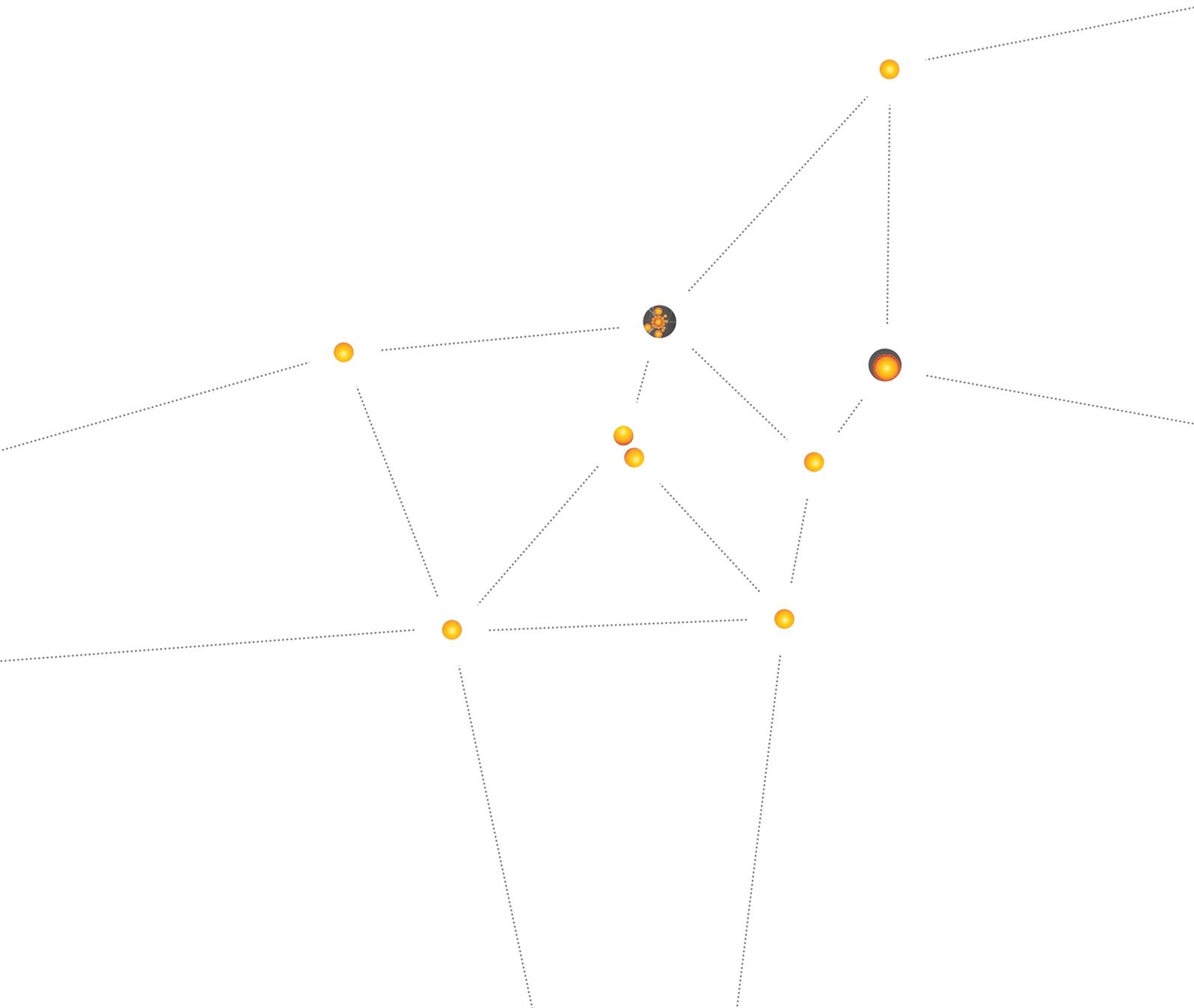




Leibniz-Institut für
Astrophysik Potsdam

Biennial Report 2010-2011





Prof. Dr. Matthias Steinmetz
*Wissenschaftlicher Vorstand,
Direktor Forschungsbereich II*



Peter A. Stolz
Administrativer Vorstand



Prof. Dr. Klaus G. Strassmeier
Direktor Forschungsbereich I

Nach der Wiedervereinigung Deutschlands 1990 wurde nicht zuletzt auch die Forschungslandschaft in Deutschland neu sortiert. Die Institute der Akademie der Wissenschaften der DDR wurden evaluiert, aufgelöst und in Teilen zum 1. Januar 1992 neu gegründet, so wurde auch das Zentral-Institut für Astrophysik Potsdam zum Astrophysikalischen Institut Potsdam und heutigen Leibniz-Institut für Astrophysik Potsdam (AIP). Mit dem Abschluss der Berichtsjahre 2010/11 gilt es nun Bilanz zu ziehen über zwei Jahrzehnte Forschung in neuem Gewand.

Zwei Jahrzehnte erscheinen zwar wenig im Vergleich zu der über 300-jährigen Geschichte des AIP als eine der ältesten Forschungseinrichtungen Deutschlands. In der Praxis prägten diese 20 Jahre aber den Aufbruch in eine neue Epoche, getragen von der Unterstützung der Zuwendungsgeber, der Beiräte und Kuratoren und der Fachkompetenz der Mitarbeiter des Instituts. Beginnend von einer historisch wertvollen Basis mit erheblichem Renovierungsbedarf und einem Theorie orientierten Forschungsportfolio konnten über die letzten beiden Jahrzehnte historische Gebäude wie das Sternwartengebäude und die Meridianhäuser auf dem Babelsberg oder der Große Refraktor und der Einstein-turm auf dem Telegrafenberg saniert und teilweise einer neuen Nutzung zugeführt werden.

Mit den Forschungsneubauten Schwarzschildhaus (2000) und Leibnizhaus (2010) wurde eine moderne Forschungsinfrastruktur errichtet, die

The German reunification in 1990 caused great changes to the organization of Germany's research landscape. Scientific institutes of the former GDR (German Democratic Republic) were evaluated; some were closed and then partially reopened on January 1, 1992, when the Zentralinstitut für Astrophysik Potsdam became the Astrophysical Institute Potsdam, now known as the Leibniz Institute for Astrophysics Potsdam (AIP). We now look back on two decades of research in a new context.

These two decades might seem a fairly short period when compared with the AIP's research record of more than three centuries, yet the last twenty years have marked the beginning of a new era – supported by funding agencies, advisers, trustees and, of course, the expertise of our employees. During the last two decades, important historic buildings on a campus begging for refurbishment were successfully renovated. In Babelsberg, the main observatory and the meridian houses, and at the Telegrafenberg, the Great Refractor and the Einstein Tower have all been modernized.

New technology buildings such as the Schwarzschildhaus (2000) and the Leibnizhaus (2010) have been built, providing space for modern research infrastructure and the developmental requirements for technologically advanced telescopes. Computational resources have been developed to run high-resolution numerical simulations and to manage the data produced by large earth and space-based surveys. For

den Anforderungen für die Entwicklung modernster Instrumente an Großteleskopen, für die Durchführung hochaufgelöster Simulationsrechnungen an Supercomputern und für die Datenverarbeitung großer Durchmusterungen vom Boden und aus dem Weltall gerecht wird. Folglich änderte sich auch die Ausrichtung des wissenschaftlichen Programms, das nunmehr ausgewogen Theorie, Beobachtung und Instrumentierung umfasst.

Diese Ausrichtung wird dem Motto „theoria cum praxi“ der Leibniz-Gemeinschaft als organisatorischer Heimat des seit 1992 in der Leibniz-Gemeinschaft befindlichen AIP gerecht. Die Umbenennung des „Astrophysikalischen Institut Potsdam“ in „Leibniz-Institut für Astrophysik Potsdam (AIP)“ im Jahre 2011 folgt natürlich. Mit der Einweihung des Leibnizhaus 2010 und der Konsolidierung des Forschungscampus Babelsberg ist das AIP nun für die Teilhabe an der Beantwortung der großen Fragen der Astronomie und der dafür benötigten Entwicklung der nächsten Generation astronomischer Großprojekte bestens gerüstet.

these reasons, the scientific agenda of AIP has moved towards a harmonious triad of theory, observation and instrumentation.

This orientation follows the “theoria cum praxi” motto of the Leibniz Association, which has been the organizational home of AIP since 1992. Changing the name of the “Astrophysical Institute Potsdam” to “Leibniz Institute for Astrophysics Potsdam (AIP)” in 2011 was thus a natural step. After inaugurating the Leibnizhaus in 2010 and consolidating the research campus in Babelsberg, the AIP is now ready to take part in answering the big questions of astronomy and developing the next generation of astronomy projects.



Prof. Dr. Matthias Steinmetz



Peter A. Stolz



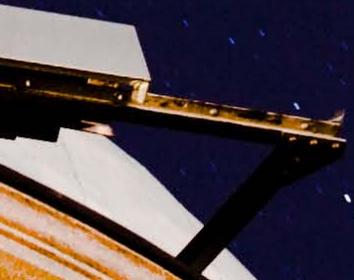
Prof. Dr. Klaus G. Strassmeier

Inhalt Contents

| | |
|--|------------|
| Profil Profile | 6 |
| <hr/> | |
| Wissenschaft und Forschung Science and Research | 11 |
| <hr/> | |
| Kosmische Magnetfelder Cosmic Magnetic Fields | 13 |
| Magnetohydrodynamik und Turbulenz Magnetohydrodynamics and Turbulence | 14 |
| Physik der Sonne Physics of the Sun | 20 |
| Sternphysik und Sternaktivität Stellar Physics and Stellar Activity | 26 |
| <hr/> | |
| Extragalaktische Astrophysik Extragalactic Astrophysics | 35 |
| Milchstraße und die lokale Umgebung Milky Way and the Local Volume | 36 |
| Galaxien und Quasare Galaxies and Quasars | 42 |
| Kosmologie und Großräumige Strukturen Cosmology and Large-Scale Structure | 48 |
| <hr/> | |
| Entwicklung von Forschungstechnologie und -infrastruktur Development of Research Technology and Infrastructure | 55 |
| Teleskopsteuerung und Robotik Telescope Control and Robotics | 56 |
| Hochauflösende Spektroskopie und Polarimetrie High-resolution Spectroscopy and Polarimetry | 62 |
| 3D-Spektroskopie 3D Spectroscopy | 68 |
| Supercomputing und E-Science Supercomputing und E-Science | 74 |
| innoFSPEC innoFSPEC | 80 |
| <hr/> | |
| Standorte und Infrastruktur Sites and Infrastructure | 86 |
| Forschungscampus Potsdam-Babelsberg Research campus in Potsdam-Babelsberg | 88 |
| LOFAR LOFAR | 94 |
| Wissenschaftshistorischer Standort Potsdam-Telegrafenberg The Potsdam-Telegrafenberg Historical Site | 96 |
| Das AIP auf Teneriffa The AIP on Tenerife | 100 |
| Das AIP am Mt. Graham International Observatory in Arizona AIP facilities at the Mt Graham International Observatory in Arizona | 104 |
| <hr/> | |
| Öffentlichkeitsarbeit & Ausbildung Public Outreach and Education | 107 |
| Ausbildung am AIP Education | 108 |
| Presse- und Öffentlichkeitsarbeit Public Outreach | 112 |
| <hr/> | |
| AIP im Überblick AIP at a glance | 121 |
| Das AIP im Überblick The AIP at a glance | 122 |
| Anreise How to get to AIP | 128 |



Profil Profile





Profil Profile

Das Leibniz-Institut für Astrophysik Potsdam beschäftigt sich vorrangig mit kosmischen Magnetfeldern und extragalaktischer Astrophysik. Daneben wirkt das Institut als Kompetenzzentrum bei der Entwicklung von Forschungstechnologie in den Bereichen Spektroskopie, robotische Teleskope und E-Science.

The key topics of the Leibniz Institute for Astrophysics are cosmic magnetic fields and extragalactic astrophysics. A considerable part of the institute's efforts are aimed at the development of research technology in the fields of spectroscopy, robotic telescopes, and e-science.

Das AIP ist Nachfolger der 1700 gegründeten Berliner Sternwarte und des 1874 gegründeten Astrophysikalischen Observatoriums Potsdam, das sich als erstes Institut weltweit ausdrücklich der Astrophysik widmete. Das AIP ist eine Stiftung bürgerlichen Rechts und ein Institut der Leibniz-Gemeinschaft. Zur Leibniz-Gemeinschaft gehören derzeit 86 außeruniversitäre Forschungseinrichtungen, die wissenschaftliche Fragestellungen von gesamtgesellschaftlicher Bedeutung bearbeiten.

Seinen Forschungsauftrag führt das AIP im Rahmen von nationalen, europäischen und internationalen Kooperationen aus. Mehrere gemeinsame Berufungen mit der Universität Potsdam und außerplanmäßige Professuren und Privatdozenturen an Universitäten in der Region und weltweit verbinden das Institut mit der universitären Forschung und Lehre. Zudem nimmt das AIP Aufgaben im Bereich der Aus-, Fort- und Weiterbildung und in der Öffentlichkeitsarbeit wahr. Neben seinem wissenschaftlichen Auftrag verwaltet die Stiftung AIP auch ein umfassendes wissenschaftshistorisches Erbe.

Das wissenschaftliche Forschungsprogramm des Instituts gliedert sich in zwei Hauptforschungsrichtungen, die beide von je einem wissenschaftlichen Direktor geleitet werden und organisatorisch in drei Abteilungen untergliedert sind:

Kosmische Magnetfelder

- Magnetohydrodynamik und Turbulenz
- Physik der Sonne
- Sternphysik und Sternaktivität



The AIP is the successor of the Berlin Observatory, founded in 1700, and of the Astrophysical Observatory Potsdam, founded in 1874. The latter was the first observatory in the world to explicitly emphasize the research area of astrophysics. The AIP is a foundation according to civil law and is a member of the Leibniz Association, which is a network of 86 independent research institutes and scientific service facilities, all of which strive for scientific solutions to major social challenges.



The AIP collaborates on research projects within Germany, Europe and the international research community. The institute is strongly and visibly connected to university research within Potsdam and beyond via joint appointments and adjunct professorships and lectureships. Furthermore, the AIP is highly active in the field of professional qualification and public outreach. Apart from its scientific mandate, the institute also manages a substantial and historic scientific heritage.

The institute's main research areas are each managed by a scientific director. Both research areas are subdivided into three sections:

Cosmic Magnetic Fields

- Magnetohydrodynamics and Turbulence
- Physics of the Sun
- Stellar Physics and Stellar Activity

Extragalaktische Astrophysik

- Milchstraße und die lokale Umgebung
- Galaxien und Quasare
- Kosmologie und großräumige Strukturen

Die Forschungsgebiete sind durch die Anwendung verwandter mathematischer und physikalischer Methoden sowie durch gemeinsame Projekte in der Entwicklung und dem Einsatz von neuen Technologien eng miteinander verbunden. Seit seiner Neugründung 1992 befasst sich das AIP zunehmend mit der Entwicklung des entsprechenden Forschungsinstrumentariums und richtete 2006 den Schwerpunkt Entwicklung von Forschungsinfrastruktur und -technologie ein. Dieser umfasst fünf Abteilungen:



Entwicklung von Forschungsinfrastruktur und -technologie

- Teleskopsteuerung und Robotik
- Hochauflösende Spektroskopie und Polarimetrie
- 3D-Spektroskopie
- Supercomputing und E-Science
- innoFSPEC



Extragalactic Astrophysics

- Milky Way and the Local Volume
- Galaxies and Quasars
- Cosmology and Large-Scale Structure

The research branches are closely connected, for they share similar mathematical and physical methods. Furthermore, they are strongly linked by joint collaborations to develop innovative technologies. Since its reestablishment in 1992, the AIP has increased R&D-ambitions and decided in 2006 to launch a new research branch for the development of research and infrastructure. This branch is subdivided into five sections:

Development of Research Technology and Infrastructure

- Telescope Control and Robotics
- High-resolution Spectroscopy and Polarimetry
- 3D Spectroscopy
- Supercomputing and E-Science
- innoFSPEC

Forschungsschwerpunkte

I. Kosmische Magnetfelder

Dieser Bereich widmet sich der Untersuchung solarer, stellarer und galaktischer Magnetfelder sowie den magnetohydrodynamischen Mechanismen, welche sie erzeugen. Kosmische Magnetfelder gehören noch immer zu den am wenigsten erforschten Phänomenen des Universums. Ziel ist das Verständnis der komplexen Zusammenspiele zwischen der Struktur der Materie, der Geometrie und Stärke von Magnetfeldern sowie deren Rückkopplung. Diese Thematiken werden durch die „solar-stellar connection“ miteinander verbunden.

II. Extragalaktische Astrophysik

Galaxien sind fundamentale Bausteine unseres Kosmos. Auf großen Skalen dienen sie als Marker, um die Masseverteilung im Kosmos auszuloten. Nahe Objekte lassen sich räumlich auflösen und in Populationen verschiedener Kinematik, Sternentstehungsgeschichte und chemischer Häufigkeiten zerlegen. Noch näher ist die Erforschung von Einzelsternen möglich. Diese verschiedenen Aspekte werden auf Seiten der Theorie mittels hochaufgelöster Computer-Simulationen verknüpft.

III. Entwicklung von Forschungsinfrastruktur und -technologie

Die Rolle des Experiments in der Astrophysik übernimmt die Beobachtung, die zunehmend an einigen wenigen Großteleskopen an Orten mit möglichst idealen atmosphärischen Bedingungen (Arizona, Chile) bzw. im Weltall stattfindet. Somit fordert die Astrophysik kontinuierlich Geräte an der Grenze zum technologisch Machbaren. Neben der Beobachtung nimmt zunehmend der Computer die Rolle des Experiments an, denn im Computer kann das Verhalten astrophysikalischer Objekte unter wohldefinierten Bedingungen simuliert werden.

Research areas

I. Cosmic Magnetic Fields

This area is dedicated to the exploration of solar, stellar and galactic magnetic fields and the underlying magnetohydrodynamic mechanisms that generate them. Cosmic magnetic fields are still among the least-studied unknowns of the universe. The goal is to understand the complex relationship between the structure of matter and the geometry and strength of magnetic fields, focusing particularly on solar and stellar magnetism and their connections.

II. Extragalactic Astrophysics

Galaxies are fundamental cosmic building blocks. They serve as markers to explore the distribution of matter in the Universe on large scales. Nearby objects can be resolved spatially and are allocated to populations of different kinematics, stellar formation history and chemical abundances. At a closer range, individual stars can be observed and analyzed. Theoretical studies link these different aspects, employing numerical simulations.

III. Development of Research Technology and Infrastructure

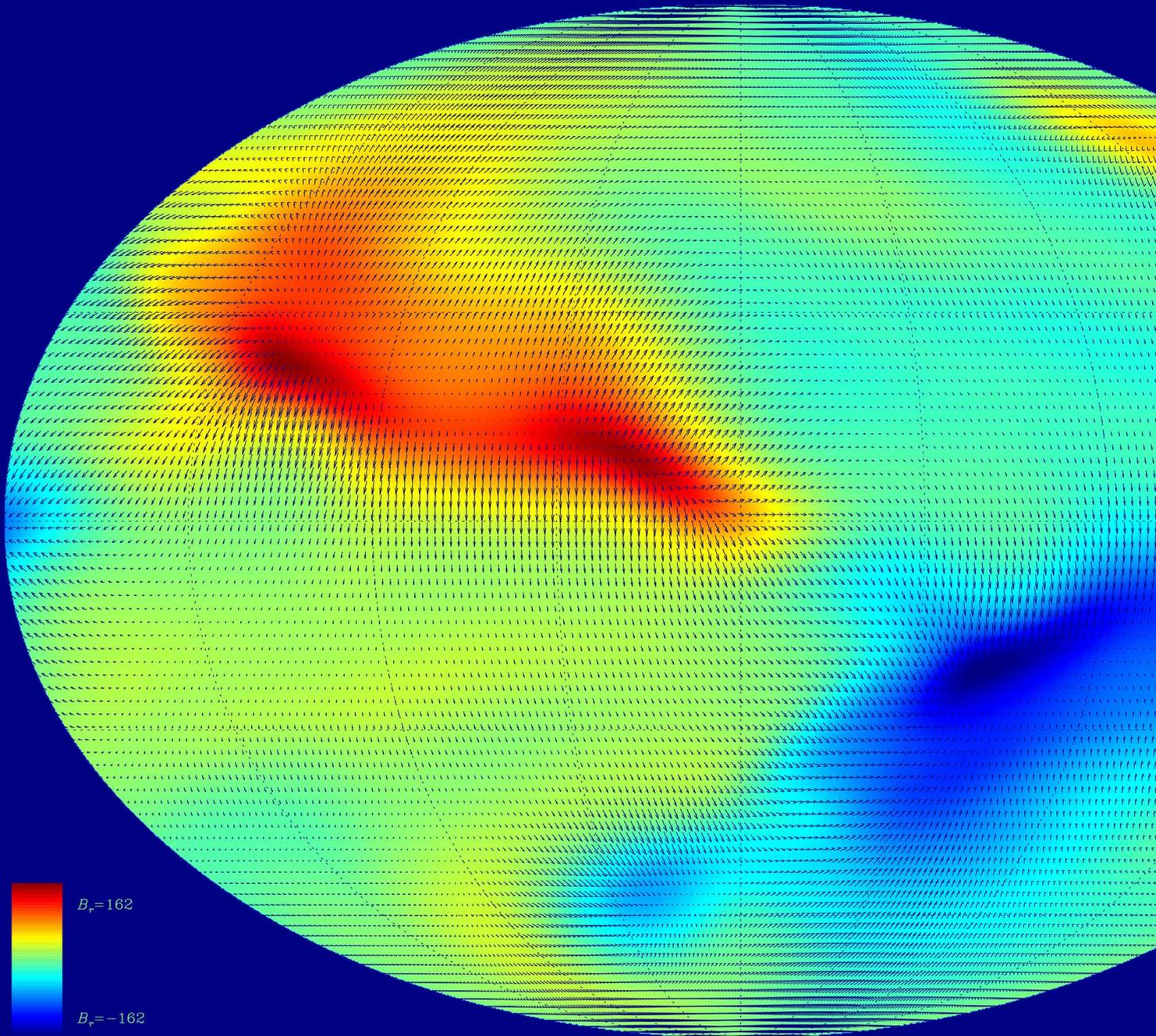
Observations take over the role of experimentation. Astrophysicists observe the sky, mostly using a small number of very large telescopes, which are placed on sites with nearly optimum atmospheric conditions such as Arizona, Chile, or in space. In addition to observations, computer simulations are taking over the role of experiments by simulating the behaviour of astrophysical objects under varying, well-defined conditions.

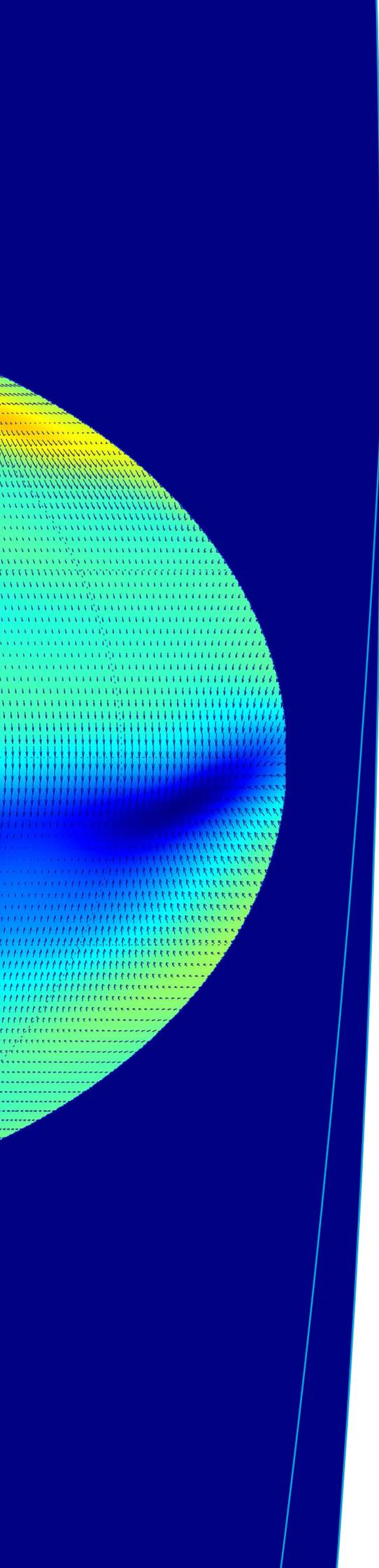




Wissenschaft und Forschung Science and Research





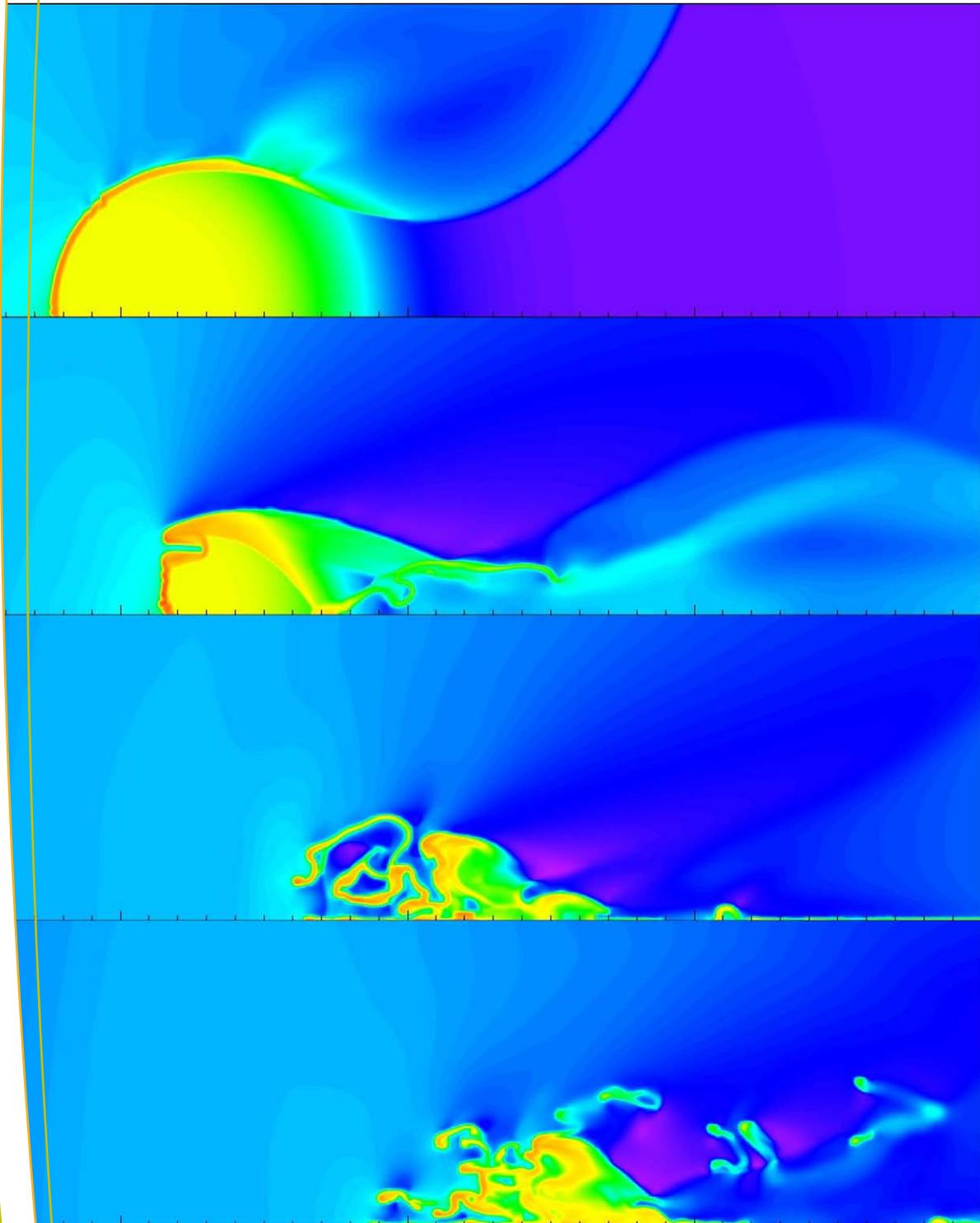


Kosmische Magnetfelder

Der Forschungsbereich „Kosmische Magnetfelder“ widmet sich der Untersuchung solarer, stellarer und galaktischer Magnetfelder, sowie den magnetohydrodynamischen (MHD) Mechanismen, welche sie erzeugen. In den meisten kosmischen Objekten sind es Magnetfelder, die den nicht-thermischen Energieausstoß verursachen, insbesondere bei der Sonne und anderen Sternen. Das Magnetfeld in der Atmosphäre eines Sternes ist auch die Ursache für spektrale Aktivitäten, die wiederum Stern-Planeten-Interaktionen bestimmen. Stellare und planetare Magnetfelder schirmen die hochenergetische kosmische Strahlung ab und sichern so die Entstehung und Entwicklung von Zivilisationen wie der unsrigen. Trotzdem gehören kosmische Magnetfelder noch immer zu den am wenigsten erforschten Rätseln dieses Universums. Ziel ist das Verständnis der komplexen Zusammenspiele zwischen der Struktur der Materie, der Geometrie und Stärke von Magnetfeldern sowie deren Rückkoppelung. Diese Thematiken werden dabei durch die „solar-stellar connection“ miteinander verbunden und fokussiert. Zum Einsatz kommen Supercomputer für MHD-Simulationen sowie Großteleskope wie das LBT und das VLT als auch kleinere robotische Teleskope wie STELLA für hochauflösende Spektroskopie und Spektralpolarimetrie. Die Hauptprojekte in 2010/11 waren STELLA und PEPSI, die „Radiosonne“ mit LOFAR, das Sonnenteleskop GREGOR und sein Fabry-Perot Interferometer als auch das neue Laborexperiment zur magnetischen Instabilität GATE.

Cosmic Magnetic Fields

The research area of “Cosmic Magnetic Fields” is dedicated to the exploration of solar, stellar, and galactic magnetic fields, along with the underlying magnetohydrodynamic (MHD) mechanisms that generate them. Magnetic fields drive the non-thermal output of many cosmic objects, in particular that of the Sun and other stars. It is the agent responsible for spectral atmospheric activity that in turn governs star-planet interactions. The existence of stellar and planetary magnetic fields is a decisive factor for the formation and evolution of life on planets, as magnetic fields are shields against high-energy cosmic radiation. Their existence also ensures the further evolution and survival of civilisations like ours. Yet the magnetic field is still among the least-studied unknowns of the universe. Our goal at AIP is to understand the complex relationship between the structure of matter and the geometry and strength of magnetic fields with particular focus on solar and stellar magnetism and their connections. Comparable efforts are also made to study planetary and galactic magnetic fields. Large telescopes like the LBT and the VLT are used, along with smaller robotic telescopes like STELLA for high-resolution spectroscopy and spectropolarimetry. Supercomputers are used to create MHD simulations. The main projects of 2010/11 were the “solar-stellar connection” with the STELLA projects, the construction of PEPSI for the LBT, the “Radio Sun” with LOFAR, the solar telescope GREGOR, with its Fabry-Perot Interferometer, as well as the verification of magnetic instabilities with the new laboratory experiment GATE.



Erosion of a dense interstellar cloud (yellow ball) by a supernova remnant moving from the left to the right.

Magnetohydrodynamik und Turbulenz

Magnetohydrodynamics and Turbulence

Viele Phänomene der Astrophysik lassen sich ohne das Wirken von Magnetfeldern nicht erklären. Die Sonnenaktivität wird von einem so genannten Dynamomechanismus verursacht, bei dem die Bewegungsenergie heißen Gases in magnetische Energie umgewandelt wird. Der Prozess kann sehr unterschiedlich ablaufen. In den meisten Fällen sind es turbulente Bewegungen, die die entscheidende Verstärkung des Feldes liefern. Dazu kommt die Tatsache, dass viele Himmelskörper nicht wie starre Körper rotieren, sondern differentiell, z.B. am Äquator schneller als am Pol. Diese differentielle Rotation ist ebenfalls wesentlich für die Eigenschaften des Dynamomechanismus. Die Theorie der differentiellen Rotation und des Dynamos gehört zu den Schwerpunkten der Forschungsabteilung.

Turbulenz wird zum einen durch Konvektion erzeugt, also den Abtransport von Wärme aus dem Sterninnern durch Gasbewegungen, aber auch durch eine Reihe von anderen Instabilitäten, an denen Magnetfelder beteiligt sind. Sie bilden einen weiteren Schwerpunkt der Arbeit auf dem Gebiet der Magnetohydrodynamik (MHD).

Ein wichtiges Hilfsmittel bei der Simulation von magnetischen Vorgängen ist das in der Forschungsabteilung entwickelte Simulationsprogramm NIRVANA. Es lässt sich für viele astrophysikalische Objekte einsetzen und ist für das Rechnen auf Hochleistungscomputern konzipiert. Die Erfahrungen bei der numerischen Behandlung der verschiedenen magnetischen Phänomene wurden auch auf Probleme der Sternentstehung und der Gasdynamik in Galaxien sowie auf die Entstehung von Magnetfeldern im Innern von Planeten angewendet.

Theorie der Magnetfelder in Sonne und Sternen

Während man einige Mechanismen zur Verstärkung von Magnetfeldern kennt, ist der gesamte Ablauf des mehr oder weniger periodischen Zyklus der Sonnenaktivität, der mit dem Auftauchen von Sonnenflecken einhergeht, noch nicht vollständig verstanden. Die Informationen über den Sonnenfleckenzyklus reichen aufgrund historischer Beobachtungen zurück bis zur Erfindung des Teleskops. An der Aufarbeitung und Vermessung von alten Sonnenfleckenzeichnungen im Hinblick auf Kenngrößen, die sich mit den numerischen Dynamo-Modellen vergleichen lassen, wird derzeit ebenfalls gearbeitet. Rund 130.000 neue Sonnenfleckenpositionen und -größen konnten für das 19. Jahrhundert bestimmt werden.

The explanations for many astrophysical phenomena are based around the effects of magnetic fields. The activity of the Sun, for example, is caused by a magnetic dynamo process, in which the kinetic energy of gas motions is transformed into magnetic energy. This mechanism is usually based on the turbulent motion of gas created by convection from the interior of the Sun or star to the surface. There is, however, another source of magnetic field amplification. Many celestial bodies do not move as solid bodies, but revolve differentially. The Sun, for example, has a shorter rotation period at its equator than at its poles. This differential rotation is essential to the function of the dynamo process, but is not capable of explaining the solar activity cycle alone. The theory behind differential rotation and the dynamo process is one of the focuses of this research section.

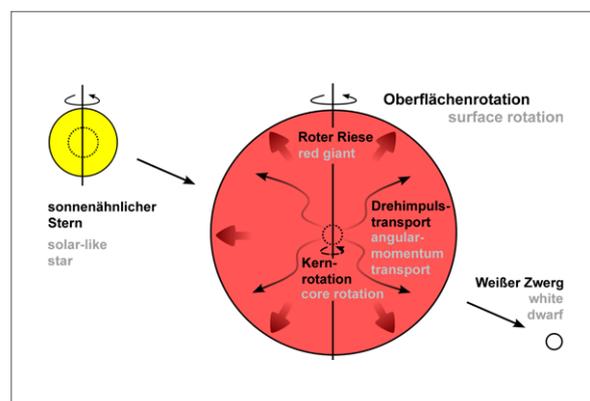


Fig. 1: When a solar-like star expands into a giant star, the envelope will rotate much more slowly than the core. An efficient transport of angular momentum from the core to the envelope is necessary to explain the rotation periods of white dwarfs and neutron stars.

Turbulence is not only generated by convective transport of heat, but also by various instabilities caused by magnetic fields. These instabilities are invariably at play in stars, gas disks around stars, and even within the entire gas content of a galaxy. They form another focus of the MHD and Turbulence section.

An essential tool for the modelling of magnetic processes is simulation software called NIRVANA. This software has been developed within our section and runs on high-performance computers, simulating a variety of astrophysical objects. The development of numerical tools for solving these problems has enabled simulations of the early stages of star formation, from gas dynamics in a galactic disk, to the generation of magnetic fields in planetary bodies.

Sterne mit etwa 2-8-facher Masse der Sonne zeigen keine Zyklen, einige von ihnen aber nahezu konstante Magnetfelder von scheinbar wahlloser Struktur. In ihrer Frühphase könnte es aber zu einer magnetischen Instabilität im Innern der Sterne gekommen sein, die ganz zwanglos zu zufälligen Magnetfeldtopologien an der Oberfläche und nach Abklingen der Instabilität zu praktisch konstanten Feldern hat führen können.

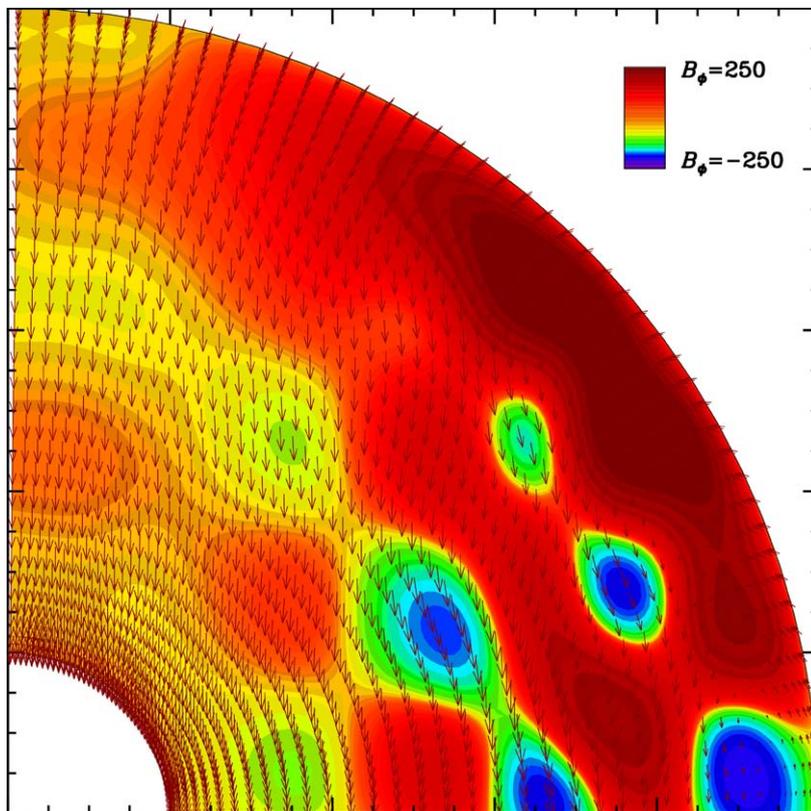


Fig. 2: Vertical cross-section of a star after the onset of the magneto-rotational instability. The fluctuations in the magnetic field are able to transport angular momentum outwards.

Instabilitäten bergen auch die Möglichkeit, Drehimpulse zwischen Schichten eines Sterns auszutauschen. Ein Problem betrifft die Rotation der Weißen Zwerge im Endstadium der Entwicklung aller dieser Sterne. Ein Weißer Zwerg ist nämlich der Kern eines Sterns, in dem die Kernfusion versiegt und die Gravitation schließlich zu einer enormen Kontraktion führt. Dabei müsste dieser Kern schneller und schneller rotieren (Fig. 1). Die beobachteten Rotationsperioden sind jedoch viel länger als erwartet. Eine Erklärung bieten magnetische Instabilitäten, die für einen Drehimpulstransport sorgen, der schnell genug ist, das Innere der Sterne in der relativ kurzen Entwicklungsphase am Ende eines Sternlebens abzubremsen. In Frage kommen hier die Tayler-Instabilität, die bei starken Magnetfeldern auftritt, und die magnetische Scherinstabilität, die bei schwachen Feldern, aber gleichzeitiger Präsenz von differentieller Rotation einsetzt (Fig. 2). Die

Theory of Magnetic Fields in the Sun and Stars

The fundamental mechanisms for amplifying magnetic fields are well known, but the details of the near-periodic activity cycle of the Sun are still not fully understood. One tracer of solar activity is sunspot activity. Using historical observations, dating back to the early days of the telescope, can significantly expand our knowledge about the cycle and its peculiarities. Position and size of sunspots from historical illustrations have been measured and an impressive record of about 130,000 positions and sizes from the 19th century are now available for testing, using properties predicted by dynamo models.

