral light of $V=20\text{mag}$ at $R=100,000$, a seeing of $0.7''$, and a S/N of 10:1 with an integration time of 1 hour.

Scientific goal

The magnetic field of cool stars is believed to be generated by a dynamo seated in the convective envelope. The basis for this picture is our Sun, where buoyant magnetic fields produced by the dynamo are seen to rise through the photosphere to form bipolar active regions. The solar dynamo is believed to be located near the base of the convection zone, because theory predicts that magnetic fields in the convection zone are too buoyant to permit efficient dynamo action. The polarity and latitude of emergence of active regions exhibit a cyclic behaviour with a period of 22 years, the solar cycle. Clear evidence has been found for the stellar equivalent of sunspots and for stellar activity cycles. Despite vigorous efforts, we do not understand how a solar-type dynamo works, although differential rotation and helical convection are known to be important ingredients. A major unsolved problem is the efficiency of the dynamo, i.e. the rate at which

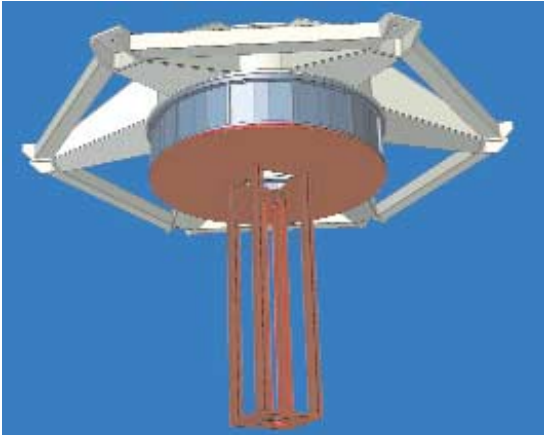


Design des Thermalgehäuses

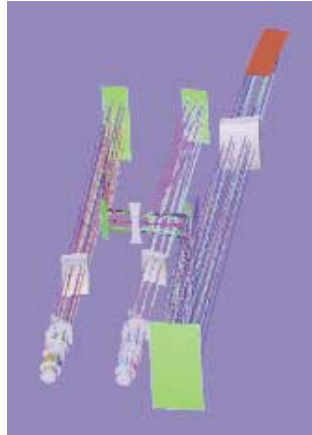


Das fertig aufgebaute Thermalgehäuse. Am inneren Gehäuse des Spektrografen wird noch gearbeitet.

PEPSI: The Potsdam Echelle Polarimetric and Spectroscopic Instrument



Mechanisches Design für das Polarimeter und sein AGW



Strahlengang des Spektrographen



Optischer Tisch 2 x 6m mit aktiver Dämpfung für den Spektrographen

tive Fleckenzahl u.a. das Weltraumwetter in unserem Planetensystem, erzeugt elektromagnetische Erscheinungen in der Erdatmosphäre, lässt bestimmte Schichten in der Erdatmosphäre aufblähen und reguliert den Temperaturhaushalt der Meere bis hin zum Wachstum unserer Bäume. Durch das Studium von Magnetfelder von anderen Sternen erhoffen wir uns weitere Erkenntnisse über unsere eigene Sonne, wie sie entstanden ist und wie sie sterben wird und welche Rolle dabei unser Planetensystem spielte und noch spielen wird.

Status Ende 2003

Momentan sind die Arbeiten bereits in der Phase der Anschaffung. Das R4-Echelle-Gitter mit 80cmx20cm Abmessung ist bei Richardson Grating Lab in den U.S.A. bestellt und soll im Juni 2004 geliefert werden. Zwei 4kx4k monolithische, gedünnte CCDs mit 0.015mm Pixeln und einem Auslese-rauschen von 2-3 Elektronen sind ebenso in Arbeit und sollen im Sommer 2004 geliefert werden (M. Lesser, Univ. of Arizona im Rahmen der AIP-LBT Kooperation). Der 6m lange optische Tisch ist bereits am AIP angekommen und wird momentan auf Funktionstüchtigkeit getestet. Das Spektrografengehäuse ist in Arbeit und wird aus zwei Behältern bestehen wobei der Äußere als Druckkammer bis zu 20mbar agiert und der innere als zusätzlicher thermischer und barometrischer Schutz für extreme Langzeitstabilität sorgt. PEPSI soll eine Radialgeschwindigkeitspräzision von 2 ± 1 m/s für Targets bis zur 15ten

magnetic energy is feed into the stellar atmosphere. Just how this energy flow scales with the properties of the stellar interior and the convective envelope is hard to determine without observational constraints.

Status as of 2003

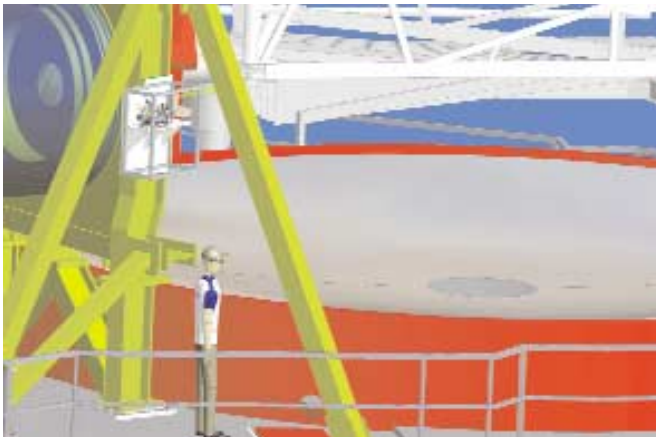
All workpackages are already in the status of pro-curement. The R4-echelle grating, with its 80cm by 20cm dimensions the largest in the world, was ordered by Richardson Grating Lab in the U.S. and is scheduled to be delivered in June 2004. Two monolithic, back-illuminated and thinned 4096x4096 pixel CCDs with 0.015mm pixel size, read-out-noise of less than 5 electrons and high quantum efficiency were ordered through M. Lesser, University of Arizona, within the LBT cooperation. They are scheduled to arrive at the AIP during summer 2004. The 6x2m optical table from Newport, equipped with a new three-dimensional pressure balancing system, arrived at the AIP and is currently tested for functionality. The spectrograph enclosure is now being assembled in the AIP integration hall. It consists of an outside pressure chamber for up to 20mbar pressure difference and a stability of minimum 0.1mbar as

well as an inside cover that acts as additional thermal and dust insulation. This will allow for long-term stability of the spectrograph. PEPSI should reach a radial-velocity precision of 2 ± 1 m/s for targets brighter than 15th magnitude. After

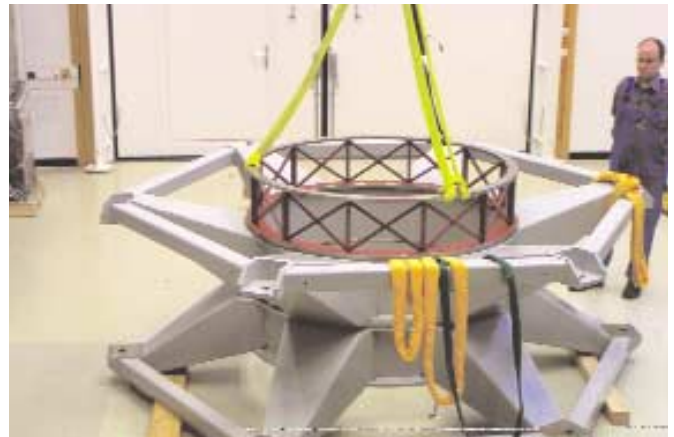
PEPSI: The Potsdam Echelle Polarimetric and Spectroscopic Instrument

Größe erreichen Die Glasfaserkabel sind nach zweijährigen Tests (zusammen mit STELLA) nunmehr geliefert und werden gerade zu Verifikationstests vorbereitet. Die Wahl fiel auf Polymicro STU Fasern mit 0.1, 0.2, und 0.3 mm Durchmesser. Ein F&E-Vertrag mit dem Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik in Jena soll zur Entwicklung eines neuartigen "Wave-guide Image Slicers" führen, der ein Lichtbündel in bis zu 10 Scheibchen (slices) schneiden und wieder "aufeinander" legen kann. Die Fa. Halle/Berliner-Glas hat bereits in 2002 einen Prototyp des polarimetrischen Verzögerers für zirkuläre Polarisation geliefert und erste Tests am Spektrografen des Einsteinturms haben bei $R=270,000$ ausgezeichnetes Interferenzverhalten ergeben, sodass wir bald in der Lage sind die finale Version zu produzieren. Komponenten für die beiden Off-Axis "Acquisition-, Guiding- und Wavefrontsensing"-(AGW)-Einheiten für PEPSI sind z.T. bereits vorhanden. Wir warten momentan den Ausgang der Tests der ersten LUCIFER-Originaleinheit ab bis die PEPSI-Einheiten integriert werden.

two years of fibre testing (in connection also with STELLA) we have settled for Polymicro STU fibres. The final fibres were delivered in late 2003 and are currently being tested. Three different core diameters of 0.1, 0.2, and 0.3 mm will enable three observing modes with three different spectral resolutions. In the frame of an R&D contract with the Fraunhofer-Institute for Applied Optics in Jena we have designed a new type of waveguide image slicer that should be able to deliver 10 slices over 0.2mm with high efficiency. The prototype is currently in production and should be ready for testing in spring 2004. The prototype polarimetric retarder for circular polarization was already delivered by Halle/Berliner-Glas in 2002 and tests with the Einsteintower spectrograph at $R=270,000$ proved its nearly fringe-free retardation. Mechanical and electronic components for the two PEPSI off-axis AGW units (Acquisition-, Guiding-, and Wavefront-sensing) are already at hand but not yet assembled. At that stage we are still waiting for the full test results of the two first AGW units for LUCIFER, to be delivered to Arizona by the end of 2004.



Design der permanenten Fokalstation



Montage der AGW-Struktur für das PEPSI-Polarimeter

Das PEPSI AIP-Team

K. G. Strassmeier (P.I.), M. I. Andersen (project manager), E. Popow (integration and logistics), M. Woche (optics design spektrograph, polarimeter, fibres), A. Hofmann (polarimeter), F. Dionies and S.-M. Bauer (mechanical designs), T. Fechner (CCDs, controller), M. Weber (high-level software, CCDs), J. Bartus (low-level software), F. Krämer and J. Storm (AGWs), I. Ilyin (calibration and data reduction).

PEPSI is funded by the BMBF-Verbundforschung for the years 2002-2005. The AIP is P.I. of the instrument, an Italian consortium of three INAF observatories is science Col. The University of Potsdam was coproposer.

The Robotic Observatory STELLA



K. G. Strassmeier, T. Granzer, M. Weber, M. Woche und das STELLA Team

STELLA ist ein robotisches Observatorium mit zwei vollautomatischen 1.2m Teleskopen (STELLA-I und STELLA-II) für den Standort Teneriffa in Spanien. Nicht nur die beiden Teleskope sind automatisch, auch die Sternwarte selbst ist vollkommen automatisch und bedarf keiner menschlichen Präsenz, auch nicht im "remote control". STELLA-I liefert über eine Glasfaserleitung Licht zu einem hochauflösenden Echelle-Spektrografen während STELLA-II mit einem "wide-field CCD-imaging photometer" ausgestattet ist. Das STELLA-I Teleskop entsteht in Zusammenarbeit mit der Hamburger Sternwarte.

Gebäude im Winter 2002/03 erfolgreich getestet!

Die STELLA-Gebäudekonstruktion war bereits im Frühjahr 2002 fertig gestellt und durchlief nach Installation der Netzwerktechnik und der Computer ab Herbst 2002 eine einjährige Testphase unter realen Bedingungen. Ohne einen einzigen Ausfall hatten sich die jeweils 5 Tonnen schweren Dachhälften je nach "Anweisung" der Wetterstation abends geöffnet und morgens wieder geschlossen. Anfängliche Schwierigkeiten mit der 15kVA-USV wurden mittlerweile von der Herstellerfirma behoben, sodass nunmehr für etwa 15 Minuten auch Ausfallsicherheit besteht. Das STELLA Gebäude wird von einer Web-Kamera ständig beobachtet und kann unter "www.aip.de/stella" aufgerufen werden. Im gesamten Gebäude verteilte Sensoren sowie eine zweite Web-Kamera im Teleskopraum liefern einen aktuellen Stand über die Umweltbedingungen der Teleskope, der wissenschaftlichen Geräte und den Status der diversen Sekundärsysteme, wie z.B. der Klimaanlage. Alle Betriebs- und Wissenschaftsdaten werden im noch in Bau befindlichen Meridian- und Kommunikationszentrum am AIP in Babelsberg zusammenlaufen.