Stars that are two to eight times as massive as the Sun do not show cycles but rather constant magnetic fields of apparently arbitrary geometry. It is possible that these fields are the result of a magnetic instability in the stellar interior that occurred early in the life of the star. After the instability has ceased, gradually varying surface fields of nearly arbitrary topology emerge.

Magnetic instabilities can lead to an efficient transport of angular momentum from one layer of a star to another. One of the problems in stellar physics concerns the rotation periods of white dwarfs. These objects are the remnants of stars after nuclear fusion stops and there is no longer enough energy to counteract gravity. The core contracts gradually under its own weight and, if angular momentum is preserved, should start to rotate very rapidly (Fig. 1). Under these assumptions, the observed rotation periods do not meet expectations. One way to explain this contradiction is the efficient conveyance of angular momentum during the last phases of stellar evolution. A possible explanation for this is Tayler instability, which becomes apparent in strong magnetic fields. Another option is magnetorotational instability, which occurs for much weaker fields but requires differential rotation (Fig. 2). The collaboration with the Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf led to an experimental proof of the occurrence of the Tayler instability during the GATE experiment.

Taylor-Instabilität konnte in Zusammenarbeit mit dem Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf auch im Experiment GATE nachgewiesen werden.

Rotation und Dynamo

Da die differentielle Rotation der Sterne einen wesentlichen Faktor im Dynamoprozess darstellt, ist ihre theoretische Berechnung und Bestimmung aus Beobachtungen ebenfalls Thema unserer Forschung. Hochgenaue Lichtkurven, die mit dem französischen Satelliten CoRoT und dem NASA-Satelliten KEPLER aufgezeichnet wurden, erlauben die Rekonstruktion von Oberflächenkarten etlicher Sterne (Fig. 3). Die beobachteten Sternflecken folgen einer ortsabhängigen Rotationskurve. Die verwendete Methode ist in der Lage, verschiedene Oberflächenmodelle quantitativ miteinander zu vergleichen. Bei einem Stern stimmt die Verteilung chemischer Elemente auf der Oberfläche spektroskopisch sehr gut mit den aus der Lichtkurve bestimmten Flecken überein. Bei etlichen Sternen ergibt sich eine differentielle Rotation, wie sie aus den theoretischen Vorhersagen aus den Eigenschaften rotierender Turbulenz erwartet wird. Nur ein Stern zeigt einen deutlich höheren Wert. Gleichzeitig gibt es aber auch die Möglichkeit, dass der Dynamo selbst eine Magnetfeldgeometrie erzeugt, die gegenüber dem Stern gas driftet. Dann könnte die beobachtete differentielle Rotation ein Scheineffekt sein und die Lichtkurven zeigen direkt die Eigenschaften des Dynamos auf (Fig. 4).

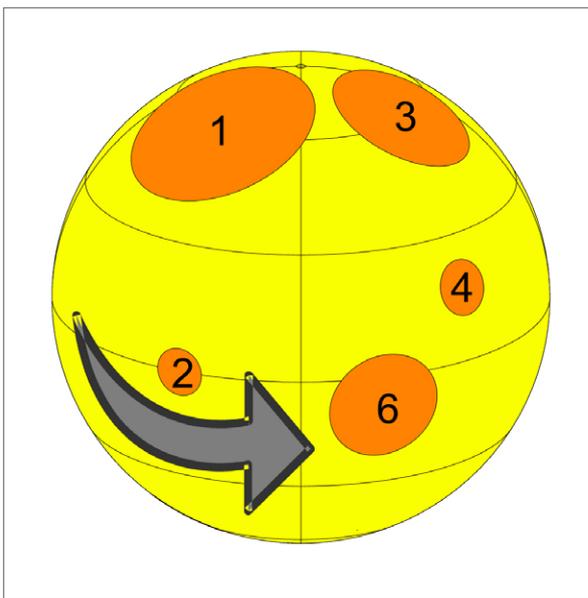


Fig. 3: Spot distribution on the star KIC 8429280 inferred from KEPLER data. Two spots are on the far side of the star. The Bayesian parameter estimation also delivers a latitudinal differential rotation of 23%.

Rotation and Dynamo

Since the differential rotation of stars is an essential ingredient in the dynamo process, we are interested in the theory behind its origination, along with techniques to measure it. Lightcurves of stars measured by the French CoRoT spacecraft and the NASA KEPLER spacecraft can be used to construct surface maps of various stars (Fig. 3). Lightcurves indicate that the spots have rotation periods following a latitude-dependent rotation profile. The power of this method lies in its ability to quantitatively compare different surface models. For one of the stars, the distribution of chemical elements on the surface, as observed by spectroscopy, corresponds well with the spots derived from lightcurve measurements. In several cases, the differential rotation agrees with our theoretical predictions based on rotating turbulence, but one star shows a higher differential rotation. However, the dynamo mechanism itself is capable of creating a perception that magnetic field geometries are drifting against the stellar gas (Fig. 4). If the differential rotation is a deceptive effect, the lightcurves could, in turn, directly deliver the properties of the magnetic dynamo.

Magnetic Fields in the Interstellar Medium

The formation of stars is a complex process with many phases. In the beginning, a cloud of interstellar gas contracts under its own gravity. Using simulations, it is possible to discover the optimal conditions for these cold and dense clouds, where the formation rate of stars matches observations. How many seeds of a high enough density are actually produced in the clouds? Stars that are much more massive than the Sun live for only astronomically short periods and explode at a time when a cloud is still in the process of forming other stars. The dense parts of these gas clouds are overrun by the remnants of those explosions, which distort the clouds until they disintegrate into many fragments (Fig. p. 14). Our numerical simulations with NIRVANA investigate how many fragments are capable of contracting due to their own gravity and thus potentially becoming seeds for star formation. These massive, parallel computations also include the magnetic peculiarity that heat is conducted much better in the direction of the magnetic field than perpendicular to it.

Magnetfelder im interstellaren Medium

Die Entstehung von Sternen ist ein sehr komplexer Prozess mit vielen Stadien, an dessen Anfang die Kontraktion von interstellarem Gas steht. Mit Simulationen versucht man herauszufinden, wie oft Sterne eigentlich aus solchen dichten und kühlen Wolken geboren werden. Dabei ist entscheidend, wie viele „Keime“ für einen Kontraktionsvorgang entstehen. Sterne mit viel Masse leben für astronomische Verhältnisse sehr kurz und explodieren schon, wenn andere Teile der Wolke noch neue Sterne bilden. Die Reste solcher Explosionen überstreichen dichtere Teile der kalten Wolke und verformen sie bis zur völligen Fragmentation. Die numerischen Simulationen mit NIRVANA untersuchen die Frage, ob diese Fragmente unter ihrer eigenen Schwerkraft kontrahieren können und damit Vorstufen zur Sternentstehung darstellen können (Fig. S. 14). Als Besonderheit berücksichtigen diese Rechnungen, die auf vielen parallel geschalteten Computern laufen, die unterschiedliche Wärmeleitfähigkeit des Gases in Richtung des Magnetfeldes und quer zu ihm.

Auch das Gas galaktischer Scheiben ist – auf noch größerer Skala als die Sternentstehungsgebiete – turbulent, entweder getrieben durch Supernova-Ausbrüche oder durch die magnetische Scherinstabilität. Simulationen zeigen für die beiden Turbulenzursachen verschiedene Verteilungen von magnetischer Feldstärke über die Dichte, so dass sie uns eine Möglichkeit geben zu unterscheiden, welcher der beiden Mechanismen in echten Galaxien dominiert.

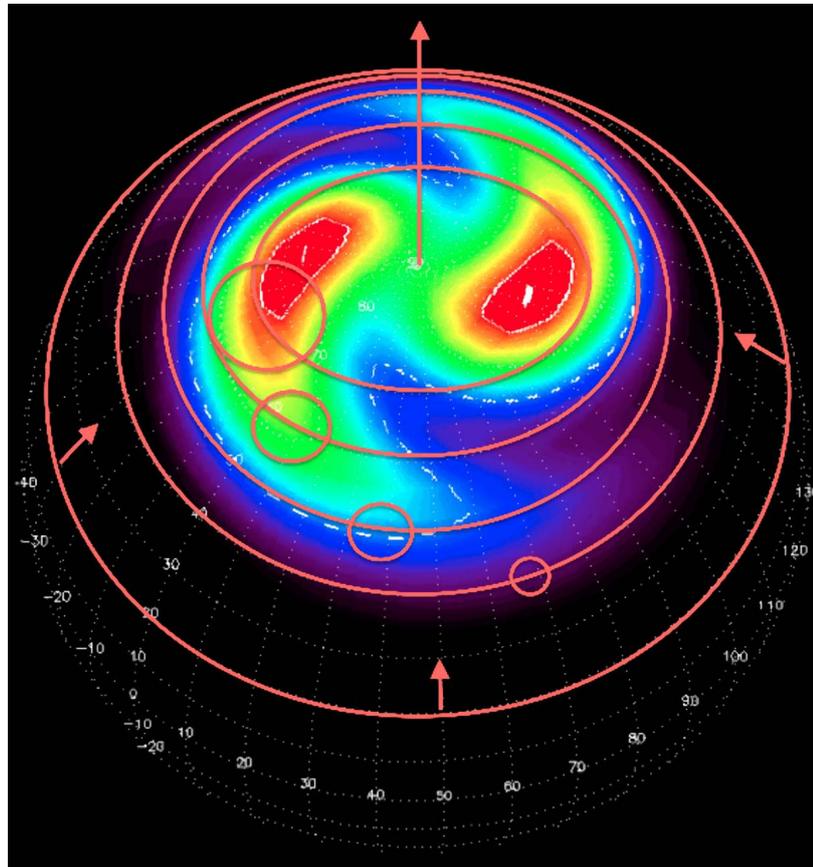


Fig. 4: An axisymmetric dynamo wave migrating towards the pole plus a non-axisymmetric dynamo solution can mimic a spot lagging behind at high latitudes (circles), thus mimicking differential rotation. The red spots correspond to the places where star spots would be expected.

On a much larger scale than in star-forming regions, the galactic disk is also turbulent, either due to supernovae or due to magneto-rotational instability. Simulations show that the resulting distributions of magnetic field strengths versus density are different for these two origins of turbulence. They give us an insight towards distinguishing which of the two mechanisms dominates in an actual galaxy.

Ausgewählte Publikationen Selected Publications

Arlt, R. (2011): **The sunspot observations by Samuel Heinrich Schwabe**, *Astronomische Nachrichten*. 332, 805.

Arlt, R., Rüdiger, G. (2011): **Amplification and stability of magnetic fields and dynamo effect in young A stars**, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 412, 107.

Frasca, A., Fröhlich, H.-E., Bonanno, A., Catanzaro, G., Biazzo, K., Molenda-Żakowicz, J. (2011): **Magnetic activity and differential rotation in the very young star KIC 8429280**, *Astronomy & Astrophysics* 532, 81.

Gellert, M., Rüdiger, G., Hollerbach, R. (2011): **Helicity and alpha-effect by current-driven instabilities of helical magnetic fields**, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 414, 2696.

Kondic T., Rüdiger G., Hollerbach R. (2011): **The shear-Hall instability in newborn neutron stars**, *Astronomy & Astrophysics* 535, L2.

Korhonen, H., Elstner, D. (2011): **Investigating the variation of latitudinal stellar spot rotation and its relation to the real stellar surface rotation**, *Astronomy & Astrophysics* 532, 106.

Küker, M., Rüdiger, G. (2011): **Differential rotation and meridional flow on the lower zero-age main sequence: Reynolds stress versus baroclinic flow**, *Astronomische Nachrichten* 332, 933.

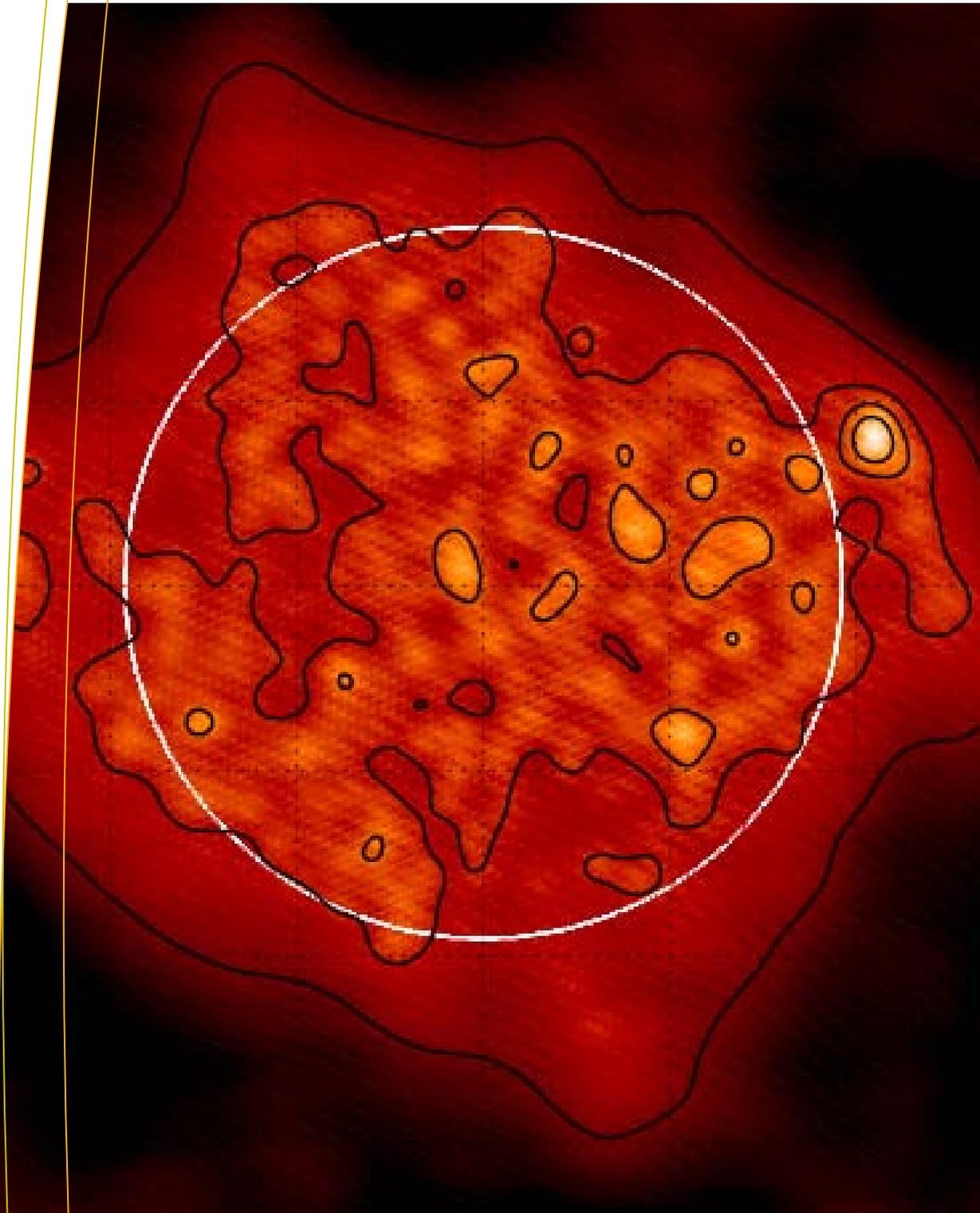
Rüdiger, G., Kitchatinov, L.L., Brandenburg, A. (2011): **Cross Helicity and Turbulent Magnetic Diffusivity in the Solar Convection Zone**, *Solar Physics* 269, 3.

Rüdiger, G., Gellert, M., Arlt, R. (2011): **On radiation-zone dynamos**, *Proc. IAU Symp. 274: Advances in Plasma Astrophysics*, A. Bonanno, E. de Gouveia dal Pino, A. Kosovichev (eds.), 110.

Ziegler, U. (2011): **A semi-discrete central scheme for magnetohydrodynamics on orthogonal-curvilinear grids**, *Journal of Computational Physics* 230, 1035.



Team 2010/2011: Rainer Arlt (head), Abhijit Bendre, Detlef Elstner, Hans-Erich Fröhlich, Yori Fournier, Felix Geisler, Marcus Gellert, Nadine Giese, Andrea Hans, Erik Johansson, Todor Kondić, Manfred Küker, Günther Rüdiger, Manfred Schultz, Jacek Szklarski, Ilya Tereshin, Xing Wei, Udo Ziegler



LOFAR radio map of the Sun showing the first capture of a radio burst at 150.79 MHz on March 17, 2011. During the commissioning phase, the Sun was observed with the stations in the Netherlands only.

Physik der Sonne Physics of the Sun

Die Sonne ist von besonderem astrophysikalischen Interesse, denn sie ist unser nächster Stern und somit der am besten zu beobachtende Stern am Himmel. Unser Wissen über die Sonne kann auf andere Sterne übertragen werden, was man als „solar-stellare Beziehung“ bezeichnet. Deshalb besteht für die Sonnenphysik eine enge Verbindung zu den Forschungsabteilungen „Magnetohydrodynamik und Turbulenz“ und „Sternphysik und Sternaktivität“. Die seit über 400 Jahren beobachteten Sonnenflecken zeigen, dass die Sonne kein ruhiger, sondern ein aktiver Stern ist. Darüber hinaus kommen auch kurzzeitige Eruptionen (Flares) vor. Sie sind mit einer starken Emission von elektromagnetischer Strahlung (vom Radio- bis zum γ -Bereich), erhöhter Teilchenstrahlung und koronalen Massenauswürfen verbunden. Bei all diesen Prozessen spielt das Magnetfeld eine dominante Rolle. Deshalb erforscht man in der Forschungsabteilung „Physik der Sonne“ Prozesse, die mit dem Magnetfeld auf den unterschiedlichsten Skalen in der Sonnenatmosphäre verbunden sind. Dies geschieht in enger Abstimmung zwischen Beobachtungsprogrammen und theoretischen Arbeiten. Hierbei sind das Vakuumturmteleskop (VTT) auf Teneriffa und die Daten der Weltraumsonden RHESSI (Ramaty High Energy Solar Spectroscopic Imager), SDO (Solar Dynamic Observatory) und Hinode die Beobachtungsgrundlage. Seit kurzem sind das europäische Radiointerferometer LOFAR (LOW Frequency ARray) und das optische Sonnenteleskop GREGOR dazugekommen. Die mit diesen Instrumenten gewonnenen Daten werden mit den am AIP entwickelten EDV-Routinen ausgewertet. Die so gefundenen Ergebnisse gehen als Grundlage in die theoretischen Arbeiten ein.

Die Atmosphäre der Sonne ist ein großes Plasmalaboratorium. Deshalb können die Prozesse auf der Sonne nur im Rahmen der Plasmaphysik verstanden werden. Das ist ein weiteres wichtiges Feld in der Forschungsabteilung „Physik der Sonne“. Hier konzentriert man sich vor allem auf die Kinetik der Elektronenbeschleunigung.

Zukünftig wird sich die Forschungsabteilung durch den Bau der Teleskopröhre für das Röntgeninstrument STIX an der ESA-Weltraummission Solar Orbiter (Fig. 1) beteiligen. Die Sonne ist aber auch für uns Menschen von großem Interesse. Sie gibt uns das Leben und beeinflusst durch ihre Aktivität unser Klima und unsere technische Zivilisation. Das bezeichnet man als Weltraumwetter. So sind die Erforschung der Sonnenaktivität und ihre Auswirkungen auf uns Menschen und unser Leben von generellem Interesse für die Gesellschaft.

The Sun is of special interest in astrophysics. As our nearest star, it is our best-observed star in the universe. Our knowledge of the Sun can be transferred to other stars. This is referred to as the “solar-stellar connection”. Thus, there is a close relationship between solar physics and the research sections of “Magnetohydrodynamic and Turbulence” and “Stellar Physics and Stellar Activity”. The well-known sunspots, which have been observed for 400 years, reveal that the Sun is an active star. Additionally, short-term eruptions (flares) are a special phenomenon of solar activity. Flares are associated with a strong emission of electromagnetic radiation (at frequencies from radio to the γ -ray range), enhanced emission of energetic particles, and coronal mass ejections. In all these processes the magnetic field plays a dominant role. Therefore, the “Physics of the Sun” research section investigates processes that are associated with the magnetic field within the solar atmosphere on every scale. This is done in close coordination with observational programmes and theoretical studies, accomplished through observations using the Vacuum Tower Telescope (VTT) on Tenerife along with data from the space missions RHESSI (Ramaty High Energy Solar Spectroscopic Imager), SDO (Solar Dynamics Observatory), and Hinode. AIP is deeply involved in the European radio interferometer LOFAR (LOW Frequency ARray) and the GREGOR solar telescope with the Fabry-Pérot interferometer (GFPI). The data delivered by these instruments is analysed with software packages developed at AIP. These results are a source for further theoretical studies.



Fig. 1: Artist's drawing of ESA's Solar Orbiter mission.

The atmosphere of the Sun is a giant plasma laboratory. Hence, the processes of the Sun can only be understood through plasma physics. This is an additional topic of the “Physics of the Sun” research section, where the kinetics of electron acceleration is

Das AIP koordiniert im Rahmen des europäischen Projektes LOFAR das Key Science Project „Solar Physics and Space Weather with LOFAR“. LOFAR ist ein neues Radiointerferometer, das ursprünglich von ASTRON in den Niederlanden entwickelt wurde, um radio-astronomisch den Himmel bei niedrigen Frequenzen (30–240 MHz) zu beobachten. Es besteht aus ca. 40 Stationen in den Niederlanden und weiteren acht Stationen in Europa. Eine davon betreibt das AIP als Außenstelle in Potsdam-Bornim. LOFAR ist für die Sonnenphysiker von besonderem Interesse, da Prozesse in der äußeren Korona der Beobachtung zugänglich werden. Im Rahmen des Verbundforschungsprojektes D-LOFAR wurden am AIP Programmpakete zur Nutzung von LOFAR für Sonnenbeobachtungen erstellt.

an important item. In the future, AIP will participate in ESA's "Solar Orbiter" space mission (Fig. 1) for which it will design and construct a telescope tube for imaging X-rays with the STIX instrument. The Sun is important for mankind, not only for providing life but also for influencing the Earth's climate and our technical civilization. These influences are commonly referred to as "Space Weather". Consequently, research results related to solar activity are of general relevance to society. In the framework of the European project LOFAR, AIP is coordinating the key science project "Solar Physics and Space Weather with LOFAR". LOFAR is a novel radio telescope originally designed by ASTRON in the Netherlands for radio astronomical observations of the sky at low frequencies (30–240 MHz). The instrument consists of approximately 40 stations in the Netherlands and eight stations throughout Europe. One of them was established by AIP in Potsdam-Bornim. LOFAR is of special interest for solar physicists because the processes in the outer corona become observable. In the framework of the "D-LOFAR" BMBF Verbundforschung project, software packages have been developed at AIP enabling LOFAR operation for solar research.

On March 17, 2011, LOFAR observed its first radio burst (see Fig. p. 20 and Fig. 2). Its duration was only three seconds. An enhanced radio emission had occurred above an active region at the western edge of the Sun, where the burst took place. This was also observed by NASA's SDO spacecraft. Fig. 2 shows an extreme ultra-violet (EUV) image of the Sun at the time (11:11:42 UT) of the burst. The isolines of the radio intensity are overlaid. A

detailed analysis of animated EUV difference images reveals a plasma jet (red arrow Fig. 3) occurring simultaneously with the burst. Such a jet appears as a result of magnetic reconnection. The interaction of the jet with the surrounding plasma leads to the acceleration of electrons and, finally, to the emission of radio waves.

Major solar flares also have a variety of photospheric signatures. These include rapid and permanent changes to the magnetic field resulting in an increase

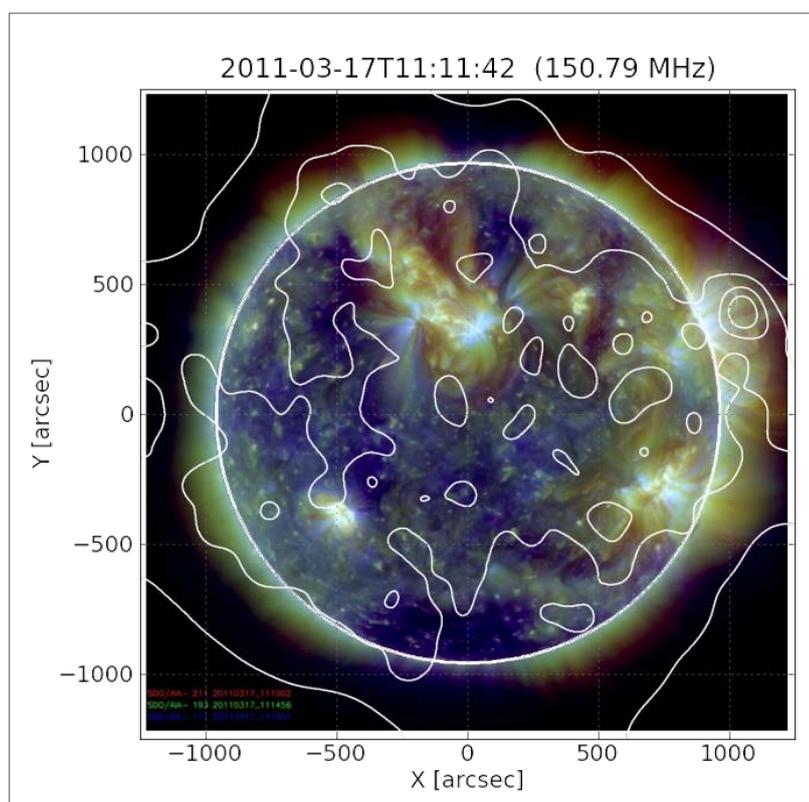


Fig. 2: LOFAR radio contour map superposed on a composite EUV image of the Sun, which was recorded by the Atmospheric Imaging Assembly (AIA) on board NASA's Solar Dynamic Observatory.

Am 17. März 2011 beobachtete LOFAR den ersten solaren Radioburst (s. Fig. S. 20 und Fig. 2). Er dauerte nur drei Sekunden. Eine erhöhte Radioemission erscheint am Westrand der Sonne oberhalb der aktiven Region. Genau dort fand der Radioburst statt. Er wurde auch von den Instrumenten des NASA-Satelliten SDO beobachtet. Fig. 2 zeigt das Sonnenbild im Bereich des extremen ultravioletten Lichtes (EUV) zum Zeitpunkt des Radioburst (11:11:42 UT). Die Isolinien der Radiointensität sind überlagert. Eine genauere Analyse der

EUV-Bilder lässt einen Plasmajet (roter Pfeil in Fig. 3) erkennen. Solch ein Jet entsteht im Ergebnis magnetischer Rekonnektion. Die Wechselwirkung eines Jets mit dem umgebenden Plasma führt zur Beschleunigung von Elektronen und schließlich zur Emission von Radiowellen.

Strahlungsausbrüche haben eine Reihe von Auswirkungen, die sich auch in der Photosphäre nachweisen lassen. Dazu gehören rasche und fortwährende Änderungen des Magnetfeldes, wobei die transversalen Felder stärker werden, die magnetische Scherung zunimmt, und Scherströmungen entlang der magnetischen Neutrallinie auftreten. Photometrische Beobachtungen zeigen, dass ganze Gebiete der Penumbra verschwinden, während die Umbra von Sonnenflecken dunkler wird. Dies ist ein Hinweis auf das Umklappen von Magnetfeldern, die ursprünglich eher horizontal waren und sich nun plötzlich aufrichten. Diese Phänomene wurden auch in SDO-Daten während eines X2.2 Strahlungsausbruchs im aktiven Gebiet NOAA 11158 am 15. Februar 2011 beobachtet (Fig. 4). Zum ersten Mal wurde die zeitliche Entwicklung eines Weißlichtflares in SDO-Daten nachvollzogen. Die in Regenbogenfarben gehaltenen Konturen zeichnen diese Entwicklung nach. Die Weißlichtemissionen treten auf beiden Seiten der magnetischen Neutrallinie auf – in Regionen, in denen Scherströmungen des Plasmas zu Spannungen in den Magnetfeldlinien beitragen, die sich über dem aktiven Gebiet befinden.

Das Solar Optical Telescope (SOT) der japanischen Hinode Mission liefert Sonnendaten mit einer noch höheren räumlichen Auflösung, wobei insbesondere die genaue Messung von Magnetfeldern im Vordergrund steht. Mit spektralen Inversionsrechnungen, wie sie beispielsweise mit dem SIR-Code durchgeführt werden, lassen sich die physikalischen Zustände in einem Sonnenfleck sehr genau ermitteln. Das am 2. September

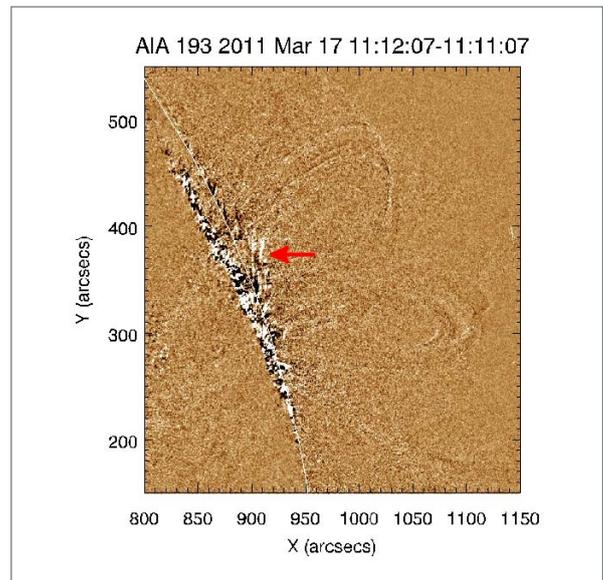


Fig. 3: AIA difference image (19.3 nm), which reveals a plasma jet (red arrow) above the active region, where the radio burst occurred.

in the transverse magnetic field and magnetic shear, penumbral decay and strengthening of umbral areas due to initially inclined magnetic field lines becoming more vertical, coherent lateral displacement of penumbral filaments, elongated magnetic structures along the polarity inversion line (PIL), and changes of the vector magnetic field around the PIL on spatial scales below one second of arc. Several of these phenomena were observed in an X2.2 flare in active region NOAA 11158 on February 15, 2011. The temporal evolution of white-light flare kernels was measured for the first time in SDO continuum images (Fig. 4). In SDO magnetograms, these kernels can be located on both sides of the PIL, where shear flows contribute to the build-up of magnetic stress in field lines straddling an active region.

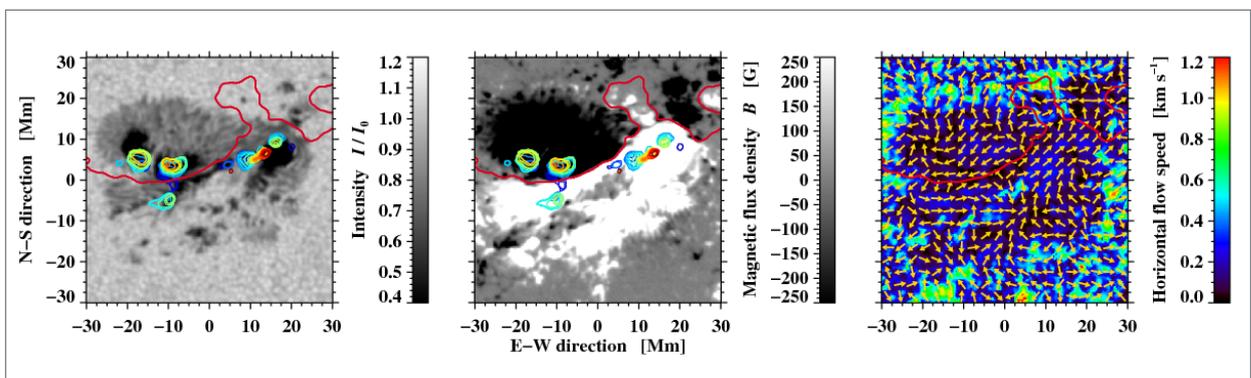


Fig. 4: An X2.2 flare occurred in the central part of active region NOAA 11158 on February 15, 2011. The rainbow-coloured contour lines trace the progression of the white-light flare kernel superposed on SDO continuum images and magnetograms. Shear flows (orange arrows) are observed on both sides of the flaring polarity inversion line shown in red.

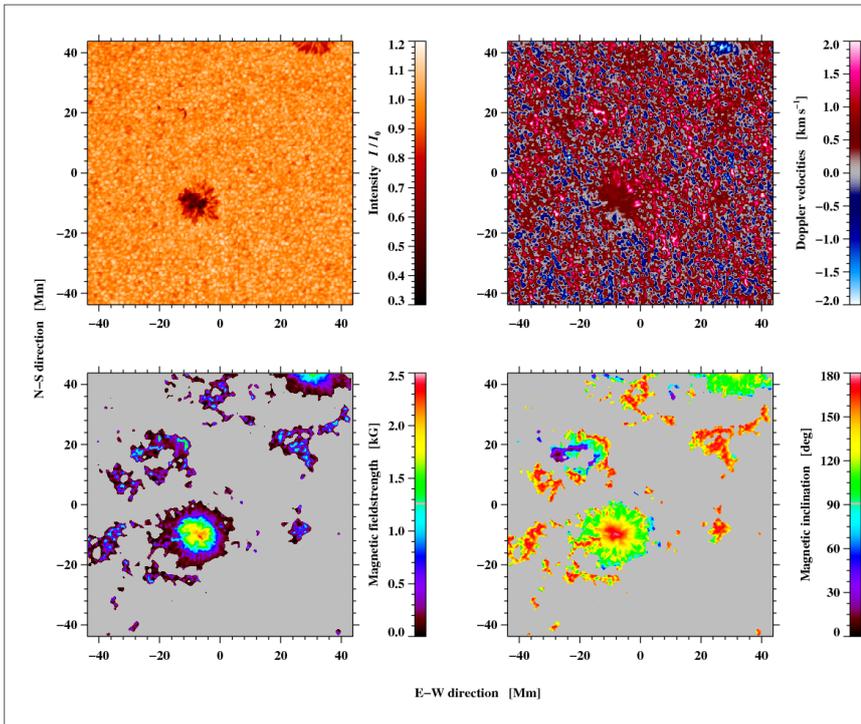


Fig. 5: Hinode observations of active region 11277 on September 2, 2011 depicting a continuum image, the magnetic field strength and inclination, and the Doppler velocity.

The Japanese Hinode Solar Optical Telescope (SOT) provides data with even higher spatial resolution and magnetic sensitivity. Spectral inversion codes, such as SIR (Stokes Inversion based on Response functions), can be used to derive physical parameters with high fidelity. Active region NOAA 11277 on September 2, 2011 was an example of a sunspot group in a much quieter setting (Fig. 5). Physical parameters such as magnetic field strength and direction, the filling factor of magnetic field lines, plasma temperatures, and Doppler velocities provide a comprehensive picture of sunspots. Deviations from simple bipolar magnetic con-

2011 beobachtete aktive Gebiet NOAA 11277 ist ein gutes Beispiel für eine ruhige, bipolare Sonnenfleckengruppe (Fig. 5). Die Inversionsrechnungen liefern physikalische Größen wie die Magnetfeldstärke, die Richtung des Magnetfeldes, den Bruchteil des vom Magnetfeld eingenommen Raums in einem Pixel, die Plasmatemperatur und die Geschwindigkeit, mit der sich das Plasma auf den Beobachter zu oder von ihm weg bewegt. Aus dem Vergleich von einfachen und komplexen Sonnenfleckengruppen lassen sich Rückschlüsse ziehen, welche Magnetfeldkonfigurationen zu eruptiven Prozessen auf der Sonne führen können. Die im September 2011 durchgeführten Hinode-Beobachtungen waren Teil einer koordinierten Beobachtungskampagne, zu der auch VTT-Beobachtungen mit mehreren Instrumenten beigetragen haben.

Die beschriebenen Phänomene zeigen eindrucksvoll, wie das solare Magnetfeld die Sonnenaktivität bestimmt. Hervorzuheben ist, dass in der Forschungsabteilung „Physik der Sonne“ die wechselseitige Verbindung von Beobachtung und Theorie eine entscheidende Rolle spielt.

figurations then provide clues for understanding the magnetic field topology and reconnection events taking place in more complex, flare-prolific active regions. The Hinode observations in September 2011 were part of a coordinated observation campaign, which also included multi-wavelength observations obtained at the VTT on Tenerife.

The aforementioned phenomena impressively show that solar activity is governed by the magnetic field. The close interaction between observation and theory is of special importance to the “Physics of the Sun” research section.

Ausgewählte Publikationen Selected Publications

Aurass, H., Mann, G., Zlobec, P., Karlický, M. (2011): **Radio evidence of break-out reconnection**, The Astrophysical Journal 730, 57.

Balthasar, H., Muglach, K. (2010): **The three-dimensional structure of sunspots. II. The moat flow at two different heights**, Astronomy & Astrophysics 511, A67.

Breitling, F., Mann, G., Vocks, C. (2011): **Propagation of energetic electrons from the corona into interplanetary space and type III radio emission**, Proceedings of the 7th international workshop on "Planetary, solar and heliospheric radio emissions", p. 373.

Denker, C., Balthasar, H., Hofmann, A., Bello González, N., Volkmer, R. (2010): **The GREGOR Fabry-Pérot interferometer: a new instrument for high-resolution solar observations**, Proceedings of the SPIE 7735, 77356M.

Karlsson, R., Rucker, H. O., Mann, G., Konovalenko, A. A., Breitling, F., Dorovskyy, V., Vocks, C., (2011): **Combined Radio Observations with LOFAR and the Giant Ukrainian Radio Telescope**, Proceedings of the Planetary Radio Emissions VII, Graz, Sep. 15-17, 2010.

Mann, G., Warmuth, A. (2011): **Budget of energetic electrons during solar flares in the framework of magnetic reconnection**, Astronomy & Astrophysics 528, A104.

Puschmann, K. G., Beck, C. (2011): **Application of speckle and (multi-object) multi-frame blind deconvolution techniques on imaging and imaging spectropolarimetric data**, Astronomy & Astrophysics 533, A21.

Verma, M., Denker, C. (2011): **Horizontal flow fields observed in Hinode G-band images. I. Methods**, Astronomy & Astrophysics 529, A153.

Vocks, C. (2011): **Kinetic models for whistler wave scattering of electrons in the solar corona and wind**, Space Science Reviews, Online First.

Volkmer, R., von der Lühe, O., Denker, C., et al. (2010): **GREGOR solar telescope: design and status**, Astronomische Nachrichten 331, 624.

Warmuth, A., Mann, G. (2011): **Kinematical evidence for physically different classes of large-scale coronal EUV waves**, Astronomy & Astrophysics 532, A151.



Team 2010/2011: Kurt Arlt, Henry Aurass, Horst Balthasar, Stephan Braune, Frank Breitling, Carsten Denker, Andrea Diercke, Axel Hofmann, Doris Lehmann, Gottfried Mann (head), Rositsa Miteva, Hakan Önel, Klaus Puschmann, Jürgen Rendtel, Jürgen Staude, Meetu Verma, Christian Vocks, Alexander Warmuth



First detection of a magnetic field in the fast rotating runaway Oe star ζ Ophiuchi.

Sternphysik und Sternaktivität Stellar Physics and Stellar Activity

Magnetfelder steuern die nicht-thermische Strahlung von vielen Objekten im Kosmos, insbesondere die der Sonne und anderer Sterne. Sie sind für die atmosphärische Aktivität verantwortlich, welche wiederum die Wechselbeziehung zwischen Sternen und Planeten reguliert. Ein Ansatzpunkt der Forschungsabteilung „Sternphysik und Sternaktivität“ ist die Beobachtung und Kartierung von stellaren Magnetfeldern in einer Vielfalt von Sternen und die Zuordnung zu den jeweiligen Entwicklungsstadien des Objekts. So wurde zum Beispiel eine Dopplerkarte des Vorhauptreihensterns V410 Tau, einer sehr jungen Sonne, mit Hilfe von zwei verschiedenen Dopplerkartierungs-Algorithmen berechnet, mit TempMap und iMAP. Beide Algorithmen basieren auf der Inversion von hochaufgelösten Spektren. Die Ergebnisse beider Verfahren stimmen vielversprechend überein. Zum allerersten Mal konnte ein Bild der Moleküllinien mit TempMap und eine Karte der magnetischen Oberfläche mit iMAP hergestellt werden. Unter den massiveren Objekten befanden sich Herbig-Ae/Be- und FU-Ori-Vorhauptreihensterne, Sterne in Haufen und im Feld, HgMn-Sterne, kalte sdB-Sterne und Cepheid-Variable, des Weiteren der Röntgendoppelstern Cygnus X-1. Magnetfelder wurden zum ersten Mal in verschiedenen β -Cepheid-Sternen und dem O9-Überriesen in Cyg X-1 entdeckt.

Eine Zeeman-Doppler-Karte des sonnenähnlichen Muttersterns HD 179949

Der jupiterähnliche Planet der den Stern HD 179949 umkreist, liegt auf einer sehr nahen Umlaufbahn mit einer Periode von lediglich drei Tagen. Es gab Hinweise in früheren Arbeiten, dass HD 179949 eine Erhöhung der Aktivität in den CaII H und K Emissionslinien zeigt, die synchron mit der orbitalen Umlaufperiode des Planeten ist. Um die mögliche Interaktion zwischen dem Mutterstern und seinem Planeten zu bestätigen und weiter zu untersuchen, wurde der Stern im Juli 2011 mit dem neuen ESO 3,6m/HARPS Spektropolarimeter über eine volle orbitale Periode seines Planeten beobachtet. Nach einer Signalrekonstruktion, mittels einer PCA basierten Methode, auf die 39 Einzelaufnahmen angewandt wurden, konnte eine klare Detektion des Stokes-V Signals erzielt werden. Fig. 1 zeigt die vorläufige Zeeman-Doppler Karte, d.h. die Magnetfeldrekonstruktion, die aus den einzelnen Stokes-Linienprofilen mit Hilfe des Inversionscode iMap gewonnen werden konnte. Die Zeeman-Doppler Karte zeigt, dass der Stern eine überwiegend dipolartige Feldverteilung aufweist. Ob sein Magnetfeld von dem Planeten beeinflusst wird, ist zurzeit Gegenstand weiterer Auswertungen. Allein die bloße Detektion eines Magnetfeldes eines Sternes mit einem extrasolaren

Magnetic fields drive the non-thermal radiation of many cosmic objects, in particular that of the Sun, as well as other stars. It is the agent responsible for spectral atmospheric activity that, in turn, governs solar-terrestrial and star-planet interactions. One approach of the “Stellar Physics and Stellar Activity” research section is to observe and map stellar surface magnetic fields in a variety of stars and relate this to their general evolutionary status. For example, we have computed Doppler images of the pre-main sequence star V410 Tau, a very young Sun, with two different Doppler-imaging codes: TempMap and iMAP. Both codes are based on the inversion of high-resolution spectra. The results from the two codes turned out to be encouragingly consistent. For the first time, we also produced an image from molecular lines with TempMap as well as a magnetic surface map with iMAP. Among the massive-star targets were pre main-sequence Herbig Ae/Be and FU-Ori stars, cluster and field of stars, HgMn stars, cool sdB stars and Cepheid variables, but also the elusive X-ray binary Cygnus stars and β Cephei X-1. Magnetic fields were discovered for the first time on slowly pulsating B stars, the O9 supergiant component of Cyg X-1, and β Cephei stars.

A Zeeman-Doppler Image of the Planet-Hosting Solar-Type Star HD 179949

The solar type star HD 179947 is orbited by a planet that is a close-in, hot Jupiter with an orbital period of three days. It has been reported that HD 179949 shows signs of an enhancement of its CaII H and K emission, which appeared synchronous to the planetary orbit. To further investigate the possible magnetic interaction between the host star and its planet, in July 2011 HD 179949 was observed with the new ESO 3.6m/HARPS spectropolarimeter over one of the planet’s full orbital periods. After applying our PCA-based reconstruction technique to the 39 exposures and stacking up to

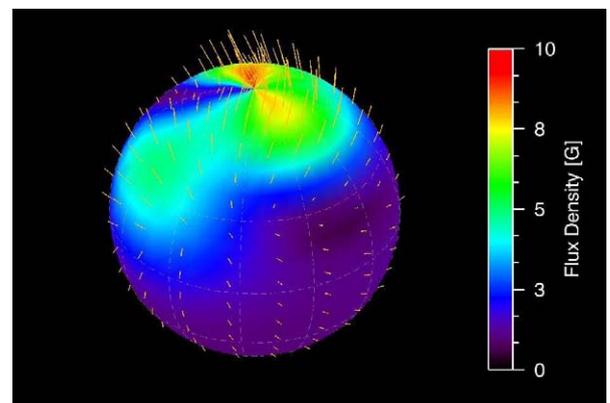


Fig. 1: A Zeeman-Doppler image of the planet-hosting solar-type star HD 179949.

Planeten gibt Anlass zu weitreichenden Spekulationen über die Stern-Planeten-Interaktion und deren zeitliche Entwicklung.

Tiefe STELLA/WiFSIP-Beobachtung des offenen Sternenhaufens NGC 1647

Das Bild (Fig. 2, rechtes Feld) wurde mit 30 ksec Integrationszeit mit STELLA-I, einem Bildfeld von $22' \times 22'$ und einem Sampling von $0,32''/\text{Pixel}$ unter Zuhilfenahme eines Sloan r' -Filters gewonnen. Die Grenzgröße liegt bei 24,5 Magnituden. Das Farben-Helligkeits-Diagramm mit UKIDSS-Johnson-K-Magnituden (linkes Feld) zeigt, dass STELLA/WiFSIP bis hinunter zur Grenze des Wasserstoffbrennens von braunen Zwergen von 0,08 Sonnenmassen in diesem Haufen reicht. Der Haufen ist Teil des laufenden „STELLA Open Cluster Survey“ (SOCS). SOCS ist das erste wissenschaftliche Projekt, das mit WiFSIP ausgeführt wird. Es begann während der Inbetriebnahme des Instruments im Mai 2010 und zielt auf die Beobachtung der Entwicklung der Rotation von Sternen mit geringer Masse.

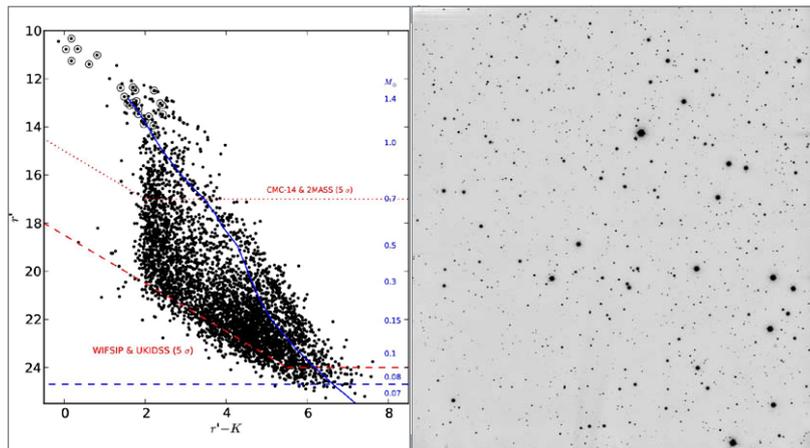


Fig. 2: STELLA/WiFSIP deep field of the open cluster NGC 1647.

Doppler-Kartierung des schnell rotierenden GO Riesen 31 Comae

Der Stern 31 Comae gibt schon seit vielen Jahrzehnten Rätsel auf. Grund dafür ist die Abwesenheit einer photometrischen Variabilität bei gleichzeitiger starker chromosphärischer und koronaler Emission. Um diesem Rätsel auf den Grund zu gehen wurde hochpräzise Weisslichtphotometrie mit dem MOST-Satelliten in Kombination mit bodengebundener APT-Photometrie sowie hochauflösender Spektroskopie mit dem Échelle-Spektrographen des STELLA-Teleskops durchgeführt. Die MOST-Daten zeigten zum ersten Mal eine Lichtvariation mit einer Amplitude von fünf Millimagnituden und einer photometrischen Periode von 6,80 Tagen. Eine Radialgeschwindigkeit von 270 Metern pro

seven reconstructed profiles, we were able to detect a clear Stokes-V signal. The provisional Zeeman-Doppler image (Fig. 1), computed from the spectral line profiles with our own iMAP inversion code shows that the magnetic field of HD 179949 possesses a pronounced dipole character. Whether the field is modulated by the planet is currently still under investigation. However, the mere detection of a magnetic field on a planet-hosting star gives rise to a number of speculations towards planet-star interactions.

STELLA/WiFSIP Deep Field of the Open Cluster NGC 1647

The image (Fig. 2, right panel) constitutes 30 ksec of integration time and a sampling of $0.32''/\text{px}$ in STELLA-I's $22' \times 22'$ field of view with a Sloan r' filter. Its limiting magnitude is around 24.5mag. A colour-magnitude diagram with UKIDSS Johnson-K magnitudes (left panel) shows that STELLA/WiFSIP can reach down to the brown-dwarf hydrogen-burning limit of 0.08 solar masses for this cluster. The cluster is part of the ongoing STELLA Open Cluster Survey (SOCS). The SOCS is the first science project carried out with WiFSIP. It started in the commissioning phase of the instrument in May 2010 and aims to observe the rotational evolution of low-mass stars.

Doppler Imaging of the Single, Rapidly-Rotating GO Giant 31 Comae

31 Comae has been a puzzle for many decades because of its absence of photometric variability despite strong chromospheric and coronal emissions. New, high-precision, white-light photometry was carried out with the MOST satellite in combination with ground-based APT photometry and high-resolution optical Échelle spectroscopy from STELLA. The MOST data reveal, for the first time, light variations with an amplitude of 5 milli-mag and an average photometric period of 6.80 days. Radial-velocity variations with an amplitude of 270 m/s and a period of 6.76 days were detected from our STELLA spectra. We interpret both as products of stellar rotation. A detection of a strong HeI absorption line indicates non-radiative heating processes in its atmosphere. The first-ever Doppler images (Fig. 3) of this star show a large, cool and asymmetric polar starspot. The fact that we reconstructed a big polar starspot

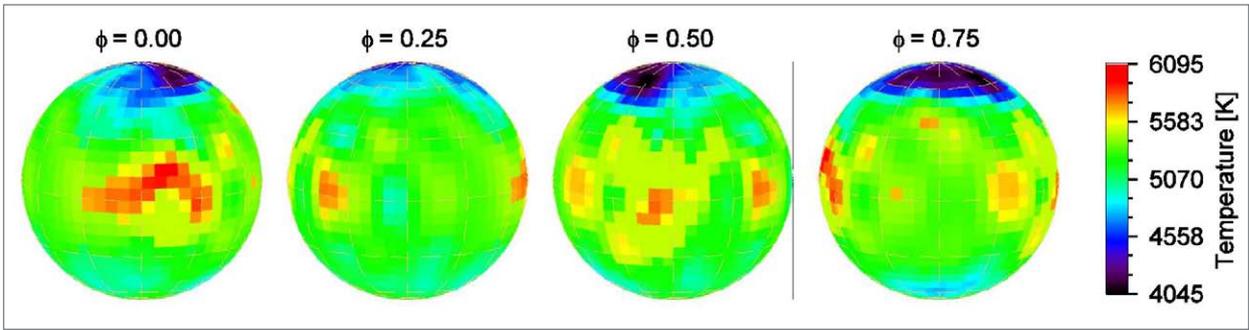


Fig. 3: Doppler imaging of the single rapidly-rotating G0 giant 31 Comae.

Sekunde und eine Periode von 6,76 Tagen konnte aus den STELLA-Spektren ermittelt werden. Beides kann auf die stellare Rotation zurückgeführt werden. Die Detektion einer starken HeI Absorption deutet auf einen nicht strahlungsgetriebenen Heizmechanismus hin. Die erste jemals gewonnene Doppler-Karte (Fig. 3) dieses Sterns zeigt einen großen kühlen und asymmetrischen polaren Fleck. Die Rekonstruktion dieses großen polaren Flecks führt zu dem Schluss, dass 31 Com ein fossiles Feld in sich trägt und über eine überwiegend poloidalen Feldgeometrie verfügt – auch wenn dies der Tatsache widerspricht, dass die Rossby-Zahl größer als eins ist, was erwarten ließe, dass kein effizient operierender Dynamo in der konvektiven Hülle existiert.

Es scheint, dass der Stern sich in dem seltenen Zustand befindet, in welchem eine rapide magnetische Bremsung sowie eine beginnende Abschwächung des vorhandenen Lithiums einsetzt, da das Alter von 31 Com fast genau mit dem vorhergesagten Einsetzen der Konvektion in seiner Hülle übereinstimmt.

Doppelstern-induzierte magnetische Aktivität: Zeitserien-Échelle-Spektroskopie und Photometrie des KOIV-II Hauptsterns des Doppelsternsystems HD 123351 mit STELLA

Von insgesamt 955 hochauflösenden STELLA-Échelle-Spektren, aufgenommen während der Jahre 2006 bis 2010, wurde die magnetische Flussdichte über die sichtbare Sternoberfläche sowie deren zeitliche Variation bestimmt. Die magnetische Flussdichte wird beschrieben als das Produkt aus Magnetfeldstärke B und dem Oberflächenfüllfaktor f . Eine Beispielrechnung einer synthetischen Anpassung (Fit) an ein gemittelt Linienprofil ist im Bild (Fig. 4) für die Zeeman-sensitive Spektrallinie FeI 6173 gezeigt. Die Punkte repräsentieren die signalaufbereitete Beobachtung und die durchgezogene Linie den Fit aus der Inversion mit insgesamt sechs freien Parametern. Im unteren Teil des Bildes sind die Abweichungen zwischen Beobachtung

despite the Rossby number being larger than unity, and thus no efficient envelope dynamo is expected, leads us to conclude that 31 Com still harbours a fossil, predominantly poloidal magnetic field.

The star appears to be at a rare stage, exactly at the onset of rapid magnetic braking and at the start of lithium dilution, because its age almost exactly coincides with the predicted onset of envelope convection.

Binary-induced magnetic activity: time-series Échelle spectroscopy and photometry of the KOIV-III primary stars of the active binary HD123351 with STELLA

From a total of 955 high-resolution STELLA Échelle spectra taken during the years 2006-2010, we determined the magnetic-flux density, and its time variation, over the visible surface of this star. The magnetic flux density, or magnetic flux for short, is described by the product $B \cdot f$, which is the magnetic field strength B times the surface filling factor f . An example inversion that fits to the averaged line profile for the 2008 observing season is shown in Fig. 4 for the

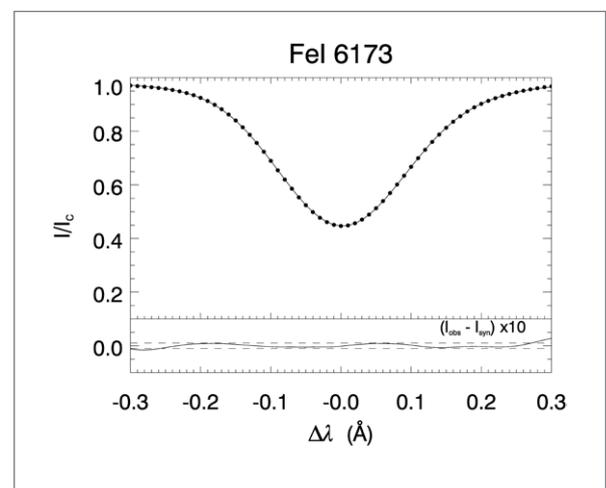


Fig. 4: Binary-induced magnetic activity: time-series Échelle spectroscopy and photometry of the KOIV-III primary stars of the active binary HD123351 with STELLA.

und Modellrechnung zu sehen, die wegen der besseren Sichtbarkeit mit einem Faktor zehn multipliziert worden sind. Die durchschnittliche magnetische Flussdichte auf HD 123351 beträgt 542 ± 72 Gauss. Die Anwendung der Inversion auf alle verfügbaren STELLA-Spektren zeigt eine Flussdichteveriation, die in Phase ist mit der rotationsmodulierten chromosphärischen Aktivität und in Antiphase mit dem orbitalen Durchlauf des Begleiters in dem Sinne, dass eine niedrigere Flussdichte zu den Zeiten auftritt wenn der Begleiter nahe des Periastron ist. Es wird eine Interaktion zwischen den beiden Komponenten des Doppelsternsystems postuliert und die vorläufige Schlussfolgerung aufgestellt, dass die Interaktion verantwortlich ist für die Verringerung des magnetischen Flusses am Periastron. Sie ist wahrscheinlich auch verantwortlich für die unerwartete langsame und asynchrone Rotation des Hauptsterns.

Neubestimmung der Schwerkraft Weißer Zwerge mit Hilfe von 3D-Modellatmosphären

Kühle Weiße Zwerge vom Typ DA mit reinen Wasserstoffatmosphären werfen ein bislang ungelöstes Problem auf: Ihre spektroskopische Analyse ergibt eine deutlich höhere Oberflächenschwerebeschleunigung als den kanonischen Wert von $\log(g) \sim 8$, der für diese Sterne zu erwarten ist. Die Untersuchungen des AIP haben nun gezeigt, dass das Problem auf eine unzureichende Beschreibung der Konvektionsströmungen in den Atmosphären dieser Sterne zurückzuführen ist. Es wurde gezeigt, dass die mittlere Schwerebeschleunigung der kühlen Weißen Zwerge praktisch mit der der heißeren Objekte übereinstimmt, wenn man statt der üblichen 1D-Mischungswegmodelle die detaillierten 3D-Strahlungs-Hydrodynamik-Modelle zur Berechnung der Wasserstofflinienprofile heranzieht. Fig. 5 zeigt einen vertikalen Querschnitt der atmosphärischen Temperaturstruktur des 3D-Modells für einen repräsentativen Zeitpunkt. Pfeile zeigen die Strömungsgeschwindigkeit an, Konturlinien verbinden Punkte gleicher optischer Tiefe. Diese Arbeit ist als Highlight bei Astronomy & Astrophysics erschienen.

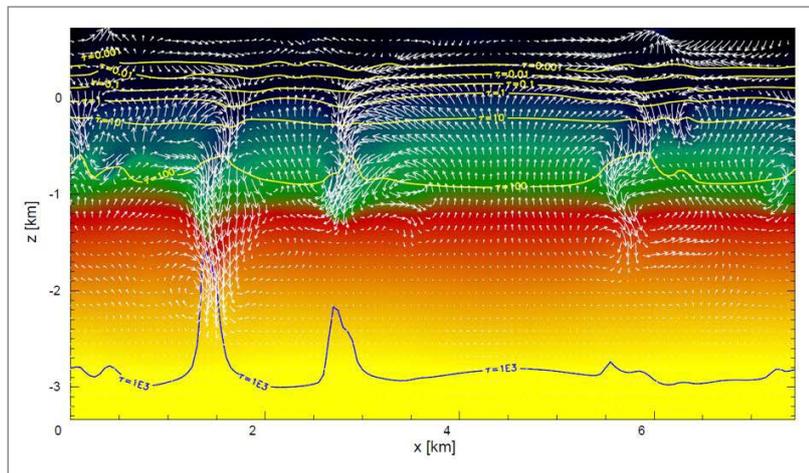


Fig. 5: New surface gravities for white dwarfs from 3D model atmospheres.

Zeeman-sensitive FeI-line 6173. The dots are the signal-enhanced observations ($S/N \sim 650$) and the line is the inversion fit with a total of six free parameters. The lower panel shows the residuals, enhanced by a factor of ten for better visibility. The average magnetic flux density on the surface of HD123351 is 542 ± 72 Gauss. Applying such a procedure to all STELLA spectra yielded a flux variation in phase with the rotationally modulated chromospheric activity of the star but in antiphase with the orbital revolution of the secondary component in the sense that a lower magnetic flux was seen at times near periastron. We postulated an inter-binary magnetic field and tentatively concluded that it is responsible for the flux dilution at periastron. It is likely also responsible for the unexpectedly slow and asynchronous rotation of the primary star.

New Surface Gravities for White Dwarfs from 3D Model Atmospheres

The surface gravities of cool hydrogen-atmosphere white dwarfs, determined from spectroscopic analyses, was claimed to be significantly higher than the canonical value of $\log(g) \sim 8$ expected for these stars. The 3D spectra from our computations predict significantly lower surface gravities, based on a more sophisticated treatment of convection and radiative transfer. A key paper concluded that the surface gravity distribution of cool convective DA white dwarfs is much closer to that of hotter objects when using 3D models for the treatment of the convection instead of the mixing-length framework. Fig. 5 shows the temperature structure for a 3D model of a slice in the horizontal-vertical plane. The arrows are the convective velocities while the lines are constant optical depths. This result appeared as a highlight in Astronomy & Astrophysics.

Das Magnetfeld und die Elementhäufigkeiten auf der Oberfläche von AR Aurigae

Zum ersten Mal wurde eine Dopplerkarte für den HgMn-pekuliaren Hauptstern des AR-Aur-Systems erstellt, bei dem es sich um einen jungen doppelstern bedeckenden Doppelstern späten B-Typs handelt. Eine Dopplerkartierungsmethode wurde angewendet, um die Verteilung von Titan, Eisen und Yttrium auf der Oberfläche des Hauptsterns zu rekonstruieren, unter Verwendung von spektroskopischen Zeitreihen von STELLA/SES in einer konzertierten Aktion mit dem 2m-TLS/Coudé in Tautenburg und NOT/SOFIN auf La Palma. Fig. 6 zeigt die Elementverteilung der Ti-II-456,3 nm-Linie (links), der Fe-II-492,39 nm-Linie (mittig) und der Y-II-490,01 nm-Linie (rechts), aufgenommen mit STELLA/SES und TLS zum Zeitpunkt der gleichzeitigen Magnetfeldmessungen mit dem SOFIN-Spektrographen am Nordic Optical Telescope (NOT).

Magnetische Eigenschaften und Struktur von Akkretionsscheiben von Herbig Ae/Be-Sternen

Modelle magnetisch getriebener Akkretion und Ausflüsse reproduzieren viele beobachtete Eigenschaften von Vorhauptreihensternen mit kleiner Masse, den klassischen T-Tauri-Sternen. Für Vorhauptreihensterne mit größerer Masse, den sogenannten Herbig-Ae/Be-Sternen, war dieses Bild bisher diffuser. Erst vor kurzem wurde magnetisch kontrolliertes Verhalten mit Hilfe von spektroskopischer und photometrischer Veränderlichkeit bei dem stark magnetischen Herbig-Ae/Be-Stern V1052 Cen (HD 101412) gefunden. Die beobachteten UVES- (dem hochauflösenden „Ultraviolet and Visual Échelle Spectrograph“ des VLT) und FORS- (dem „FOcal Reducer and low dispersion Spectrograph“ des VLT) Spektren dieses Sterns zeigen Veränderungen von Äquivalentbreiten, Radialgeschwindigkeiten, Linienbreiten, Linienasymmetrien, longitudinale Magnetfeld und mittlerem Magnetfeldmodulus über die Rotationsperiode von 42,1 Tagen. Im

The Magnetic Field and Surface Element Abundances of AR Aurigae

For the first time, a Doppler image has been obtained of the primary star of HgMn peculiarity in the AR Aur system, which is a young, late B-type, double-lined eclipsing binary. A Doppler Imaging procedure was applied to reconstruct the distribution of iron and yttrium over the surface of the primary, using spectroscopic time series from STELLA/SES in a concerted effort with the 2m-TLS/Coudé in Tautenburg and NOT/SOFIN on La Palma. Fig. 6 shows the element distributions from the Ti II 456.3 nm line (left), the Fe II 492.39 nm line (middle), and the YII 490.01 nm line (right) as obtained with STELLA/SES and TLS at the same time as parallel magnetic-field measurements with the SOFIN spectrograph at the Nordic Optical Telescope NOT.

Studies of Magnetic Properties and Structure of Accretion Disks of Herbig Ae/Be Stars

Models of magnetically-driven accretion and outflow successfully reproduce many properties observed in low-mass, pre-main sequence stars – the classic T Tauri stars. The picture is less clear for higher-mass, pre-main sequence stars, known as Herbig Ae/Be stars. Magnetically controlled behaviour was only recently discovered in spectroscopic and photometric variability of the strongly magnetic Herbig Ae/Be star V1052 Cen (HD 101412). The observed UVES (the high-resolution Ultraviolet and Visual Échelle Spectrograph of the VLT) and FORS (FOcal Reducer and low dispersion Spectrograph of the VLT) spectra of this star present variations in equivalent widths, radial velocities, line widths, line asymmetries, longitudinal magnetic field modulus, and mean magnetic field modulus over the rotation period of 42.1 days (Fig. 7).

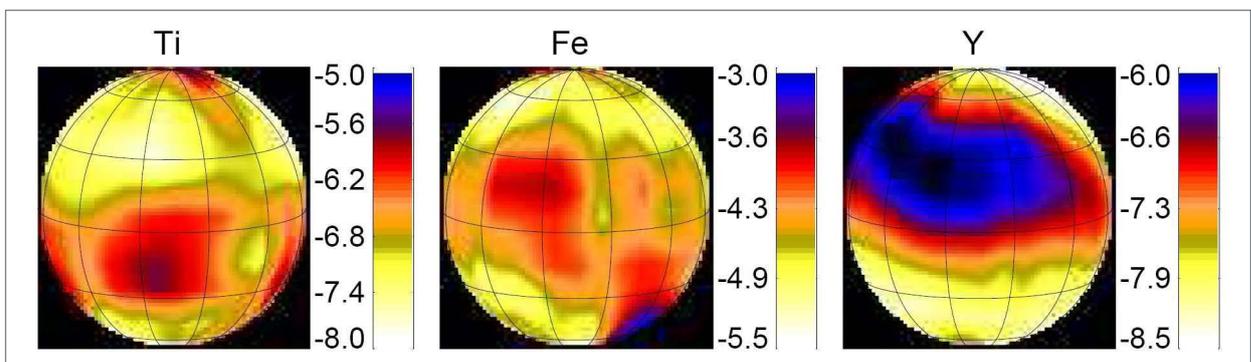


Fig. 6: The magnetic field and surface elemental abundances of AR Aurigae.

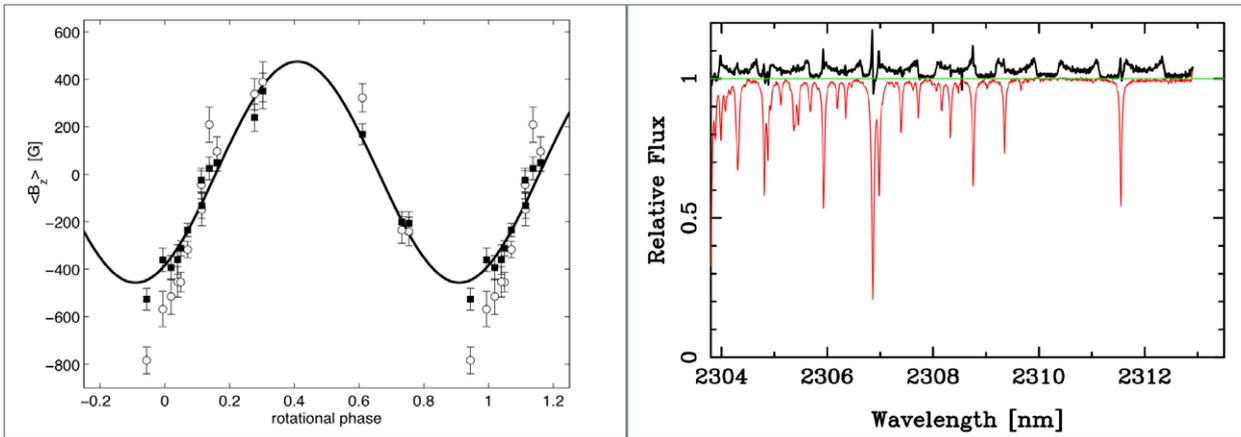


Fig. 7: Studies of the magnetic properties and the structure of the accretion disks of Herbig Ae/Be stars.

linken Teil von Fig. 7 ist die Veränderungen des longitudinalen Magnetfeldes über die Rotationsperiode zu sehen. Mehrere Herbig-Ae/Be-Sterne mit schon bekannten Magnetfeldern wurden vor kurzem mit X-shooter (einem der Instrumente der zweiten Generation am VLT) im sichtbaren und nahen Infrarot beobachtet, um die Veränderungen der Massenakkretionsraten über die magnetische Periode bzw. Rotationsperiode zu untersuchen. Des Weiteren wurden Beobachtungen mit dem hochauflösenden Nah-Infrarot-Spektrographen CRIRES (dem „CRYogenic high-resolution InfraRed Échelle Spectrograph“ des VLT) angestellt. Diese Beobachtungen sind von großer Wichtigkeit, um die Beziehung zwischen der Topologie des Magnetfelds, der Physik des Akkretionsflusses und der Emission des Akkretions-scheibengases zu verstehen. Die hochauflösenden CRIRES-Spektren von V1052 Cen offenbaren erstaunlich scharfe Emissionscharakteristika von Kohlenstoffmonoxidgas (CO) in der Umlaufbahn des Sterns. Im rechten Teil von Fig. 7 ist das CRIRES-Spektrum des R-Zweiges des ersten CO-Obertonbandes dargestellt. Beobachtungen mit hoher spektraler Auflösung ermöglichen es, den Ort und die radiale Ausdehnung des emittierten Gases zu bestimmen. Unsere Beobachtungen grenzen das Gas auf einen scharf definierten Ring ein, der etwa eine astronomische Einheit (der Abstand der Erde von der Sonne) vom Zentralstern entfernt ist. Die radiale Ausdehnung des Ringes ist weniger als ein Drittel der Entfernung des Ringes vom Stern. Kohlenstoffmonoxid kann nicht der einzige Bestandteil dieses Ringes sein. Zukünftige Beobachtungen werden diese und andere Bestandteile ermitteln und untersuchen, um das Mysterium des CO-Ring um V1052 Cen zu lüften.

A number of Herbig Ae/Be stars, the magnetic fields of which had previously been detected, were observed with X-shooter (one of the second generation of instruments at the VLT) in the visible and near-infrared to study the variations of mass accretion rates over the magnetic/rotation periods, as well as with the high-resolution near-infrared spectrograph CRIRES (CRYogenic high-resolution InfraRed Échelle Spectrograph at the VLT). These observations are of great importance in understanding the relationship between magnetic field topology, the physics of accretion flow, and accretion disk gas emission. The high-resolution CRIRES spectra of V1052 Cen reveal unusually sharp emission features from carbon monoxide (CO) in orbit around this star. Fig. 7 presents the CRIRES spectrum of the R-branch of CO's first overtone band. Observations at a high spectral resolution are capable of discerning the location and radial extent of the emitted gas. Our observations restrict the gas to a sharply-defined ring, about one astronomical unit (Earth-Sun distance) from the central star. The radial extent of the ring is less than a third of the distance of the ring from the star. CO is only one component of the gas ring. Future observations must be made in order to identify and study other components and to unfold the mystery of the CO ring around V1052 Cen.

Ausgewählte Publikationen Selected Publications

Hubrig, S., Schöller, M., Ilyin, I., Cowley, C. R., Mikulášek, Z., Stelzer, B., Pogodin, M. A., Yudin, R. V., Curé, M. (2011): **Characterising the magnetic fields of the Herbig Ae/Be stars HD 97048, HD 150193, HD 176386, and MWC 480**, *Astronomy & Astrophysics* 536, A45.

Strassmeier, K. G., Carroll, T. A., Weber, M., Granzer, T., Bartus, J., Oláh, K., Rice, J. B. (2011): **Binary-induced magnetic activity? Time-series Échelle spectroscopy and photometry of HD 123351 = CZ CVn**, *Astronomy & Astrophysics* 535, A98.

Scholz, R.-D., Bihain, G., Schnurr, O., Storm, J. (2011): **Two very nearby ($d \sim 5$ pc) ultracool brown dwarfs detected by their large proper motions from WISE, 2MASS, and SDSS data**, *Astronomy & Astrophysics* 532, L5.

Schwarz, R., Haghighipour, N., Eggl, S., Pilat-Lohinger, E., Funk, B. (2011): **Prospects of the detection of circumbinary planets with Kepler and CoRoT using the variations of eclipse timing**, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 414, 2763.

Weber, M., Strassmeier, K. G. (2011): **The spectroscopic orbit of Capella revisited**, *Astronomy & Astrophysics* 531, A89.

Hubrig, S., Schöller, M., Kharchenko, N. V., Langer, N., de Wit, W. J., Ilyin, I., Kholtygin, A. F., Piskunov, A. E., Przybilla, N. (2011): **Exploring the origin of magnetic fields in massive stars: a survey of O-type stars in clusters and in the field/xref**, *Astronomy & Astrophysics* 528, A151.

Rice, J. B., Strassmeier, K. G., Kopf, M. (2011): **The Surface of V410 Tauri**, *Astrophysical Journal* 728, 69.

Järvinen, S. P., Berdyugina, S. V. (2010): **Imaging of stellar surfaces with the Occamian approach and the least-squares deconvolution technique**, *Astronomy & Astrophysics* 521, A86.

Strassmeier, K. G., Granzer, T., Kopf, M., Weber, M., Küker, M., Reegen, P., Rice, J. B., Matthews, J. M., Kuschnig, R., Rowe, J. F., Guenther, D. B., Moffat, A. F. J., Rucinski, S. M., Sasselov, D., Weiss, W. W. (2010): **Rotation and magnetic activity of the Hertzsprung-gap giant 31 Comae**, *Astronomy & Astrophysics* 520, A52.

Dall, T. H., Bruntt, H., Stello, D., Strassmeier, K. G. (2010): **Solar-like oscillations and magnetic activity of the slow rotator EK Eridani**, *Astronomy & Astrophysics* 514, A25.

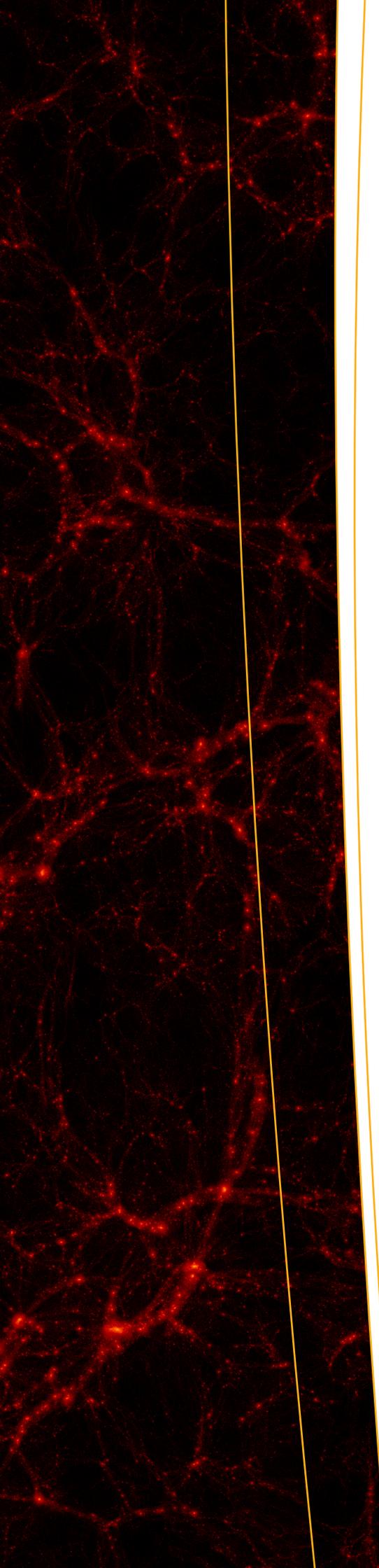
Caffau, E., Bonifacio, P., Faraggiana, R., Steffen, M. (2011): **The Galactic evolution of phosphorus**, *Astronomy and Astrophysics* 532, A98.

Schönberner, D., Jacob, R., Sandin, C., Steffen, M. (2010): **The evolution of planetary nebulae. VII. Modelling planetary nebulae of distant stellar systems**, *Astronomy & Astrophysics* 523, A86.

Tremblay, P.-E., Ludwig, H.-G., Steffen, M., Bergeron, P., Freytag, B. (2011): **Solution to the problem of the surface gravity distribution of cool DA white dwarfs from improved 3D model atmospheres**, *Astronomy & Astrophysics* 531, L19.



Team 2010/2011: Gabriel Bihain, Thorsten Carroll, Manuel Flores-Soriano, Swetlana Hubrig (head), Ilya Ilyin, Ralf Jacob, Silva Järvinen, Andreas Künstler, Matthias Müller, Matthias Steffen, Klaus G. Strassmeier, Robert Schwarz, Jens-Ole Tietje

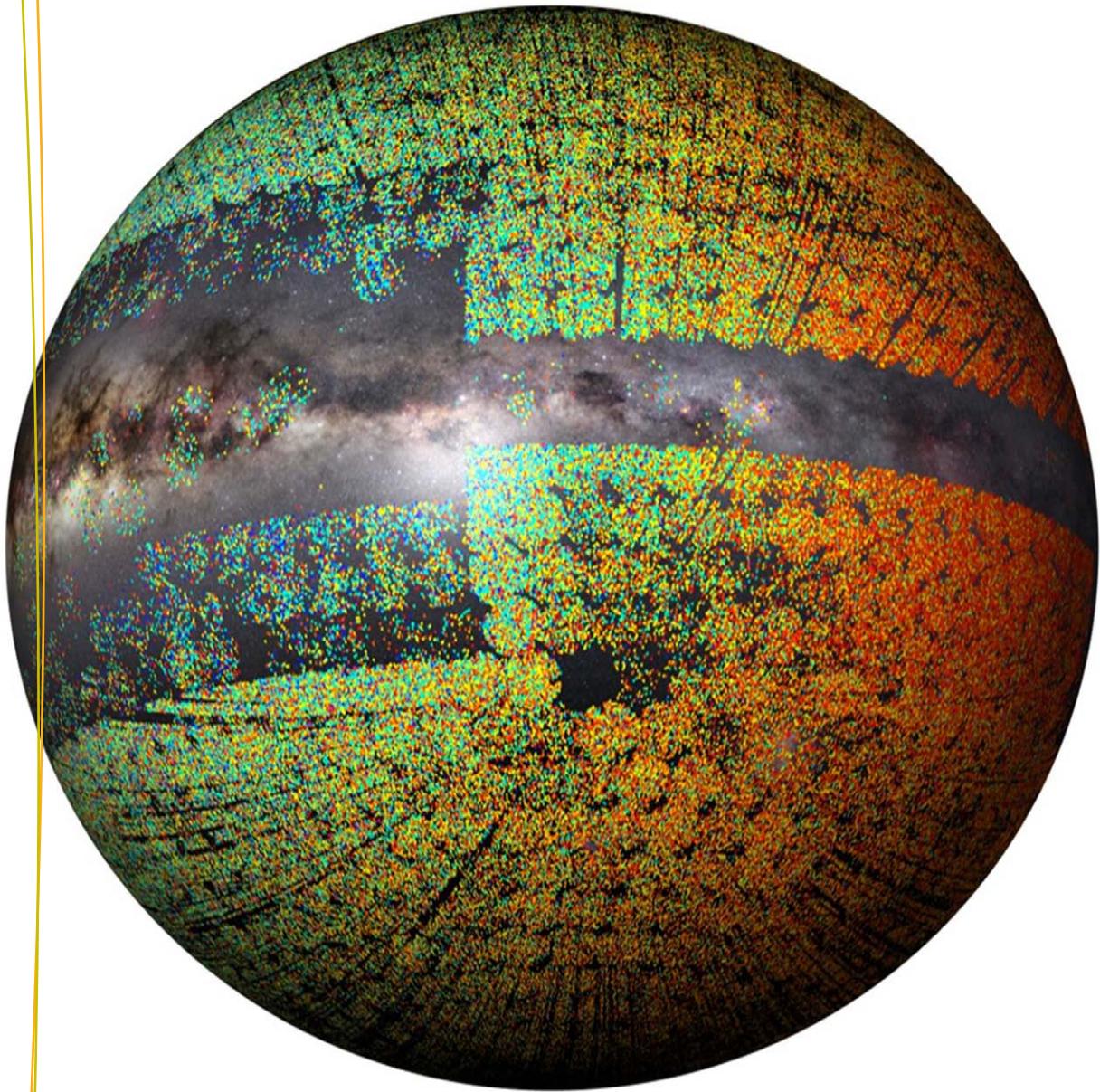


Extragalaktische Astrophysik

Galaxien sind fundamentale Bausteine unseres Kosmos. Auf großen Skalen dienen sie als Marker, um die Masseverteilung im Kosmos auszuloten. Hierbei spielen die aktiven Galaxien und Quasare eine besondere Rolle. Nähere Objekte lassen sich räumlich auflösen und in Populationen verschiedener Kinematik, Sternentstehungsgeschichte und chemischen Häufigkeiten zerlegen. Hierbei kommt insbesondere die Methode der 3D-Spektroskopie zum tragen, einer der Stützpfeiler im Technologie-Programm des Instituts. In unserer unmittelbaren kosmischen Nachbarschaft sowie in unserer Milchstraße können Galaxien in Einzelsterne aufgelöst werden. Da die Sternpopulationen die chemischen und kinematischen Bedingungen zum Zeitpunkt ihrer Bildung konservieren, lässt sich die Entstehungsgeschichte dieser Galaxien in erstaunlichem Detail rekonstruieren – die Galaxie wird zum kosmologischen Labor. Diese recht neue Forschungsrichtung ist auch unter dem Namen „galaktische Archäologie“ oder „Nahfeld-Kosmologie“ bekannt. Auf Seiten der Theorie werden diese verschiedenen Aspekte extragalaktischer Forschung mittels hochaufgelöster Computersimulationen verfolgt und verknüpft.