In der Zwischenzeit wurden die beiden Wetterstationen auch benutzt, um das lokale Klima und seine Schwankungen direkt am STELLA-Standort zu messen. Das STELLA Kontrollsystem (SCS) ist nun in der Lage mit Hilfe eines mathematischen Modells kritische Umweltparameter wie z.B. Luftfeuchtigkeit fünf Minuten in die Zukunft vorherzusagen. Dies reicht aus um die Dachhälften sicher zu schließen ohne darin eine Wolke einzuschließen.

STELLA-I: Erste Labortests des Spektrografen und der CCD-Kamera

Der STELLA Echelle Spektrograph (SES) ist ein moderner "Weisspupillen"-Spektrograf mit hohem Lichtdurchsatz, hoher spektraler Auflösung und einem fixierten Wellenlängen-Format. Das Instrument ist in einem eigenen Raum auf einer mechanisch stabilisierten optischen Bank montiert und wird

STELLA is a robotic observatory with two fully automatic 1,2m telescopes (STELLA-I and STELLA-II) for the Teide Observatory in Tenerife, Spain. Not only the telescopes are automatic but also the entire observatory, no human presence is needed for observing – not even in remote control. STELLA-I supports a high-resolution, fiberfed and bench-mounted echelle spectrograph while STELLA-II feeds a wide-field CCD imaging photometer. STELLA-I is build in collaboration with the Hamburg Observatory.

Test of the building during winter 2002/03 successful!

The STELLA-building construction work was already finished in spring 2002. After installation of electricity, the network components and computers it underwent a one-year test phase including the cold winter 2002/03. Not a single malfunction was recorded. The 5-tons-each roof halves opened in the evening and closed in the morning as ordered by the commands from the two (redundant) weather stations. Earlier troubles with the 15 kVA-UPS were finally resolved by the manufacturer and we have now a high level of power-failure security. The STELLA building is being permanently watched by a Web camera <http://www.aip.de/stella> . Numerous sensors throughout the building tell the current environment sit-



Das montierte STELLA-I-Teleskop



Die vollautomatisierte Sternwarte STELLA auf Teneriffa in Spanien

mit einer 12m langen Glasfaser vom Teleskop mit Sternlicht versorgt. Je zwei Glasfaserkabel mit 0.05mm und 0.1mm Kern-durchmesser ermöglichen spektrale Auflösungen von 50000 bzw. 25000 bei einer Eintrittsblende von 1,2 bzw. 2,4 Bogensekunden. Das Herz des Spektrografen ist ein 31-Linien/mm R2 Echelle Gitter. Zwei parabolische Off-Axis Kollimatoren, ein Faltspiegel sowie zwei Prismen als Kreuzdispersierer reflektieren das Licht in eine f/3.5 katadioptrische Kamera mit einer 156mm Korrektor-Platte und einem 40cm sphärischen Spiegel. Ein E2V Chip CCD42-40 mit 2048_2048 Pixeln wird von einem CUO-Controller der zweiten Generation betrieben. Diese Kombination ermöglicht bei einer Quanteneffizienz von 90% bei 650nm, sowie 65% bei 400nm bzw. 800nm, ein Ausleserauschen von nur 3-4 Elektronen. Ein geschlossener Kühlkreislauf hält den Detektor konstant auf -130 Grad Celsius. Nachdem der von Marconi-E2V gelieferte Detektor in der Bildfeldmitte ein über den Spezifikationen liegendes Bias-Ausleserauschen zeigte wurde von E2V freundlicherweise ein zweiter Detektor kostenlos zur Verfügung gestellt. Dieser Chip wird nunmehr in eine baugleiche Kamera eingebaut und dient als Ersatzkamera sowie zu Labortests.

Eine selbstfokussierende Akquisitions- und Nachführeinrichtung für beide STELLA Teleskope

Die Akquisitions- und Nachführeinrichtung (A&G-Einheit) für ein robotisches Teleskop ist naturgemäß komplexer als bei einem manuellen Teleskop. Im Falle von STELLA-I ist es besonders kritisch, da das Sternlicht über lange Zeit auf einer nur 0,05 mm (1,2") dünnen Glasfaser zentriert und gehalten werden muss. Aus diesen Gründen wurde am AIP eine spezielle A&G-Einheit konstruiert, die momentan in der Werkstätte des AIP gefertigt wird. Sie basiert auf einem dichroischen Strahlenteiler, der 3-4% des Sternlichtes ablenkt, reflektiert, mit sich selbst überlagert, und über eine Reihe weiterer optischer Elemente auf einen 2184x1072 6,8-µm Pixel Kodak CCD-Detektor abbildet. Dies erlaubt es, das Guiding und die Fokuskontrolle

für kritische Teile des Gebäudes, die wissenschaftlichen Instrumente und ihre Ausrüstung sowie den Status für verschiedene Sekundärsysteme wie Klimaanlage. Alle Operations- und Wissenschaftsdaten werden an das Media- und Kommunikation Zentrum am AIP in Babelsberg.

In der Zwischenzeit lieferten die Wetterstationen wertvolle Daten für die STELLA Site, die es ermöglichen, das lokale Klimaverhalten mathematisch zu erkennen. Das STELLA Control System (SCS), das die gesamte Show steuert, ist nun in der Lage, kritische Feuchtigkeitserhöhungen fünf Minuten in die Zukunft zu prognostizieren; genug, um sicher zu schließen, dass die Kuppel geschlossen wird und keine Wolke gefangen wird.

STELLA-I: First laboratory tests of the spectrograph and its CCD camera

Das STELLA Echelle Spektrograph (SES) ist ein modernes weißpupillenspektrograph mit hoher Effizienz, hoher spektraler Auflösung, und einem festen Wellenlängenformat von 390-860nm. Das Instrument ist in einem separaten Raum auf einer isolierten, stabilisierten optischen Bank und wird mit bis zu zwei optischen Fasern, jeweils 12m lang. Ein Paar von entweder 0,05mm oder 0,1mm Kern-Durchmesser Fasern ermöglichen Auflösungen von entweder 50000 oder 25000, entsprechend zu Eintrittsblenden von 1,2" und 2,4", respektive. Im Zentrum steht ein 31 Linien/mm R2 Gitter. Zwei off-Axis parabolische Kollimatoren, ein Faltspiegel und zwei Prismen als Kreuzdisperser transportieren das Licht in die f/3.5 katadioptrische Kamera mit einer 156mm Korrektorplatte und einem 40cm sphärischen Spiegel. Die CCD ist ein E2V42-40 2048x2048 13,5µm Pixel Chip. Seine Quanteneffizienz beträgt 90% bei 650nm, und 65% bei 400nm und 800nm, respektive. Zusammen mit einem zweiten Generation CUO Controller ist das Leserauslesen nur 3-4 Elektronen. Ein geschlossener Kühlkreislauf hält den Detektor auf -130 Grad Celsius. Da das ursprüngliche Marconi-E2V Chip ein Bias Readout in der zentralen Detektorfläche hatte, das über den Spezifikationen lag, lieferte E2V ein Ersatzteil ohne zusätzliche Kosten. Dieses Chip ist nun in eine Kopie des ersten Kameras eingebaut und wird als Ersatzteil und für Labortests verwendet.

The Robotic Observatory STELLA

mit der gleichen Taktfrequenz am gleichen CCD durchzuführen. STELLA-II wird mit einem ähnlichen, aber ausschließlich mit Off-Axis-Licht versorgten A&G-Einheit ausgestattet.

STELLA-II-Teleskop soll im Sommer 2004 geliefert werden

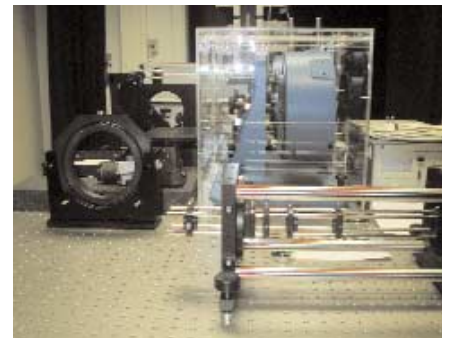
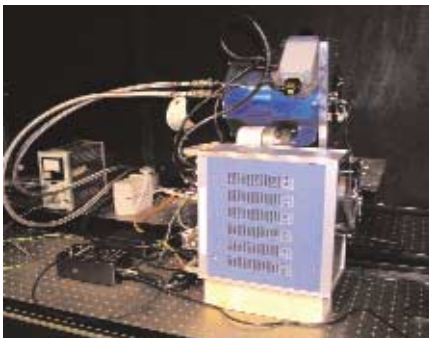
Das optische Design von STELLA-II wurde noch 2002 abgeschlossen und im Rahmen einer beschränkten Ausschreibung der Auftrag zum Bau des Teleskops an die Fa. Halfmann-Teleskoptechnik in Augsburg vergeben. Vorläufiger Liefertermin nach Teneriffa ist Juli 2004. STELLA-II ist im Grunde baugleich zu STELLA-I, jedoch werden zwei wissenschaftliche Nasmyth Foki zur Verfügung stehen. Am ersten Fokus wird zusammen mit einem Bildfelderrotator ein Weitwinkel-Imaging-Photometer mit einem großen CCD-Detektor installiert (WIFSIP, STELLA Imaging Photometer), während am zweiten Fokus ab 2006 eine experimentielle Adaptive-Optik zum späteren Nachrüsten mit einem IR Instrument getestet werden soll. Als wissenschaftlicher Detektor für SIP dient ein monolithischer 4096x4096 15µm Pixel, "back-illuminated" gedünnter CCD Chip aus dem Steward-Imaging Lab. Das Photometer soll mit je einem Satz 90mm Strömgren-, einem schmalbandigen H α -Filter, Johnson-Bessell- sowie Sloan-Filter ausgestattet werden und eine photometrische Präzision von 1 Millimagnitudo über ein Feld von 22x22 Bogenminuten bei 0.3"/Pixel erreichen.

A self-focusing acquisition- and guiding unit for both STELLA telescopes

The acquisition- and guiding unit (AG unit) of a robotic telescope is naturally more complex than for a manual telescope. In the case of STELLA-I it must assure that a star is positioned in the 0.05mm large (1,2") diaphragm with sub-arc-second precision and then kept at this position for an hour. Therefore, the AIP constructed a new AG-unit that is currently being produced in the work shop. It is based on a dichroic beam splitter that separates 3-4% of the starlight, reflects it back to overlap with itself and then is reimaged onto the same CCD used for guiding. The guiding CCD is a 2184x1072 6,8µm pixel Kodak detector. This design allows to control the telescope focus with the same read-out cycle than for the guiding signal. STELLA-II will be equipped with a similar system but designed to work fully off axis outside the science field of view.

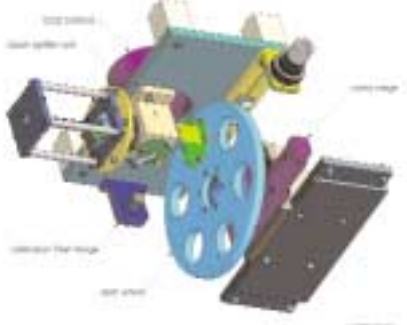
STELLA-II telescope due in summer 2004

The optical design was finished during summer 2002 and a number of companies were invited to bid for its construction, which was won by Fa. Halfmann Teleskoptechnik in Augsburg. The telescope is now tentatively scheduled for delivery to Tenerife in July 2004. STELLA-II is principally an advanced copy of STELLA-I except that it is designed for automatic use of both Nasmyth foci. The first focus has an image derotator and will be equipped with the wide-field STELLA Imaging Photometer (WIFSIP) based on a large-format CCD. The second focus will be used for testing a low-cost adaptive optics for later implementation of an IR instrument. The science CCD for SIP is a monolithic 4096x4096 15µm pixel, back-illuminated and thinned device from M. Lesser's Steward-Imaging Lab. The photometer will be equipped with 90mm sets of Strömgren-, a narrow H α , Johnson-Bessell-, and Sloan filters. A photometric precision of 1 millimagnitude over a field of 22'x22' with a scale of 0.3"/pixel is predicted.

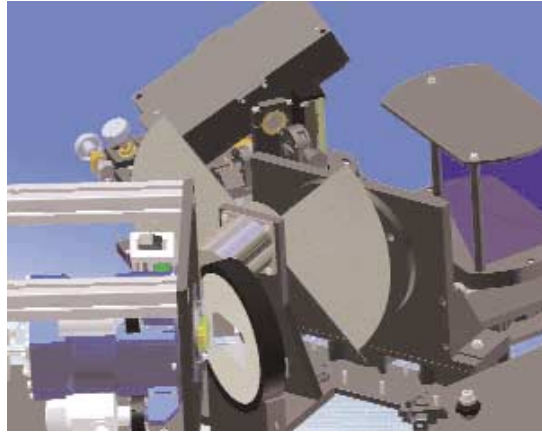


Baukomponenten in den Labors des AIP

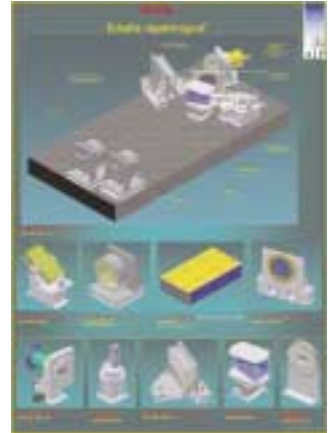
The Robotic Observatory STELLA



STELLA-I Adapter Design



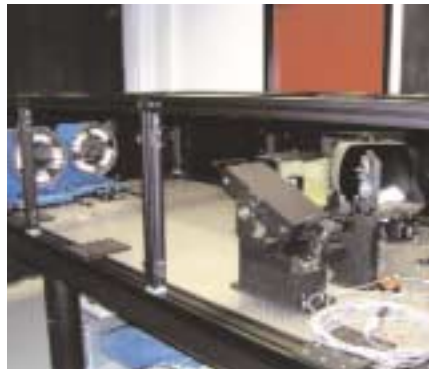
Design des Hochgeschwindigkeitsshutters für den Echelle-Spektrographen



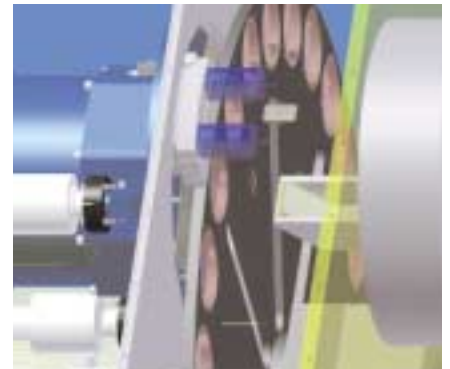
Baukomponenten des STELLA Echelle-Spektrographen (SES)



STELLA-I Adapter in der AIP-Werkstatt



SES im Optiklabor



Design des Weitwinkel-STELLA Imaging-Photometers für STELLA-II

Das STELLA AIP-Team

K. G. Strassmeier (P.I., P.M., Gebäude), T. Granzer (Robotik), M. Weber (Netzwerk, Computer), M. Woche (Optik-Design Spektrograf, Teleskope, A&G-Einheiten), S.-M. Bauer und F. Dionies (Mechanisches Design, Gebäude), T. Fechner (CCD-Kamera), A. Ritter und A. Washüttl (Datenreduktions-Software für STELLA-I), J. Bartus (Low-level Software), E. Popow und J. Paschke (Integration), G. Hildebrandt (Glasfasertests), M. I. Andersen (A&G-Einheiten, Dispersionskorrektor), H. Korhonen, A. Staude und A. Schwöpe (Datenreduktions-Software für STELLA-II).

GREGOR – a New 1.5 m Solar Telescope for Tenerife

Gregor



J. Staude, K. G. Strassmeier und das GREGOR-Team

Wissenschaftliche Zielsetzung

Längenskalen von 100 km und darunter sowie damit verknüpfte sehr kurze Zeitskalen sind für fundamentale physikalische Prozesse in der Sonnenatmosphäre charakteristisch. Das Magnetfeld ist dabei der Schlüsselparameter, der alle Prozesse der Sonnenaktivität und deren Einwirkungen auf die Erde bestimmt. Voraussetzung für ein besseres Verständnis solcher Phänomene ist die Erforschung der Magnetfelder und Massenbewegungen auf allen Skalen durch spektral-polarimetrische Messungen. Das beginnt bei den kleinsten, bisher nicht auflösbaren Skalen; das Magnetfeld ist aber auch das verbindende Gerüst von den tiefsten Schichten bis in die Korona.

Eine neue Generation von Teleskopen mit großer Öffnung ist erforderlich, um die verlangten Informationen zu erreichen: Damit kann in kurzer Zeit genügend Licht gesammelt werden, um die solaren Prozesse mit hinreichender Genauigkeit zu erforschen. Nur eine Öffnung, die diejenige herkömmlicher Sonnentelkope wesentlich übertrifft, kann die gesuchten Feinstrukturen und deren Dynamik wirklich auflösen.



Baustelle GREGOR-Gebäude. Die alte Kuppel ist entfernt worden, der Kuppelkranz für die neue faltbare Kuppel wird gerade gefertigt (die im Bild sichtbare Kuppel gehört zu einem anderen Gebäude im Hintergrund).

Scientific objectives

Spatial scales of ≤ 100 km and the very short time scales involved are typical of basic physical processes in the solar atmosphere. The magnetic field is the key parameter which determines all processes of solar activity and of their influence on the Earth. For a deeper physical insight into these phenomena it is mandatory to study the magnetic field and gas motions on all scales by spectro-polarimetric measurements, starting from the smallest ones which so far cannot be resolved. Moreover, the magnetic field also provides the interconnection of the different layers from the subphotosphere up to the corona.

A new generation of telescopes with large apertures is needed to achieve the required information: a large filled aperture can collect enough flux within a short time to study the processes with sufficient precision. Only an aperture which significantly exceeds the apertures of today's solar telescopes can actually resolve the fine structures and their dynamics.

Telescope concept

Starting in 2005 at the Observatorio del Teide on Tenerife GREGOR – at that time the most effective solar telescope worldwide – will be available for solar research. Development and construction of GREGOR are a common project of the Kiepenheuer-Institut für Sonnenphysik in Freiburg (KIS), the Universitäts-Sternwarte Göttingen and the AIP. In concert with the other solar telescopes at the Canary Islands and with space-borne telescopes GREGOR will provide a unique research instrument for studying on the Sun basic astrophysical processes, which cannot be investigated on other stars with comparable high precision.

GREGOR will be an open telescope on an altazimuthal mount with an aperture of 1.5 m. It will be equipped with an adaptive optics system (AO) in order to compensate for the deformation of the wavefront of the incoming light caused by air turbulence. It is the only way to reconcile the conflicting requirements of high spatial, spectral, and temporal resolutions and of spectro-polarimetric precision. GREGOR is particularly designed for such high precision polarimetric measurements. GREGOR will replace the previous Gregory-Coudé telescope and will be located at the top of its building (first figure). A new dome is under construction: it will be completely folded down during operation, allowing the air to flow freely through the telescope.

With its 1.5 m main mirror (M1) GREGOR will reach the aperture of the worldwide greatest solar telescope, the 40 years old McMath-Pierce Telescope at Kitt Peak, USA, but GREGOR will make use of modern technology and telescope design principles. Besides offering unprecedented scientific potential to its users, it will also serve as a test bed of new technologies of even larger ground-based solar telescopes.

Teleskop-Konzept

Im Observatorio del Teide des IAC auf Teneriffa wird ab 2005 unter klimatisch idealen Beobachtungsbedingungen GREGOR – das dann leistungsfähigste Sonnenteleskop der Welt – für die Sonnenforschung zur Verfügung stehen. Entwicklung und Bau von GREGOR sind ein gemeinsames Vorhaben des Kiepenheuer-Instituts für Sonnenphysik in Freiburg (KIS), der Universitäts-Sternwarte Göttingen und des AIP. Zusammen mit den anderen Sonnenteleskopen auf den Kanarischen Inseln und Satelliten-Teleskopen wird GREGOR eine einzigartige Einrichtung zur Erforschung astrophysikalischer Grundprozesse auf der Sonne sein, die bei keinem anderen Stern mit derartig hoher Genauigkeit beobachtet werden können.

GREGOR wird ein offenes Teleskop mit einer altazimutalen Montierung und einer Öffnung von 1,5 m sein. Es wird mit einem System adaptiver Optik (AO) ausgerüstet werden, um die durch Luftturbulenz verursachten Deformationen der Wellenfront des einfallenden Lichtes zu kompensieren. Nur auf diese Weise können die konkurrierenden Forderungen nach hoher Raum-, Spektral- und Zeitauflösung und spektral-polarimetrischer Präzision erfüllt werden. Die besondere Stärke von GREGOR werden hochpräzise polarimetrische Messungen sein. GREGOR ersetzt das bisherige 45 cm-Gregory-Coudé-Teleskop und wird in diesem Gebäude montiert (erstes Bild). Dort wird es dann mit einer neuen Kuppel geschützt; diese kann während der Messungen vollständig nach unten gefaltet werden, um der Luft ein freies Durchströmen des Teleskops zu ermöglichen.

Mit seinem 1,5-Meter-Hauptspiegel M1 erreicht GREGOR die Öffnung des größten Sonnenteleskops der Welt, des mehr als 40 Jahre alten McMath-Pierce-Teleskops auf dem Kitt Peak, USA. Bei GREGOR werden aber modernste Technologien und Teleskopbau-Prinzipien zum Einsatz kommen. Neben der Verfügbarkeit völlig neuer wissenschaftlicher Instrumente wird GREGOR auch als Prüfstand für die Technologien der nächsten Generation noch größerer Sonnenteleskope dienen.

GREGOR ist als Sonnenteleskop konzipiert, die große licht-sammelnde Fläche und die Ausrüstung bieten aber auch interessante Möglichkeiten für die Nachtastronomie. Dies betrifft insbesondere Untersuchungen von Aktivitätsphänomenen auf anderen Sternen und damit einen Forschungsschwerpunkt am AIP.

Optisches Design

Das optische Design (zweites Bild) umfasst zunächst ein achsensymmetrisches 3-Spiegel-System, bei dem die ersten beiden ein klassisches Gregory-Teleskop bilden. Die Abbildung erfolgt über die Krümmung dieser drei ersten Spiegel (M1, M2, M3). Die effektive Brennweite beträgt etwa 55 m; bei einem Durchmesser der Eintritts-pupille von 150 cm ergibt dies ein effektives Verhältnis von $F/36,5$ und eine Bildskala von $3,75''/\text{mm}$.

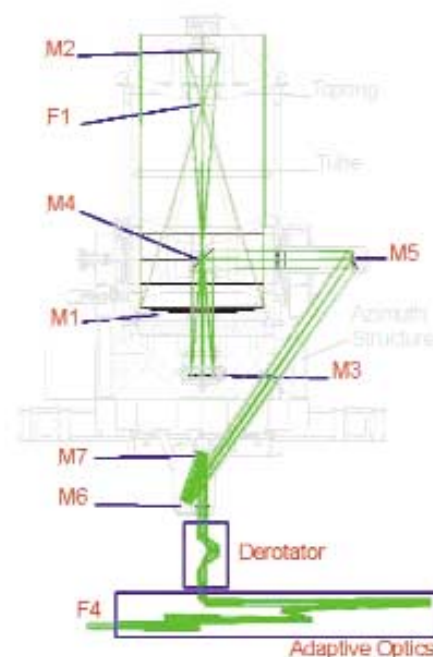
Although conceived as a solar telescope, GREGOR offers a significant collecting area and operating modes which facilitate the observation of night-time sources. Thus, GREGOR may become an attractive facility for investigating activity on stars other than the Sun, one of the main research topics of the AIP.

Optical design

The optical design (second figure) is an axial-symmetric 3-mirror configuration where the first two mirrors form a classical Gregory telescope. The first three mirrors (M1, M2 and M3) are curved to provide imaging.

The effective focal length is about 55 m, the entrance pupil diameter 150 cm, therefore the effective focal ratio is $F/36.5$ and the image scale becomes 3.75 arcsec/mm .

The primary mirror M1 is an $f/1.67$ paraboloid with a focal length of 2500 mm. A cooled field stop at the prime focus (F1) reflects most of the sunlight upwards and transmits a field of view of 300 arcsec, of which the central 180 arcsec are unvignetted. The elliptical secondary mirror M2 has a diameter of 400 mm and focal length of about 500 mm. There is a secondary focus (F2) near the center of the telescope tube. An elliptical tertiary mirror M3 with a focal length of 1400 mm reimages the secondary focus into the laboratory area. On this way the 4 flat mirrors M4 – M7 reflect the light through the altitude and azimuth axes to the image derotator and the AO. The removable image derotator is a rotatable sys-



Strahlengang (grün) und Struktur (grau, im Hintergrund) des GREGOR-Teleskops. Die Spiegel sind mit M bezeichnet, Brennpunkte mit F.



Der GREGOR-1,5 m-Hauptspiegels (M1) aus Cestic®. Dies ist der bisher größte aus Cestic® hergestellte Spiegelrohling. Das Bild entstand im Herbst 2002 während der Überprüfung des Rohlings bei der Hersteller-Firma.