Extragalactic Astrophysics

Galaxies are fundamental cosmic building blocks. They serve as markers to explore the distribution of matter in the Universe on large scales. Active Galaxies and Quasars are particularly important. Nearby objects can be resolved spatially and are allocated to populations of different kinematics, stellar formation history and chemical abundances. Methods of 3D spectroscopy as an integral part of the technology programme of the institute are especially relevant to these objects. Galaxies in our direct cosmic neighbourhood, and in the Milky Way, can be resolved into individual stars. As stellar populations conserve the chemical and kinematic conditions from the time of their birth, the formation history of those galaxies can be reconstructed in impressive detail and a galaxy becomes a cosmic laboratory. This relatively new field of research is also known as “Galactic Archaeology” or “Near-field Cosmology”. Theoretical studies further examine and link these different aspects of extragalactic research with high-resolution numerical simulations.



Milchstraße und die
lokale Umgebung
Milky Way and the
Local Volume

Galaxien sind komplexe Systeme aus Sternen, Gas, Staub und anderen Komponenten (wie z. B. der geheimnisvollen „Dunklen Materie“). Die Forschungsabteilung „Milchstraße und die lokale Umgebung“ untersucht die Milchstraße und ihre nächstgelegenen Nachbar-Galaxien. Diese galaktischen Sternsysteme sind nahe genug, um im Detail, d.h. Stern für Stern, und in drei Dimensionen untersucht zu werden. Solche spektroskopischen und astrometrischen Durchmusterungen helfen, die Struktur und Entstehungsgeschichte der Milchstraße zu verstehen und die stellare Akkretionsgeschichte der jeweiligen Galaxie abzuleiten. Zur Analyse dieser Beobachtungen werden die neuesten chemischen Evolutionsmodelle herangezogen. Oberstes Ziel ist es, die Bildung galaktischer Systeme nicht nur in Teilen, sondern in ihrer Gesamtheit zu verstehen.

Die Struktur der Milchstraße

Unser Standort innerhalb der Milchstraße erlaubt es, einzelne Sterne im Detail zu studieren, macht es aber schwer, zu einem Verständnis ihrer Struktur als Ganzes zu gelangen. Umfangreiche spektroskopische Durchmusterungen der Milchstraße ermöglichen die Bestimmung der Kinematik, der Entfernung und der chemische Zusammensetzung von Hunderttausenden von Sternen. Das vom AIP geleitete RAVE-Projekt (Radial Velocity Experiment) ist eine spektroskopische Durchmusterung von hellen Sternen am Südhimmel. Bis Ende 2011 wurden bereits mehr als 500.000 Spektren von mehr als 400.000 Sternen erfasst. War die Studie ursprünglich dafür vorgesehen, Geschwindigkeitsdaten von Sternen zu erhalten, konnte durch neu entwickelte Datenreduktions-Pipelines gezeigt werden, dass die Daten auch Aufschluss über weitere stellare Parameter (Temperatur, Metallizität, Schwerkraft) und sogar detaillierte chemische Häufigkeiten geben können. RAVE-Daten werden verwendet, um chemische Gradienten in der lokalen Umgebung der Sonne zu ermitteln, um die kinematische Struktur und Substruktur in lokalen stellaren Populationen zu bestimmen und um die Entstehungsszenarien der lokalen galaktischen Scheiben zu belegen.

Darüber hinaus wurde mit RAVE ein neuer Sternstrom im Sternbild Aquarius (Wassermann) entdeckt, der auch nach diesem Sternbild benannt wurde. Der Aquarius-Strom ist der von der Erde aus am nächsten gelegene stellare Strom, der je gefunden wurde und mit etwa 700 Millionen Jahren auch der jüngste.

Galaxies are complex systems made of stars, gas, dust, and other components (such as mysterious “Dark Matter”). The “Milky Way and the Local Volume” research section studies the Milky Way galaxy and its nearest neighbouring galaxies. These galactic stellar systems are near enough to be studied in great detail, star by star. Of prime importance is the study of the Milky Way, the only galaxy we can fully map in 3D. The largest spectroscopic and astrometric surveys of the Milky Way are helping us to understand the structure and formation history of the Milky Way. Extensive imaging surveys of nearby disk galaxies allow us to resolve their stellar outskirts and to deduce their stellar accretion history. These observations are analysed with the latest chemical evolution models of the Milky Way, with dynamic models of galaxies of all sizes, and with models of galaxy formation in full cosmological context. Even though these objects of study are near enough to be investigated in great detail, understanding the formation of galactic systems as a whole, not just their individual elements, remains the goal.

The Structure of the Milky Way

Our location inside the Milky Way allows us to study its individual stars with high accuracy, but it also makes it very difficult to obtain an understanding of its structure as a whole. Massive spectroscopic surveys enable us to determine the kinematics, the distances, and the chemical composition of hundreds of thousands of Milky Way stars. The RAVE (Radial Velocity Experiment) project is an AIP-led spectroscopic census of bright stars in the southern sky which, by the end of 2011, had obtained more than 500,000 spectra of more than 400,000 stars. While originally intended mainly to record the velocities of stars, RAVE data has turned out to be good enough, when used with newly developed data-reduction pipelines, to provide accurate stellar parameters (temperature, metallicity and gravity) and even detailed chemical abundance. RAVE data has been used to determine chemical gradients in the local solar neighbourhood, to determine the kinematic structure and substructure in local stellar populations, and to constrain the formation scenarios of the local galactic disks. RAVE revealed a new stellar stream named the Aquarius stream after the constellation in which it resides. It is the closest stellar stream to Earth found to date, as well as the youngest, having formed about 700 million years ago.

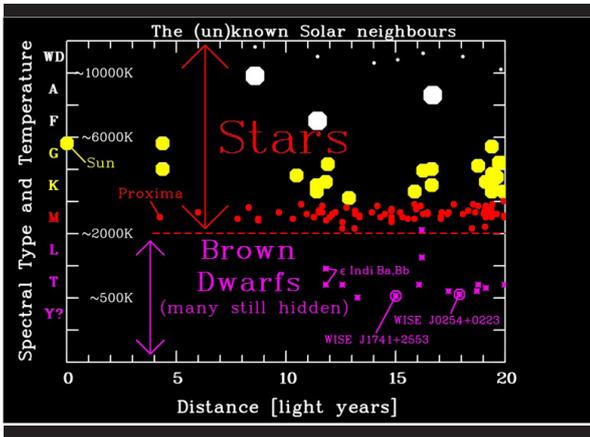


Fig. 1: Distribution of the nearest known stars and Brown Dwarfs, with the newly discovered Brown Dwarfs indicated by their WISE designation. By comparing the stellar and Brown Dwarf distributions, taking into account how difficult it is to detect Brown Dwarfs, it is likely that there are still many nearby Brown Dwarfs left to be discovered.

Zwei ultrakalte Braune Zwerge, nur 15 und 18 Lichtjahre von der Sonne entfernt, wurden mit dem Wide-Field Infrared Survey Explorer (WISE) entdeckt und durch Spektroskopie mit dem Large Binocular Telescope (LBT) bestätigt. Die Entdeckung gelang, weil beide Braune Zwerge sich durch eine starke Infrarot-Emission auszeichnen, welche mit einer hohen Eigenbewegung gekoppelt ist. Eigenbewegung heißt in diesem Fall, dass sich ihre Position am Himmel aus unserer Sicht in einem relativ kurzen Zeitraum stark verändert. Generell sind Braune Zwerge Sterne, die nie heiß und massereich genug waren, um eine Kernfusion einzuleiten. Die niedrigen Oberflächentemperaturen der neu entdeckten Zwerge von etwa 230°C ließen sie lange unentdeckt bleiben. Die Suche nach neuen Braunen Zwergen geht weiter. Man schätzt, dass bisher weniger als zehn Prozent der Braune Zwerge in der lokalen Umgebung der Sonne entdeckt wurden (Fig. 1).

Die direkten Entfernungen zu 111 Cepheiden in der Milchstraße und in den Magellanschen Wolken wurden durch die Nahinfrarot-Flächenhelligkeits-Methode ermittelt. Diese ermöglicht eine Rekalibrierung der Perioden-Leuchtkraft-Beziehung für Cepheiden im nah-infraroten K-Band und einen direkten Bezug auf geometrische Entfernungen. Diese Beziehung ist, im Gegensatz zu anderen gängigen Perioden-Leuchtkraft-Beziehungen, weitgehend unabhängig von der Metallicität der Cepheiden und damit ideal zur extragalaktischen Entfernungsbestimmung (Fig. 2).

Two ultracool Brown Dwarfs, located only 15 and 18 light years away from the Sun, have been discovered using the Wide-Field Infrared Survey Explorer (WISE). The Brown Dwarfs were discovered due to their strong infrared emissions, combined with their high proper motion. In other words, their position in the sky changed from our point of view in a relatively short period of time. Brown Dwarfs are failed stars that were never massive or hot enough to initiate nuclear fusion. The new dwarfs have surface temperatures of about 230°C. At these relatively low temperatures, Brown Dwarfs are extremely hard to detect. The search for new Brown Dwarfs continues, since it is possible that less than ten percent of the Brown Dwarfs in the local solar neighbourhood have been discovered so far (Fig. 1).

GHOSTS: Tales from the outskirts of galaxies

According to the latest galaxy formation models, large galaxies are formed by accreting many smaller satellites. The remnants of recently accreted satellites are still there, especially in the outer parts of galaxies, but are difficult to detect. Therefore, we have started the GHOSTS (Galaxy Halos, Outer Disks, Substructure, Thick Disks, and Star Clusters) survey, which employs the Hubble Space Telescope to image individual stars in the outskirts of 18 nearby galaxies. By measuring the concentration of stars we can trace the structure of these galaxies to much fainter levels than formerly possible. Furthermore, because stars have colours and luminosities that depend on their age and chemical composition, we can investigate the structure of galaxies. We have found that all massive disk galaxies seem to be surrounded by an extensive halo, with properties that are related to the inner bulge. Galaxies show a sharp drop in the density of stars at the edge of their disk, but this density drop is much steeper amongst young stars than amongst old stars. This suggests that older stars have been scattered to these larger radii due to a radial migration process caused by spiral arm and bar density wave resonances.

The Nature of the First Stars

The first stars that formed after the Big Bang provided the Universe with the first elements that were heavier than helium (“metals”) after they exploded as Supernovae. These elements were incorporated

GHOSTS: Geschichten vom Rande der Galaxien

Nach den jüngsten Galaxie-Modellen bildeten sich große Galaxien durch Akkretion vieler kleinerer Satelliten. Die Überreste von vor kurzem akkretierten Satelliten sind immer noch – vor allem in den äußeren Bereichen der Galaxien – zu finden, jedoch schwer zu erkennen. Die Studie GHOSTS (Galaxy Halos, Outer Disks, Substructure, Thick Disks and Star Clusters) nutzt das Hubble Space Teleskop, um einzelne Sterne in den Außenbereichen von 18 nahen Galaxien abzubilden. Durch die Messung der Anzahldichte der Sterne können die Strukturen dieser Galaxien auf viel schwächerem Niveau als bislang aufgefunden gemacht werden. Farbe und Helligkeit von Sternen sind von ihrem Alter und der chemischen Zusammensetzung abhängig. Es wurde festgestellt, dass alle großen Galaxien von einem ausgedehnten Halo umgeben sind, mit Eigenschaften, die vom Bulge abhängen. Bei allen untersuchten Galaxien kann ein starker Rückgang der Sternendichte in den Randbereichen festgestellt werden. Jüngere Sterne sind dabei stärker betroffen. Dies deutet darauf hin, dass ältere Sterne durch einen radialen Migrationsprozess auf Umlaufbahnen mit größeren Radien gestreut wurden.

Die Beschaffenheit der ersten Sterne

Nachdem die ersten Sterne, die sich nach dem Urknall gebildet haben, als Supernovae explodiert waren, versorgten sie das Universum mit den ersten Elementen, die schwerer als Helium sind („Metalle“). Gas, aus dem sich die nächste Generation von Sternen bildete, wurde mit diesen Metallen angereichert. Lediglich die massereichsten Sterne dieser Generation haben bis in die Gegenwart überdauert. Jüngste Ergebnisse zeigen, dass Sterne in den ältesten Sternhaufen der Milchstraße in der Tat Oberflächenhäufigkeiten an Metallen aufweisen, die nur durch einen solchen Anreicherungsprozess erklärt werden können. Allerdings sind diese Häufigkeiten außergewöhnlich hoch und gehen mit einer großen Streuung der s-Elemente (Barium, Yttrium und Strontium) einher. Eine Erklärung hierfür liefern metallarme, schnell rotierende, massereiche Sterne, die vermutlich einen bis zu vier Größenordnungen höheren Gehalt an s-Prozess-Elementen liefern als nicht-rotierende, massereiche Sterne es könnten. Dies deutet auf gemeinsame Eigenschaften der ersten stellaren Generationen und sogar der ersten Sterne hin.

into the next generations of stars, the lower-mass stars of which have survived to this day. Our recent results show that stars in the oldest Globular Cluster in the Milky Way have surface abundances of “metal” elements consistent with the concept that the gas they formed from was enriched by massive stars. However, they have anomalous high abundances and a large scatter of s-process elements (like Barium, Yttrium and Strontium) similar to that observed in extremely metal-poor halo stars. This pattern is best explained as originating in metal-poor, fast-rotating, massive stars, which are predicted to have s-process yields up to four orders of magnitude higher than non-rotating massive stars. This points to common properties within the first stellar generations and even within the first stars.

Modelling Milky Way Galaxies

Computer simulations of galaxy formation in a cosmological context are powerful tools in understanding the dominant processes that determine the nature of galaxies, such as galaxy-galaxy interactions, gas infall, and mergers. Internal evolutionary processes (such as radial migration) play a major role in shaping disk galaxies, such as the Milky Way. To better understand the formation of galaxies, including our own Milky Way, we use chemo-dynamical models, preferably in a cosmological framework. The cosmological nature of these simulations allows for an understanding of the hierarchical growth of galaxies, as well as infall, galaxy interactions, and galaxy mergers – processes

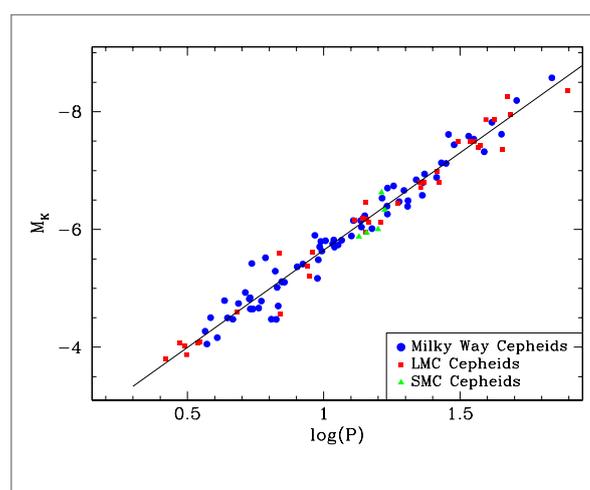


Fig. 2: On the basis of direct distances to 111 Cepheids in the Milky Way and in the Magellanic Clouds it has been possible to recalibrate the Cepheid period-luminosity relation in the near infrared K-band, tying it in directly to geometric distances to Cepheids. These data show that this relation is largely independent of the metallicity of the Cepheids in contrast to other popular period-luminosity relations and thus the best relation to be used for extra-galactic distance determination.

Modellierung der Milchstraße-Galaxien

Computersimulationen zur Galaxienentstehung helfen, Prozesse zu verstehen und zu protokollieren, die die Natur der Galaxien, Wechselwirkungen zwischen Galaxien, Gaseinfälle und Verschmelzungen dominieren. Interne Entwicklungsprozesse (wie radiale Migration) spielen demnach eine wichtige Rolle für die Beschaffenheit von Galaxien. Chemo-dynamische Modelle helfen, die Entstehung von Galaxien, einschließlich unserer eigenen Milchstraße, besser zu verstehen. Zusätzlich werden isolierte dynamische Modelle von Galaxien verwendet, um zu zeigen, dass die stellare radiale Migration in Galaxien durch die Überlappung von Resonanzen mehrerer Spiral- und Balkenmuster in galaktischen Scheiben (Fig. 3) verursacht werden kann.

4MOST – 4m-Multi Object Spectroscopic Telescope

Das vom AIP geführte 4MOST-Konsortium aus zwölf astronomischen Instituten beabsichtigt, eines der 4m-Teleskope der Europäischen Südsternwarte (ESO) mit einem fasergekoppelten Multi-Objekt-Spektrographen auszustatten, mit dem ein großer Ausschnitt des Südhimmels in nur wenigen Jahren durchmustert werden kann. Durch den hohen Multiplex-Faktor und die hohe spektrale Auflösung ermöglicht das Teleskop außerdem den Nachweis von chemischen und kinematischen Substrukturen in der Milchstraße. Die Abdeckung eines breiten Wellenlängenbereichs ermöglicht Geschwindigkeitsmessungen von extragalaktischen Objekten über einen großen Bereich der Rotverschiebung. 4MOST würde permanent entweder am NTT- oder VISTA-Teleskop in einer fünfjährigen öffentlichen Durchmusterung mehr als zehn Millionen Spektren mit einer Auflösung $R > 5.000$ und mehr als einer Million Spektren bei $R > 20.000$ liefern können. Dabei ergänzt es auch drei weltraumbasierte Observatorien, die den gesamten Himmel beobachten werden und die von größtem europäischen Interesse sind: Gaia, eRosita und Euclid.

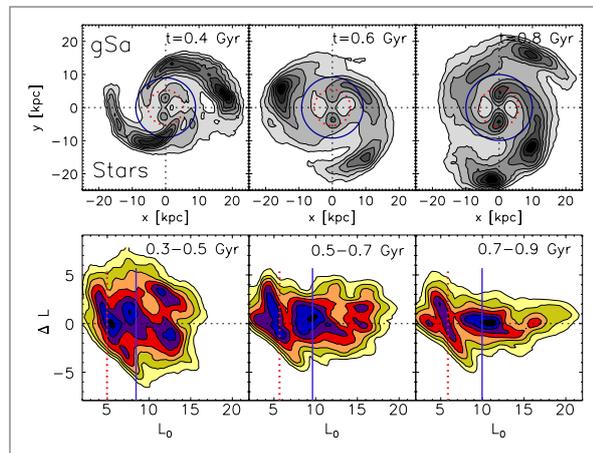


Fig. 3: Top: Differential density distributions in a model of a spiral galaxy for three different time steps separated by 200 million years. Bottom: The change of angular momentum of the stars – an indication of the radial migration of the stars – since the previous time step for the models above. This radial stellar migration is the result of bar and spiral arm resonances.

that shape galaxy properties as they evolve. However, we have also used isolated dynamic models of galaxies to show that stellar radial migration in galaxies can be caused by the resonance overlap of multiple spiral and bar patterns within galactic disks (Fig. 3).

4MOST – 4 m Multi-Object Spectroscopic Telescope

The 4MOST consortium of twelve astronomical institutes led by the AIP aims to provide the European Southern Observatory (ESO) community with a fibre-fed spectroscopic survey facility on a 4m-class telescope with a large enough field-of-view to survey a large fraction of the southern sky in a few years. It will also have a high multiplex and a high spectral resolution enabling the detection of chemical and kinematic substructure in the Milky Way and enough wavelength coverage to determine velocities of extragalactic objects over a large range in redshift. 4MOST will run permanently on either the NTT or the VISTA telescope to perform a five-year public survey yielding more than ten million spectra at a resolution of $R > 5,000$ and more than one million spectra at $R > 20,000$. Such exceptional facilities can be applied towards a variety of scientific fields, but the design is especially intended to complement three key all-sky, space-based observatories of prime European interest: Gaia, eRosita and Euclid.

Ausgewählte Publikationen Selected Publications

Boeche, C., Siebert, A., Williams, M., de Jong, R. S., Steinmetz, M., Fulbright, J., Ruchti, G., Bienaymé, O., Bland-Hawthorn, J., Campbell, R., Freeman, K., Gibson, B., Gilmore, G., Grebel, E., Helmi, A., Munari, U., Navarro, J., Parker, Q., Reid, W., Seabroke, G., Siviero, A., Watson, F., Wyse, R., Zwitter, T. (2011): **The RAVE Catalog of Stellar Elemental Abundances: First Data Release**, *Astrophysical Journal* 142, 193.

Chiappini, C., Frischknecht, U., Meynet, G., Hirschi, R., Barbuy, B., Pignatari, M., Decressin, T., Maeder, A. (2011): **Imprints of fast-rotating massive stars in the Galactic Bulge**, *Nature* 472, 454.

Crowther, P.A., Schnurr, O., Hirschi, R., Yusof, N., Parker, R.J., Goodwin, S.P., Kassim, H.A. (2010): **The R136 star cluster hosts several stars whose individual masses greatly exceed the accepted 150M_{solar} stellar mass limit**, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 408, 731.

Minchev, I., Famaey, B., Combes, F., Di Matteo, P., Mouhcine, M., Wozniak, H. (2011): **Radial migration in galactic disks caused by resonance overlap of multiple patterns: Self-consistent simulations**, *Astronomy & Astrophysics*, 527, 147.

Radburn-Smith, D. J., de Jong, R. S., Seth, A. C., ..., Vlajic, M. et al. (2011): **The GHOSTS Survey. I. Hubble Space Telescope Advanced Camera for Surveys Data**, *Astrophysical Journal Supplement* 195, 18.

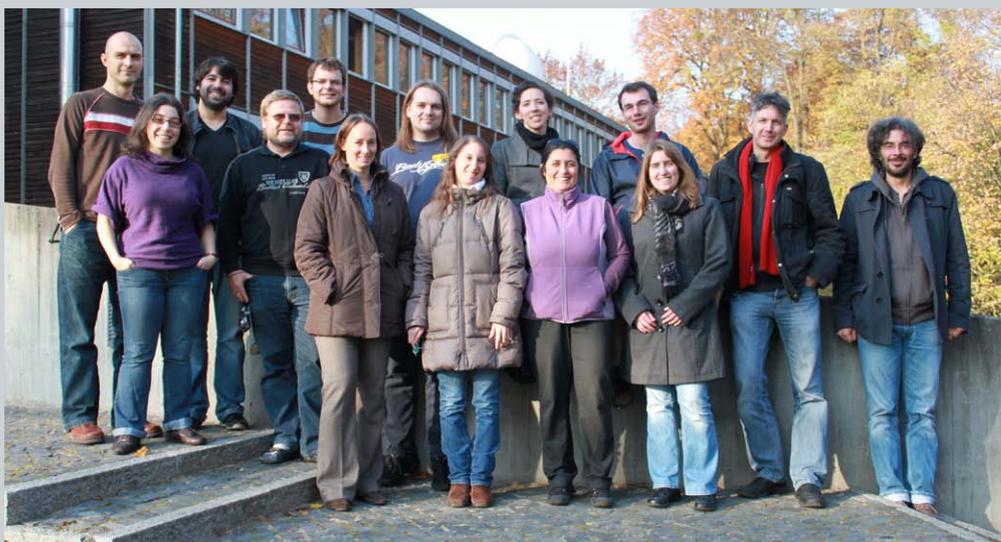
Scannapieco, C., Gadotti, D. A., Jonsson, P., White, S. D. M., (2010): **An observer's view of simulated galaxies: disc-to-total ratios, bars and (pseudo-) bulges**, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 407, L41.

Scholz, R.-D., Bihain, G., Schnurr, O., Storm, J. (2011): **Two very nearby (d ~ 5 pc) ultracool brown dwarfs detected by their large proper motions from WISE, 2MASS, and SDSS data**, *Astronomy & Astrophysics* 532, L5.

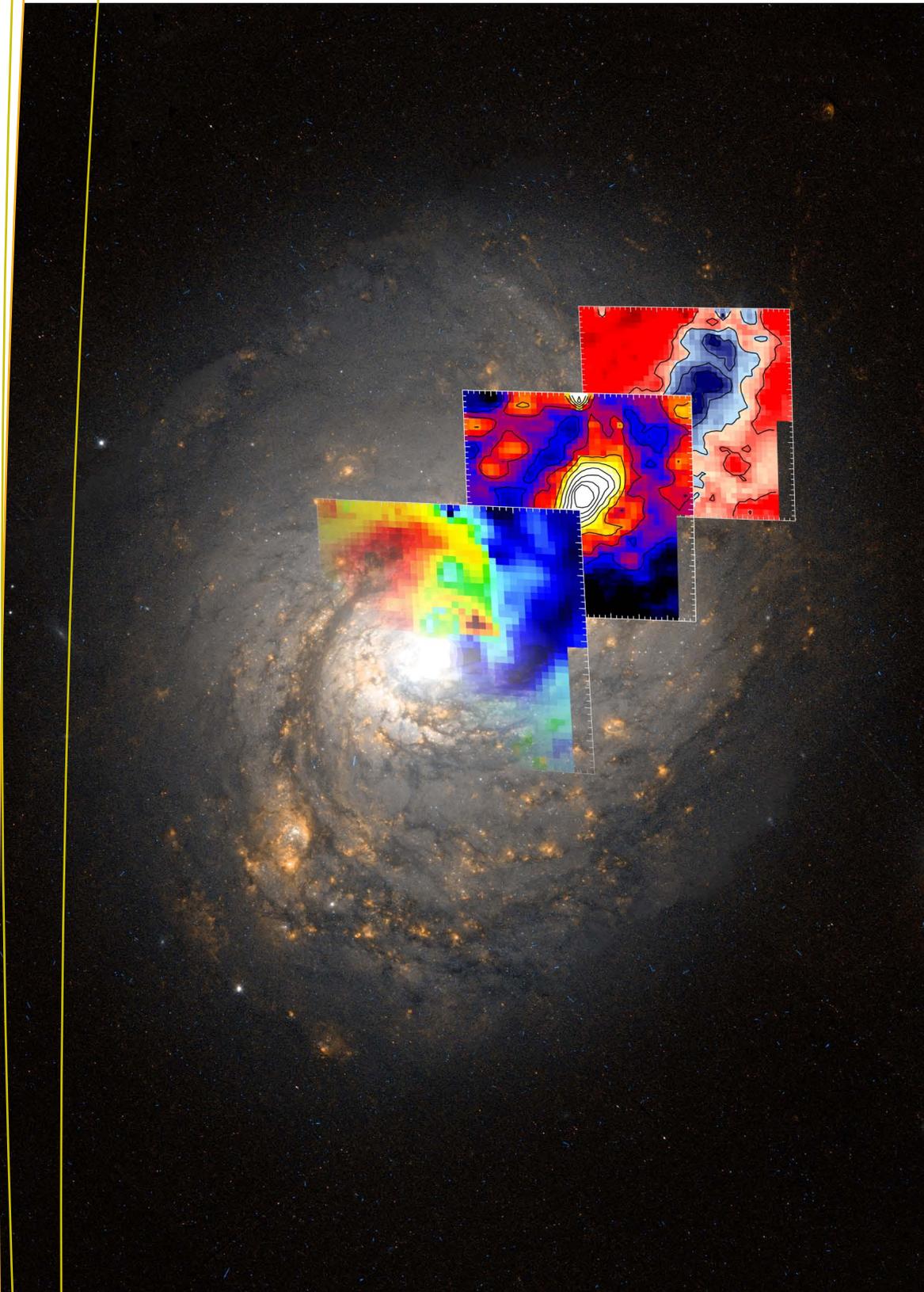
Siebert, A., Williams, M. E. K., Siviero, A., Reid, W., Boeche, C., Steinmetz, M., ..., de Jong, R. S., Enke, H., ... et al. (2011): **The RADial Velocity Experiment (RAVE): Third Data Release**, *Astronomical Journal*, 141, 187.

Storm, J., Gieren, W., Fouqué, P., Barnes, T. G., Soszyński, I., Pietrzyński, G., Nardetto, N., Queloz, D. (2011): **Calibrating the Cepheid period-luminosity relation from the infrared surface brightness technique. II. The effect of metallicity and the distance to the LMC**, *Astronomy & Astrophysics* 534, 95.

Williams, M. E. K., Steinmetz, M., Sharma, S., Bland-Hawthorn, J., de Jong, R. S. et al. (2011): **The Dawning of the Stream of Aquarius in RAVE**, *Astrophysical Journal* 728, 102.



Team 2010/2011: Borja Anguiano, Corrado Boeche, Dorothée Brauer, Gabriele Cescutti, Cristina Chiappini, Claudia Conrad, Diana Johl, Roelof de Jong (head), Joris Gerssen, Katja Janssen, Ivan Minchev, Pierre Ockvirk, Tilmann Piffl, Jan Ruppert, Cecilia Scannapieco, Olivier Schnurr, Ralf-Dieter Scholz, Matthias Steinmetz, Jesper Storm, David Streich, Ugur Ural, Marija Vlajic, Mary Williams



The galaxy NGC 1068 observed by the Hubble Space Telescope. Superimposed are maps showing emission line properties of the central region of this galaxy, constructed from data obtained with the ESO Very Large Telescope.

Galaxien und Quasare Galaxies and Quasars

Galaxien sind hochkomplexe Systeme aus Sternen, Gas und weiteren Bestandteilen (vor allem der mysteriösen „Dunklen Materie“). Die Untersuchung ihrer Entstehung in der Frühphase des Kosmos und ihre nachfolgende Entwicklung bis hin zu der heute beobachteten Formen- und Farbenvielfalt stellen eines der zentralen Forschungsfelder der modernen Astrophysik dar. Warum gibt es eine so deutliche Zweiteilung in elliptische und scheibenförmige Galaxien? Ist der Typ einer Galaxie mit ihrer Entstehung festgelegt oder kann sie ihren Charakter verändern? Welchen Einfluss hat die Umgebung, also die Existenz oder die Abwesenheit anderer nahegelegener Galaxien, auf die Entwicklung? Und welche Rolle spielen die massereichen schwarzen Löcher, die inzwischen im Zentrum von fast jeder größeren Galaxie vermutet werden?

Räumlich aufgelöste Spektroskopie von Galaxien

Galaxien sind oft spektakulär anzusehen, aber der Informationsgehalt von Bildern allein ist begrenzt. Viele astrophysikalisch relevante Eigenschaften von Galaxien erschließen sich erst durch detaillierte und vor allem räumlich aufgelöste spektroskopische Untersuchungen. Besonders mächtig ist dabei die am AIP mitentwickelte Methode der Integralen Feldspektroskopie, mittels derer für jeden Bildpunkt einer Galaxie ein eigenes Spektrum erzeugt wird. Die Analyse dieser Spektren liefert beispielsweise Erkenntnisse über die Altersverteilung der Sterne, die Anreicherung des interstellaren Gases mit schweren Elementen und über die Bewegungsmuster von Sternen sowie gasförmiger Materie im Gravitationsfeld der Galaxie (Fig. 1). Dadurch ergibt sich eine Momentaufnahme der strukturellen Eigenschaften der untersuchten Galaxien, die anschließend im Kontext physikalischer Modelle der Galaxienentstehung und -entwicklung diskutiert werden kann.

CALIFA: Eine repräsentative Studie von Galaxien

Für allgemeine Aussagen über die Eigenschaften von Galaxien muss man große und repräsentative Stichproben untersuchen. Allerdings sind die Durchführung und Auswertung astronomischer Beobachtungen meist so zeitraubend, dass solche Untersuchungen großen und leistungsfähigen Forscherteams vorbehalten sind. Seit 2010 führt das AIP in einer internationalen

Galaxies are complex systems made of stars, gas, and other components (such as the mysterious “Dark Matter”). Understanding the formation of galaxies in the early Universe and their subsequent evolution into the multitude of forms and colours we observe today are two of the central challenges of modern astrophysics. Why are galaxies so clearly divided into elliptical and disc-like systems? Is the class of a galaxy fixed from the time of its formation or can it change its character? How does the environment, i.e. the presence or absence of other galaxies nearby, influence the evolution of a galaxy? And what is the role of the massive black holes that are now known to exist in the nucleus of virtually every large galaxy?

Dissecting Galaxies by Spectroscopy

Galaxies can appear quite spectacular, but the information content of images alone is rather limited. Several relevant astrophysical properties of galaxies can only be obtained by detailed, spatially-resolved, spectroscopic investigations. The technique of integral field spectroscopy, developed at AIP, is especially powerful in this respect, producing a spectrum for each pixel captured in the image of a galaxy. The analysis of these spectra provides information, e.g., the age distribution of stars, accumulation of heavy elements within interstellar gases, and the kinematics of stars and gaseous matter within the gravitational field of the galaxy (Fig. 1). We thus obtain a snapshot of the structural properties of examined galaxies, which can subsequently be analyzed within the context of physical models of galaxy formation and evolution.

CALIFA: A Representative Study of Galaxies

Generic statements about galaxies require large and representative samples. However, astronomical observations are often so time consuming that only large, accomplished teams can conduct such investigations. Since 2010, as part of an international collaboration, the AIP has conducted a comprehensive study of galaxies using the Potsdam Multi-Aperture Spectrophotometer (PMAS). The aim is to observe a total of 600 galaxies, for which the 3.5 m telescope has been allocated for 210 moonless nights. This will allow a sample, for the first time, of the full range of galaxies' properties in a statistically meaningful way. The scientific aims of the project are correspondingly diverse.

Kooperation am Calar Alto-Observatorium eine umfassende Studie von Galaxien mit Hilfe des in Potsdam gebauten Integral-Feldspektrographen PMAS durch. Insgesamt 600 Galaxien sollen beobachtet werden. Dazu wurden am 3,5m-Teleskop 210 mondlose Nächte bis zum Jahr 2014 bewilligt. Erstmals wird die gesamte Bandbreite von Galaxientypen auf diese Weise spektroskopisch erfasst; die wissenschaftlichen Ziele des Projektes sind entsprechend vielfältig.

Demographie von schwarzen Löchern in Galaxienkernen

Massereiche schwarze Löcher wachsen überwiegend durch den Einfall von Materie aus den jeweiligen Muttergalaxien; dieser Prozess wird „Akkretion“ genannt. Während der Phasen mit hohen Akkretionsraten sind

Demographics of Black Holes in Galactic Nuclei

Supermassive black holes grow mainly by accretion of matter from their host galaxies. In phases of high accretion rates they become noticeable as “Active Galactic Nuclei” (AGN). From measurements of these properties a method has been developed for determining the statistical distribution functions of masses, as well as accretion rates. The results (Fig.2) provide several interesting insights: It is immediately obvious that high activity levels are much more infrequent than low-level AGN, and that there is a continuous sequence from high to low. Furthermore, by comparing this with the mass function of inactive black holes, we could estimate the average fraction of galaxies that show nuclear activity. Only 0.01 % of black holes more

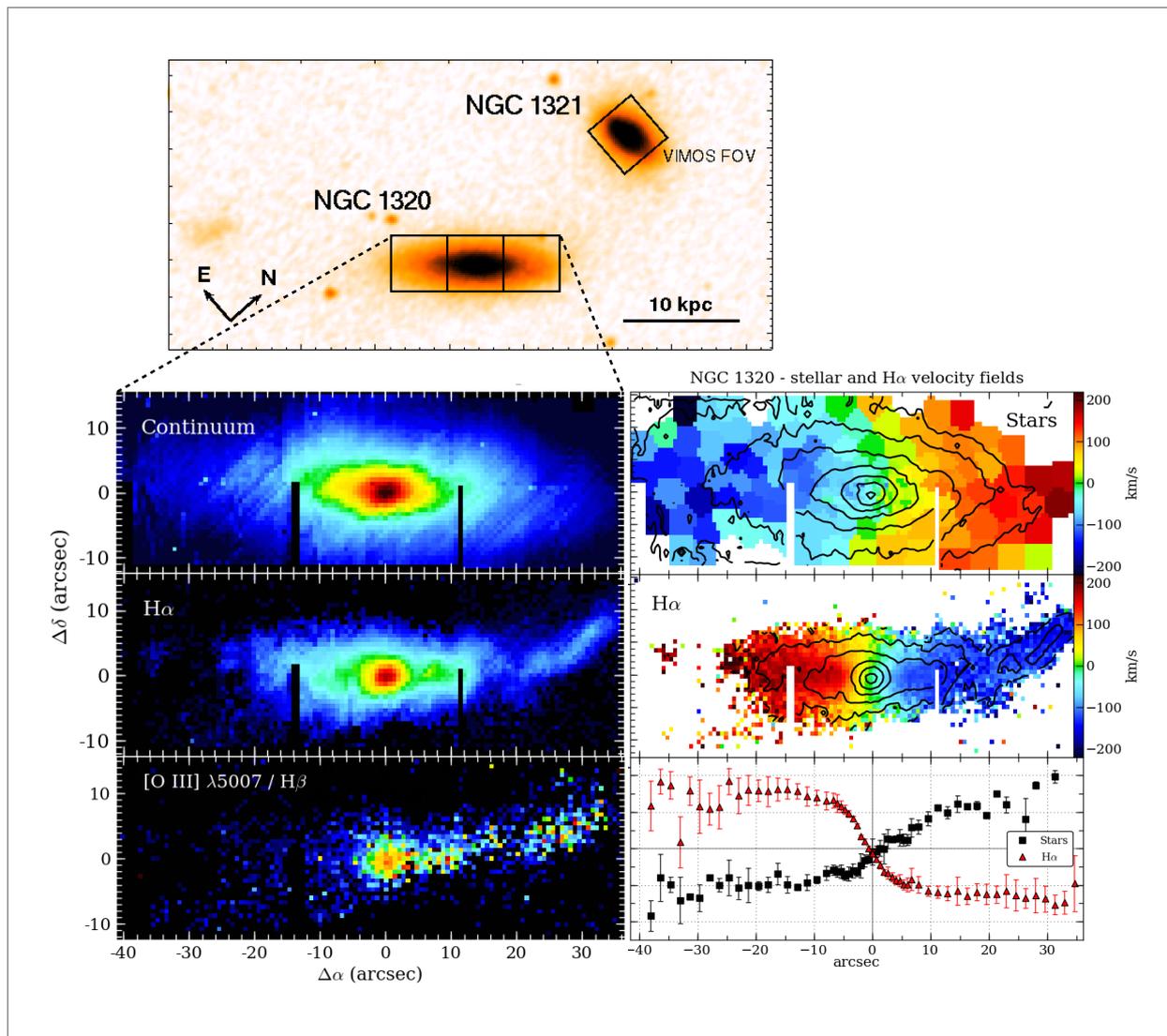


Fig. 1: VIMOS/IFU observations of the active galaxy NGC 1320 obtained in 2011. The top panel shows a DSS image of the galaxy with its companion. The velocity fields of stars and H α (gas) reveal that these components presently reside in two full-sized counter-rotating discs, most probably caused by recent gravitational interactions.