Der Primärspiegel M1 ist ein $f/1,67$ -Paraboloid mit einer Brennweite von 2500 mm. Eine gekühlte Feldblende im Primärfokus (F1) reflektiert das meiste Sonnenlicht nach außen und lässt nur ein Gesichtsfeld von 300 Bogensekunden passieren; davon sind die zentralen 180 Bogensekunden frei von Vignettierung. Der elliptische Sekundärspiegel M2 hat einen Durchmesser von 400 mm und eine Brennweite von etwa 500 mm. Der Sekundärfokus (F2) entsteht nahe dem Zentrum des Teleskoptubus. Ein elliptischer Tertiärspiegel M3 mit einer Brennweite von 1400 mm bildet den Sekundärfokus in das Labor ab. Auf diesem Wege wird der Strahl über die 4 ebenen Spiegel M4 – M7 durch die Höhen- und Azimutachsen auf den Bild-Derotator und die AO reflektiert. Der herausnehmbare Bild-Derotator ist ein drehbares 3-Spiegel-System, mit dem die Bilddrehung für alle Postfokus-Geräte gleichzeitig kompensiert werden kann.

Der Arbeitsfokus kann wahlweise in einer der beiden obersten Etagen entstehen. Hier werden verschiedene hochleistungsfähige Fokalinstrumente das Teleskop ergänzen, u.a. ein hochauflösendes Fabry-Perot-Filterspektrometer, verschiedene Polarimeter, ein Czerny-Turner-Spektrograf und Instrumentarium für Infrarot-Spektroskopie und -Polarimetrie.

Neue Spiegel-Technologie

Das gegenwärtige Konzept sieht das leichtgewichtige Cestic® (Kohlenstofffaserverstärktes Silizium-Carbid) als Material für die ersten drei Spiegel-Rohlinge vor. Durch die Gewichtseinsparung werden die Frequenzen der ersten Moden der Eigenschwingungen des Teleskops erhöht. Der Hauptgrund für dieses Material ist aber die Wärmesteuerung aller drei Spiegel. Die Wärmeleitfähigkeit von Cestic® ist etwa 100 mal höher als die üblicher Glaskeramik und erlaubt eine aktive Kühlung mit



Die Rippenstruktur der beiden Spiegel M3 (vorn) und M2 (hinten) ist auf deren Rückseiten zu sehen. Die Rippenstruktur dient zur Versteifung der sehr leichten Spiegel. Diese beiden Spiegel wurden ebenfalls aus Cestic® hergestellt.

tem of 3 flat mirrors, allowing for rotation compensation of all post-focus devices simultaneously.

The science focus can be fed into either of the two top-most floors of the building. Here different high performance focal instruments will be added. These are, e.g., a high-resolution Fabry-Perot filter spectrometer, different polarimeters, a Czerny-Turner spectrograph, and instrumentation for infrared spectroscopy and polarimetry.

Advanced mirror technology

The current concept includes lightweighted Cestic® (silicon carbide with carbon fibres) as the material of choice for the first three mirror blanks. Besides reducing the weight of the optics in order to increase the frequencies of structural vibration of the telescope, the main motivation for using this material is the thermal control of all three mirrors. Cestic® has a thermal conductivity which is 100 times higher than that of conventional glass ceramics. This allows an active cooling operating on the back side of M1, where precooled air removes the excess heat from the blank. This procedure results in excellent thermodynamic stability and a very homogeneous mirror temperature. We consider this property crucial for a precise control of the air temperature fluctuations in front of the mirror surface, which should be the main cause of internal seeing of an open telescope.

Large Cestic® optics are still challenging today's technology. Within a development program together with the industry it was demonstrated on a prototype of M3 that it is possible to produce stable surface layers on Cestic® which can be polished. The successful completion of the blank of the main mirror M1 was a great breakthrough (third figure). The next figure shows the mirrors M2 and

vorgekühlter Luft, die von der Spiegelrückseite die überschüssige Wärme abtransportiert. Dies führt zu einer hervorragenden Wärmestabilität und sehr ausgeglichenen Spiegeltemperatur. Diese Eigenschaften sind entscheidend für eine präzise Steuerung der Temperaturschwankungen in der Luft vor der Spiegeloberfläche, die sonst die Hauptursache für Bildstörungen durch Luftturbulenz in offenen Teleskopen darstellen.

Große Cesium®-Spiegel sind noch eine Herausforderung an die moderne Technologie. In einem Entwicklungsprogramm mit der Industrie wurde deshalb die Machbarkeit einer stabilen, polierbaren Oberfläche auf einem großen Cesium®-Rohling am Beispiel des M3 demonstriert. Die erfolgreiche Fertigung des Rohlings des Hauptspiegels M1 stellt einen wichtigen Durchbruch dar (drittes Bild). Auf dem nächsten Bild sind die ebenfalls bereits gefertigten und schon vorgeschliffenen Spiegel M2 und M3 auf der Rückseite zu sehen.

Beiträge des AIP

Das System zur Eichung und Modulation der Polarisationsmessungen wird innerhalb des Teleskops im Schatten des Nasmyth-Spiegels M4, nahe dem Fokus F2, installiert. An dieser Stelle ist das zu analysierende Licht nämlich erst wenig durch die Einflüsse instrumenteller Polarisation verfälscht worden: diese Störungen entstehen erst durch die schrägen Reflektionen an den folgenden Spiegeln. Die Polarisationsoptik wird zusammen mit der M4/F2-Einheit ebenso wie die M3-Einheit im AIP konstruiert und gebaut. Das letzte Bild zeigt das Design der M4/F2-Polarimetrie-Einheit; nach Abschluss der Konstruktion wurde jetzt mit der Fertigung dieser Einheiten begonnen. Das Astronomische Institut der Tschechischen Akademie der Wissenschaften in Ondrejov ist Kooperationspartner des AIP und wird den Bild-Derotator konstruieren und fertigen; die Konstruktion ist bereits abgeschlossen.

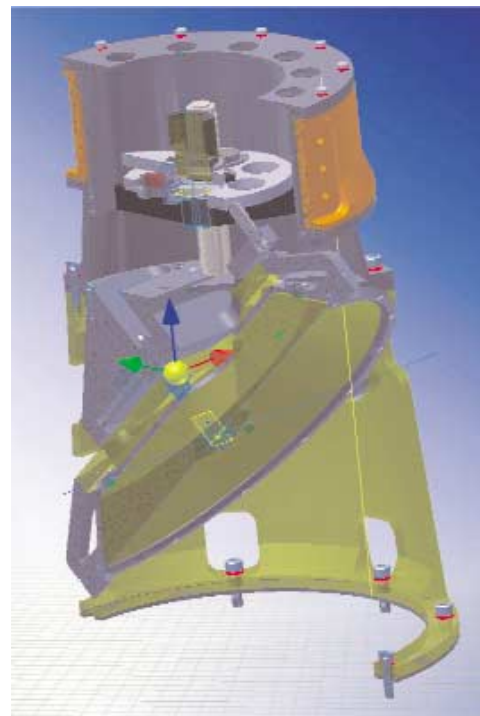
Ein erster Zusammenbau und Funktionstests des gesamten Teleskops erfolgen ab Januar 2004 beim Hersteller und im Juli 2004 auf Teneriffa.

M3 the blanks of which are ready as well; they have already been grinded. The ribbed structure in the back stiffens the light weight mirrors.

Contributions of the AIP

The package for the calibration and modulation of the polarization measurements will be placed inside the telescope, in the shadow behind the Nasmyth mirror M4, close to the focus F2. At this place the incident light has hardly been distorted by the influence of instrumental polarisation: the latter will arise by the oblique reflections from the following flat mirrors. This package, together with the M4/F2 unit as well as with the M3 unit, will be designed and built in the AIP. The design has already been completed, and the manufacture is started. The Astronomical Institute of the Czech Academy of Sciences at Ondrejov is in cooperation with the AIP, it is constructing the image derotator; the design is ready.

A first assembly and operational tests of the whole telescope are planned for the beginning of 2004 at the factory and in July 2004 at Tenerife.



M4-Einheit (unten) mit der Polarimetrie-Einheit (oben). Die drehbaren Apertur-Räder können nahe dem Brennpunkt F2 zur Kalibrierung und Modulation der polarisierten Strahlung verschiedene optische Elemente wie Polarisatoren und Phasenplatten in den Strahlengang bringen.

Das GREGOR AIP-Team

J. Staude, K. G. Strassmeier, A. Hofmann, H. Balthasar, K. Arlt, J. Rendtel, E. Popow, S.-M. Bauer

GAVO – the German Astrophysical Virtual Observatory



H. Enke, M. Steinmetz

GAVO, das German Astrophysical Virtual Observatory, ist der deutsche Beitrag zur Etablierung des globalen Virtual Observatory (VO). Von astronomischen Teleskopen und Satelliten aber auch von Computer-Simulationen astrophysikalischer Vorgänge werden mittlerweile Peta-Byte (1 PetaByte = 1 Millionen Gbyte) an Daten produziert, die strukturiert, archiviert und vernetzt werden müssen. Ziel des Virtual Observatory ist es, diese Archive und Informationsquellen weltweit zu integrieren und so die effiziente Nutzung durch die internationale Gemeinschaft der Wissenschaftler zu garantieren. Auch die über den ganzen Erdball verteilten Ressourcen an Computer-Power sollen im Rahmen des Virtual Observatory zusammengeführt werden, um so für die informationstechnischen Herausforderungen gewappnet zu sein, denen sich die Astronomie/Astrophysik in den nächsten Jahren gegenübersteht. Seit Anfang des Jahres 2003 beteiligt sich das AIP als Gründungsmitglied führend am Aufbau des GAVO-Projekt. Partnerinstitute in diesem Projekt sind die Max-Planck-Instituten für Astrophysik und für extraterrestrische Physik in Garching und die Hamburger Sternwarte.

Wenn heute Astronomen Informationen über Himmelsobjekte aus verschiedenen Katalogen zusammentragen, können sie nur selten Programme benutzen, die mehr als einen Katalog gleichzeitig durchsuchen. Nur selten sind die Daten dieser Kataloge einheitlich erfasst: unterschiedliche Koordinatensysteme, Normierung und Kalibration der Instrumente, Maßsysteme für physikalische Größen usw. erfordern sorgfältigen Abgleich vor einer weiteren Verwendung. Zusätzliche Schwierigkeiten erwachsen aus den verschiedenen Formaten: liegt Tabellen-Informationen und Bild-Information über ein Himmelsobjekt vor, so kann ein Suchprogramm die vorhandene Information nur selten zusammenführen.

Neben der Problematik der Integration der Daten ist auch der immense Mengenzuwachs eine Herausforderung: während z.B. das Archiv des Sloan Digital Sky Survey (SDSS) z.Z. auf 20 CDs Platz findet (etwa 15 GB), sind vom Nachfolgesurvey mit dem Large Synoptic Survey Telescope 100MB pro Sekunde, d.h. pro Stunde etwa 360 GB zu erwarten. Diese Datenmengen können kaum noch an einem einzigen Ort gespeichert und verarbeitet, geschweige denn en gros über das Internet verteilt werden. Neue Methoden für die verteilte Spei-

GAVO, the German Astrophysical Virtual Observatory, is Germany's contribution to the efforts of building the global Virtual Observatory (VO). Today's astronomical telescopes, satellites, and computer-simulations of astrophysical processes generate Petabytes (1 Petabyte = 1 Million Gigabyte) of data that need to be archived, managed and networked. The main goal of the VO is to achieve global interoperability between these archives and other sources of information, providing the most efficient use for the scientific community. Preparing for the demands of the next years in astrophysics/astronomy, the integration of globally distributed resources of computingpower is another goal of the VO. The AIP is a founding member of the GAVO project, which started in 2003. Other cooperating institutes are the Max-Planck-Institutes for Astrophysics and for Extraterrestrial Physics in Garching and the Hamburg Observatory.

When collecting information on astronomical objects, astronomers are rarely able to use programs querying more than one archive at a time. The archive data differ in many ways: different coordinate systems, calibration of instruments and different systems of physical units require careful preprocessing while working with multiple data-sources. Further difficulties arise from formatting issues: a program querying tabulated data of a certain object can usually not process image data of the very same object.

Besides the interoperability of data, another aspect is the steep rise in the sheer amount of generated data: one of today's largest surveys, the Sloan Digital Sky Survey SDSS archive requires about 20 CD (15GB) of storage. Its successor, the Large Synoptic Survey Telescope, is expected to generate 100 MB of data per second, or 360 GB each hour. Processing and storing these huge data streams in only one location or passing large data chunks across the internet is no longer an option. New methods of distributed data storage and data management have to be developed. Future research programs will be executed at the data source, instead of having the data (locally) downloaded. Traditional security concepts have to be modified and enhanced to cope with the requirements of distributed data processing.

Another challenge arises from the requirements of astrophysical computer simulations. For example, a simulation of

cherung und Zugriff sind erforderlich. Die Daten können nicht mehr zu den Verarbeitungsprogrammen vermittelt werden, vielmehr müssen die Programme zu den Daten gehen. Daraus erwachsen natürlicherweise auch Anforderungen an den Schutz und die Sicherheit des Zugriffs auf diese Daten und Ressourcen, die nicht mehr im Rahmen traditioneller Konzepte bewältigt werden können.

Eine Herausforderung ähnlicher Art erwächst aus den Anforderungen von astrophysikalischen Simulationen an die Computer-Ressourcen. So bildet zum Beispiel eine Simulation des Zusammenstoßes zweier Galaxien die Wechselwirkung von Milliarden von Sternen über Milliarden von Jahren in einem Modell ab. Die Anzahl der Computerprozessoren, die parallel an einem solchen Modell rechnen, bestimmt die Dauer der Rechnung und die Genauigkeit der Modellierung. Das AIP verfügt mit "Sanssouci", ein PC-Cluster mit 270 parallel arbeitenden Prozessoren über einen der leistungsfähigsten Rechner in der Astrophysik weltweit. Gegenüber dem Vorgänger "Octopus" mit 64 Prozessoren kann jetzt eine Simulation (mit gleichen Vorgaben) rund 4 mal schneller berechnet werden. Um die Zeit nochmals zu halbieren, müssten weitere 270 Prozessoren hinzugeschaltet werden.

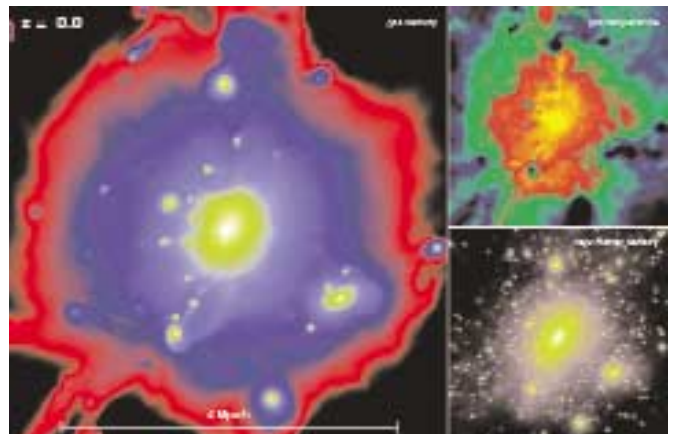
Eine neue Art der Vernetzung von geographisch weit entfernten Computer-Ressourcen zu einer Art von Parallel-Rechner mittels der sogenannten GRID-Technologie bietet die Möglichkeit, dieser Anforderung schon heute gerecht zu werden. Die Adaption der GRID-Technologie für die Bedürfnisse der Astrophysik ist der Arbeitsschwerpunkt von GAVO am AIP. Das GAVO-GRID integriert Rechner an den Max-Planck-Instituten in Garching und am AIP zu einem Cluster, auf dem bereits heute Programme für kosmologische Simulationen getestet werden. In Zukunft sollen dann ganze PC-Cluster an verschiedenen Instituten Deutschland oder gar weltweit zusammengeschaltet werden.

Das GAVO AIP-Team

M. Steinmetz, H.Enke, D. Elstner, S. Loos

a galaxy merger builds a model of the interaction of billions of stars within a timeframe of billions of years. The number of processors working in parallel on a simulation determines the processing time for such a simulation and limits the accuracy of the model as well. The new AIP-Cluster SANSSOUCI, a cluster operating 270 processors, is one of today's most powerful computers in the astrophysical community worldwide. A simulation on SANSSOUCI runs 4 times faster compared to the predecessor Octopus, consisting of only 64 processors, using the same parameters. To double the speed of the simulation once more, an additional SANSSOUCI-Cluster, or a total of 540 processors, are required.

Interconnecting geographically distributed computing resources already into a kind of parallel computer using GRID-technology offers new ways to meet future demands today. Adapting GRID technology for astrophysical requirements is the main task for GAVO at the AIP. The GAVO-GRID connects computers located at the AIP-site and at the MPE-site to form a virtual cluster. Special programs employed in cosmological simulations are currently being tested on this cluster. Next steps will be to interconnect PC cluster from different institutes across Germany and eventually across the whole world.



Farbkodierte Resultate einer kosmologischen Simulation.

The Radial Velocity Experiment RAVE



Unraveling the formation history of the Milky Way



M. Steinmetz und das RAVE-Konsortium

Wie haben sich Galaxien gebildet? War es in einem Urkollaps vor etwa 10 Milliarden Jahren, ein Szenario, wie es auch heute noch in vielen Lehrbüchern beschrieben wird, oder wurde die Milchstraße in einer Reihe von Verschmelzungen kleinerer Komponenten aufgebaut, wie es moderne Modelle der Strukturbildung vergegenwärtigen, unter ihnen das populäre Modell der kalten dunklen Materie? In den letzten Jahren zeigt es sich immer mehr, dass die Antwort zu dieser fundamentalen Frage der Galaxienentstehung in den Bewegungen und den Kompositionen der Sterne unserer eigenen Milchstraße verborgen liegt und nur darauf wartet, ausgegraben zu werden.

Der Schlüssel dazu, die stillen Zeugen der Entstehung von unserer Galaxie freizulegen, liegt in der Erkundung des so genannten Phasenraum der Milchstraße, ein sechsdimensionaler Raum, der von den Positionen und den Geschwindigkeiten ihrer Sterne aufgespannt wird. Im Phasenraum ist ein Protokoll der Entstehungsgeschichte im wahrsten Sinne des Wortes eingefroren. Während fünf dieser sechs Dimensionen mit hochpräzisen astrometrischen Verfahren vermessen werden können (wie z.B. geschehen mit dem ESA-Satelliten HIPPARCOS, durch digitale Bildverarbeitung von Sternkatalogen, die Zeitspannen von über hundert Jahren abdecken, oder, beginnend 2012, durch die ESA-Cornerstone-Mission GAIA), verlangt die sechste Komponente nach Spektroskopie. Letztere stellt auch die viel benötigten Daten über das Vorkommen verschiedener chemischer Elemente in einzelnen Sternen zur Verfügung.

Wie viele dieser Radialgeschwindigkeiten wurden bis heute gemessen? Erstaunlich wenige! Seit der erste Direktor des Astrophysikalischen Observatoriums Potsdam, Hermann Carl Vogel, 1888 die erste Radialgeschwindigkeit eines Stern messen konnte, wurden in den letzten 130 Jahren nur etwa 40000 Sterne vermessen. Diese sind von unterschiedlichster Datenqualität und -verlässlichkeit. Diese Zahl muss verglichen werden mit hunderttausenden von Radialgeschwindigkeit (viel schwächerer) Galaxien in den Durchmusterungen mit dem 2dF- und dem Sloan-Teleskop oder den 10000 Sternen, die mittlerweile in den Randbezirken der Andromedagalaxie mit dem 10m Keck-Teleskop auf dem Mauna Kea vermessen wurden. Bald sind wir mit einer Situation konfrontiert, dass wir sehr viel mehr über die Entstehungsgeschichte der Andromedagalaxie wissen als über die unserer eigenen Milchstraße!

Die Tatsache, dass bis heute nur wenige große spektroskopische Durchmusterungen der Milchstraße vorgenommen wurden, gründet sich weitgehend auf den Umfang der Aufgabe: Die Milchstraße umgibt uns von allen Seiten und folglich bedarf es einer Durchmusterung des ganzen Himmels, um ein komplettes Bild zu bekommen. Mit Hilfe von Multiobjekt-Spektrographen und Teleskopen mit großen Gesichtsfelder können wir die Aufgabe von Prinzip her dadurch bewältigen, dass

How was the Galaxy formed? Was it in a major big crunch some 10 billion years ago, a scenario that still can be found in many textbooks, or was it assembled in a series of merging events, as envisioned by modern models of structure formation like, e.g., the popular cold dark matter scenario? In the last couple of years, it has been increasingly recognised that many of the clues to the fundamental problem of galaxy formation in the early Universe lie locked up in the motions and composition of stars in our Milky Way galaxy and are still awaiting discovery.

The clue to unveiling these silent witnesses of the formation of our Galaxy lies in the proper exploration of the so-called phase space of the Milky Way, a 6 dimensional space spanned by the positions and the velocities of the stars. In phase space, the formation record of the Milky Way is literally frozen-in. While 5 of these 6 dimensions can be determined by high precision astrometry (as performed by the ESA satellite HIPPARCOS, by digital image processing of stellar catalogues covering a period of more than a century, or, starting 2012, by the ESA cornerstone mission GAIA), the 6th component, the radial velocity, relies on stellar spectroscopy. This latter one will also provide much-needed information on the chemical composition of individual stars.

How many radial velocities of stars in the Milky Way have been measured so far? Surprisingly few! Since the first director of the Astrophysical Observatory Potsdam Hermann Carl Vogel performed the first radial velocity measurement of a star in 1888, only some 40000 stars have been measured over the last 130 years, with considerable spread in data quality and reliability. This has to be compared with hundreds of thousands of (much fainter) galaxies in the Sloan and 2dF



Das RAVE Surveyteleskop: Der 1,2m UK-Schmidt-Spiegel des AAO's am Siding Spring Observatory in Ostaustralien. Fotografie von David Malin, Anglo-Australian Observatory

simultan Spektren von einigen hundert Sternen genommen werden. Doch, so merkwürdig es klingt, die Sterne in der Milchstraße sind einfach zu hell. Sie bedürfen Belichtungszeiten von nur einigen zehn Minuten, viel kürzer als die Rekonfigurationszeiten der meisten modernen Multiobjekt-Spektrographen.

Das RAdial Velocity Experiment RAVE ist ein wesentlicher Schritt zur Lösung dieses Problems. RAVE ist eine internationale Kollaboration unter der Federführung des AIP. Andere Mitglieder sind das Anglo-Australian Observatory (AAO), die Australian National University, sowie Astronomieinstitute an den Universitäten in Baltimore, Basel, Cambridge, Groningen, Heidelberg, Ljubljana, Oxford, Padua, Rochester, Straßburg, Tucson und Victoria. Entsprechend der gegenwärtigen Planung wird die Beobachtung der südlichen Hemisphäre und der äquatorialen Gebiete mit dem UK-Schmidt-Teleskop in Siding Spring in Australien während der nördliche RAVE Survey nach ein Schmidt-Teleskop auf der nördlichen Hemisphäre verlangt, z.B. das 0.85m-Teleskope auf dem Calar Alto in Spanien.

Eine Pilotstudie, die den bereits existierenden 6dF-Multiobjekt-Spektrographen am UK Schmidt-Teleskop verwendet, wurde am 11. April 2003 gestartet. In etwas mehr als 60 Beobachtungsnächten, einige davon gingen durch schlechte Witterungsbedingungen verloren, wurden 25000 Spektren aufgenommen. Mit der Vollendung der Pilotphase zur Jahresmitte 2005 werden wir etwa 100000 Sterne gemessen haben. Schon diese Pilotstudie wird uns erlauben, den lokalen Spiralarm der Milchstraße „zu wiegen“. Diese wäre die erste Messung der Dichte unserer Milchstraße außerhalb der lokalen Sonnenumgebung.

Einen wahren Durchbruch wird es jedoch mit der Phase II der RAVE-Durchmusterung geben, die bis 2010 dauern wird. Mit einem neuen Multiobjekt-Spektrographen im so genannten Echidna-Design können mit jeder Belichtung 2500 Spektren gleichzeitig aufgenommen werden. Noch wichtiger ist jedoch die unerreichte Rekonfigurationszeit von weniger als fünf Minuten. Mit diesen Eigenschaften sind wir in der Lage, bis zu 50 Millionen Sterne in der Milchstraße zu vermessen. Jede einzelne Nacht wird RAVE so viele Sterne vermessen wie in den letzten 130 Jahren zusammen!

Die Hauptphase des RAVE-Survey wird so eine umfassende Datenbank mit stellarkinematischen Daten erzeugen, die drei Größenordnungen umfassender ist, als jeder andere Survey dieser Art, der bis heute vorgeschlagen wurde. Das eigentliche Datenprodukt wird ein Survey mit 26 Millionen Hauptreihen-Sternen in der dünnen Scheibe, 9 Millionen Sterne in der dicken Scheibe, 1 Millionen im Halo der Milchstraße und 2 Millionen im Bulge. Weitere 12 Millionen Riesensterne, manche davon bis zu 50 kpc von der Sonne entfernt, werden vermessen werden. RAVE wird die erste echt repräsentative Durchmusterung der Radialgeschwindigkeiten von Sternen unserer Milchstraße sein.

survey or 10000 stars measured in the outskirts of the Andromeda galaxy using the Keck 10m telescope on Mauna Kea. Soon we may face a situation that we know more about the formation history of the Andromeda galaxy than of our very own Milky Way!