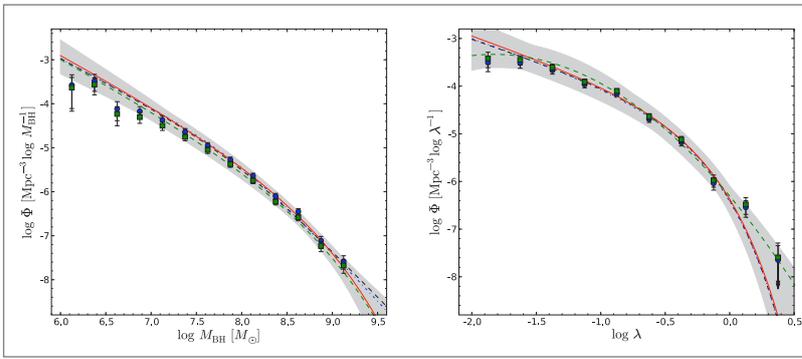


Fig. 2: Reconstructed distribution functions of black hole masses (left) and Eddington ratios (right) for low-redshift type 1 Active Galactic Nuclei. The symbols show the binned measurements, including completeness corrections, the curves represent best fit analytic solutions. The shaded area indicates the statistical uncertainties.

solche Objekte als „Aktive Galaxienkerne“ (engl. Active Galactic Nuclei, AGN) beobachtbar. Am AIP wurde ein Verfahren entwickelt, um aus Messungen der Massen und Akkretionsraten für eine repräsentative Stichprobe von AGN die statistischen Verteilungsfunktionen dieser Größen zu bestimmen. Aus den Ergebnissen (Fig. 2) lassen sich zwei interessante Erkenntnisse ableiten. Erstens zeigt sich unmittelbar, dass hohe Aktivitätsniveaus sehr viel seltener vorkommen als niedrige und dass eine kontinuierliche Sequenz von niedriger zu hoher Aktivität besteht. Zweitens konnte durch einen Vergleich mit der Massefunktion inaktiver schwarzer Löcher erstmals der durchschnittliche Bruchteil kernaktiver Galaxien als Funktion der Massen der schwarzen Löcher ermittelt werden. Dabei kam heraus, dass nur etwa 0,01 % der schwarzen Löcher mit Massen von mehr als 109 Sonnenmassen noch aktiv sind, während dieser Bruchteil für geringere Massen auf deutlich über ein Prozent steigt.

Die Entwicklung enger kompakter Doppelsterne

Modellvorstellungen der Entwicklung enger Doppelsterne mit einer kompakten Komponente (Weißer Zwerg, Neutronenstern, Schwarzes Loch) beruhen bis vor kurzem auf kleinen Stichproben und waren entsprechend unsicher. Ein beobachtender Test des Modells der diskontinuierlichen Bremsung wurde durch die Beteiligung am SDSS/SEGUE-Projekt möglich. Dabei konnte dieses Modell als zutreffend nachgewiesen werden. Dies gelang durch die umfassende Stichproben-Zusammenstellung von mehr als 2.000 Objekten kompakter Doppelsterne, die die wesentliche Referenz für derlei Objekte darstellt. Die durch ein mehrjähriges multinationales Folgebeobachtungsprogramm etablierte Periodenverteilung enger Doppelsterne (Fig. 3)

massive than 109 solar masses are active, while this fraction increases to well above one percent for lower masses.

The Evolution of Compact Binaries

Evolutionary models of close binary evolution with compact objects (white dwarf, neutron star, black hole) were, in the past, based on very small samples.

An observational test of the model of discontinuous magnetic braking became possible through our participation in the SDSS/SEGUE survey and gave evidence for its validity. The sample was composed of more than 2,000 WDMS objects (white dwarf plus main sequence star), representing the standard input sample for years to come. A multinational spectroscopic follow-up program revealed the period dispersion of close compact binaries (Fig. 3) for the first time and constrains models of the unobservable common envelope phase of both stars.

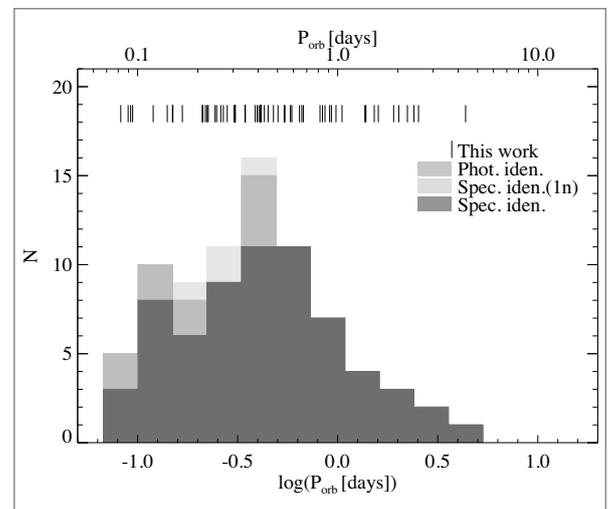


Fig. 3: The orbital period distribution of post-common envelope binaries. The drastic decrease towards long periods reflects the common envelope ejection efficiency.

Mass Assembly in the Early Universe

For the past several years, AIP has been conducting a long-term search for distant galaxy clusters by optical follow-up observations (especially using the Large Binocular Telescope, LBT) of X-ray sources discovered serendipitously with the XMM-Newton satellite. In this

schränkt Modelle der unbeobachtbaren Entwicklungsphase mit einer gemeinsamen Hülle entscheidend ein.

Massereiche Galaxienhaufen im frühen Universum

Seit etlichen Jahren betreibt das AIP ein großangelegtes Beobachtungsprojekt zur systematischen Suche nach hochrotverschobenen Galaxienhaufen, also den größten Massenkonzentrationen im jungen Universum. Dazu werden im Röntgenlicht detektierte Quellen des europäischen Satelliten XMM-Newton mit anderen Teleskopen verfolgt, insbesondere auch durch das Large Binocular Telescope (LBT). Von besonderem Interesse ist dabei die Entdeckung eines Objekts mit großen Einsteinbögen (Fig. 4). Diese sehr seltenen Objekte dienen einerseits als Gravitationsteleskope, die das schwache Licht von Galaxien im frühen Universum verstärken und damit überhaupt beobachtbar machen, andererseits erlaubt eine solche Gravitationslinse ein Abtasten des Gravitationspotentials bis hinein in die innersten Bereiche des Galaxienhaufens.

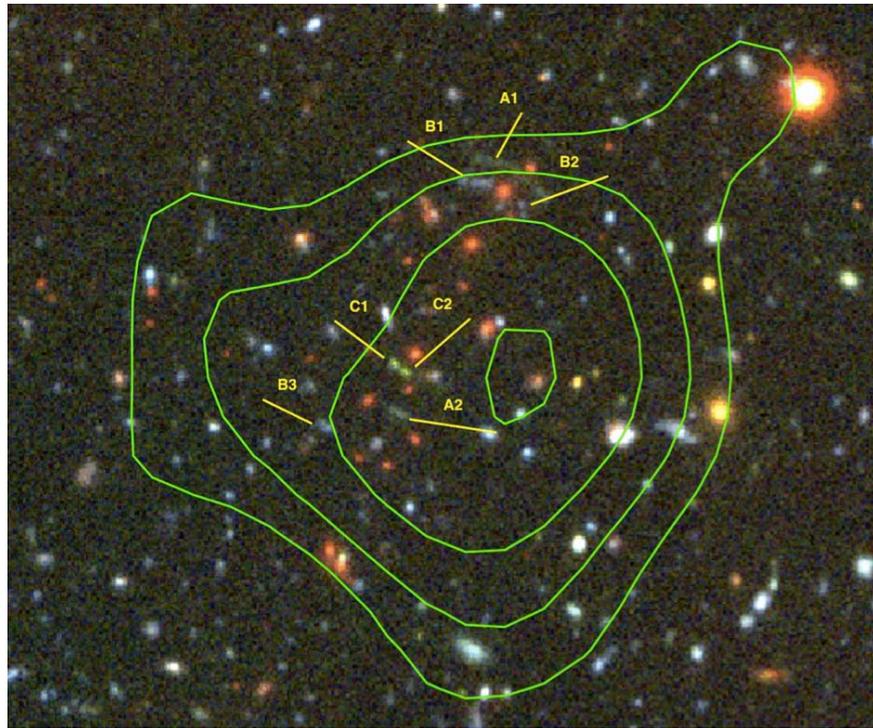


Fig. 4: Colour composite of 2XMM J100750.5+125818 obtained with the LBT and the VLT in (Rz)V(UB) filters. The green overlay indicates the X-ray emission of the cluster as measured by the XMM-Newton satellite. Yellow lines and labels indicate strong lensing arcs of background galaxies.

course we found one particularly interesting object showing massive arcs caused by gravitational lensing (Fig. 4). These rare objects act as gravitational telescopes to magnify the weak signal from galaxies in the early universe and provide a means to probe the gravitational potential of the lens itself. The object is under intensive study at the ESO-VLT.

Ausgewählte Publikationen Selected Publications

Crighton, N. H. M., ..., Weilbacher, P. M., Wisotzki, L., ... (2011): **The VLT LBG Redshift Survey. II. Interactions between galaxies and the IGM at $z \sim 3$** , Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 414, 28.

Fassbender, R., ..., A., Kohnert, J., Lamer, G., ..., Schwobe, A. D. (2011): **The X-ray luminous galaxy cluster population at $0.9 < z < 1.6$ as revealed by the XMM-Newton Distant Cluster Project**, New Journal of Physics 13, Issue 12.

Hölker, F., ..., Schwobe, A., ... (2010): **The dark side of light – A transdisciplinary research agenda for light pollution policy**, Ecology and Society, 15(4), 13.

Husemann, B., Wisotzki, L., Jahnke, K., Sánchez, S. F. (2011): **The low-metallicity QSO HE 2158–0107: a massive galaxy growing by accretion of nearly pristine gas from its environment?**, Astronomy & Astrophysics 535, 72.

Nebot Gomez-Moran, A., ..., Schwobe, A. D., ..., Rabitz, A., ..., Schwarz, R., ..., Vogel, J., ... (2011): **Post common envelope binaries from SDSS. XII: The orbital period distribution**, Astronomy & Astrophysics 536, 43.

Neumayer, N., Walcher, C. J., Andersen, D., Sánchez, S. F., Böker, T., Rix, H.-W. (2011): **Two-dimensional $H\alpha$ kinematics of bulgeless disc galaxies**, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 413, 1875.

Schwobe, A.D., Lamer, G., de Hoon, A., Kohnert, J., ... (2010): **XMMU J100750.5+125818: A strong lensing cluster at $z=1.082$** , Astronomy & Astrophysics 513, L10.

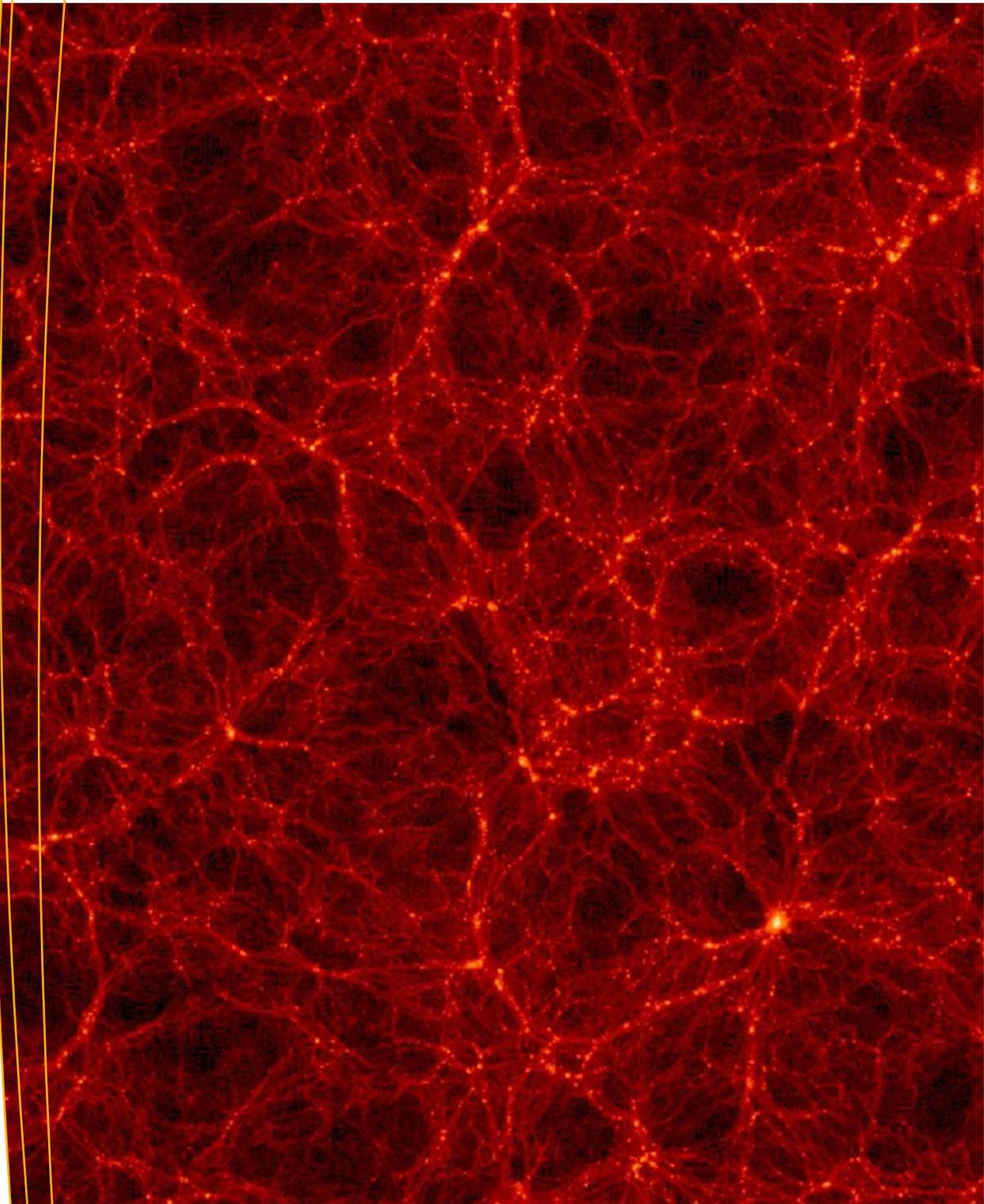
Schulze, A., Wisotzki, L. (2010): **Low redshift AGN in the Hamburg/ESO Survey II. The active black hole mass function and the distribution function of Eddington ratios**, Astronomy and Astrophysics 516, 87.

Takey, A., Schwobe, A., Lamer, G. (2011): **The 2XMMi/SDSS Galaxy Cluster Survey. I. The first cluster sample and X-ray luminosity-temperature relation**, Astronomy & Astrophysics 534, 120.

Worseck, G., ..., Dall'Aglio, A., ..., Wisotzki, L., (2011): **The End of Helium Reionization at $z \sim 2.7$ Inferred from Cosmic Variance in HST/COS He II Ly α Absorption Spectra**, The Astrophysical Journal 733, L24.



Team 2010/2011: Nadine Backsmann, Cornelia Biering, Dorothee Brauer, Aldo Dall'Aglio, Tobias Diekershoff, Daria Dubinowska, Philipp Ehrlich, Daniele Facchino, Isabelle Gavignaud, Maria Haupt, René Heller, Christian Herenz, Arjen de Hoon, Laura Hoppmann, Bernd Husemann, Sebastian Kamann, Josephine Kerutt, Alex Kolodzig, Sebastian Krekow, Daniel Kupko, Georg Lamer, Natasha Maddox, Ada Nebot, Adriana Pires, Andreas Rabitz, José Ramirez, Gabriele Schönherr, Andreas Schulze, Robert Schwarz, Axel Schwobe, Valentina Scipione, Matthias Steinmetz, Ali Takey, Christian Tapken, Sabine Thater, Iris Traulsen, Tanya Urrutia, Jakob Walcher, Peter Weilbacher, Lutz Wisotzki (head)



Simulation of our local cosmic environment with the Virgo, Coma, and Perseus clusters and the Great Attractor (GA).

Kosmologie und Großräumige Strukturen Cosmology and Large-Scale Structure

Die Kosmologie beschreibt die Entwicklung des Universums und seiner Bestandteile auf der Grundlage der Relativitätstheorie und der Kenntnisse von atomphysikalischen Prozessen. Als Bestandteile des Universums dominieren neben 5% normaler Materie 22% Dunkle Materie und 73% mysteriöse Dunkle Energie. Aus einer ursprünglich nahezu gleichförmig expandierenden Mischung aus dunkler und baryonischer Materie bilden sich durch einen Gravitationskollaps die kosmischen Strukturen: Galaxien, Galaxiengruppen und Galaxienhaufen. Die Galaxien bilden auf großen Skalen ein kosmisches Netzwerk mit linearen und flächenhaften Strukturen, die große Leerräume im Kosmos umschließen. Die Herausbildung dieser Strukturen wird mit großen hochaufgelösten Simulationen verfolgt und die Rotverschiebungskataloge von Galaxien und die Strukturen im Gas zwischen den Galaxien werden analysiert.

Cosmology describes the evolution of the universe and its constituents on the basis of the theory of relativity and our knowledge of atomic physical processes. The universe is constituted of normal matter (5%), a much larger portion of dark matter (22%), and mysterious dark energy (73%). After the initial, nearly uniform expansion of a mixture of dark and baryonic matter, all cosmic structures, including galaxies, galaxy groups and galaxy clusters, are formed by gravitational collapse. On large scales, galaxies form a cosmic web with linear filaments and planar structures called pancakes. They enclose large cosmic voids without bright galaxies. The formation of these structures is investigated with huge, high-resolution cosmological simulations. In addition, galaxy redshift catalogues and the structure of gas condensations between galaxies are analysed.

Re-Simulation der Lokalen Galaxiengruppe – CLUES

Das lokale Universum ist der am besten beobachtbare Teil des Universums. Nur in der näheren Umgebung der Milchstraße kann man Objekte mit sehr geringer Leuchtkraft oder Masse beobachten. Um die Entstehung von kleinräumigen Strukturen in der Lokalen Gruppe und ihrer unmittelbaren Umgebung zu studieren, wurden im Rahmen des CLUES-Projektes (www.clues-project.org – Constrained Local Universe Simulations) eine Reihe von Simulationen durchgeführt, deren Anfangsbedingungen auf der Grundlage der beobachteten Galaxienverteilung im lokalen Universum (bis zu einer Entfernung von etwa 100 Millionen Lichtjahren) berechnet worden sind. Diese Simulationen dienten als numerisches Laboratorium, in denen die komplexe Wechselwirkung zwischen der Dunklen Materie und gasdynamischen Prozessen studiert wurden, um die Ergebnisse dann mit detaillierten Beobachtungen in unserer kosmischen Nachbarschaft zu vergleichen.

Es gibt überzeugende Beobachtungshinweise darauf, dass die Dunkle Materie im Kosmos nicht-baryonischer Natur ist und dass sie im frühen Universum eine geringe Geschwindigkeitsdispersion aufweist, d.h. kalt ist. Mit dieser so genannten kalten Dunklen Materie (CDM) und einer kosmologischen Konstante als dunkler Energie kann die Bildung kosmischer Strukturen sehr gut beschrieben werden, solange Skalen oberhalb von einigen Millionen Lichtjahren bis zur Horizontskala betrachtet werden. Auf kleineren Skalen stößt dieses Modell jedoch auf einige Probleme, insbesondere

Constrained Local Universe Simulations – CLUES

The local universe is the best-observed part of the universe. In the neighbourhood of the Milky Way, objects with very low luminosities and masses can be observed. In order to understand the formation of small-scale structures in the Local Group and its environment, the AIP participated in the CLUES project

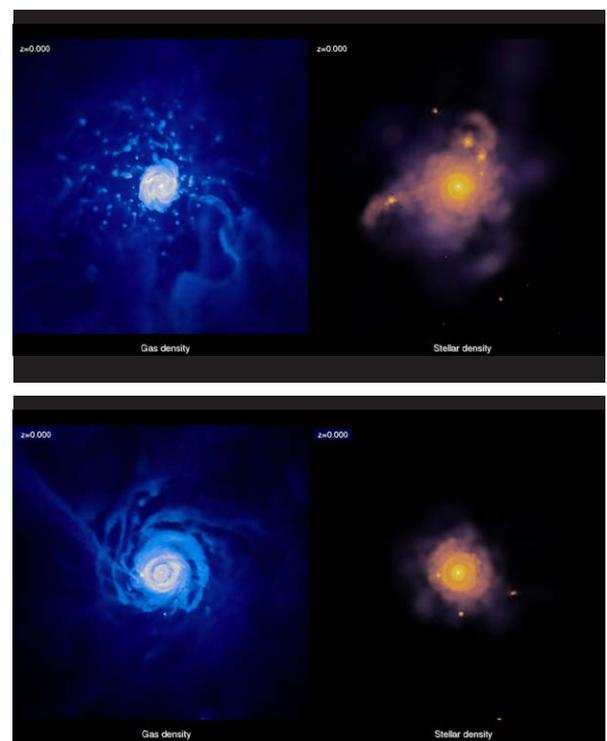


Fig. 1: The gas (left) and stellar (right) density around the simulated Milky Way within a cosmological model with cold (top) and warm (bottom) dark matter.

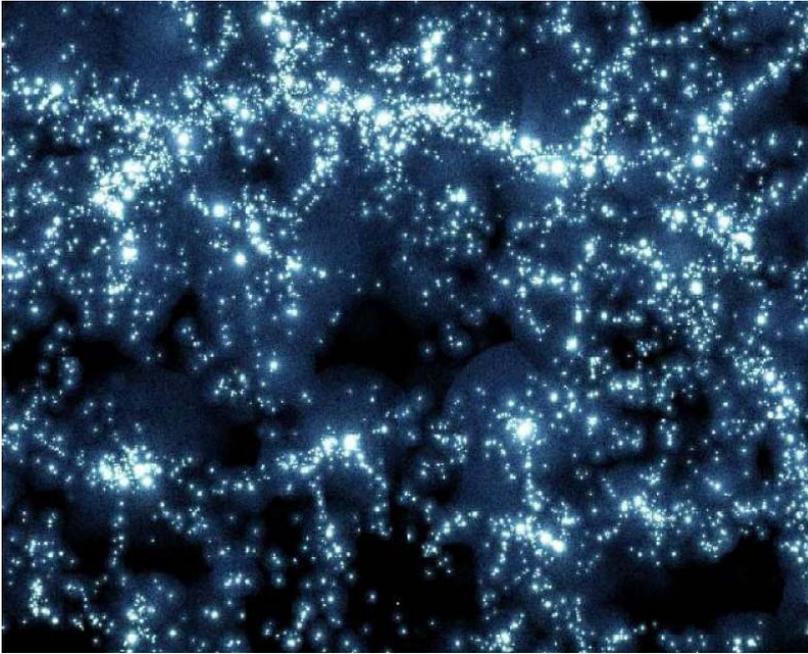


Fig. 2: The SLOAN great wall from the SDSS DR7 with the reconstructed complete cosmic density field resampling a huge supercluster of about one billion light years length.

werden dort mehr Objekte vorausgesagt als beobachtet werden. Diese potentiellen Schwierigkeiten des Modells mit kalter dunkler Materie waren der Grund, die kosmologische Strukturentstehung im Rahmen eines Modells mit warmer dunkler Materie zu untersuchen. In so einem Modell werden primordiale Dichtestörungen auf kleinen Skalen gedämpft. Folglich sagt das Modell in Übereinstimmung mit den Beobachtungen weniger Objekte geringer Masse im lokalen Universum voraus. Fig.1 vergleicht die simulierte Gas- und Sternverteilung in der Milchstraße und ihrer Umgebung, wie sie von einem kosmologischen Modell mit kalter und warmer dunkler Materie vorausgesagt wird. Man kann klar erkennen, dass in einem Universum mit warmer dunkler Materie weniger kleinräumige Strukturen – wie beobachtet – entstehen als in einem mit kalter dunkler Materie.

Die großräumige kosmische Dichteverteilung

Die Dunkle Materie ist ein Hauptbestandteil des kosmischen Dichtefeldes. Trotz der Wichtigkeit für die Strukturbildung ist die Natur der Dunklen Materie unbekannt und ihre Verteilung im Kosmos unsicher. Um ein besseres Verständnis der Eigenschaften der Verteilung der Dunklen Materie im Kosmos zu gewinnen, wurden Beobachtungsdaten des Sloan Digital Sky Survey (SDSS) und hochaufgelöste kosmologische Simulationen genutzt. Die Verteilung der Dunklen Materie in

(Constrained Local Universe Simulations – <http://www.clues-project.org>), which was a series of constrained simulations. The initial conditions of such simulations are based on observational data of galaxy distribution in the local universe (up to a distance of roughly one hundred million light years). The simulations were used as a numerical laboratory to study the complex interplay of dark matter and gas-dynamical processes and to compare numerical models with detailed observations of our cosmological neighbourhood.

There is strong evidence that dark matter is non-baryonic and, in the early universe, had only low-velocity dispersion, i.e., it is cold. With

this so-called cold dark matter (CDM) and a cosmological constant of dark energy, the formation of structure can be explained very successfully on scales ranging from the horizon scale to a distance of a few million light years. However, on smaller scales this model faces several potential difficulties, including a tendency to over-predict the small-scale structure. This difficulty with the CDM model was the reason behind a study of structure formation within the warm dark matter model, in which primordial perturbations in density are diminished on a small scale. As a consequence, and in accordance with observations, the model predicts fewer low-mass objects in the local universe. In Fig.1 the simulated gas and stellar distribution around the Milky Way are compared using the assumptions of cosmological models dominated by either cold or warm dark matter. It can clearly be seen that in the warm dark matter universe fewer small-scale structures form than have been observed in the local universe.

Large Scale Cosmic Density Distribution

Dark matter is the major contributor to the cosmic mass density field. Despite its importance in structure formation, the nature of dark matter is unknown and its distribution is quite uncertain. To obtain a better understanding of the properties of dark matter distribution, we use observational data from the Sloan Digital Sky Survey (SDSS) and high-resolution

und um Halos von Galaxien und Galaxiengruppen und in der großräumigen Struktur wurde mithilfe einer Rekonstruktionsmethode für kosmische Dichtefelder untersucht. Diese Methode beruht auf der Verteilung von Galaxienhalos im kompletten SDSS-Datensatz. Eine neue Methode zur Identifikation von Galaxiengruppen mit einem iterativen Perkolationsalgorithmus wurde entwickelt, welche die Stabilität der Gruppen als Kriterien benutzt. Im Weiteren wurde die Dichteverteilung auf die Gruppenumgebung mithilfe von kosmologischen Simulationsrechnungen extrapoliert. So können bekannte Superstrukturen von Galaxien wie die SLOAN-Große-Mauer, die im oberen Teil von Fig. 2 sichtbar ist, reproduziert werden. Das abgeleitete Dichtefeld erlaubt die Identifikation von verschiedenen morphologischen Charakteristika der großräumigen Materieverteilung. Es ergibt sich, dass etwa 30% des kosmischen Volumens von flächenhaften Strukturen, 20% von fadenförmigen Strukturen und 50% von kosmischen Leerräumen eingenommen wird.

Die Anhäufungs-Eigenschaften der Galaxien im kosmischen Netzwerk werden mit verschiedenen statistischen Merkmalen beschrieben und die Beobachtungsdaten mit theoretischen Voraussagen von Simulationen verglichen, die in der Datenbank des MultiDark-Projekts (www.multidark.org) gespeichert sind. Die zweidimensionale Korrelationsfunktion von leuchtkraftstarken Galaxien des Baryonic Oscillation Sky Survey (BOSS) zeigt in Fig. 3 eine exzellente Übereinstimmung von theoretischen Resultaten mit Beobachtungen. Die Konturniveaus zeigen im zentralen Bereich die ausgedehntere vertikale Verteilung auf Grund der Pekuliargeschwindigkeiten der Galaxien („Finger-Gottes-Effekt“) und in den ausgedehnteren ovalen Bereichen die großräumigen Einfallgeschwindigkeiten der Galaxien auf die Gruppen.

Das intergalaktische Medium: Verteilung und Entwicklung

Der größte Teil der kosmischen baryonischen Materie existiert als Gas, das zwischen den leuchtenden Galaxien verteilt ist. Das sonst nicht direkt sichtbare Gas wird nur als absorbierendes Medium im Licht ferner leuchtstarker Quellen beobachtbar. Solche Quellen sind zum einen die Quasare, die bei hohen Rotverschiebungen, also sehr weit von uns entfernt, existieren. Durch die von Sternbildungsprozessen in jungen Galaxien oder durch die Quasare selbst verursachte Strahlung, insbesondere durch deren Ultraviolettanteil, ist das überwiegend aus Wasserstoff

cosmological simulations. The distribution of dark matter in and around halos of galaxies and galaxy groups, and within large-scale structures is also studied. To this aim, a reconstruction method of the cosmic mass density field using an estimation of the galaxy halo distribution in SDSS Data Release 7 was implemented. After constructing a new catalogue of galaxy groups with an iterative percolation algorithm that takes into account the stability criteria for groups, high-resolution cosmological simulations were used to extrapolate the density of the group environment. Huge structures, such as the SLOAN great wall seen in the upper part of Fig. 2, can be reproduced within the density field. The derived density field allows an estimation of the morphology of the cosmic web, with results that show approximately 30% of the cosmic volume consists of sheet-like structures, 20% is filamentary structures and about 50% is void regions.

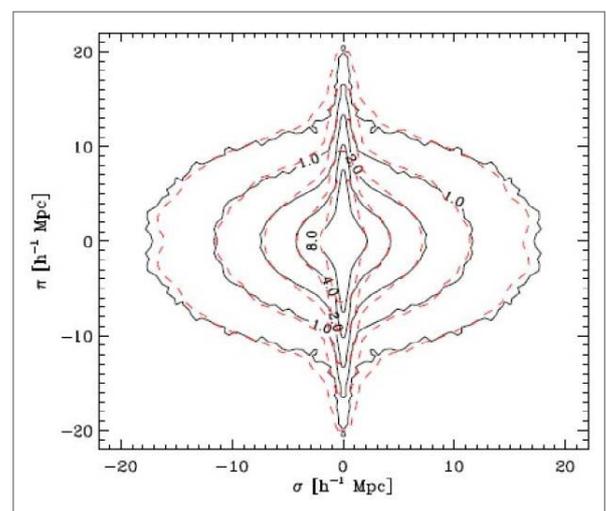


Fig. 3: The two-dimensional correlation function of BOSS galaxies (dashed) compared with theoretical predictions from MultiDark simulations using an abundance matching prescription.

The clustering properties of galaxies and galaxy groups within the cosmic web were evaluated using various statistical tools. The observational data is compared to theoretical predictions of simulations stored in the MultiDark project database (www.multidark.org). The two-dimensional correlation function of luminous galaxies from the Baryonic Oscillation Sky Survey (BOSS) shown in Fig. 3 demonstrates an excellent agreement between theoretical results and observations. The contour levels combine the extended vertical clustering in the central region, stemming from the peculiar motion of galaxies in groups (“finger of god effect“) and the extended oval regions from the large-scale infall motions of galaxies into the groups.

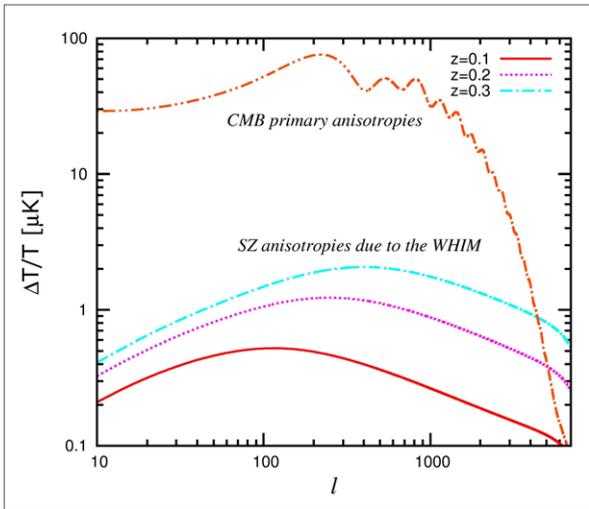


Fig. 4: A comparison of the primary anisotropy multipoles of the cosmic microwave background and inhomogeneities due to the WHIM caused by the Zeldovich-Sunyaev effect at redshifts $z=0.1$ (red solid line) to $z=0.3$ (blue dashed line).

bestehende Intergalaktisches Medium (IGM) hoch ionisiert. Der geringe Anteil des Wasserstoffs, der im neutralen Zustand verbleibt, führt zu den beobachteten Absorptionslinien im kurzwelligen Spektralbereich. Da die Wasserstoffwolken entlang der Beobachtungslinie zum Quasar bei unterschiedlichen Entfernungen zu uns und damit bei unterschiedlichen Rotverschiebungen beobachtet werden, erscheint im Spektrum ein ganzer Linienwald, der als Lyman-alpha-Wald bezeichnet wird. Dieser markiert das großräumige Netzwerk der Materie und ist ein wichtiger Schlüssel zur Untersuchung der kleinskaligen Materieverteilung im frühen Universum. Der Ionisationszustand variiert im Mittel relativ wenig über den Raum. Nahe am Quasar ist der Ionisationsgrad des Wasserstoffs jedoch stark erhöht. Die Auswirkung der erhöhten UV-Strahlung in der Nähe eines Quasars wird als Proximity-Effekt bezeichnet.

Die ionisierten IGM-Strukturen bestehen neben dem geringen Anteil an neutralem Wasserstoff hauptsächlich aus Protonen- und Elektronengas. Letzteres kann mit der sogenannten kosmischen Hintergrundstrahlung (CMB) in Wechselwirkung treten. Dabei wird über den Sunyaev-Zeldovich-Effekt, d.h. durch Streuung der Photonen an den Elektronen, die Energieverteilung der CMB-Photonen verändert. Dies kann auf Grund der charakteristischen Spektralverteilung als Variation der Inhomogenität der Hintergrundstrahlung am Himmel nachgewiesen werden, wie Fig. 4 zeigt. Damit ergeben sich letztlich Aufschlüsse über die Verteilung und physikalischen Eigenschaften des IGM.

The Intergalactic Medium: Distribution and Evolution

The majority of cosmic baryonic matter exists as gas distributed in the space between galaxies. This intergalactic medium (IGM), mainly consisting of hydrogen, is not detectable by emitted light and can only be traced through absorption lines in the light of distant luminous sources. Among those sources, quasars are the most prominent, existing at high redshift, i.e. at a great distance from us. In particular, the overall UV radiation produced during star formation processes in young galaxies, or by quasars themselves, leads to a high degree of ionization in the IGM. The small fraction of neutral hydrogen remaining is responsible for the absorption lines observable in the short wavelength range in quasar spectra. Since IGM clouds are reasonably evenly distributed along the line of sight from the quasar and, therefore, at various redshifts, a forest of absorption lines appears within the spectra. This forest is an indicator for the large-scale cosmic web and is important to the investigation of the small-scale matter distribution in the early universe. The ionization state does not vary significantly over space. However, in the vicinity of a quasar the degree of hydrogen ionization is much higher. This reflects the so-called proximity effect and can provide us with information about the quasar's radiation field.

Aside from the small fraction of neutral hydrogen, the ionized IGM structures consist mainly of proton and electron gas. The latter can interact with so-called cosmic background radiation (CMB). Via the Sunyaev-Zeldovich effect, i.e. the scattering of CMB photons by high-energy electrons, the energy distribution of the CMB can be changed. This can be detected due to variations in CMB radiation across the sky, as shown in Fig. 4. The signal has a characteristic spectral signature and can give information about IGM distribution, its thermal state, and other physical parameters.

Ausgewählte Publikationen Selected Publications

Forero-Romero, J., Yepes, G., Gottlöber, S., Knollmann, S., Cuesta, Antonio J., Prada, F. (2011): **CLARA's view on the escape fraction of Lyman α photons in high-redshift galaxies**, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 415, 3666.

Forero-Romero, J., Hoffman, Y., Yepes, G., Gottlöber, S., Piontek, R., Klypin, A., Steinmetz, M. (2011): **The dark matter assembly of the Local Group in constrained cosmological simulations of a Lambda cold dark matter universe**, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 417, 1434.

Klar, J., Mucket, J.P. (2010): **A detailed view of filaments and sheets in the warm-hot intergalactic medium. I. Pancake formation**, Astronomy & Astrophysics 522, A114.

Libeskind, N., Knebe, A., Hoffman, Y., Gottlöber, S., Yepes, G. (2011): **Disentangling the dark matter halo from the stellar halo**, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 418, 336.

Libeskind, N., Knebe, A., Hoffman, Y., Gottlöber, S., Yepes, G., Steinmetz, M. (2011): **The preferred direction of infalling satellite galaxies in the Local Group**, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 411, 1525.

Muñoz-Cuertas, J. C., Müller, V., Forero-Romero, J. (2011): **Halo-based reconstruction of the cosmic mass density field**, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 417, 1303.

Müller, V., Hoffmann, K., Nuza, S.E. (2011): **Measuring the Cosmic Web**, Baltic Astronomy 20, 259.

Partl, A., Müller, V., Yepes, G., Gottlöber, S. (2011): **Large-scale environmental bias of the high-redshift quasar line-of-sight proximity effect**, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 415, 3851.

Partl, A., Dall'Aglio, A., Müller, V., Hensler, G. (2010): **Cosmological radiative transfer for the line-of-sight proximity effect**, Astronomy & Astrophysics 524, 85.

Piontek, F., Steinmetz, M. (2011): **The modelling of feedback processes in cosmological simulations of disc galaxy formation**, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 410, 2625.

Wechakama, M., Ascasibar, Y. (2011): **Pressure from dark matter annihilation and the rotation curve of spiral galaxies**, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 413, 1991.