The fact that so few large-scale stellar spectroscopic programs have been undertaken is largely due to the scale of the problem. The Milky Way galaxy is all around us, requiring all-sky surveys to provide a complete picture. Using multi-object spectrographs with a large field of view can solve this problem in principle by simultaneously taking spectra of hundreds of stars, but, as strange as it sounds, stars in the Milky Way are simply too bright, demanding exposure times of only a few tens of minutes, much shorter than the typical reconfiguration time of most modern multi-object spectrographs.

The RAdial Velocity Experiment RAVE is a major step in solving this problem. It is being undertaken as a major international collaboration led by the AIP. Other members include the Anglo-Australian Observatory (AAO), the Australian National University, Baltimore, Basel, Cambridge, Groningen, Heidelberg, Ljubljana, Oxford, Padova, Rochester, Strasbourg, Tucson and Victoria. In the currently-envisaged program, the equatorial and southern RAVE survey would be carried out using the UK Schmidt on Siding Spring in Australia while the northern RAVE survey would require a northern-hemisphere Schmidt telescope such as the 0.85m telescope on Calar Alto in Spain.

A pilot survey utilizing the existing 6dF multi-object spectrograph at the UK Schmidt was started on April 11th 2003. In a little more than 60 observing nights, some of them lost owing to bad weather, already 25000 spectra have been taken. By the completion of the pilot phase in mid-2005 we will have observed about 100000 stars. Already this pilot survey will permit us to “weigh the local spiral arm” of the Galaxy. This would be the first non-local estimate of the density of the galactic disk.

A true break-through will however occur with Phase-II of the RAVE survey, which will last until 2010. With a new multi-object spectrograph of the so-called Echidna-design, 2500 spectra can be taken in one single exposure. More importantly, however, will be the unequalled reconfiguration time of less than a very few minutes. Together these features will enable us to map 50 million stars in the Milky Way. Every single observing night, RAVE will deliver as many spectra as the complete historical record over the last 130 years!

The main RAVE survey will provide a vast stellar kinematical database three orders of magnitude larger than any other survey proposed for this decade. The main data product will be a survey of 26 million thin disk main sequence stars, 9 million thick disk stars, 2 million bulge stars, 1 million halo stars, and a further 12 million giant stars including some out

The Radial Velocity Experiment RAVE

RAVE hat eine ganze Reihe wissenschaftlicher Zielsetzungen, die einen weiten Bereich von Forschungsschwerpunkten bezüglich der galaktischen Struktur und Dynamik abdecken:

1. Die Suche nach eindeutigen chemischen und kinematischen Merkmalen von Sternenströmen im Halo, im äußeren Bulge und in der dicken Scheibe
2. Der dynamische Einfluss des lokalen Spiralarms auf den inneren Balken
3. Der Grad der Abplattung, der Verbiegung und der Unwucht der Milchstraßen-Scheibe
4. Die erste nicht-lokale Messung der Flächendichte der Scheibe
5. Die detaillierte Struktur der Spiralarme und stellarer Assoziationen

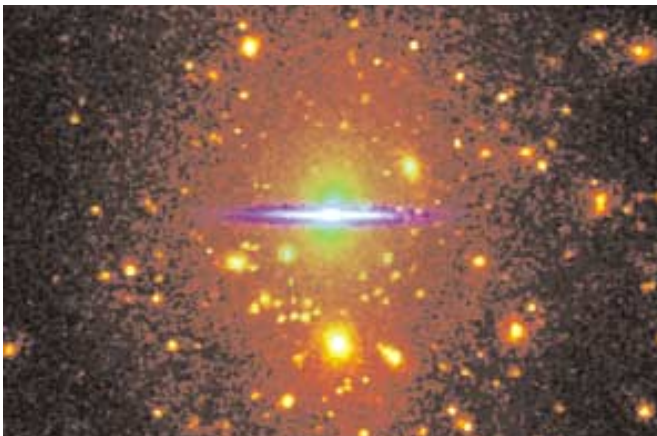
Die RAVE-Durchmusterung wird voraussichtlich von 2003 bis 2010 durchgeführt. Sie erlaubt, wesentliche Teile der Spektroskopie der GAIA-Mission vorwegzunehmen und manche Ergebnisse bereits 10 Jahre vor der GAIA-Mission zu liefern, wahrscheinlich gar noch vor deren Start. RAVE bietet somit auch ein ideale Echtdaten-Trainingsumgebung für das Enddesign der Datenreduktionspipeline von GAIA und mag so gar manch späte Designentscheidung beeinflussen.

to 50 kpc from the Sun. RAVE will offer the first truly representative inventory of stellar radial velocities for all major components of the Galaxy.

RAVE has a number of science goals addressing a wide range of priority areas in galactic structure and dynamics. They include:

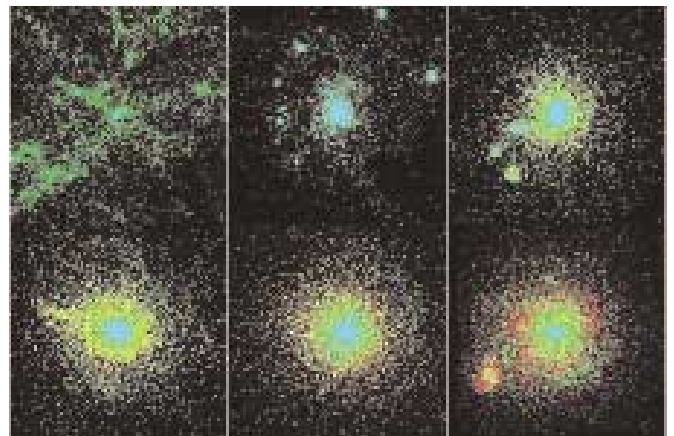
1. A search for unique chemical and kinematical signatures of stellar streams in the halo, outer bulge and thick disk
2. The dynamical influence of the local spiral arms and inner bar
3. The degree of ellipticity, warping and lop-sidedness of the disk
4. The first non-local measurement of surface density in the disk
5. Detailed structure of the spiral arms and stellar associations

The RAVE survey is expected to be performed throughout the period 2003-2010. It also provides an opportunity to preempt some of the spectral work in the GAIA mission, providing results up to one decade earlier than that planned for the GAIA final release and probably still well ahead of the launch of GAIA (2012). Thus RAVE serves as an ideal real-data training set for the final design of the GAIA data reduction pipeline and may even influence some of the final design decisions.



Eine modellierte Ansicht unserer Milchstraße (im Zentrum) in einem klumpigen Halo mit vielen Galaxien.

Photo: NASA, Simulation: Stefan Gottlöber/AIP



Computersimulierte Entstehungssequenz (von oben links nach unten rechts) einer Galaxie wie unserer Milchstraße. Die Galaxie wird Stück um Stück durch Akkretion von Satelliten aufgebaut. Simulation: Matthias Steinmetz/AIP

Das RAVE AIP-Team

M. Steinmetz, R.D. Scholz, A. Kelz, E. Popow, M. Prescher

Ultra-Deep Optical Spectroscopy with PMAS (ULTROS)



M. M. Roth, L. Wisotzki, und das ULTROS Team

Nach Herstellung und erfolgreichem Test begann PMAS, das Potsdamer Multiapertur-Spektrophotometer, seinen regulären Betrieb am 3.5m-Teleskop des Calar-Alto-Observatoriums, vertraglich gebunden mit dem MPIA Heidelberg. 84 Beobachtungsnächte bis Ende Dezember '03 haben gezeigt, dass die 3D-Feldspektroskopie eine ausgereifte Beobachtungstechnik geworden ist, die Beobachtungen zur stellaren Astrophysik bis zur Kosmologie erlaubt. Wie verschiedene Beiträge in diesem Band zeigen, ist PMAS jetzt voll in verschiedene Beobachtungsprogramme des AIP und anderer Institute eingebunden. Vom Beginn der Entwicklung an hatte das PMAS-Team die Anwendung der Technik auf den Wellenlängenbereich vom UV bis zum NIR im Blick, wo es eine Reihe besonderer Vorteile gegenüber konventioneller Spektroskopie gibt (keine Verluste am Spalt, differentielle atmosphärische Refraktion, Spektralphotometrie). Ermutigt durch die Erfolge im Jahre 2001, wurde unter dem Acronym ULTROS (Ultra-deep Optical Spectroscopy) ein BMBF-Verbundforschungsprojekt beantragt und genehmigt, in dem das AIP und die Universität Potsdam von 2002 bis 2005 zusammenarbeiten. Im Rahmen des Projekts sollen Methoden zur 3D-Feldspektroskopie extrem schwacher Quellen entwickelt und dabei auf die Nutzung von PMAS am Calar Alto zurückgegriffen werden. Ein wesentlicher Teil des Projekts besteht aus instrumentellen Tests mit dem Teleskop sowie einer Anzahl anspruchsvoller Beobachtungsprogramme.

Beobachtungsprogramme

Das Beobachtungsprogramm für ULTROS ist auf drei Schwerpunkte konzentriert:

- 1 Gravitationslinsenbilder von Quasaren
- 2 gedämpfte Lyman- α -Absorber (DLA)
- 3 optische Gegenstücke zu Röntgenquellen.

Die ersten Beobachtungen wurden im August 2002 durchgeführt und ergaben Daten für das Vierfachbild des Quasars HE0435-1223 (Beitrag von L. Wisotzki in diesem Bericht), die im Vergleich der Spektren der vier Bilder auf Microlensing schliessen lassen (Programm 1).

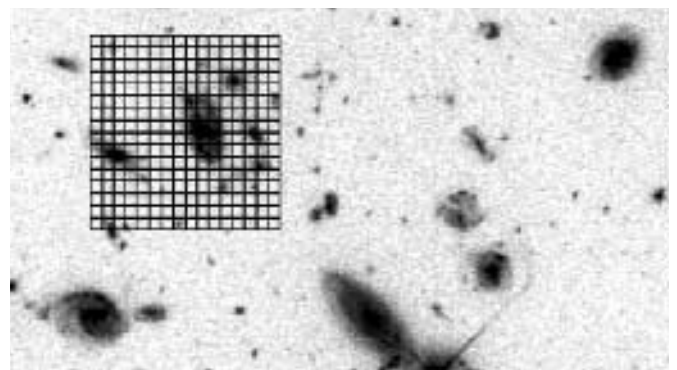
After successful commissioning and science verification in May and October 2001, PMAS, the Potsdam Multi-Aperture Spectrograph, went into regular operation at the 3.5m Telescope of Calar Alto Observatory under contract with MPIA Heidelberg. A total of 84 allocated observing nights until December 2003 shows that integral field ("3D") spectroscopy has become a mature observing technique with a substantial demand from observers, seeking rather different scientific objectives from stellar astrophysics to cosmology. PMAS is now fully integrated into several research programmes of AIP and elsewhere (see various other articles in this report). From the beginning of the development, the PMAS team had envisaged the use of 3D for faint object spectroscopy in the UV-optical wavelength range, with a number of unique advantages over conventional slit spectroscopy (absence of slit losses, differential atmospheric refraction, spectrophotometry). Encouraged by the early results of 2001, a BMBF Verbundforschung project was proposed and granted under the acronym ULTROS ("Ultra-deep Optical Spectroscopy") as a collaboration between AIP and the University of Potsdam, with a 3 year duration between 2002 and 2005. This project aims at the development of observing techniques for faint object 3D spectroscopy and is largely based on the use of PMAS at the Calar Alto Observatory. A significant part of the project is concerned with tests at the telescope and rigorous observing programmes.

Observing Programmes

The ULTROS observing programme is focussed on the following three topics:

- 1 gravitationally lensed quasars
- 2 damped Ly α absorbers (DLA)
- 3 optical counterparts of X-ray sources.

The first observations were conducted in August 2002, yielding data for the quadruple quasar HE0435-1223 (see article by Wisotzki et al., this report), with evidence for microlensing from the spectra of the four lensed components (Programme 1).



Beispiel einer Feldaufteilung für ULTROS

Ultra-Deep Optical Spectroscopy with PMAS (ULTROS)

Der gleiche Beobachtungslauf lieferte Daten für das schwache DLA-System vor Q2233+131 (Programm 2), das schon aus Beobachtungen mit dem Keck-Teleskop bekannt war (Beitrag von L.Christensen in diesem Bericht). Ein interessantes Ergebnis für dieses Objekt war die Entdeckung einer ausgedehnten Emission über $3'' \times 5''$, die darauf schließen lässt, dass die Lyman- α -Intensität das Vierfache der von Keck gemessenen beträgt. Dies bestätigt die Überlegenheit der 3D-Feldspektroskopie über die konventionelle Methode.

Ein frühes Resultat für Programm 3 stützt sich auf Beobachtungen während der Testläufe im Jahre 2001 und Folgebeobachtungen mit MPFS am russischen BTA in Zelenchuk. Die Beobachtungen bestätigen die Existenz eines optischen Gegenstücks der ultrahellen Röntgenquelle in der Holmberg-II-Galaxie mit der Auffindung der He-II-Linie bei 468.6 nm mit einem Fluss von 2×10^{-16} erg/cm²/s (Beitrag von T.Becker in diesem Bericht).

Instrumentierung

Ein wichtiges Ziel von ULTROS war die Implementierung einer Komparatortechnik mit Strahlumschaltung (Nod-Shuffle spectroscopy), die das allgemeine Problem systematischer Fehler beim Abzug des Himmelshintergrunds umgeht, welches normalerweise die erdgebundene Spektroskopie mit geringer Dispersion für schwache Objekte begrenzt. Diese Technik wurde anfangs mit einem Mehrobjekt-Spalt spektrographen am Anglo-Australischen Teleskop untersucht und ist jetzt mit PMAS erstmals in einem 3D-Feldspektrographen implementiert. Seit 2003 ist die Technik für alle Beobachtungsprogramme zugänglich.



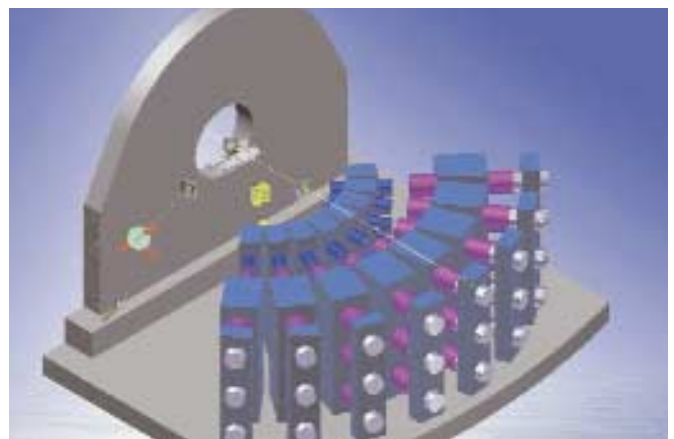
Neues Interface für PPAK: ein hexagonales Faserbündel, das ein Feld von $65'' \times 74''$ darstellt. Die sechs kleineren Bündel messen den Hintergrund in der Nähe des Objekts, um ihn abziehen zu können.

The same observing run produced data for the faint DLA system associated with Q2233+131 (Programme 2), which was known from previous observations with the Keck Telescope (article by Christensen, also this report). One of the interesting results for the latter object was the discovery of extended emission over $3'' \times 5''$, and the conclusion that the measured Ly α flux is about 4 times larger than inferred from the Keck slit spectra, confirming the predicted advantage of 3D over conventional spectroscopy (no slit losses).

Another early result for Programme 3 is based on data obtained during the science verification observations in October 2001, and follow-up observations with MPFS at the Russian 6m BTA in Selentchuk. The 3D observations are confirming the presence of the optical counterpart of the ultra-luminous X-ray source in the Holmberg II galaxy through the detection of He II λ 4686 at a flux level of 2×10^{-16} erg/cm²/s (Becker, this report).

Instrumentation

A major objective of the ULTROS project was the implementation and testing of a beam switching observing technique, also known as "Nod-Shuffle" spectroscopy, which avoids the common problem of systematic errors in the subtraction of the sky background (sky emission line residuals), and which used to be a significant limitation for ground-based low resolution faint object spectroscopy. This technique was initially tested with a multi-object slit spectrograph at the Anglo-Australian Telescope, and with PMAS has now been integrated into a 3D spectrograph for the first



Design-Konzept des MUSE Instruments mit 24 identischen Spektrograph-Modulen auf der Nasmyth-Plattform des VLT. Das Design der Kalibrierungseinheit wurde von der analogen Einheit des PMAS übernommen.

Ultra-Deep Optical Spectroscopy with PMAS (ULTROS)

Angeregt durch das "Disk Mass Project" (Beitrag von M. Verheijen in diesem Bericht) wurde in kürzester Zeit ein neues Faserbündel entwickelt, das PMAS mit einer Weitwinkeloption (65" × 74") mit großen Elementen (2.7" Durchmesser) ausstattet und insbesondere für 3D-Feldspektroskopie von ausgedehnten Objekten geringer Flächenhelligkeit eingesetzt werden kann (erstes Bild).

Künftige Entwicklung

Aufbauend auf der erfolgreichen Zusammenarbeit in den von der EU finanzierten Netzwerken OPTICON und Euro3D wurde das AIP zur Teilnahme am Projekt MUSE eingeladen, einem sehr großen optischen 3D-Spektrographen für die zweite Generation von Instrumenten am VLT der ESO. Eine der wesentlichen wissenschaftlichen Ziele ist das Auffinden extrem schwacher Lyman- α -Quellen bis hinunter zu einem Fluss von 10^{-19} erg/cm²/s. Innerhalb des Konsortiums ist das AIP-Team für die Kalibrierungseinheit und die Datenreduktionssoftware verantwortlich. Eine 2003 erstellte Phase-A-Studie soll Anfang 2004 einem Designreview unterzogen werden.

Das ULTROS AIP-Team

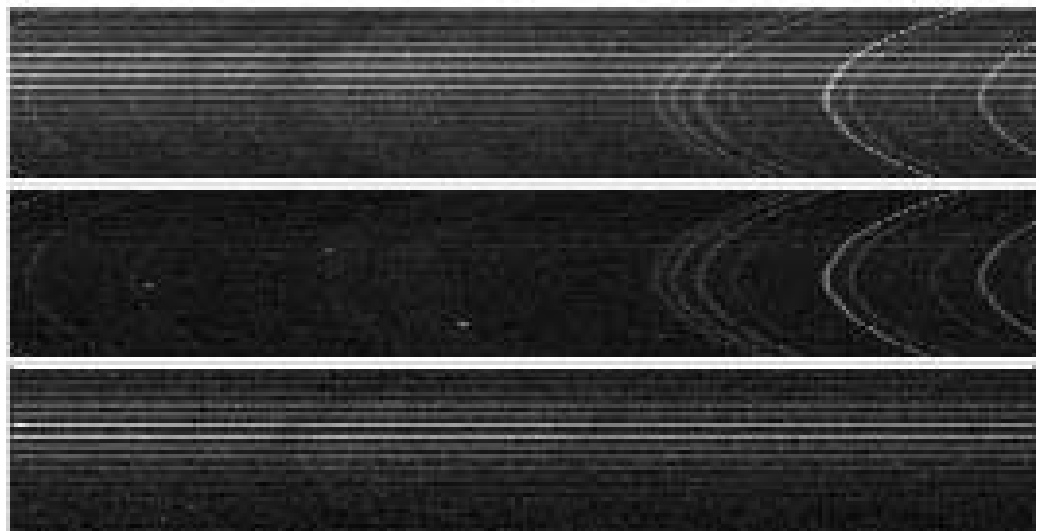
S.-M. Bauer, T. Becker, W. Bittner, P. Böhm, L. Christensen, D. Döscher, T. Fechner, T. Hahn, A. Kelz, F. Kretschmer, M. Lehmann, S. Pankratow, J. Paschke, V. Plank, E. Popow, M. Roth, U. Tripphahn, M. Verheijen, D. Wolter, L. Wisotzki

time. Since commissioning in 2003 the new mode is available for common user observing programmes.

Motivated by the "Disk Mass Project" (article by Verheijen, this report), the design and manufacture of a new integral field unit (IFU) was completed on a fast track in 2003, providing PMAS with a wide field option (65" × 74") with large spatial elements (2.7" diameter) for 3D spectroscopy of extended objects with very low surface brightness (first figure).

Future Developments

Based on the previous successful cooperation within the EC-funded OPTICON and Euro3D networks, the AIP was invited to participate in the MUSE project, which is a very large optical 3D spectrograph, proposed to ESO as a 2nd Generation VLT Instrument. One of the major science cases of this new instrument consists in the detection of very faint Ly α emitters down to a flux limit of $\approx 10^{-19}$ erg/cm²/s. Within the consortium, the AIP team is responsible for the Calibration Unit and Data Reduction Software work packages. A Phase-A study was prepared in 2003, to be reviewed in early 2004.



Nod-shuffle 3D-Spektroskopie des Kerns von NGC6703 im Gebiet des Ca-Tripletts nahe 8500 Å mit PMAS. Oberer Teil: Gestapelte Spektren von Objekten mit Himmelshintergrund. In der Mitte: das Gleiche für den Himmel allein. Unterer Teil: Spektrum des Objekts nach Abzug des Hintergrunds. Diese reduzierten Spektren sind völlig frei von den bekannten Hintergrundlinien, die bei weniger genauen Subtraktionsmethoden die Spektroskopie stören.

The New Media- and Communication Center (MCC)



M. M. Roth, K. G. Strassmeier, P. A. Stolz

Am Anfang des 20. Jahrhunderts war die historische Sternwarte Babelsberg mit den damals modernsten Instrumenten ausgestattet, darunter drei Meridiankreisen, deren bauliche Substanz im Laufe der Zeit beträchtlichen Schaden genommen hat. Mit Ausnahme des Gebäude B9 wurden die Teleskope aus ihren ursprünglichen Standorten entfernt. Nur noch das hervorragende Instrument von Pistor und Martin aus dem Jahre 1867 existiert hier in seinem ursprünglichen Aufbau.

Mit einer Förderung aus dem Europäischen Strukturentwicklungsfonds EFRE wurde es dem AIP ermöglicht, den gesamten, inzwischen baufälligen Komplex der Meridianhäuser B9, B10 und B11 zu sanieren. Die Bauarbeiten begannen 2002 und dauern bis in die erste Hälfte von 2004 an. Während das Teleskop von Pistor und Martin einer Generalüberholung unterzogen werden soll, um danach zu einem zentrale Anziehungspunkt einer neu zu schaffenden Sammlung historischer Beobachtungsinstrumente zu werden, soll der Komplex der Meridianhäuser als Medien- und Kommunikationszentrum mit neuen Inhalten verknüpft werden und damit einen neuen Treffpunkt für das AIP schaffen. Die Förderkriterien von EFRE verlangen eine Nutzung mit innovativen Lösungen zur regionalen Strukturentwicklung, die sich im folgenden Nutzungsprofil niederschlagen:

Öffentlichkeitsarbeit

Das historische Gebäude B9 und sein restauriertes Teleskop werden zusammen mit einem neu geschaffenen repräsentativen Eingangsbereich zwischen B10 und B11 ein Besucherzentrum für die Öffentlichkeitsarbeit des AIP bieten. Das zentrale Thema der Ausstellung dreht sich um Instrumentierung und wird sowohl historische, als auch moderne Aspekte von Technologietransfer zwischen der Grundlagenforschung und angewandten ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen beleuchten, also der Anwendung in Feinmechanik, Optik, Elektronik usw. mit der sich daraus ableitenden industriellen Verwertung.

The historical site of the Babelsberg Observatory was equipped, among other state-of-the-art instrumentation at the beginning of the 20th century, with three meridian circles, whose buildings have suffered from substantial damage over the years. The original telescopes have been removed from all but one of the buildings (B9), which still presented the original fine meridian circle, built by Pistor and Martin in 1867.

With funding from the European Fund for Regional Development (EFRE) of the European Union it became possible to entirely refurbish the dilapidated complex of three buildings B9, B10, B11. The construction work began in 2002 and will continue into the first half of 2004. While the Pistor and Martin telescope together with building B9 will be overhauled and renovated to become a cornerstone of an exhibit of historical instruments, the Media and Communication Center (MCC) as a whole will define a new content and form a new AIP meeting point within the complex of former meridian circle buildings. EFRE eligibility criteria require innovative solutions for regional development, which is reflected in the following activity profile of the new MCC:

Outreach

The historical building B9 and its reconstructed telescope, together with a prestigious new entrance hall connecting B10 and B11, will present a dedicated new visitor center for outreach activities of the AIP. The exhibit will be focussed on instrumentation, and highlight historical and presentday links between technological demands of fundamental research such as astronomy, and the resulting innovation in engineering disciplines like mechanics, optics, electronics etc. with a subsequent impact on industrial applications.