Team 2010/2011: Pratika Dayal, Timur Doumler, Jaime Forero-Romero, Stefan Gottlöber, Anne Hutter, Steffen Heß, Kai Hoffmann, Tae-Sun Kim, Jochen Klar, Francisco Shu Kitaura, Georg Lamer, Noam Libeskind, Claudio Llinares, Jan Peter Mucket, Volker Müller (head), Juan Carlos Muñoz-Cuertas, Sebastián E. Nuza, Adrian Partl, Maria del Pilar Bonilla Tobar, Cecilia Scannapieco, Axel Schwöpe, Isabel Suárez, Matthias Steinmetz, Christian Wagner, Maneenate Wechakama



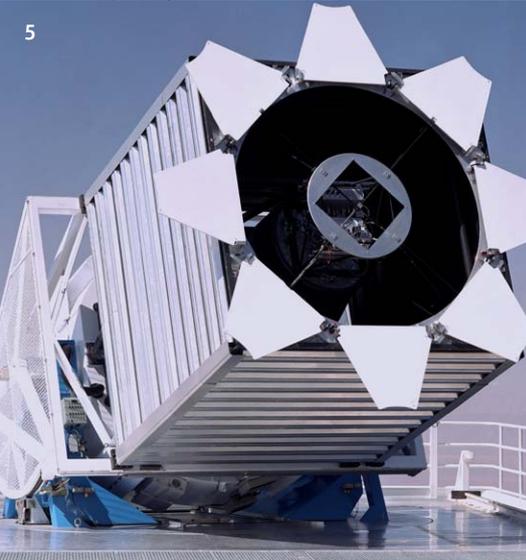
1



3

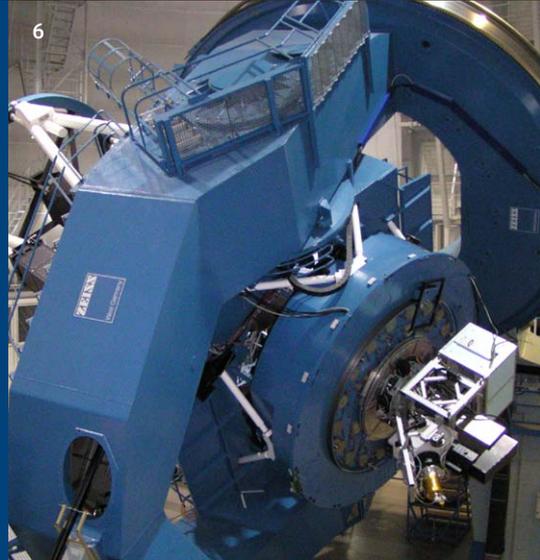


2



5

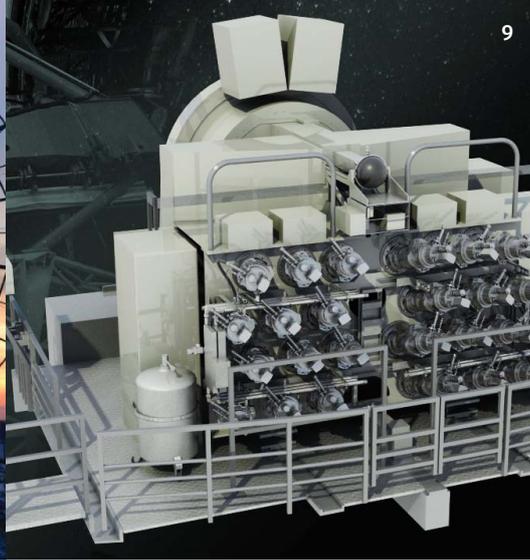
1 Solar Orbiter
 2 STELLA – Tenerife, Spain
 3 VIRUS – Texas, USA
 4 GREGOR – Tenerife, Spain
 5 SDSS – New Mexico, USA
 6 PMAS – Calar Alto, Spain
 7 APTs – Arizona, USA
 8 Solar Radio Observatory, Germany
 9 MUSE – Chile, South America
 10 LBT – Arizona, USA
 11 GAIA
 12 XMM-Newton
 13 eRosita
 14 LOFAR – Bornim, Germany
 15 RAVE – Siding Spring, Australia



6



8



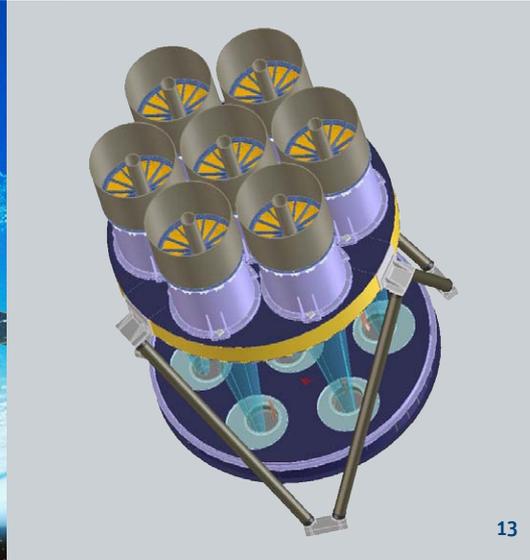
9



10



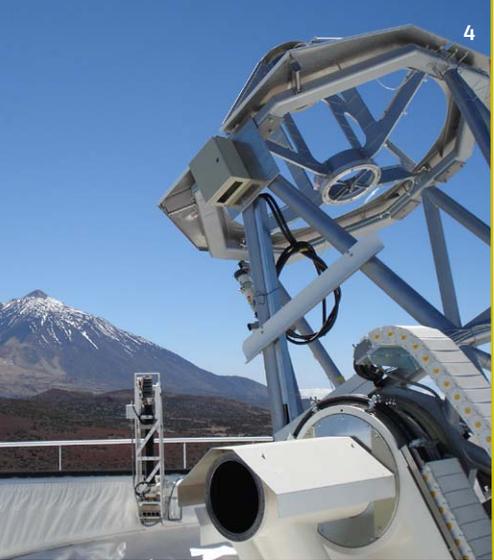
12



13



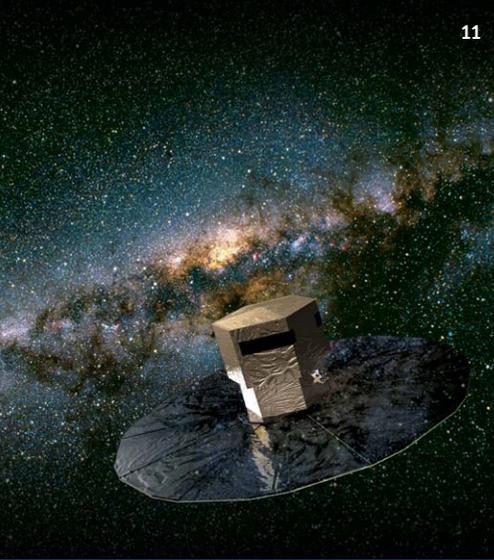
14



4



7



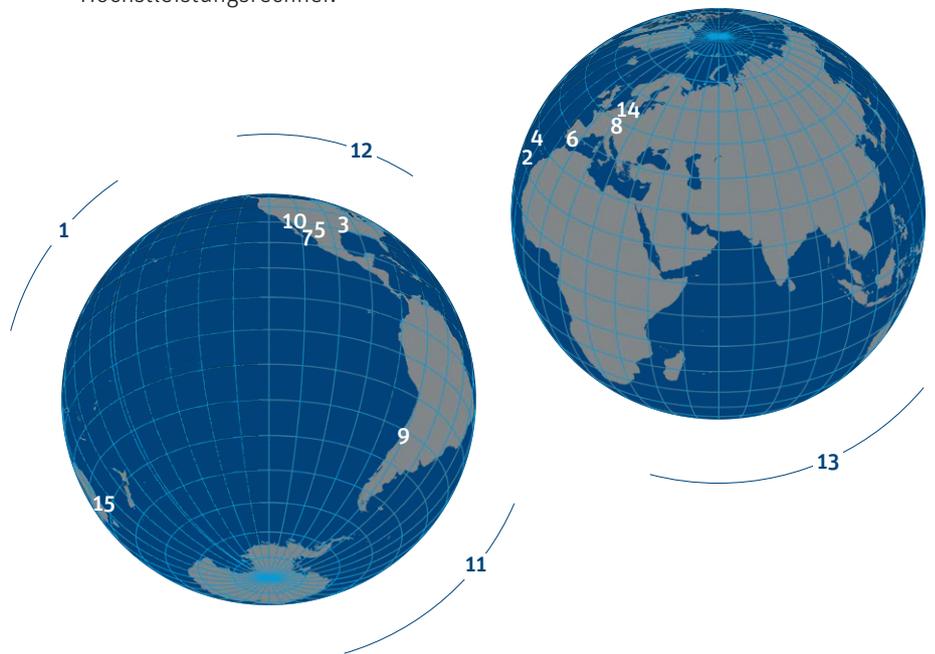
11



15

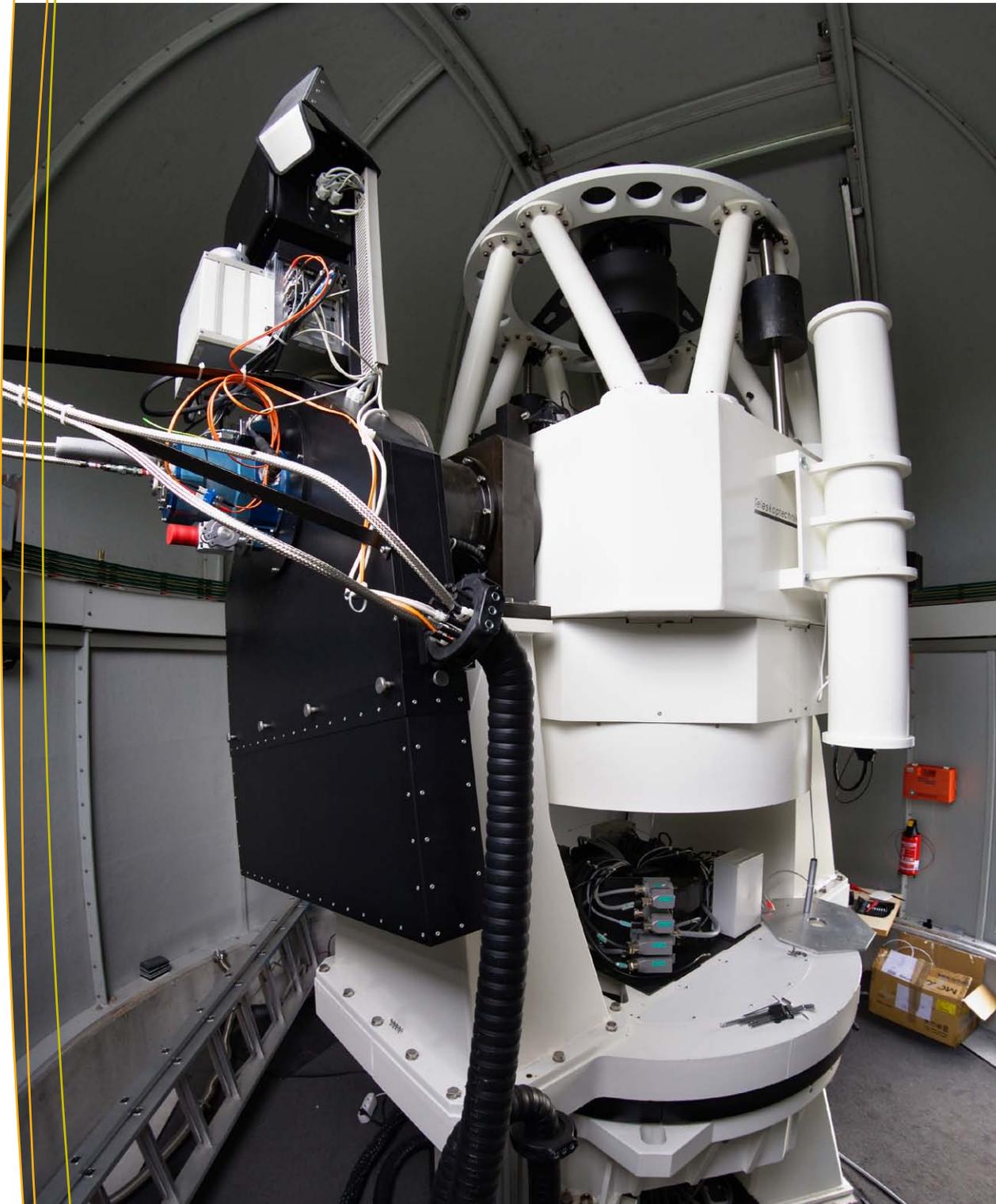
Entwicklung von Forschungs-technologie und -infrastruktur

Bedingt durch die Größe des Kosmos und seiner Objekte ist es nur selten möglich, direkt mit astrophysikalischen Objekten zu experimentieren oder kosmische Bedingungen im Labor nachzustellen. Die Rolle des Experiments übernimmt so die Beobachtung, die zunehmend an einigen wenigen Großteleskopen an Orten mit möglichst idealen atmosphärischen Bedingungen (bspw. Arizona, Chile) bzw. im Weltall stattfindet. Somit fordert die Astrophysik kontinuierlich Geräte an der Grenze zum technologisch Machbaren. Neben der Beobachtung nimmt zunehmend der Computer die Rolle des Experiments an, denn im Computer kann das Verhalten astrophysikalischer Objekte unter wohl definierten Bedingungen simuliert werden. Auf Grund der Komplexität astrophysikalischer Systeme werden auch hier höchste Ansprüche gestellt und Astrophysiker sind seit Jahrzehnten unter den anspruchsvollsten Nutzern nationaler und internationaler Höchstleistungsrechner.



Development of Research Technology and Infrastructure

Owing to the size of the cosmos and the objects within, it is rarely possible to emulate cosmic conditions in terrestrial labs, let alone perform physical experiments with astrophysical objects. Observations take over the role of experimentation. Astrophysicists observe the sky, mostly using a small number of very large telescopes, which are placed on sites with nearly optimum atmospheric conditions such as Arizona, Chile, or in space. Astrophysics continually pushes the limits of technological feasibility. In addition to observations, computer simulations are taking over the role of experimentation by simulating the behaviour of astrophysical objects under varying, well-defined conditions. As astrophysical systems are very complex, the demands on the available computer hardware and software are extreme, and astrophysicists have always been amongst the power-users of national and international supercomputer centres.



RoboTel with the WiFSIP-2 instrument in its dome at the Babelsberg campus – ready to observe.

Teleskopsteuerung und Robotik

Telescope Control and Robotics

Die Abteilung „Teleskopsteuerung und Robotik“ arbeitet eng mit der Abteilung „Hochauflösende Spektroskopie und Polarimetrie“ zusammen, zuvorderst im Bereich des Designs, der Konstruktion und des Betriebs der robotischen Teleskope. Überlappungen gibt es aber auch im Bereich der Teleskopsteuerung und bei dem Laserleitsternsystem für das LBT.

STELLA

Hauptprojekt der Abteilung ist die robotische Sternwarte STELLA auf Teneriffa, die aus zwei 1,2 m-Teleskopen besteht. Die größte Innovation bei diesem Projekt stellt die völlig autarke Beobachtungsdurchführung durch Robotik dar: Meteorologische Messdaten in Verbindung mit ausgeklügelter Software entscheiden über den idealen Beobachtungszeitpunkt und -ablauf. Vor Ort ist kein Personal mehr notwendig. Auch die Aufbereitung der Beobachtungsdaten, die Datenreduktion, erfolgt selbsttätig, selbst Teile der Datenanalyse sind automatisiert – und das bei zwei unterschiedlichen Instrumentierungen. STELLA-II ist an einen Échelle Spektrographen (R=55.000) gekoppelt, während STELLA-I mit einer optischen Kamera ausgestattet ist, deren großes Gesichtsfeld zwei Drittel des Vollmonds erfasst (22×22 Bogenminuten). Zusätzlich stehen mit dem WiFSIP Instrument (WiFSIP für Wide Field STELLA Imaging Photometer) 18 Filter zu Verfügung, darunter die astronomischen Standard-Filtersätze.

Das Wide Field STELLA Imaging Photometer (WiFSIP)

WiFSIP-1 wurde im Frühjahr 2010 als erstes der beiden Imaging Instrumente an STELLA-I integriert, WiFSIP-2 ist für RoboTel vorgesehen. Im August 2011 erreichte WiFSIP-1 seine 500. Betriebsnacht; bis dahin wurden ca. 800 Stunden an Beobachtungen (oder 80.000 Einzelbilder) für das STELLA Open Cluster Survey (SOCS) aufgenommen. Als komplex erwies sich die Qualitätskontrolle an den Kalibrationsbildern. Die für WiFSIP verwendeten sky-flats werden zu wechselnden äußeren Bedingungen aufgenommen (Farbtemperatur des Dämmerungshimmels, Bewölkungsgrad). Über die Verwendbarkeit kann oft erst nachträglich durch genaue Analyse entschieden werden. Parallel dazu wurde auf Teneriffa der Infrarot-Wolkenmonitor in Betrieb genommen. Untertags können die IR-Daten zukünftig Beobachtungskampagnen am Sonnenteleskop GREGOR unterstützen, im Nachtbetrieb erlaubt die Vorhersage der Bewölkung eine erhöhte Effizienz und Datenqualität.

The robotics team works closely with the spectroscopy section in the design, construction and operation of robotic telescopes as well as on issues of telescope control hardware and the laser guide star system of the LBT.

STELLA

STELLA continues to be the groups' major project. It is an observatory in Tenerife hosting two 1.2 m robotic telescopes (STELLA-I and II). No personnel remain on site. The instruments and the building itself are automated and the telescopes themselves decide upon the best observing strategy. Data reduction, along with some parts of spectral data analysis and photometry are also automated. STELLA-II fibre-feeds an R=55,000 Échelle spectrograph (SES), while STELLA-I has an optical wide-field CCD imager and an 18-filter photometer (WiFSIP). The accessible field-of-view on WiFSIP is 22×22 arcminutes, i.e. more than two thirds of the full Moon. The 18 filters include the most common astronomical filter sets as well as a broad and a narrow band H α filter.

WiFSIP

The first of the two WiFSIP instruments was installed and commissioned in Tenerife in spring 2010. It now provides routine imaging with up to 18 filters without any observer present on the site. Its 500th night of operation was in August 2011, during which it collected its 80,000th science CCD frame totalling approximately 800 hours of integration time for the STELLA Open Cluster Survey (SOCS). The instrument seen on the right is the Nasmyth focus. The flat black box contains the filter wheel and the blue box is the CCD Dewar.



Fig. 1: WiFSIP-I integration on STELLA-I.

Solar-Disk Integration Teleskop (SDI)

Fortschritte gab es auch bei der Installation eines Solar-Disk Integration Teleskops am Mt. Graham. Ein Doppelteleskop mit je 1 cm freier Öffnung soll tagsüber den PEPSI-Spektrographen mit Sonnenlicht füttern. SDI arbeitet autonom. Am Morgen wird automatisch die Sonne angefahren, die beiden optischen Fasern werden positioniert und bis Sonnenuntergang zum Sonnenverlauf parallel geführt. Im Winter 2010/11 wurde die Installation durch einen Eissturm stark in Mitleidenschaft gezogen, konnte aber inzwischen seinen Testbetrieb wieder aufnehmen.

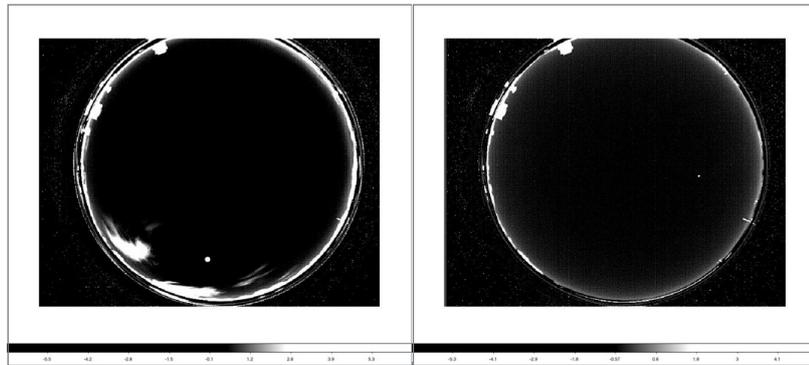


Fig. 2: Typical IR image of the all-sky sensor. Left during daytime, right at nighttime. Clouds show up as bright features.

An IR-cloud monitor records an all-sky image every five minutes, day and night, and reports the image to the STELLA Control System where it is used to predict (nightly) cloud motions which then enable more intelligent and efficient scheduling in the target timeline.

During the day, the cloud monitor will soon help to coordinate GREGOR observation campaigns. The two inserts (Fig. 2) show all-sky images above Tenerife during the day (left), and at night (right). Note that the bright dot in the left image is the Sun while the comparably fainter dot in the right image is the Moon. Clouds are seen as infrared bright features against an otherwise dark sky.

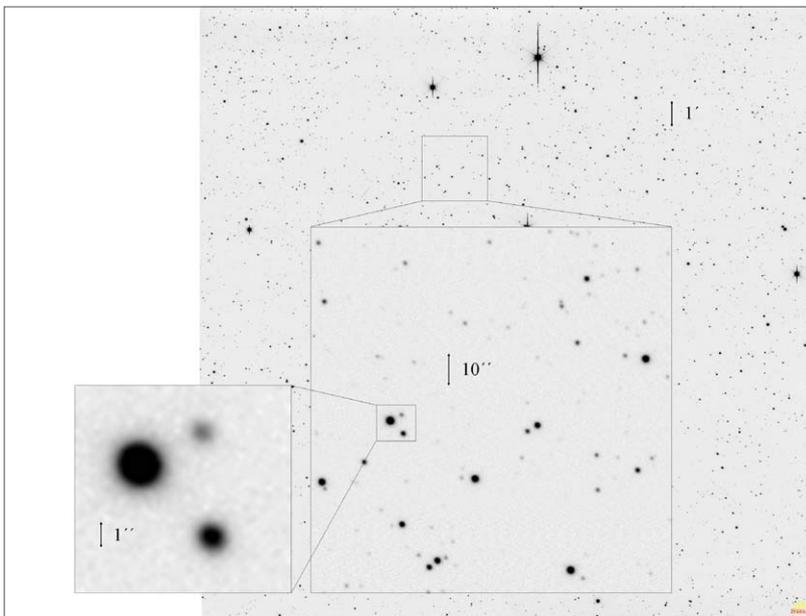


Fig. 3: Optimising WIFSIIP operation on STELLA-I. The individual panels represent consecutive zoomlevels.

RoboTel

RoboTel, mit 80 cm-Öffnung der „kleine Bruder“ von STELLA-1, ist ein robotisches Teleskop am Campus in Babelsberg. Die Hälfte der Betriebszeit ist für Instrumenten- und Softwaretests vorgesehen. An RoboTel wird auch der nächste Schritt der robotischen Astronomie vorbereitet – die Zusammenfassung weltweit verteilter Ressourcen in ein WWW für Teleskope (HTN, Heterogeneous Telescope Network). Die zweite Hälfte der Beobachtungszeit ist zur schulischen Nutzung vorgesehen. Leider limitiert der Standort Potsdam durch die eingeschränkten Beobachtungsmöglichkeiten (Lichtverschmutzung, Witterungsbedingungen) die erreichbare Datenqualität.

Fig. 3 is an open-cluster example from SOCS; a single CCD image of NGC7092 at a median seeing of 1.3 arcsec obtained on June 16, 2010. 7023 sources for photometry, to a limit of $S/N=10$ were detected. A limiting magnitude of the frame of $R \sim 20.5$ mag ($S/N=5$) was obtained with a single 40 s exposure. The individual panels represent consecutive zooms from the original $22' \times 22'$ field of view (large frame in the background). Star images have a FWHM appropriate to the atmospherically induced jitter (seeing).

The Solar Disk Integration Telescope (SDI)

The SDI telescope will eventually feed integrated sunlight to the PEPSI spectrograph. Its three telescopes – one guider telescope and two 1 cm scientific telescopes resembling the two LBT mirrors – automatically locate the Sun in the morning, acquire it on a guiding CCD such that two fibres of the spectrograph

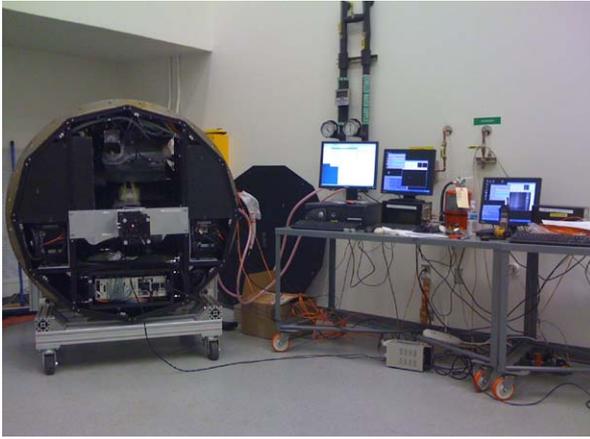


Fig. 4: AGW unit #4 during its preparation phase shortly before mounting on the telescope.

AGW-Einheiten für das Large Binocular Telescope

Ein weiterer Meilenstein eines Großprojektes des AIP konnte ebenfalls in 2011 erreicht werden, nämlich die Auslieferung der vierten und letzten AGW-Einheit (Acquisition, Guiding & Wavefront) für das LBT. Die beiden letzten Einheiten werden von den PEPSI-Polarimetern benötigt, dienen momentan aber der Inbetriebnahme und Tests anderer Instrumente des LBT.

are optimally positioned, and then track it until sunset. It is a fully automated system, since it also manages a 30 TB data acquisition system with its special file-management system. The entire SDI unit had to undergo maintenance after an ice storm during the winter of 2010/11 but it is now back to routine test operation.

RoboTel

RoboTel is a scientific-grade, fully autonomous telescope located on top of the Schwarzschild house at AIP in Potsdam/Babelsberg. 50% of the time it serves as a test bed for the development of STELLA instrumentation as well as for testing integration procedures for a global network of robotic telescopes (HTN; heterogeneous telescope network). The other 50% of its time is intended for public use by schools for experiencing astronomy and robotics at the AIP. Due to its location in Potsdam, RoboTel can hardly deliver scientific grade data, but in 2010/11 it was used to test essential robotics software. From the robotics point of view, a rather complex algorithm was required to achieve long-term stability on auxiliary guiding for RoboTel's and

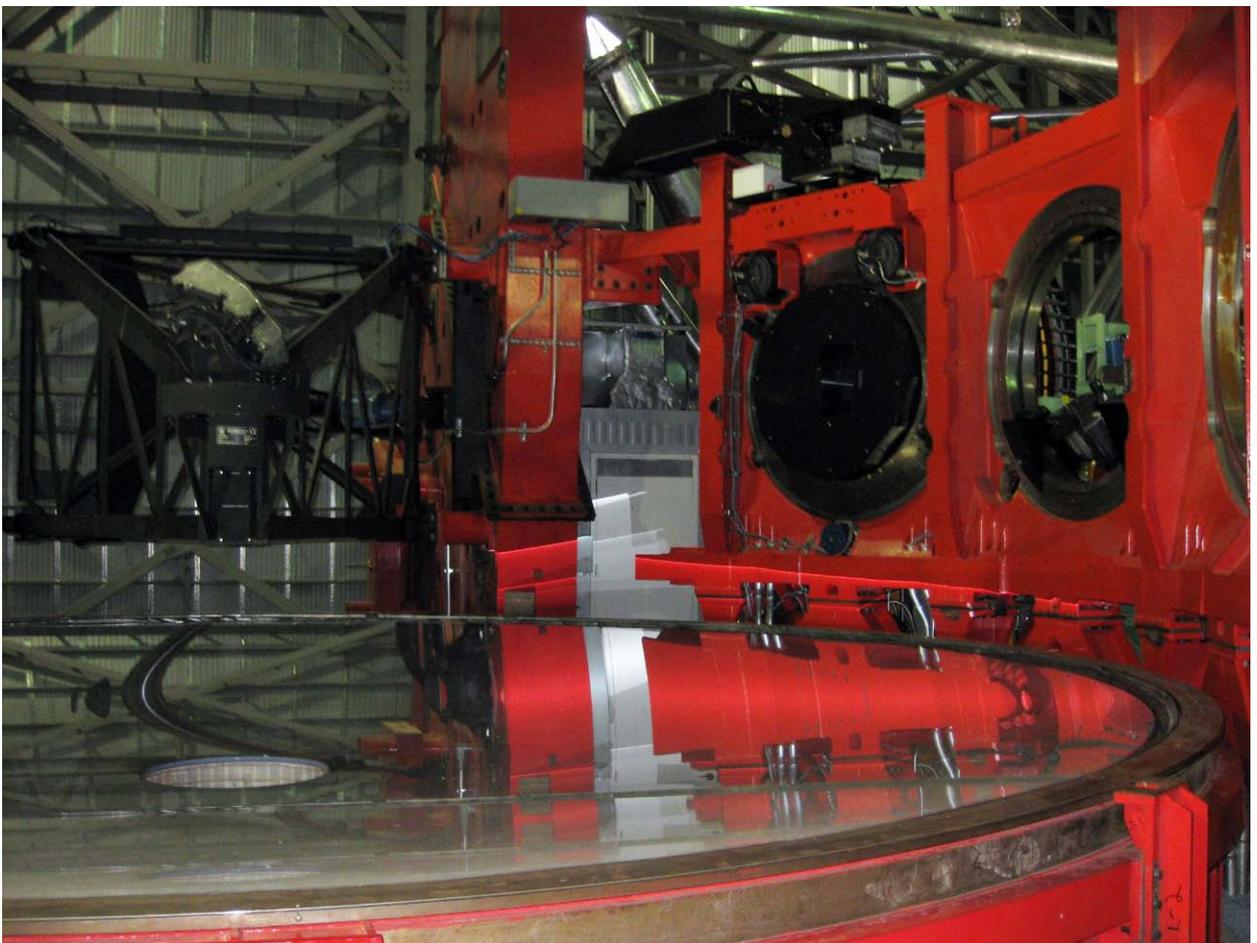


Fig. 5: Unit #3 (black round box with a central hole) during preliminary LUCI set up before later being replaced with unit #1.

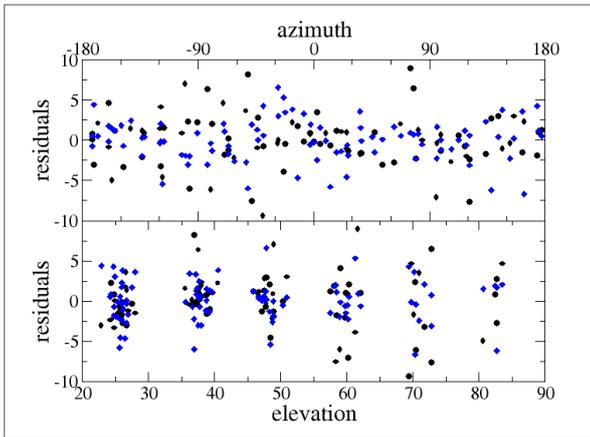


Fig. 6: GREGOR pointing model for night-time observations. The residuals of the model to the measured pointing positions as a function of azimuth and elevation of the target star are shown. The average deviation of the model (RMS) is as low as 3.2 arcsec in azimuth and 2.6 arcsec in altitude.

ARGOS

Aber schon wirft das nächste LBT-Projekt seine Schatten voraus: ARGOS, die LBT-Laserleitsterneinheit. Unter der Führung des Max-Planck Instituts für extraterrestrische Physik (MPE) wird das AIP ein tip-tilt System für normale, natürliche Leitsterne bauen. Schon mit dessen Hilfe kann die adaptive Optik (AO) auf fast den gesamten Himmel angewendet werden – während momentan nur wenige Prozent der AO zugänglich sind. ARGOS soll 2013 funktionsfähig sein.

GREGOR bei Nacht

Als letzter wichtiger Schritt der abgelaufenen zwei Jahre sei noch der erste erfolgreiche automatisierte Betrieb des GREGOR-Sonnenteleskops erwähnt. In einer Kurzkampagne Ende Dezember 2011 konnte nicht nur gezeigt werden, dass die Robotisierung von GREGOR prinzipiell möglich ist, sondern es konnte auch die Qualität der Montierung vermessen werden. Es zeigte sich, dass die gemittelten Ausrichtungsfehler bei etwa vier Bogensekunden liegen – knapp 1/500 des scheinbaren Vollmonddurchmessers.

STELLA's piggy-back telescopes. One of the most challenging tasks was modelling the differential bending between the auxiliary and the main telescope.

AGW Units for the Large Binocular Telescope

The AGW units are located in the various focal stations of the two 8.4-m telescopes and are used to acquire guiding stars, centre them, initiate close-loop guiding, and perform low-frequency wave-front sensing for the respective LBT primary mirror's active support. When units #3 and #4 are not employed by the two PEPSI polarimeters, they serve in other foci of the two telescopes, which include the bent and the straight Gregorian foci. Units #1 and #2 are dedicated to the two LUCI instruments.

ARGOS

The AIP is providing the natural guide star tip-tilt sensing system for the LBT laser-guide star facility ARGOS. The ARGOS project, led by the Max Planck Institute for Extraterrestrial Physics, will expand the adaptive optics system's sky coverage from a few percent to almost complete sky coverage in an improved seeing mode. Natural guide star tip-tilt sensing is a critical component in reaching this goal. The project passed its final design review in the spring of 2010 and has been in construction since then. The detector system has been lab-tested, along with a number of different optical fibres to feed the detectors. The final components have been identified on the basis of these tests and first prototypes of various sub-systems have all been tested. The tip-tilt system's installation at the telescope is planned within 2012 and the complete ARGOS system should be operational in 2013.

GREGOR at Night

GREGOR's first automated observations took place in winter of 2011. Although intended mainly as a test run, it was possible to derive an accurate pointing model for the telescope, describing mechanical and optical misalignments. A well-established pointing model guarantees that the initial pointing of the telescope is accurate enough to place the target star well inside the field-of-view of the nocturnally-used instrument, independent of its location in the sky.

Ausgewählte Publikationen Selected Publications

Hart, M., Rabien, S., Busoni, L., ... Storm, J. (2011): **Status report on the Large Binocular Telescope's ARGOS ground-layer AO system**, *Astronomical Adaptive Optics Systems and Applications IV.*, Proceedings of the SPIE, 8149, 81490J-81490J-11.

Granzer, T., Weber, M., Strassmeier, K.G. (2010): **Three Years of Experience with the STELLA Robotic Observatory**, *Advances in Astronomy*, 980182.

Volkmer, R., von der Lühe, O., Denker, C., Solanki, S.K., Balthasar, H., ... Hofmann, A., ... Popow, E., ... Strassmeier, K.G. (2010): **GREGOR solar telescope: Design and status**, *Astronomische Nachrichten*, 331, 624.

Volkmer, R.; von der Lühe, O.; Denker, C.; Solanki, S.; Balthasar, H.; ... Hofmann, A., ... Popow, E., ... Strassmeier, K. G. (2010): **GREGOR telescope: start of commissioning**, *Ground-based and Airborne Telescopes III.*, Proceedings of the SPIE, 7733, 77330K.

Strassmeier, K.G., Granzer, T., Weber, M., Woche, M., Popow, E., Järvinen, A., Bartus, J., Bauer, S.M., Dionies, F., Fechner, T., Bittner, W., Paschke, J. (2010): **The STELLA Robotic Observatory on Tenerife**, *Advances in Astronomy*, 2010, 19.

Storm, J., Hill, J., Miller, D., Rakich, A., Thompson, D., Brynneel, J., Hahn, T., Heidt, J., Popow, E. (2010): **Performance and results from the commissioning of the first acquisition, guiding, and wavefront sensing units for the Large Binocular Telescope**, *Ground-based and Airborne Telescopes III.*, Proceedings of the SPIE, 7733, 77335A-77335A-8.

di Varano, I., Strassmeier, K.G., Granzer, T., Woche, M. (2010): **Development of the opto-mechanical design for ICE-T**, *EAS Publications Series*, volume 40, 375.

Strassmeier, K.G., Kärcher, H.J., Kühn, J., di Varano, I. (2010): **Thermal design and de-icing system for the Antarctic Telescope ICE-T**, *Ground-based and Airborne Telescopes III.*, Proceedings of the SPIE, 7733, 77331W-77331W-8.

Strassmeier, K.G., di Varano, I., Woche, M., Kärcher, H.J., Eisenträger, P. (2010): **The opto-mechanical design of the Antarctic Telescope ICE-T**, *Ground-based and Airborne Telescopes III.*, Proceedings of the SPIE, 7733, 77334U-77334U-12.



Team 2010/2011: Janos Bartus, Eric Depagne, Igor di Varano, Thomas Granzer (head), Arto Järvinen, Dennis Plüschke, Emil Popow, Jesper Storm, Klaus G. Strassmeier, Michael Weber, Manfred Woche



Left LBT primary and tertiary mirror. The location of the PEPSI Permanent Fibre Focus Units (PFU) is on the bracket at the right.

Hochauflösende Spektroskopie und Polarimetrie

High-resolution Spectroscopy and Polarimetry

Die Abteilung „Hochauflösende Spektroskopie und Polarimetrie“ arbeitet eng mit dem Robotik-Team am Entwurf, der Konstruktion und dem Betrieb von hochauflösenden Spektrographen und Spektropolarimetern zusammen. Das wichtigste Projekt ist das Potsdam Échelle Polarimetric and Spectroscopic Instrument (PEPSI) für das Large Binocular Telescope (LBT) in Arizona, aber auch der STELLA Échelle Spectrograph (SES), der 2006 in Betrieb gegangen ist benötigt noch einen nennenswerten Arbeitsaufwand und wird zurzeit grundlegend erneuert.

The Spectroscopy team works closely with the Robotics team on the design, construction and operation of high-resolution spectrographs and spectropolarimeters. Their main project is the Potsdam Échelle Polarimetric and Spectroscopic Instrument (PEPSI) for the Large Binocular Telescope (LBT) in Arizona, but the STELLA Échelle Spectrograph (SES), delivered in 2006, still consumes considerable effort. It is currently undergoing a major overhaul.

PEPSI

PEPSI ist das Lichtfaser-gespeiste, Luftdruck- und Temperatur-stabilisierte „Potsdam Échelle Polarimetric and Spectroscopic Instrument“ für das 2x8,4 m Large Binocular Telescope. Die Auslieferung des Instruments ist für Sommer 2013 geplant. Sein ultra-hoher und -effektiver Auflösungsmodus wird eine beispiellose spektrale Auflösung von $R=300.000$ über den gesamten Wellenlängenbereich von 383-907 Nanometern liefern ohne adaptive Optik zu benötigen. Neben der Möglichkeit, die polarimetrischen Stokes-Vektoren IQUV aufzuzeichnen kann das Instrument den ganzen visuellen Bereich in drei Aufnahmen mit den spektralen Auflösungen 32.000, 120.000 und 300.000 abbilden. Damit überbietet PEPSI alle existierenden Einrichtungen, sogar VLT+UVES der ESO, in Hinblick auf das Produkt aus Lichtsammelvermögen und spektraler Abdeckung. Durch Einspeisung von Sonnenlicht mittels des Solar Disk Integrated Telescopes (SDI) wird PEPSI auch tagsüber betrieben werden.

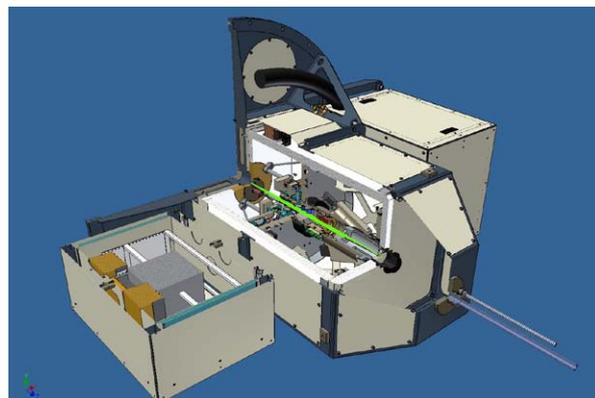


Fig. 1: Design of one of the two PEPSI polarimeters.

PEPSI

The bench-mounted, fibre-fed and stabilised, Potsdam Échelle Polarimetric and Spectroscopic Instrument for the 2x8.4 m Large Binocular Telescope is scheduled for delivery in summer 2013. Its ultra-high-resolution mode will provide an unprecedented spectral resolution of $R=300,000$ at high efficiency in a wavelength range of 383-907 nanometres without the need for adaptive optics. Besides its polarimetric Stokes IQUV mode, the capability to cover the entire optical range in three exposures at resolutions of 32,000, 120,000 and 300,000 will surpass all existing facilities, even ESO's VLT+UVES, in terms of the products of its light-gathering power and spectral-coverage. The solar feed through SDI will also make use of PEPSI during daylight hours.

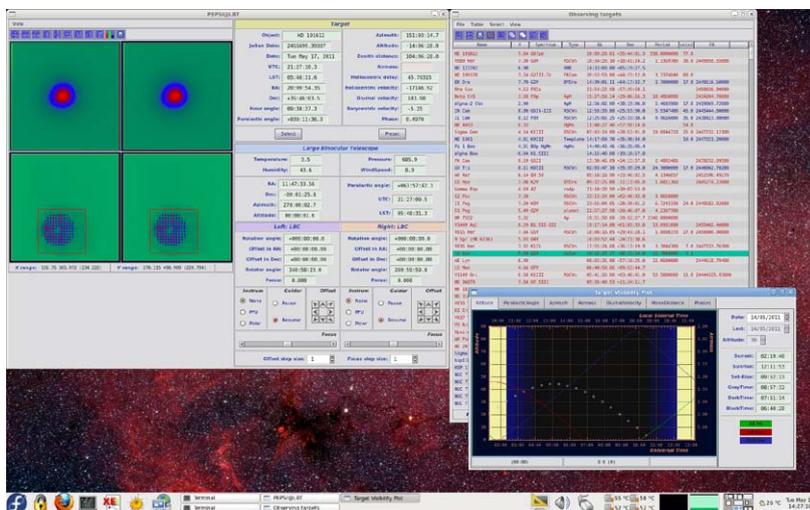


Fig. 2: PEPSI control system. Top left: The interface to the LBT telescope and the acquisition & guiding unit. Top right: The stats panel for the SDI telescope. Bottom: The PEPSI control and data viewing interface.

The initial setup of the control computer cluster in the AIP lab is connected to the PEPSI chamber subsystems for testing hardware devices and optical components of the spectrograph. The installation of a 35TB PEPSI storage system at the LBT is expected in March

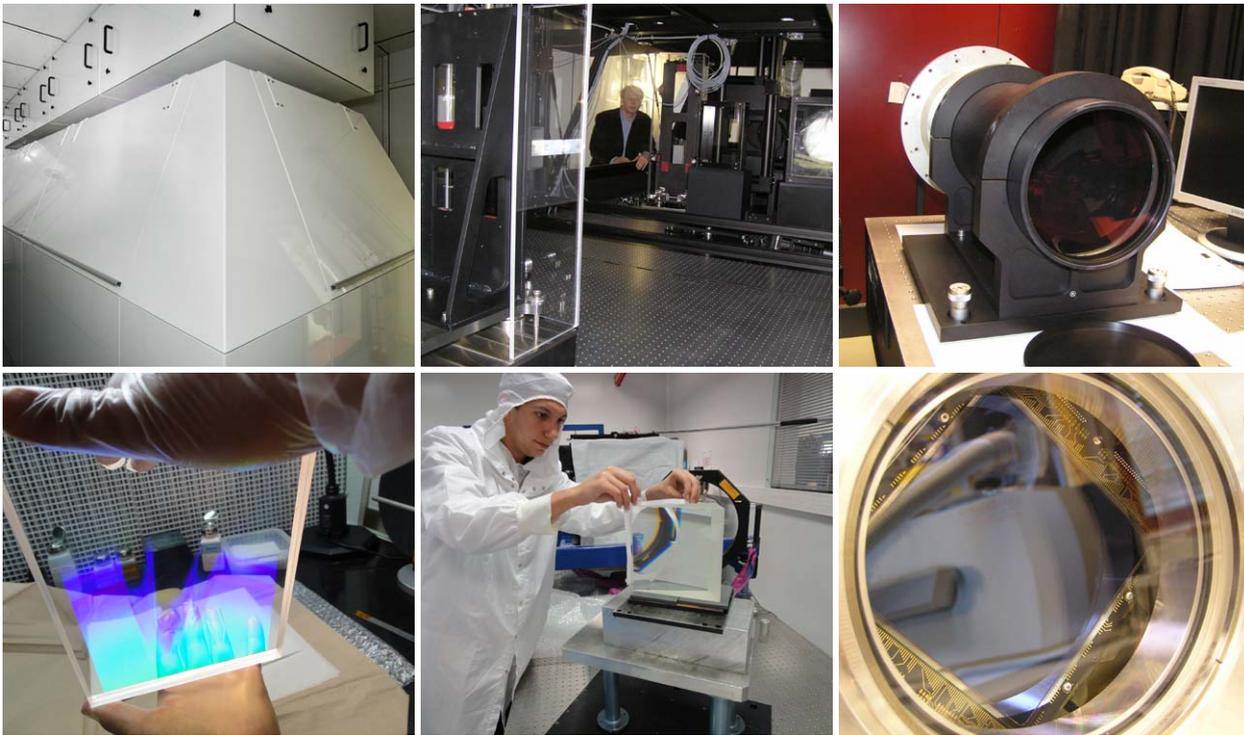


Fig. 3: PEPSI Components. From top left to bottom right: The PEPSI spectrograph enclosure within its barometric and thermal chamber. A view of the optical table with some of the optical components. The blue-arm f/3 optical camera on the test stand. First visual inspection of the 3160-line volume phase holographic grating for cross disperser #1. Optical testing of one of the cross disperser prisms at SESO in Marseilles. The science-grade, blue-arm 10kx10k CCD in its dewar.

Der erstmalige Aufbau des Control-Computer-Clusters im AIP Labor ist mit dem Subsystem der PEPSI-Kammer verbunden, um die elektronischen und optischen Komponenten des Spektrographen zu testen. Die Installation des 35TB Speichersystems am LBT ist für den März 2012 geplant. Die Instrument Interface Software, die das PEPSI Kontrollprogramm mit dem Kontrollsystem des LBT verbindet, wurde während einer Reihe von Nächten im Mai 2011 erfolgreich getestet. Es ermöglicht die Auswahl eines Objektes mit einem Offset Guide-Stern, das Positionieren und das Nachführen des Teleskops. Zudem stellt es alle Statusinformationen zur Verfügung, die für den Beobachter relevant sind. Der Prototyp für die Steuerung des Spektrographen wurde entwickelt um das Instrument zu kalibrieren und Beobachtungen durchzuführen. Erste Bilder mit dem 10K STA-1600 CCD System und den dazugehörigen Statusinformationen sind in Fig. 2 gezeigt.

Jeder der beiden 8,4m-LBT Spiegel wird Sternenlicht in ein Polarisimeter speisen. Dessen polarisierte

2012. The Instrument Interface Software, which links the PEPSI control panel to the LBT Telescope Control System, was successfully tested during dedicated technical nights in May 2011. It allows target selection, with its offset guide star pointing and guiding the telescope. It also provides all relevant status information from LBT to the observer. The spectrograph control-panel prototype is designed to calibrate the instrument

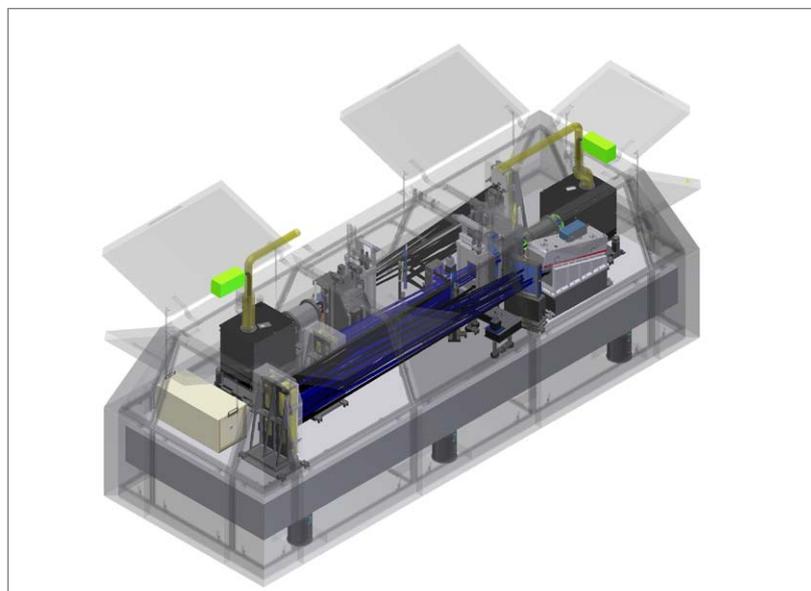


Fig. 4: CAD model of the PEPSI spectrograph unit.

Lichtkomponenten werden zeitgleich mit einer Lichtleitfaser zum Spektrographen geleitet. Der Fortschritt der Arbeit an den beiden Polarimetern in den Jahren 2010/11 war erwartungsgemäß: Es wurden Aufträge für die mechanische Struktur sowie für die Produktion der Foster-Prisma Einheit, die ADCs (atmospheric dispersion corrector), die Kameraoptik und die Herstellung der sehr anfälligen Kollimator-Optik ausgelöst.

Das Solar Disk Integration Telescope (SDI) befindet sich auf dem Balkon des LBT und ist dafür ausgelegt dem Lauf der Sonne zu folgen und ihr Licht mittels zweier identischer Teleskope durch Lichtleitfasern zum Spektrographen zu leiten. Échelle-Spektren des gesamten optischen Spektralbereichs mit einem Auflösungselement von 1km/s werden tagsüber bei gutem Wetter mittels drei kurzer Belichtungen aufgezeichnet, um pro Tag ein Spektrum mit sehr gutem Signal-Rausch-Verhältnis zu produzieren. Dies ermöglicht die Sonnenaktivität über den gesamten Sonnenzyklus mit diesen einzigartigen Möglichkeiten zu beobachten.

STELLA Verbesserungen

Das optische Layout des SES wurde Ende 2011 optimiert und es wurden neue cross-dispersing Prismen eingebaut. Bis Mitte 2012 werden die Verbesserungen am SES mit dem Tausch der optischen und der CCD-Kameras, sowie einer neuen Lichtfaser-Einspeisung abgeschlossen und damit sowohl die Effizienz als auch die spektrale Auflösung verbessert. Das neue SES-CCD ist ein extrem rauscharmtes Bauteil, das mit einer astronomischen Breitbandbeschichtung ausgestattet ist. Betrieben wird dieses CCD mit einem im Haus gebauten Magellan-Controller, der für niedriges Ausleserauschen optimiert ist. Die im Vergleich zum bisherigen System größere Fläche ermöglicht die



Fig. 5: New 4kx4k CCDs for STELLA-II/SES.

and carry out observations. A screenshot (Fig. 2) shows first images obtained with the 10K Blue STA-1600 CCD, together with the camera status information.

Each one of the two 8.4 m LBT mirrors will feed one polarimeter with starlight. Its polarized-light components are then fibre-fed to the spectrograph simultaneously. As expected, work on the polarimeters had progressed in 2010/11 with final contract placements for the outer mechanical structure, along with the production of the Foster prism calcite assembly, ADC (atmospheric dispersion corrector), camera optics, the extremely vulnerable collimator optics, and their respective mechanical mounts.

The Solar Disk Integration Telescope (SDI) is located on the LBT balcony and designed to track the Sun and conduct light from two identical telescopes to the PEPsi spectrograph via optical fibres. An Échelle spectrum with full wavelength coverage and a resolution element of 1 km/s is produced in three successive short exposures throughout the day during clear sky conditions to create a single spectrum with a very high signal-to-noise ratio. These unprecedented capabilities allow us to monitor solar activity throughout the solar cycle.

STELLA Upgrade

At the end of 2011, the optical layout of the SES was optimized and new cross-disperser prisms were installed. During the first half of 2012 we will conclude the overhaul by replacing the optical and CCD cameras and the fibre feed from the telescope, improving both spectral resolution and system throughput. The new SES-CCD is an extremely low-noise device with an astronomical broadband coating, read by a

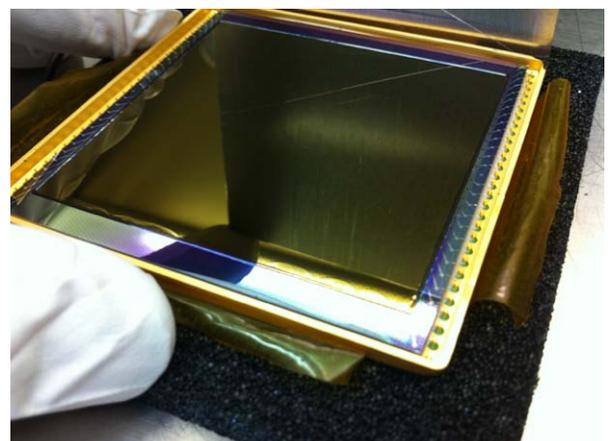


Fig. 6: New 4kx4k CCDs for STELLA-I/WiFSIP.

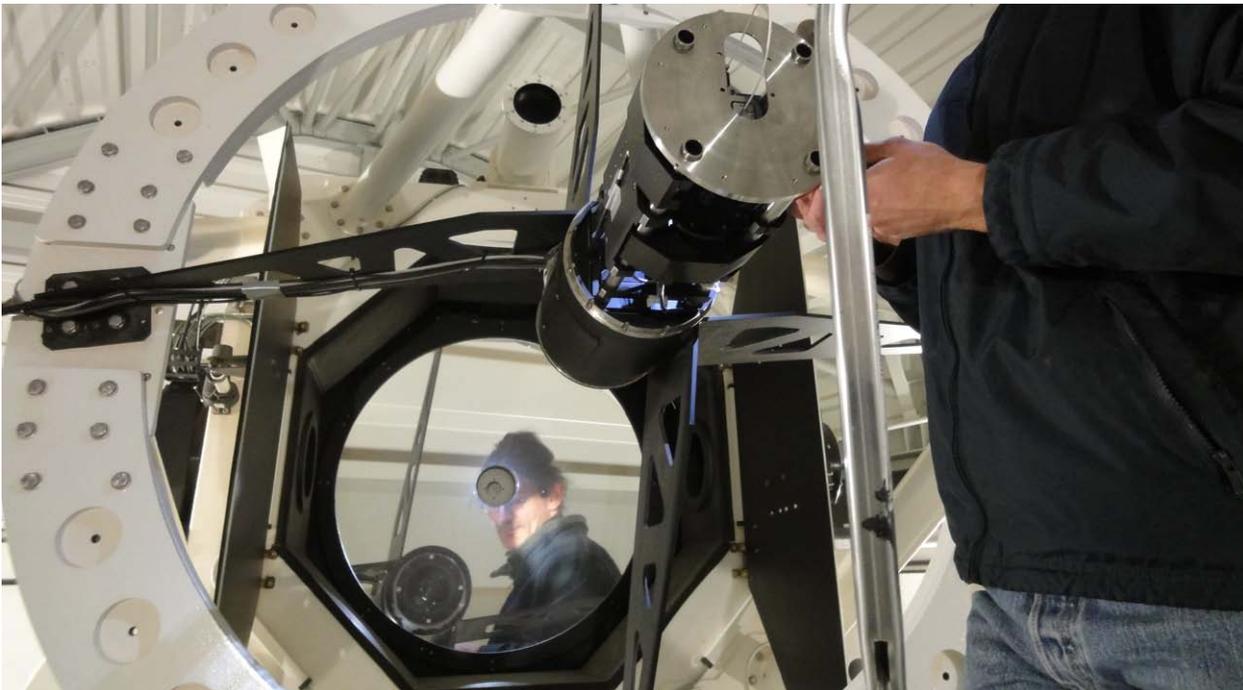


Fig. 7: SES upgrade 2011: Michael Weber aligns the new fibre at the STELLA-2 telescope.

Aufnahme des lückenlosen Échelle-Spektrums von 380-870 nm. Um die photometrische Genauigkeit von WiFSIP zu verbessern wurde ein neues CCD beschafft, welches mit einer breitbandigen Interferenzbeschichtung ausgestattet ist. Auch dieses CCD wird von einem im Haus gebauten Magellan-Controller betrieben, der für hohe Auslesegeschwindigkeit optimiert ist.

Magellan controller built in-house, and optimized for low read-out noise. It has been chosen to sample the entire cross-dispersed Échelle format of the SES from 380–870 nm. In order to improve the photometric precision of WiFSIP we acquired a new CCD device. This is also run by a Magellan controller built in-house, and is coated with a broadband interference coating. It is optimized for comparably high read-out speeds.

Ein Zweikanal-Spektropolarimeter für das E-ELT

Polarisation und Wellenlänge sind die Eigenschaften jedes Photons, welche am meisten über seine Entstehung und Geschichte aussagen. Das E-ELT wird für die vorhersehbare Zukunft das mächtigste Lichtsammel-Gerät sein das jemals gebaut wurde. Die Stärke dieser Kombination aus Spektropolarimetrie und dem E-ELT würde einen Anker der astrophysikalischen

A dual-channel spectropolarimeter for the E-ELT

Polarization and wavelength are the bits of information attached to every photon that reveal the most about its formation and subsequent history. The E-ELT will, for the foreseeable future, be the most powerful optical light-collecting machine ever built. The combined strength of spectropolarimetry and the E-ELT could

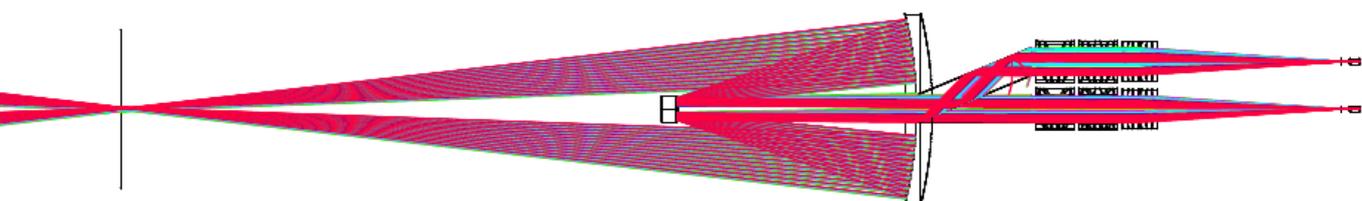


Fig. 8: Conceptual design of an IQUV dual-channel spectropolarimeter for the E-ELT. Optical design of the collimating system and the two-beam polarizer. The telescope's intermediate $f/4.4$ focus is on the left, the fibres on the very right.

Beobachtungen für die nächste Generation von Wissenschaftlern darstellen. Unser Entwurfskonzept sieht eine gleichzeitige Einspeisung eines optischen und eines NIR-Spektrographen mittels Lichtleitfasern vor. Dies würde die Abdeckung von Stokes Vektoren in einem kontinuierlichen Wellenlängenbereich von 400–1.600 nm ermöglichen.

be an anchor of astrophysical observations for the next generation of scientists. Our design concept is to provide a simultaneous polarimetric fibre feed to an optical spectrograph and a NIR spectrograph to continuously cover the Stokes vector for a wavelength range of 400–1,600 nm.

Ausgewählte Publikationen Selected Publications

Ilyin, I., Strassmeier, K.G., Woche, M., Dionies, F., di Varano, I. (2011): **On the design of the PEPSI spectropolarimeter for the LBT**, *Astronomische Nachrichten*, 332, 753.

Strassmeier, K.G. (2011): **Towards observational MHD. Advances in spectropolarimetry and the prospects for the E-ELT**, *IAU Symposium*, 274, 274.

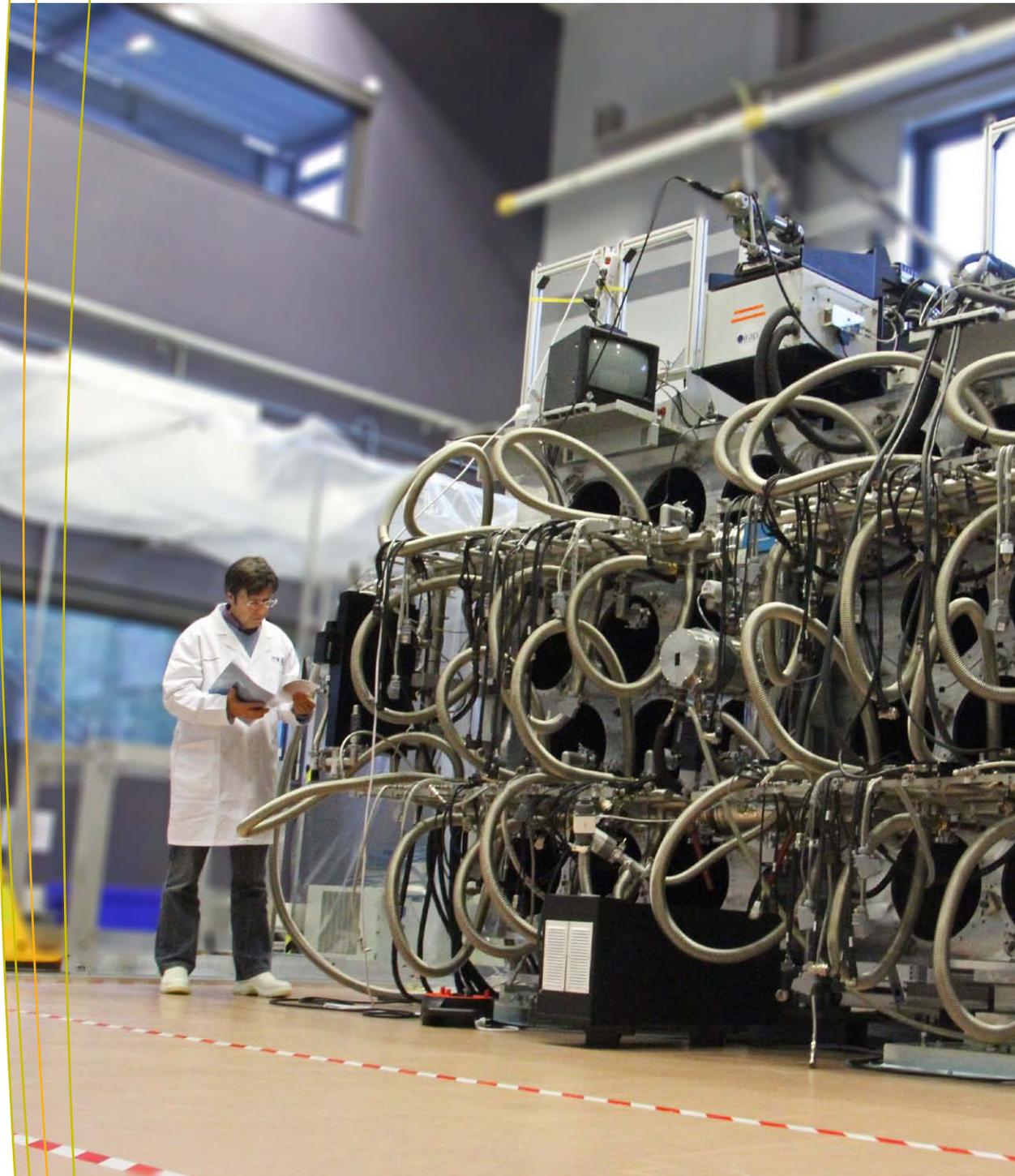
Pickles, A., Depagne, É. (2010): **All-Sky Spectrally Matched UBVR_I-ZY and u'g'r'i'z' Magnitudes for Stars in the Tycho2 Catalog**, *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 122, 1437.

Strassmeier, K.G., Weber, M., Granzer, T., Dall, T.H. (2010): **HD 1: The number-one star in the sky**, *Astronomische Nachrichten*, 331, 368.

Xu, D., Ilyin, I., Fynbo, J.P.U. (2010): **GRB 101224A: NOT optical observation**, *GRB Coordinates Network, Circular Service*, 11492, 1.



Team 2010/2011: Ilya Ilyin, Arto Järvinen, Dennis Plüschke, Emil Popow, Klaus G. Strassmeier, Igor di Varano, Michael Weber (head), Manfred Woche



The Multi-Unit Spectroscopic Explorer (MUSE), shown during assembly in Europe is a new instrument for the Very Large Telescope of the European Southern Observatory in Chile.

3D-Spektroskopie 3D Spectroscopy

Die Methode der 3D-Spektroskopie (auch: Integrale Feldspektroskopie, IFS) erlaubt dem Astronomen, Spektren für jeden Bildpunkt einer Teleskopaufnahme zu gewinnen. Das AIP nutzt und entwickelt diese komplexe Technologie aktiv weiter, durch den Entwurf und Bau neuer Instrumentierung, insbesondere unter Verwendung von Faseroptik, sowie durch Softwareentwicklung zur Reduktion, Analyse und Visualisierung von 3D-Daten und schließlich durch die wissenschaftliche Auswertung der so gewonnenen Daten.

Das AIP beteiligt sich an der Entwicklung der beiden größten 3D-Spektrographen ihrer Art – MUSE für die Europäische Südsternwarte (ESO) in Chile und VIRUS für das McDonald Observatorium in Texas.

Diese Entwicklungen basieren auf zehn Jahren Erfahrung mit dem am AIP gebauten Instrument PMAS, welches am Calar Alto Observatorium in Spanien im Einsatz ist. Des Weiteren werden zukünftige 3D-Spektrographen mit vielen beweglichen Bildfeldern konzipiert.

MUSE wird Wirklichkeit

Der Multi Unit Spectroscopic Explorer (MUSE) ist ein neuer 3D-Spektrograph für das Very Large Teleskop (VLT) der Europäischen Südsternwarte (ESO) in Chile. MUSE kann ein Gesichtsfeld von einer Bogenminute in 90.000 Bildpunkte zerlegen und für jeden ein Spektrum im Wellenlängenbereich von 465-930 nm erzeugen. Diese große Anzahl von Messpunkten wird durch ein modulares Design ermöglicht. MUSE besteht aus 24 identischen Integral-Feldeinheiten, mit je einem Spektrographen und einem CCD-Detektor.

Das wichtigste Forschungsziel von MUSE ist die Entdeckung und Vermessung weit entfernter Galaxien. Für das AIP sind weiterhin spektrale Analysen von Einzelsternen in nahen Galaxien sowie Kollisionen zwischen Galaxien von Interesse.

Um von derartig lichtschwachen oder dicht gedrängten astronomischen Quellen, Spektren zu erhalten, sind lange Belichtungszeiten, eine hohe Lichtempfindlichkeit sowie eine gute Stabilität notwendig. Eine große Rolle kommt auch der Verarbeitung der Daten zu. Die Datenreduktions-Software filtert das wissenschaftliche Signal vom Rauschen und subtrahiert den Einfluss von Instrumenteigenschaften und der Erdatmosphäre. Die Software muss dafür die 24 Teilfelder jeweils einzeln kalibrieren und die Teilbilder einer oder mehrerer

3D spectroscopy, also called integral-field spectroscopy (IFS), is an approach that allows astronomers to obtain spectra for each point across an image produced by a telescope. The AIP uses and actively develops this complex technology, including, with a particular emphasis on fibre-optics, the design and manufacture of new instrumentation, the development of 3D data reduction, analysis and visualisation software, and finally scientific research using 3D- or integral-field spectroscopic techniques.

The AIP is involved in the development of the two largest 3D spectrographs of their kind – MUSE for the European Southern Observatory (ESO) in Chile, and VIRUS for the McDonald Observatory in Texas.

These developments are based on ten years of experience with the AIP-built PMAS instrument that operates at the Calar Alto Observatory in Spain. Future 3D instrument concepts are being studied, ranging from single-field to deployable multiple-field.

MUSE becomes Reality

The Multi Unit Spectroscopic Explorer (MUSE) is a 3D spectrograph for the Very Large Telescope (VLT) of the European Southern Observatory at Paranal in Chile. MUSE features a complex optical system with the capacity to split and slice a field that measures one square arcminute in the sky into 90,000 spatial elements. For each point, a spectrum is created covering the optical and near infrared wavelength region of 465-930 nm. The large number of spatial and spectral resolution elements is realized through a modular layout of the instrument, featuring a total of 24 identical integral field units, each consisting of an image slicer, a spectrograph, and a detector system.

The major science case for MUSE is to discover distant, high-redshift galaxies and to measure their properties. Further interests of AIP astronomers are the spectroscopic analyses of individual objects in nearby galaxies and the study of galaxy mergers.

In order to obtain spectra for these faint, or crowded targets, long integration times, high instrumental throughput, and very good opto-mechanical stability are required. Equally important is data-reduction software, which is needed to extract scientific signal from noise and to accurately subtract the instrumental and sky backgrounds. The software needs to be able to calibrate the 24 sub-fields individually, combine

Aufnahmen zu einem sogenannten Datenkubus zusammenfassen. Für den Test der Software werden sowohl Labordaten verwendet, als auch aufwändige numerische Simulationen des gesamten Instruments.

Die Entwicklung und der Bau von MUSE erfolgt durch ein europäisches Konsortium aus sieben Partnerinstituten unter Führung des Observatoire de Lyon, wo auch die Montage des Instruments erfolgt. Das AIP ist für die Entwicklung der Daten-Reduktions-Software, sowie für den Bau der Kalibriereinheit verantwortlich. Auch die Abnahmetests der 24 Detektorsysteme erfolgen am AIP. Die Inbetriebnahme des Instruments am Paranal-Observatorium in Chile ist für Anfang 2013 geplant. Im Austausch für die Entwicklung von MUSE erhält das Konsortium eine garantierte Beobachtungszeit von 225 Nächten am 8 m Very Large Telescope.



Fig. 1: Integration of the AIP-built MUSE calibration unit onto the fore-optics subsystem in Lyon.

Dunkle Energie mit VIRUS

Die scheinbar beschleunigte Ausdehnung des Universums, gemessen mittels entfernter Supernova-Explosionen (Physik-Nobelpreis 2011), ist eine der wichtigsten Entdeckungen der letzten Jahre. Die Ursache dieser „Anti-Schwerkraft“ ist bisher noch völlig unverstanden und wird Dunkle Energie genannt.

Das AIP beteiligt sich am Hobby-Eberly Telescope Dark Energy Experiment (HETDEX), eines der weltweiten Projekte, welches versucht, die Effekte und Eigenschaften dieser mysteriösen Energie zu messen. Das Projekt wird von der University of Texas in Austin geleitet und involviert amerikanische, deutsche und britische Institute. Mit HETDEX sollen bis zu 800.000 Lyman- α Galaxien in einem Volumen von ca. neun Kubik-Giga parsec, (d.h. mit Rotverschiebungen zwischen zwei und vier) detektiert werden. Das Ziel ist es, die

multiple exposures into one output data cube, and reconstruct global images or specific maps. To extensively test software in advance, laboratory exposures taken with the MUSE spectrographs, as well as simulated data created by an instrument numerical model, are both fed into the pipeline.

MUSE is a project of a European consortium made up of seven partners and led by the Observatoire de Lyon. The AIP is developing the data reduction pipeline, designing and building the MUSE calibration unit, and performing acceptance tests on the 24 detectors. All sub-systems have been built and shipped to the leading institute at Lyon, where MUSE is being assembled and tested. After acceptance in Europe, the instrument is scheduled to be commissioned at the Paranal observatory in early 2013. In exchange for work on the development of MUSE, the consortium obtains 225 guaranteed observing nights at the 8 m Very Large Telescope.

Dark Energy with VIRUS

One of the major discoveries of recent years was the accelerating expansion of the universe through observations of distant supernovae (Nobel price in physics in 2011). The as yet completely unknown source of this apparent “anti-gravity” was dubbed “Dark Energy”.

The AIP is partner of the Hobby-Eberly Telescope Dark Energy Experiment (HETDEX), which is one of several research projects worldwide, trying to measure the properties and effects of this mysterious energy. The project is led by the University of Texas at Austin and involves American, German and British institutes. HETDEX aims to detect up to 800,000 Lyman- α galaxies in a large volume of nine cubic Giga parsecs, (corresponding to redshifts between two and four). The goal is to determine the typical distribution of galaxies within this space and to compare it with tiny energy fluctuations in the early Universe.

The AIP team is significantly involved in the hardware development for the HETDEX instrument known as VIRUS. Based on a modular concept that features 150 spectrographs, connected by optical fibre bundles to the 9 m Hobby-Eberly Telescope (HET), VIRUS is a huge integral-field spectrograph that can record over 33,400 spectra in one exposure.

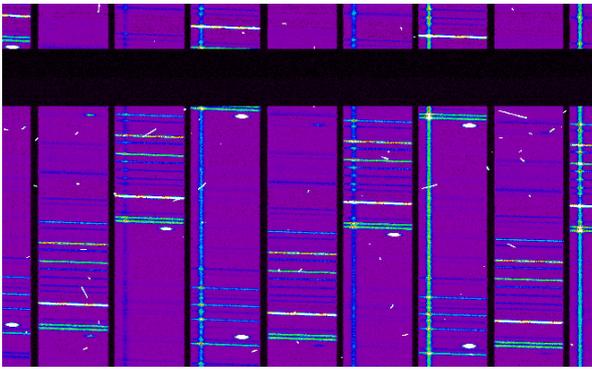


Fig. 2: Image of simulated MUSE data (region with 9 out of 1152 spectral slices) showing several continuum objects (broad vertical stripes), line emitting sources (horizontal spots), sky background, cosmic rays, and CCD artefacts.

typische Verteilung von Galaxien in diesem Volumen zu bestimmen und sie mit den winzigen Temperatur-Fluktuationen im frühesten Universum zu vergleichen.

Das AIP entwickelt Teile des Instruments für HETDEX, genannt VIRUS. Basierend auf einem modularen Konzept mit 150 Spektrographen, welche mit optischen Glasfaserbündeln mit dem 9m-Hobby-Eberly-Teleskop (HET), verbunden sind, ist VIRUS ein großer Integral-Feldspektrograph, welcher über 33.400 Spektren in einer Belichtung aufnehmen kann.

Für die HETDEX Pilotstudie am McDonald Observatorium hat das AIP die Glasfaserbündel entwickelt und geliefert. Die Serienfertigung der weiteren Faserbündel wird im Rahmen eines Technologietransfers mit lokalen Firmen realisiert. Als Ausgleich für seine Entwicklungsleistung erhält das AIP Zugang zur Beobachtungszeit mit VIRUS und ist wissenschaftlich in HETDEX involviert. Die Beteiligung des AIP wurde teilweise aus Mitteln des Leibniz Exzellenzwettbewerbs gefördert.

Galaxien-Durchmusterung mit PMAS

Seit seiner Inbetriebnahme 2001 ist PMAS, der Potsdam Multi-Apertur Spektrophotometer, welcher vollständig am AIP entwickelt wurde, im regulären Einsatz am Calar Alto 3,5m-Teleskop. Dort ist PMAS eines der am stärksten nachgefragten Instrumente der internationalen Nutzer-Gemeinschaft. PMAS ist ein Spektrograph mit zwei Integral-Feldeinheiten und einer optimierten Optik für den gesamten Wellenlängenbereich zwischen 350 und 900 nm. Über die Jahre wurde PMAS kontinuierlich verbessert (z.B. durch einen größeren Detektor, ein neues Dispersionsgitter, ein Polarimetrie-Modus oder große Faserbündel) und als Experimentier-Plattform für neue Technologien benutzt (nod-und-shuffle Technik, Fabry-Perot Etalon, Superkontinuums-Lichtquelle).

Within the partnership, the AIP team has built and delivered optical fibre bundle prototypes for the 2.7 m telescope and HET, which are used for the pilot survey at McDonald Observatory. In order to build the remaining integral-field units (IFUs), the AIP is engaged in technology transfer with industrial partners, and has manufactured fibre bundles in small series production runs. In exchange for the IFU development and deliveries, the AIP receives access to observing time over the operational lifetime of VIRUS and is scientifically involved in the HETDEX survey. In recent years, AIP's participation was partly funded by the Leibniz competition.

Galaxy Survey with PMAS

Since its commissioning in 2001 PMAS, the Potsdam Multi-Apertur Spectrophotometer, which was developed and built at the AIP, is in regular operation at the Calar Alto 3.5 m telescope, where it is one of the community's most-utilised instruments. PMAS is a dedicated integral field spectrograph, featuring two integral-field units and optimized optics that cover the entire wavelength from 350–900 nm. Over the years, PMAS has received various technological upgrades (e.g. a larger detector, new grating, a spectro-polarimetry mode, a large-grasp fibre bundle, etc.) and was additionally used as a technological test-bench (e.g. nod-and-shuffle technique, Fabry-Perot etalon, super-continuum light source).

In recent years, PMAS was mainly dedicated to the CALIFA survey. The Calar Alto programme committee allocated 250 dark nights, to measure the properties of around 600 nearby galaxies, which is the largest and most comprehensive wide-field IFU survey of galaxies carried out to date, addressing fundamental issues in

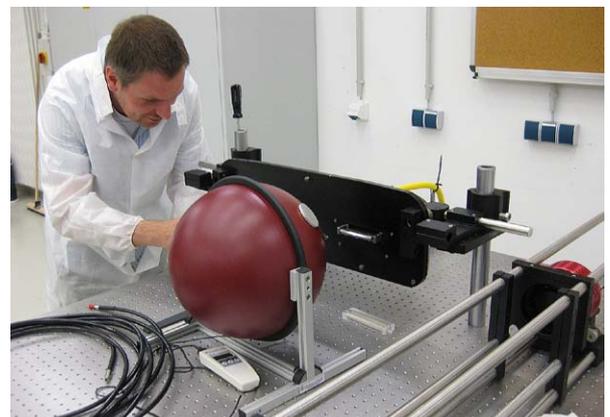


Fig. 3: One out of 75 VIRUS fibre-bundles during acceptance testing at the AIP laboratories.

Ein Großteil der Beobachtungszeit der letzten Jahre war für das CALIFA-Programm reserviert. Das Calar Alto Programmkomitee hat für die Beobachtung von circa 600 Galaxien insgesamt 250 dunkle Nächte bereitgestellt. Damit ist CALIFA die bisher umfangreichste 3D-spektroskopische Galaxien-Durchmusterung und wird fundamentale Fragen der Galaxienentwicklung adressieren. Das einzigartige PMAS Faserbündel (PPak), mit einem Gesichtsfeld von über einer Bogenminute am Himmel, kann die räumlichen Eigenschaften dieser Galaxien effizient kartieren.

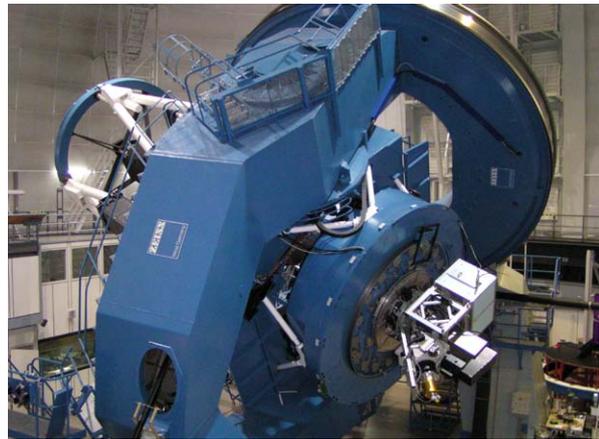


Fig. 4: The Potsdam Multi-Aperture Spectrophotometer (PMAS) mounted at the Calar Alto 3.5 m Zeiss Telescope.

Ausblick: Multi-Feld-Spektroskopie

Die Integrale Feldspektroskopie erlaubt die spektrale und räumliche Analyse eines Bildes, dessen Gesichtsfeld in heutigen Instrumenten aber recht klein ist. Bei der Multi-Objekt Spektroskopie hingegen, werden Spektren von hunderten, über das Gesichtsfeld verteilter (Punkt-)Lichtquellen, erfasst. Für zukünftige Observationen von vielen ausgedehnten Quellen, wie Galaxien oder Nebeln, ist eine Kombination dieser beiden Techniken zur Multi-Feld-Spektroskopie von großem Vorteil. Das AIP hat, zusammen mit den MUSE-Partnern und dem Astrophotonik Instrumenten Konsortium (ASPIC), einen Vorschlag für ein solches Instrument bei der ESO eingereicht. Zurzeit wird das Konzept innerhalb des Schlüsseltechnologie-Programms für das E-ELT weiterverfolgt. Die vielfältige wissenschaftliche Nutzung der 3D-Spektroskopie umfasste in der letzten Periode Themen, wie den Masseverlust bei Roten Riesensternen, die Dynamik von Kugelsternhaufen, das Studium von ionisiertem Gas und massereichen Sternen in Wasserstoff-Wolken und die Kartierung von Blauen Zwerggalaxien oder Galaxienvereinigungen (siehe ausgewählte Publikationen).

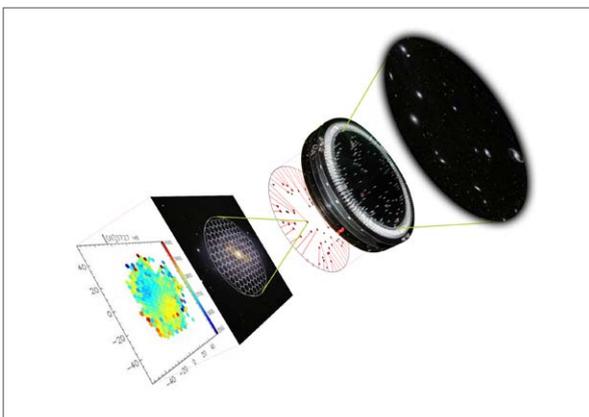


Fig. 5: Principle of Multi-Field Spectroscopy: deployable fibre-bundles can be placed at the location of galaxies within the entire telescope focal plane.

galaxy evolution. The unique PMAS fibre-bundle PPak, with a field of more than one arcminute in the sky, is well suited to efficiently observing the spatial properties of these galaxies.

Future Prospects: Multi-Field Spectroscopy

While Integral-Field Spectroscopy allows spectral and spatial analyses across a two-dimensional image, the field-of-view of such instruments is rather small. On the other hand, Multi Object Spectroscopy can gather spectra from hundreds of distributed (point) sources in the sky. For future surveys of extended objects, such as galaxies or nebulae, Multi Field Spec., a combination of both techniques would be a great advantage. The AIP, together with partners from the MUSE consortium and the Astrophotonics Instrument Consortium (ASPIC), has submitted an idea for such an instrument to ESO. Meanwhile, a national grant was secured to pursue the concept within the key enabling technologies programme of the E-ELT. The scientific use of 3D spectroscopy is diverse and, in recent years, has covered topics such as measuring the mass-loss evolution of red giant stars, stellar dynamics in globular clusters, studies of ionised gas and stellar population in giant hydrogen regions, and mapping the properties of blue compact dwarf galaxies and galaxy mergers (see selected publications).

Ausgewählte Publikationen Selected Publications

Cairós, L. M., Caon, N., Zurita, C., Kehrig, C., Roth, M., Weilbacher, P. (2010): **Mapping the properties of blue compact dwarf galaxies: integral field spectroscopy with PMAS**, *Astronomy and Astrophysics*, Volume 520, A90.

Kelz, A., Bauer, S. M., Biswas, I., Fechner, T., Hahn, T., Olaya, J.-C., Popow, E., Roth, M. M., Streicher, O., Weilbacher, P., Bacon, R., et al. (2010): **The calibration unit and detector system tests for MUSE**, *Proceedings of SPIE* 7735, 773552.