Telescope Remote Control Center

Among the major activities of AIP, the operation of instrumentation at remote sites, and robotic telescopes in particu-



Die Meridiankreisgebäude B10/B11 vor Beginn der Rekonstruktion. Das Gebäude B9 steht rechts im Hintergrund



Die Meridiankreisgebäude B10/B11 in einem frühen Stadium der Arbeit. Im Hintergrund das Hauptgebäude B7



B9, das Gebäude des Meridiankreises von Pistor und Martin, der wieder voll funktionstüchtig werden soll.



Architektenskizze der Frontalansicht des MCC. Links B11 mit dem Remote-Control-Center, rechts B10 mit dem Seminarraum.

Fernsteuerungszentrum für Teleskope

Unter den wichtigsten Aktivitäten des AIP spielt der Betrieb von Instrumenten und robotischen Teleskopen an weit entfernten Standorten eine wichtige Rolle. STELLA, LBT, PMAS, sowie die Installation des neuen 80cm RoboTel Robotikteleskops an der Sternwarte Babelsberg erfordern eine Operationszentrale, von der aus die Teleskope und Geräte gesteuert und überwacht werden können. Das Gebäude B11 wird für diese Aufgabe in besonderer Weise eingerichtet.

Technologietransfer

Die existierenden und zukünftige F+E Vorhaben des Instituts führten und führen weiterhin zu zahlreichen Kooperationen mit internationalen und regionalen Partnern in der Industrie. Das AIP verfolgt ganz grundsätzlich das Ziel, diese Beziehungen zu intensivieren, z.B. durch Mitgliedschaft in Netzwerken wie OpTec BB e.V. (Optische Technologien in Berlin und Brandenburg), oder durch enge Partnerschaft mit KMU in der Region. Das MCC wird einen neuen Treffpunkt zwischen akademischer Forschung und Industrie bieten, der es erlaubt, in einer einzigartigen Atmosphäre Workshops, Seminare, Netzwerktreffen und andere Events abzuhalten.

lar, plays an important role. STELLA, LBT, PMAS, and in addition, the installation of the new 80cm RoboTel robotic telescope at the Babelsberg Observatory for training, outreach, and R&D purposes, require a central facility for remote control and operation. Building B11 will be transformed into a control room to serve these purposes.

Technology Transfer

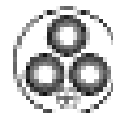
Existing and future R&D projects of the institute have resulted and will result in numerous collaborations with international and regional partners in industry. As a general policy, the AIP is making an effort to intensify these links, e.g. through active participation in networks like OpTecBB e.V. (Optische Technologien in Berlin und Brandenburg), or through enhanced collaboration with regional small and medium size enterprises. The MCC will provide a new meeting point for workshops, seminars, network meetings and other events as a unique bridge between academia and industry.

Das MCC-Team

M. Roth, K.G. Strassmeier, P. Stolz, E. Popow,
T. Granzer, M. Weber, A. Saar



Nutzungsplan des MCC



A. D. Schwobe, G. Lamer, V. Hambaryan

Im Dezember 1999 wurde das Röntgenobservatorium XMM-Newton als *Corner Stone Mission* der ESA gestartet. In Kombination seiner hervorragenden Eigenschaften, der großen lichtsammelnden Fläche, dem großen Gesichtsfeld, der spektralen Auflösung und dem überdeckten Energiebereich ist XMM-Newton allen bisher gebauten Röntgenteleskopen überlegen.

Das Zusammenspiel der drei Röntgenteleskope mit den EPIC-Kameras (EPIC – European Photon Imaging Camera, Bildaufnahme und niederaufgelöste Spektroskopie), der beiden hochauflösenden Spektrographen RGS (Reflective Grating Spectrometer) und dem optischen Monitor OM (optisch/ultraviolett Bildaufnahme und niederaufgelöste Spektroskopie) macht aus XMM-Newton ein hochkomplexes Observatorium.

Um den reichen Informationsgehalt aller Beobachtungen mit XMM-Newton mit speziell angepasster Software zu erschließen, hat die ESA das XMM-Newton Survey Science Center (SSC) ins Leben gerufen. Es ist ein Zusammenschluss von 10 Europäischen Instituten unter Federführung der Universität Leicester. Das SSC entwickelt das wissenschaftliche Datenanalyse-Softwaresystem SAS und führt eine Pipeline-Prozessierung aller XMM-Newton Beobachtungen durch. Dies umfasst neben einer Standardanalyse der eigentlichen Röntgenbeobachtungen eine umfangreiche Korrelationsanalyse mit über 200 astronomischen Katalogen.

Das AIP steuert Software zur Entdeckung von Röntgenquellen bei, die die Positionen, Flüsse, und spektralen Eigenschaften aller XMM-Newton Röntgenquellen bestimmt. Außerdem werden Belichtungs-, Hintergrunds-, und Empfindlichkeitskarten für alle XMM-Newton Felder erstellt. Die am AIP entwickelte Software spielt sowohl für die optische Identifizierung von XMM-Newton Röntgenquellen als auch für die Erstellung von Quellkatalogen eine zentrale Rolle.

Als ein wesentliches Ergebnis dieser Arbeiten wurde eine erste Version des Kataloges neuer, mit XMM-Newton entdeckter, Röntgenquellen im April 2003 im Internet publiziert: 1XMM (<http://xmmssc-www.star.le.ac.uk>). Dieser Katalog beruht auf 585 einzelnen Beobachtungen, die eine Fläche von etwa 50 Quadratgrad am Himmel abdecken. Er enthält insgesamt 33026 Röntgenquellen, von denen 28279 eindeutig, d.h. keine wiederholt beobachteten Quellen sind. Nach erfolgreichem Abschluss der Mission wird der XMM-Newton Quellkatalog mehrere hunderttausend Röntgenquellen enthalten und damit das umfangreichste derartige Werk sein. Die darin entdeckten Röntgenquellen und Quellparameter beruhen auf Software *made in Potsdam*.

XMM-Newton, the second ESA cornerstone mission, was successfully launched in December 1999. The combination of its properties, the large light collecting area, the wide field of view, the excellent spectral resolution, and the wide energy range covered, make this X-ray observatory unique and superior to all X-ray missions of the past.

The three X-ray telescopes equipped with the EPIC-cameras (EPIC – European Photon Imaging Camera, X-ray imaging and low-resolution spectroscopy), the two high-resolution spectrographs RGS (Reflective Grating Spectrometer) and the OM (Optical Monitor, optical/UV imaging and low-resolution spectroscopy), all operating simultaneously, make XMM-Newton a highly complex observatory.

In order to fully explore the rich information content of all XMM-Newton observations with standardized and well-adapted software, ESA has appointed the XMM-Newton Survey Science Center SSC. It is a consortium of ten European institutions, led by Leicester University, the AIP being one of the partners. It operates in close cooperation with ESA's XMM-Newton Science Operation Centre SOC. It develops science analysis software for the XMM-Newton Science Analysis System (jointly with ESA's XMM-Newton SOC), performs a pipeline processing of all XMM-Newton observations, and conducts a follow-up optical identification programme of serendipitous X-ray sources in XMM-Newton fields. Both the XMM-Newton Science Analysis System, as well as a comprehensive set of pipeline data products are supplied to the XMM-Newton guest observers.

In particular, the AIP contributes X-ray source detection software as part of the XMM-Newton Science Analysis System. The software package provides positions, fluxes, and spectral properties for all XMM-Newton X-ray sources and creates exposure, background, and sensitivity maps for all XMM-Newton fields. It plays a central role both for the optical follow-up programme and for the creation of XMM-Newton source catalogues.

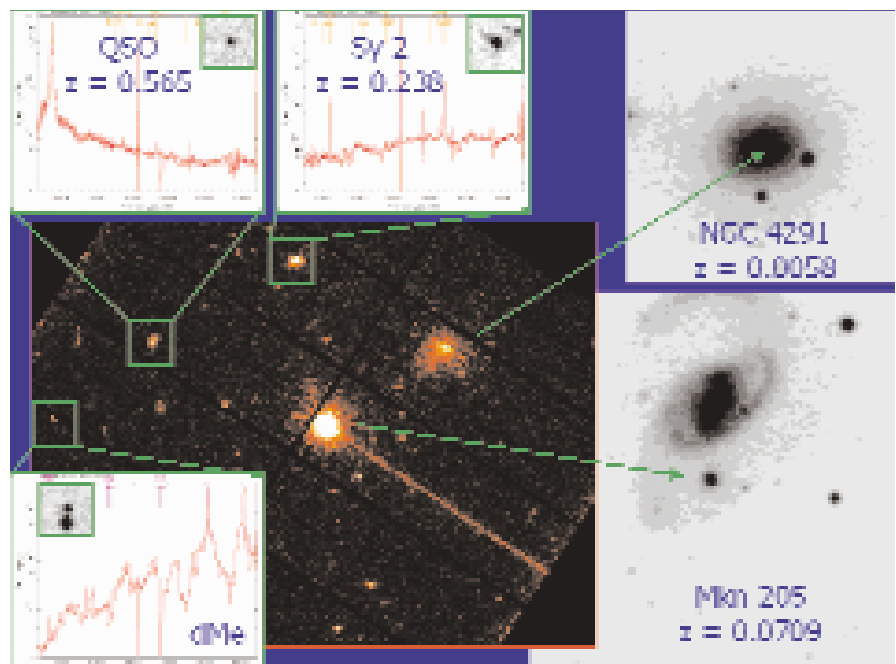
As a first major impacting result the SSC jointly with the SOC published 1XMM, the first catalogue of X-ray sources discovered with XMM-Newton (<http://xmmssc-www.star.le.ac.uk>). It is based on 585 observation data sets, which cover a region of about 50 degrees squared at the sky. It contains 33026 X-ray sources, 28279 of them being unique. The recent approval of the mission by ESA till 2008 ensures that after mission completion the XMM-source catalogue will be the most substantial X-ray catalogue with expected half a million new X-ray sources. The sources together with their parameters are originating on software *made in Potsdam*.

Als drittes wesentliches Element seiner Aktivitäten betreibt das SSC ein Programm zur optischen Identifizierung der vielen neuentdeckten Röntgenquellen in XMM-Newton Beobachtungen. Das AIP ist darin ein wichtiger Partner. Es hat den *Public Imaging Survey* der ESO getriggert, ein Programm zur tiefen Bildaufnahme in den Farbfiltern BVRI auf XMM-Newton Feldern. Ein Projekt zur Suche nach hochrotverschobenen Galaxienhaufen wurde in 2003 erfolgreich am VLT begonnen. Im Konsortium wurden in den beiden Berichtsjahren mehrere tausend Spektren von Röntgenkandidaten aufgenommen, die meisten davon in zwei Kampagnen am AAT/2dF. Ebenso wurden tiefe Weitwinkelaufnahmen am Nord- und Südhimmel mit der WFC am INT, bzw. dem WFI am ESO/MPG 2.2m Teleskop auf La Silla von nunmehr mehreren hundert XMM-Feldern aufgenommen. Die Bilddaten der ersten 77 Felder wurden für die weitere Analyse der weltweiten community zeitgleich mit dem 1XMM-Katalog via Internet veröffentlicht.

The third major activity of the SSC is an optical identification program of statistical meaningful samples of new XMM-detected X-ray sources, where the AIP takes an active part. The AIP has triggered the ESO *Public Imaging Survey*, deep BVRI imaging, on selected XMM-Newton fields. A project for deep imaging of candidates for high redshift clusters of galaxies was started at the ESO-VLT in 2003. During the last two years the consortium obtained several thousand spectra of potential counterparts of new X-rays sources, most of them during two campaigns at the AAT/2dF and during the International Time Program AXIS at the ING, La Palma. Other telescopes invoked are the ESO VLT, the ESO 3.6m, the Calar Alto 3.5m and 2.2m telescopes and the TNG, also La Palma. As a major resource for the analysis by the world-wide community, deep wide-field imaging was performed in the northern and southern skies with the WFC at the INT and the WFI at the ESO/MPG 2.2m telescope. The results, reduced imaging data, of the first 77 fields were published online together with the 1XMM-catalogue.

Das XMM SCC AIP-Team

A. Schwobe, G. Lamer, V. Hambaryan,
M. P. Schulze, M. Krumpke



Optische Identifizierung neu entdeckter Röntgenquellen. Zusammen mit dem eigentlichen Beobachtungsobjekt Mkn205 wurden mehrere neue Röntgenquellen im Beobachtungsfeld dieses EPIC-PN-Bildes gefunden. Optische Aufnahmen mit dem ING auf La Palma werden zur Identifizierung der Quellen im Visuellen benutzt. Die Spektren zeigen Beispiele von Röntgenquellen, aktiven Galaxien und aktiven Sternen.

*Glasfaserbündel
(siehe Beitrag Seite 106)*