Kelz, A., Roth, M. M., Bacon, R., Bland-Hawthorn, J., Nicklas, H., Haynes, R., ..., Olaya, J.-C., Rambold, W. (2010): **ERASMUS-F: pathfinder for an E-ELT 3D instrumentation**, *Proceedings of the SPIE*, 7739, 77394N.

Monreal-Ibero, A., Relaño, M., Kehrig, C., Pérez-Montero, E., Vílchez, J. M., Kelz, A., Roth, M. M., Streicher, O. (2011): **A 2D multiwavelength study of the ionized gas and stellar population in the giant H II region NGC 588**, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 413, 3, 2242.

Roth, M. M., Fechner, T., Wolter, D., Sandin, C., Kelz, A., Bauer, S. M., Popow, E., Monreal-Ibero, A., Kehrig, C., Streicher, O. (2010): **Commissioning of the CCD231 4K×4K detector for PMAS**, *Proceedings of the SPIE*, 7742, 774209.

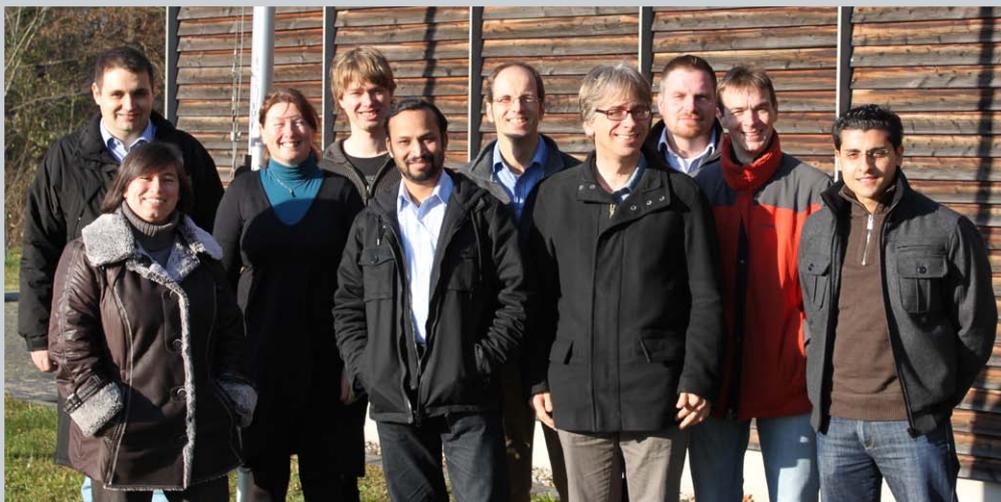
Sandin, C., Becker, T., Roth, M. M., Gerssen, J., Monreal-Ibero, A., Böhm, P., Weilbacher, P. (2010): **P3D: a general data-reduction tool for fibre-fed integral-field spectrographs**, *Astronomy and Astrophysics*, 515, A35.

Sandin, C.; Roth, M. M.; Schönberner, D. (2010): **Measuring Mass-Loss Evolution at the Tip of the Asymptotic Giant Branch**, *Publications of the Astronomical Society of Australia*, 27, 2, 214.

Streicher, O., Weilbacher, P. M., Bacon, R., Jarno, A. (2011): **Sky Subtraction for the MUSE Data Reduction Pipeline**, *Astronomical Society of the Pacific*, 442, 257.

Adams, J. J., Blanc, G. A., Hill, G. J., Gebhardt, K., ..., Kelz, A., ..., Roth, M. M., et al. (2011): **The HETDEX Pilot Survey. I. Survey Design, Performance, and Catalog of Emission-line Galaxies**, *Astrophysical Journal Supplement*, 192, 1, 5.

Crighton, N. H. M.; Bielby, R.; Shanks, T., ..., Weilbacher, P. M., Wisotzki, L., Worseck, G. (2011): **The VLT LBG Redshift Survey- II. Interactions between galaxies and the IGM at z=3**, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 414, 1, 28.



Team 2010/2011: Petra Böhm, Luzma Cairos-Barreto, Michael Denke, Dionne Haynes, Thomas Jahn, Carolina Kehrig, Andreas Kelz (head), Jeremy Murphy, Justus Neumann, Anna-Luisa Rämisch, Paul Singh, Mudit Srivastava, Ole Streicher, Sabine Thater, Tanya Urrutia, Peter Weilbacher, Juana Wendt, Andre Wiss, Marina Zajnulina



Supercomputing und E-Science Supercomputing und E-Science

Datenintensive Untersuchungen sind ein neuer Forschungsansatz in der Astronomie, der auch mit E-Science bzw. E-Astronomy bezeichnet wird. Sie finden sich in großen Durchmusterungen, wie beispielsweise dem SDSS, hoch aufgelösten numerischen Modellen und neuartigen Teleskopen, die Daten in der Größenordnung von einer DVD pro Sekunde produzieren. Das erfordert den Einsatz von Hochleistungsrechnern und die Entwicklung einer IT-Infrastruktur, die diese Datenmengen den Wissenschaftlern in internationalen Kooperationen zur Verfügung stellen. Hierzu entwickeln wir Methoden für eine standardisierte Archivierung, effiziente Verfahren für die wissenschaftliche Analyse und Software für eine kooperative Nutzung.

Derzeit verfügt das AIP über Rechnercluster mit 2.800 Cores, fünf Terabyte Arbeitsspeicher verteilt auf mehrere Rechen-Cluster und etwa ein Petabyte an Datenspeicher-Kapazität, das vorrangig für die gemeinschaftliche Nutzung von wissenschaftlichen Daten zur Verfügung steht.

Die aktive und führende Beteiligung an Projekten wie dem „German Astrophysical Virtual Observatory“ (GAVO), dem AstroGrid-D und dem Virtuellen Datenzentrum (VDZ) zielt auf den Ausbau der kollaborativen, institutsübergreifenden IT-Infrastrukturen, sogenannten Virtuellen Arbeitsumgebungen (VRE) in der Astronomie. Für internationale Projekte wie MUSE, CALIFA, 4MOST und LOFAR sind Konzeptionen für das Datenmanagement entwickelt worden.

Die Erfahrungen aus diesen astronomischen Projekten lassen sich auch auf andere Bereiche übertragen.

Strategien für eine nachhaltige Forschungsdateninfrastruktur

Innerhalb der letzten Dekade entstanden kollaborative Grid-Strukturen in den verschiedensten Wissenschaftsdisziplinen. Das AIP ist hierbei mit der Leitung des AstroGrid-D seit der ersten Stunde vertreten. Um die Einrichtung von solchen Community-Grids in weiteren Wissenschaftszweigen gezielt zu fördern, wurde das Projekt WissGrid gestartet. Innerhalb von WissGrid arbeiten Vertreter aus verschiedenen schon existierenden Community-Grids

Data-intensive studies are a new challenge to research in astronomy, which is also referred to as E-Science or E-Astronomy. Large surveys, such as the SDSS high-resolution numerical models, as well as new telescopes, can produce data in magnitudes equal to one DVD per second. This requires the use of high-performance computers and the development of an IT infrastructure that can provide these amounts of data to scientists cooperating internationally. To this end, we develop methods for standardized archives, efficient procedures for scientific analysis, and software for collaborative use.

Currently, the AIP provides several compute clusters with 2,800 cores, five terabytes of RAM, and approximately one petabyte of data storage capacity, which is mostly dedicated to public data services and data from scientific collaborations.

The active and leading role of AIP in projects such as the German Astrophysical Virtual Observatory (GAVO), AstroGrid-D, and the Virtual Data Centre (VDZ) aims at enhancing the collaborative IT-infrastructure across institutes and so-called virtual research environments (VRE) in astronomy. Concepts for data management have also been developed for international projects such as MUSE, CALIFA, 4MOST and LOFAR.

The experience gained from these astronomy projects can also be used in other areas of research.

Strategies for a Sustainable Infrastructure Research Data

In the last decade, collaborative grid structures emerged in various scientific disciplines. The AIP has been at the forefront in German astronomy, both in a leading and a supporting role, for the AstroGrid-D project. The WissGrid was formed by the existing community grids (AstroGrid-D, C3-Grid, HEPGrid, MediGrid and TextGrid) to support the building of other academic community grids. WissGrid aims to support the formation of sustainable organisational and technical grid structures in all academic areas. It develops the conceptual basis for sustainable use of the grid infrastructure in three areas: operational and organisational

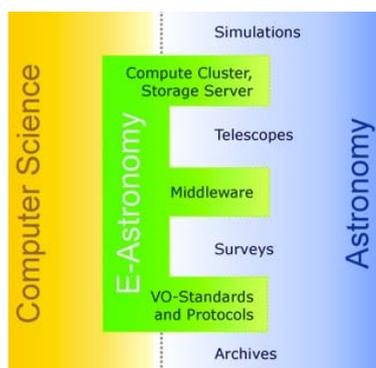


Fig. 1: E-Astronomy – the interface between Astronomy and Computer Science.

(AstroGrid-D, C3-Grid, HEPGrid, MediGRID und TextGrid) an der nachhaltigen Etablierung von organisatorischen und technischen Grid-Strukturen in allen akademischen Bereichen. WissGrid bündelt hierbei die heterogenen Anforderungen aus verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen und entwickelt so konzeptionelle Grundlagen für die nachhaltige Nutzung der Grid-Infrastruktur in drei Bereichen: Betriebs- und Organisationsmodelle, Erarbeitung von Leitfäden für den Aufbau von VRE unter Nutzung des Grids und einem Community übergreifenden Konzept zur Langzeitarchivierung von Forschungsprimärdaten unter Nutzung von Grid-Infrastrukturen.

models, development of guidelines for the establishment of VRE using the grid, and, especially, long-term preservation of research data.

The DFG-funded “Conditions of a Multidisciplinary Research Data Infrastructure” (Radieschen) project investigates the current state of managing research data in Germany. National and international initiatives partake in efforts to improve the management and long-term preservation of research data for many scientific disciplines. The Radieschen project evaluates the various development efforts and provides recommendations for funding agencies and projects.

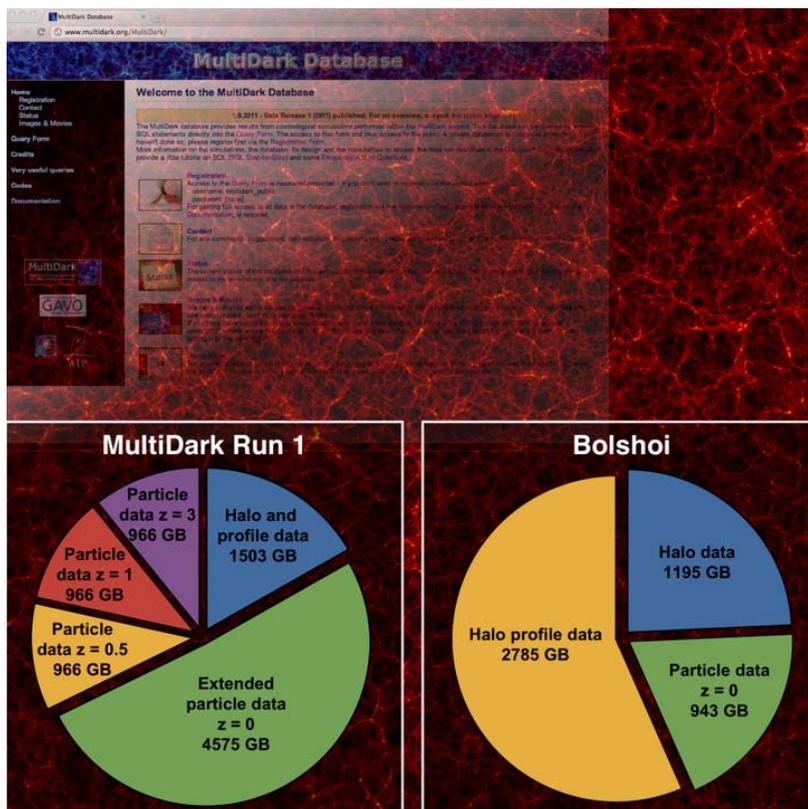


Fig. 2: Web interface and data distribution of both simulations of the Multidark database

MultiDark Database for Cosmological Simulations

Cosmological simulations explore the evolution of structures in the universe – especially dark matter halos. Scientists analyse and explore the simulation data via international collaborations but the huge amounts of data require new methods to render them accessible to each scientist, e.g. by organising the data in a relational database.

The MultiDark database presents data from cosmological simulations in a structured manner. It was created by the AIP E-Science group, in collaboration with the Spanish MultiDark Consolider Project, with contributions from

German Astrophysical Virtual Observatory (GAVO), building on experiences from other successful projects (Millennium database at MPA Garching, CLUES project at AIP).

Users can access the data via a web interface using SQL (Standard Query Language) queries to selectively filter and extract only the subsets of data needed for their analyses. The database also provides access via other Virtual Observatory (VO) methods, e.g. the data can be visualised with VO developed software (such as TopCat) and accessed via other software tools.

Ausschließlich mit dem Umgang mit Forschungsdaten beschäftigt sich das von der DFG geförderte Projekt: „Rahmenbedingungen einer disziplinübergreifenden Forschungsdateninfrastruktur“ (Radieschen). Ausgehend von einer Vielzahl von nationalen und internationalen Initiativen hat in vielen Wissenschaftsdisziplinen eine intensive Diskussion über den Umgang mit Forschungsdaten begonnen. Das Radieschen-Projekt hat sich zur Aufgabe gemacht, diese Vielzahl von Ansätzen zu untersuchen, zu bewerten und abschließend Handlungsempfehlungen zu formulieren. Im Vordergrund stehen hierbei Vorgehensweisen, die generisch genug sind um für mehr als nur ein spezielles Feld anwendbar zu sein.

MultiDark-Datenbank für kosmologische Simulationen

Kosmologische Simulationen, mit denen die Entwicklung der Strukturen im Universum – insbesondere Aufbau und Verteilung von Halos aus Dunkler Materie – erforscht werden kann, produzieren riesige Datenmengen, die in internationalen Kollaborationen bearbeitet werden. Aufgrund ihrer Größe können die Daten jedoch nicht mehr jedem einzelnen Benutzer als lokale Kopien zur Verfügung gestellt werden. Stattdessen werden die Daten zentral vom AIP verwaltet und in einer relationalen Datenbank organisiert.

Die MultiDark-Datenbank stellt Daten kosmologischer Simulationen in strukturierter Art und Weise zur Verfügung. Sie entstand aus einer Kooperation des AIP mit dem spanischen Multidark Consolider Project unter Beteiligung des German Astrophysical Virtual Observatory (GAVO), wobei auf Erfahrungen aus anderen erfolgreichen Projekten (Millennium Datenbank am MPA Garching, CLUES Projekt am AIP) aufgebaut werden konnte.

Die Benutzer haben die Möglichkeit, die Daten über ein Webinterface mittels SQL-Abfragen (Standard Query Language) gezielt zu filtern und nur die Teilmenge zu extrahieren, die sie für ihre wissenschaftliche Arbeit benötigen. Um die Zusammenarbeit mit dem Virtuellen Observatorium (VO) zu erleichtern, werden die gefilterten Simulationsdaten nicht nur als einfache Tabellen, sondern auch in Form der standardisierten VO-Tables zum Download angeboten. Dadurch können die Daten auch direkt mit innerhalb des VO entwickelter Software (z.B. TopCat) dargestellt und weiterverarbeitet werden.

Mittlerweile umfasst die MultiDark-Datenbank zwei große hochaufgelöste kosmologische Simulationen. Beide Simulationen verfolgen die gravitative Entwicklung der Dunklen Materie, die durch 8,6 Milliarden Teilchen repräsentiert wird. Die Simulationen wurden am NASA Ames Research Center gerechnet. In der Datenbank stellen wir die Informationen der in der Simulation geformten Dunkle-Materie-Halos als Funktion der Zeit zur Verfügung, so dass ihre zeitliche Entwicklung verfolgt werden kann. Das Verwalten dieser Teilchendaten ist aufgrund der Datenmenge eine der größten Herausforderungen für das Design der MultiDark-Datenbank. Alles in allem stellt die MultiDark-Webschnittstelle mehr als 14 Terabyte an Daten interessierten Wissenschaftlern zur Verfügung.

The MultiDark database currently contains data from two large, high-resolution cosmological simulations. Both simulations follow the gravitational evolution of dark matter, which is represented by 8.6 billion particles. The simulations were generated at the NASA Ames Research Center, consuming months of computing time. The huge size of particle data is one of the biggest challenges in the design of the MultiDark database. In total, more than 14 terabytes of structured data is available to interested researchers via the web interface of the database.

In the first six months of its existence, more than 70 users registered with the MultiDark database. Of these, 16 users employ the database intensively and 26 are regular users. The majority of users are from the U.S., Spain and Germany.

This positive response confirms that publishing the data sets of simulations in a structured way is beneficial to all interested scientists.



Fig. 3: Data Server and Compute-cluster in the Leibniz building at AIP.

Im ersten halben Jahr ihres Bestehens registrierten sich über 70 Benutzer in der MultiDark-Datenbank. Davon verwenden 16 Benutzer die Datenbank intensiv und 26 regelmäßig. Die Mehrheit der Benutzer stammt aus den USA, Spanien und Deutschland.

Die bisherige positive Resonanz zeigt, wie nützlich und wichtig es ist, die Daten in verwertbarem Format offen zur Verfügung zu stellen, so dass die in monatelanger Rechenarbeit produzierten Daten von jedem Wissenschaftler optimal verwendet und ausgewertet werden können.

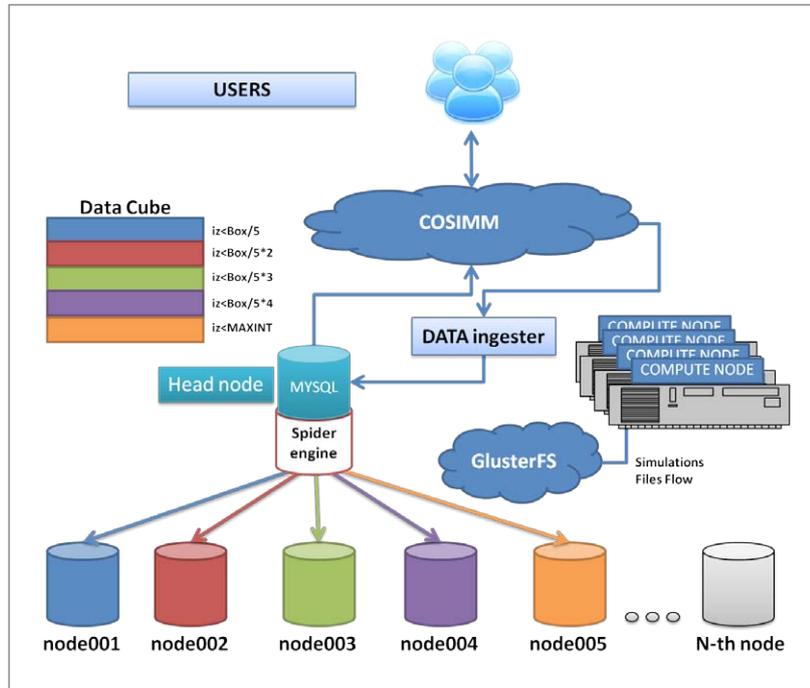


Fig. 4: Scheme of a Virtual Research Environment with CoSiMM.

CoSiMM: Collaborative Simulation Metadata Management

Mit CoSiMM werden Schlüssel-Komponenten einer Virtuellen Arbeitsumgebung (VRE) für astrophysikalische Simulationen implementiert. Hierzu gehören die projektbasierte Verwaltungs- und Zugriffsmöglichkeit zu den verteilten, nichtlokalen Simulationsdaten (Anfangsbedingungen, Rohdaten, Ergebnisse der Analysen („Post-Processing“), Visualisierungsdaten) und den genutzten Programm-Codes, wie auch die Publikation der Daten. Die VRE wird in Zusammenarbeit mit dem CLUES Projekt entwickelt, einem internationalen Zusammenschluss von mehr als 40 Wissenschaftlern. CLUES (Constrained Local Universe Simulations) verfolgt das Ziel, mit hochauflösenden Simulationen die Bildung des „Lokalen Universums“ genau zu untersuchen. Die Simulationen werden aufgrund der hohen Anforderungen an Rechenzeit an verschiedenen Supercomputing-Zentren der ganzen Welt gerechnet. Mit CoSiMM wird die Erzeugung, Analyse und der Zugriff auf diese Daten mit geeigneten Metadaten in einer Datenbank erfasst, die von den beteiligten Wissenschaftlern genutzt und ergänzt werden kann. Eine nutzerfreundliche webbasierte Bedienungs Oberfläche bietet Unterstützung beim Hinzufügen und Verwalten der Datensätze.

Die wissenschaftliche Auswertung der Simulationen wird durch die Zusammenführung wichtiger Datensätze und Teilresultate in einer für alle Projektbeteiligte frei zugänglichen Umgebung sehr viel effizienter. Darüber

CoSiMM: Collaborative Simulation Metadata Management

CoSiMM implements the key elements of a Virtual Research Environment supporting scientific collaboration on simulations. CoSiMM is dedicated to assisting in the management of all simulation data, from codes and initial conditions, to hosting, exchanging, post-processing simulation data, and publishing results. The implementation of the key elements of CoSiMM is developed in collaboration with the CLUES project.

The CLUES (Constrained Local Universe Simulations) project is an international collaboration of more than 40 scientists with the goal of reproducing the local universe with constrained cosmological simulations. CLUES uses high-resolution simulations to study details of the formation of the “local universe”. Due to the high demands on computing time, the simulations are run on many different supercomputing centres around the world. CoSiMM registers the generation, analysis and access to this data in a database using customised metadata. This aids in the management of distributed data. A web-based user interface provides support for registering and altering datasets.

Collecting data in a data centre and creating a customised environment for collaboration in scientific analysis is a much more efficient way to obtain scientific results. Moreover, tools for using a database for publication of the results of simulation post-processing are provided. The VRE is able to store more

hinaus werden Werkzeuge für die datenbankgestützte Publikation von Simulationsdaten hinzugefügt, die insbesondere die Katalogisierung und das Einfügen der Daten in die Datenbank erleichtern. Die VRE für CLUES stellt neben 200 Terabyte an Speicherplatz auch Rechner mit bis zu 512 GB Arbeitsspeicher zur Verfügung. Für eine weitere Verbesserung der VRE werden derzeit Cloud- und Grid-Elemente herangezogen und es wird an einer Open Source Lösung für eine hochleistungsfähige Simulationsdatenbank gearbeitet.

than 200 Terabytes of data and computers with up to 512 GB of RAM accessible via a fast local network. Further improvements of the VRE are being implemented using grid and cloud components, and we are working on a customised Open source solution for a high-performance database of simulations.

Ausgewählte Publikationen Selected Publications

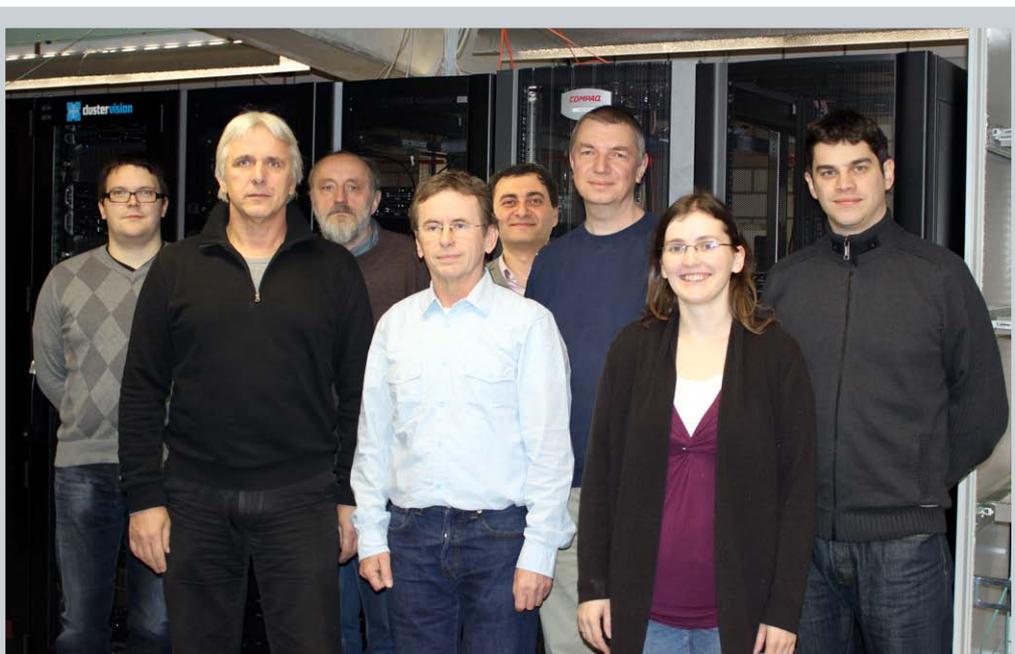
Aschenbrenner, A., Enke, H.; Fischer, T., Ludwig, J. (2010): **Diversity and Interoperability of Repositories in a Grid Curation Environment**, <http://journals.tdl.org/jodi/article/view/1896>.

Dickmann, F., Enke, H., Harms, P. (2010): **Expertise zur Errichtung einer Virtuellen Arbeitsumgebung fuer die Sozial-Oekonomische Berichterstattung (SOEB)**, soeb-Arbeitspapier, <http://www.soeb.de/virtaug.php>.

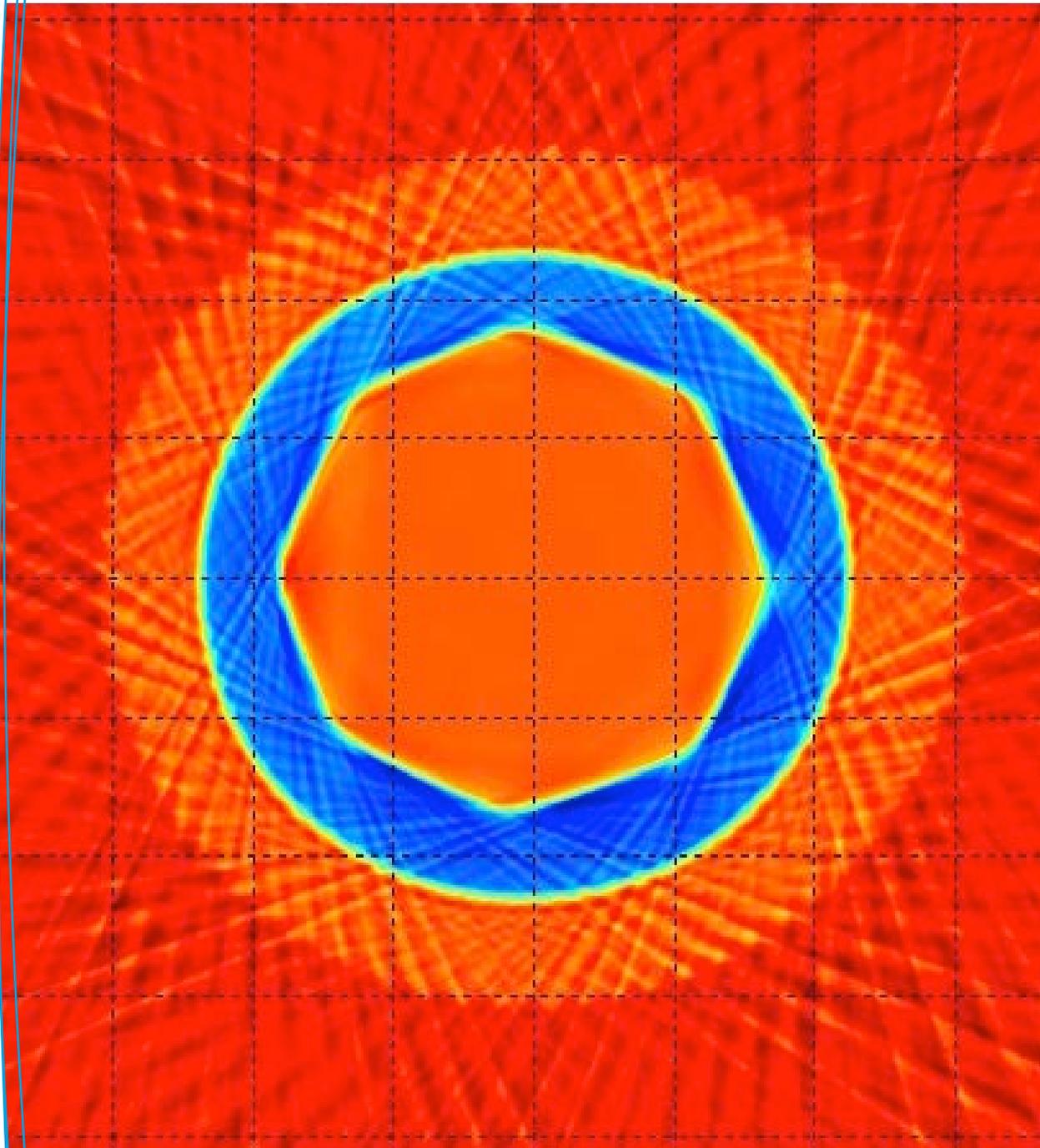
Enke, H. et al (2010): **AstroGrid-D: Grid Technology for Astronomical Science**, *New Astronomy*, 16, 79.

Ludwig, J., Enke, H. et al. (2011): **Leitfaden zum Forschungsdaten-Management**, <http://www.wissgrid.de/publikationen/deliverables/wp3/WissGrid-oeffentlicher-Entwurf-Leitfaden-Forschungsdaten-Management.pdf>.

Steinmetz, M. (2011): **Virtuelle Observatorien, Sterne und Weltraum**, Oktober 2011.



Team 2010/2011: Detlef Elstner (head), Harry Enke, Arman Khalatyan, Jochen Klar, Adrian Partl, Kristin Riebe, Manfred Schultz, Matthias Steinmetz, Steve White



Refractive index profile (false colour) of an octagonal core optical fibre.

innoFSPEC
innoFSPEC

innoFSPEC Potsdam ist ein Zentrum für Innovationskompetenz im Bereich der optischen Fasertechnologien. Das Zentrum ist ein Gemeinschaftsprojekt des AIP und der Universität Potsdam und nutzt das Synergiepotenzial der Trägerinstitutionen für F&E in den Feldern Vielkanalspektroskopie und Fasersensorik. Das Zentrum wird durch das BMBF-Programm „Unternehmen Region“ gefördert und besteht aus zwei eng zusammenarbeitenden Forschergruppen. Eine der Gruppen ist am AIP integriert und auf photonische Technologien für optische Fasern und integrierte Wellenleiter für astronomisch-spektroskopische Anwendungen (Astrophotonik) und verwandte Disziplinen spezialisiert. Die andere Gruppe am Institut für Physikalische Chemie der Universität Potsdam hat ihren Schwerpunkt im Bereich der faserbasierten chemischen Sensorik.

Die Aktivitäten im Jahr 2010 konzentrierten sich im Wesentlichen auf die Einrichtung des Zentrums sowie die Entwicklung von strategischen Kooperationen und Forschungsprojekten. Im Jahr 2011 folgte dann eine kontinuierliche und rasche Weiterentwicklung mehrerer Forschungsprojekte sowie die Einrichtung eines AIP Technologie-Transfer-Büros.

Integrierte Photonische Spektrographen (IPS)

Das IPS-Projekt entwickelt miniaturisierte Spektrographen mit Hilfe integrierter, optischer Technologien. Sogenannte Arrayed Waveguide Gratings (AWGs) werden zur Wellenlängendispersion eingesetzt und dienen der Entwicklung reproduzierbarer, robuster und kostengünstiger Spektrographen, welche auf einen Chip gebracht werden und für die Verwendung in der Astronomie und verwandten Disziplinen gedacht sind.

Photonische Kalibrationssysteme

Um die hochaufgelöste Kalibrierung astronomischer Spektren zu ermöglichen, hat innoFSPEC Kooperationen mit Partnern aufgebaut. Innerhalb dieser Kooperationen werden breitbandige Frequenzkämme entwickelt, die aus nichtlinearen, optischen Fasern und Mikro-Resonatoren aufgebaut sind und als Ersatz für traditionell verwendete Niederdruck-Gasentladungslampen eingesetzt werden können. Mittels Frequenzkämmen konnte bereits eine bisher unerreichte Verbesserung der Kalibrierung von Teleskopen in einem schmalen Wellenlängenbereich erzielt werden. Die nächste Generation dieser Geräte sollte deutlich kostengünstiger sein und gleichzeitig einen viel größeren Wellenbereich abdecken.

The innoFSPEC innovation centre is a joint venture of AIP and the University of Potsdam, carrying out synergistic R&D in the field of multichannel spectroscopy and fibre sensor technology. The centre is funded by the BMBF “Unternehmen Region” programme and is composed of two interlinked groups. The first group (located at AIP) specialises in optical fibre and integrated waveguide-based photonic technologies, targeting astronomical spectroscopic applications (Astrophotonics) and related disciplines. A second group (located at the University of Potsdam Department for Physical Chemistry) specialises in fibre-based chemical sensing.

Much of 2010 was spent setting up the centre, developing strategic collaborations, and launching research projects. 2011 saw the rapid development of several research projects and the formation of the AIP technology transfer office.

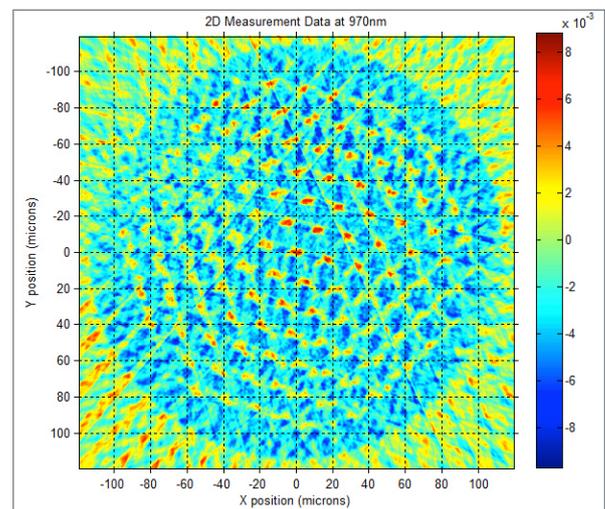


Fig. 1: Refractive index profile (false colour) of a 121 core multi-core optical fibre.

Integrated Photonic Spectrographs (IPS)

The IPS project is developing miniature spectrographs using integrated optical technologies. Arrayed Waveguide Gratings (AWGs) are used for wavelength dispersion with the aim of delivering replicable, robust, and cost effective spectrographs on a chip for astronomy and related disciplines.

Photonic Calibration System

In order to provide high-quality spectral calibration of astronomical spectra, innoFSPEC has been building collaborations to develop broadband frequency combs, based on nonlinear optical fibre and microresonators as a replacement for the traditional low-pressure gas discharge lamps. Frequency combs have already

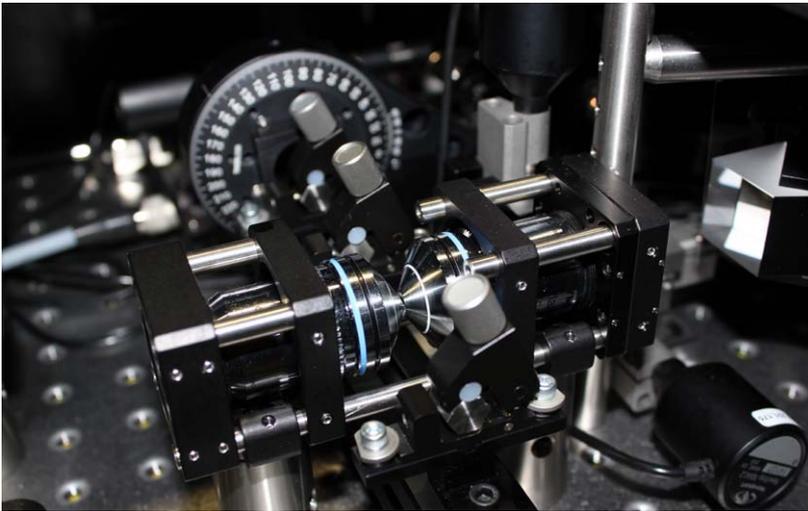


Fig. 2: Interferometric optical fibre characterisation unit.

Optische Faserübergänge

Optische Faserübergänge (Photonische Laternen) werden eingesetzt, um Licht effizient von bodengebundenen Teleskopen in photonische Geräte wie etwa IPS und photonische Filter einzukoppeln. Diese Geräte wandeln Licht mittels eines sich verjüngenden Faserübergangs vom Multi-Mode-Regime ins Single-Mode-Regime um. InnoFSPEC beschäftigt sich mit der Entwicklung kompakter und kostengünstiger Faserübergänge. Zusätzlich werden Multi-Mode-Faser-Taper-Übergänge entwickelt, die eine hocheffiziente und kompakte optische Strahlkonversion für eine effektive Kopplung zwischen Teleskop und Spektrograph ermöglichen. Diese Übergänge könnten herkömmlich teure und sperrige auf Linsen und Spiegeln basierte Systeme bei vielen Anwendungen ersetzen.

Photonische Filter

Photonische Filter ermöglichen eine Vielzahl von Anwendungen in der Astronomie und Sensorik. Dieses Projekt beschäftigt sich mit der Entwicklung von komplexen, photonischen Filtern, um helle atmosphärische Emissionslinien zu entfernen und die Empfindlichkeit bodengestützter Nah-Infrarot-Beobachtungen um einen Faktor von bis zu 30 zu verbessern. Die photonischen Filter benötigen zwei Technologien: die photonischen Laternen (Modenkonzersion) und die Faser-Bragg-Gitter (Wellenlängen-Filterung). GNOSIS, das erste Gerät auf Basis dieser

demonstrated unprecedented calibration improvement over a narrow waveband and the next generation of devices should be more cost effective and have much greater waveband coverage.

Optical Fibre Tapers

In order to efficiently direct light from ground-based telescopes into photonic devices, such as the IPS and photonic filters, an optical fibre transition (photonic lantern) is used. These devices convert light from multi-mode regime to single-mode regime via a taper transition. InnoFSPEC is engaged

in developing more compact and cost-effective devices. In addition, multimode fibre taper transitions are being developed that enable the highly efficient and compact optical beam conversion required to effectively couple a telescope to a spectrograph. These tapers could replace conventional expensive and bulky lenses-and-mirror based systems in many applications.

Photonic Filters

Photonic filters have numerous possible applications in astronomy and sensing. This project involves the development of complex photonic filters to remove bright atmospheric emission lines and aims to improve the sensitivity of ground-based near-infrared observations by a factor of up to 30. The photonic filters require two photonic technologies: photonic lantern (mode

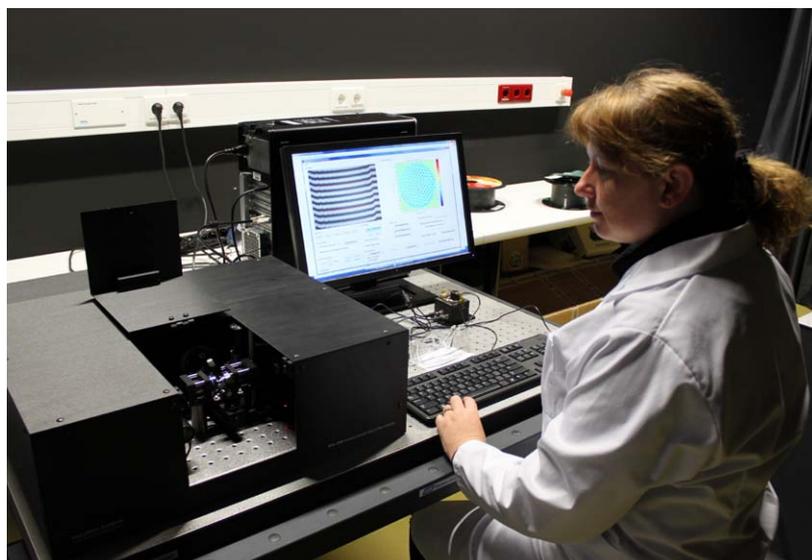


Fig. 3: Interfibre Analysis IFA-100 Multi-Wavelength Optical Fibre Analyser and operator Dionne Haynes.

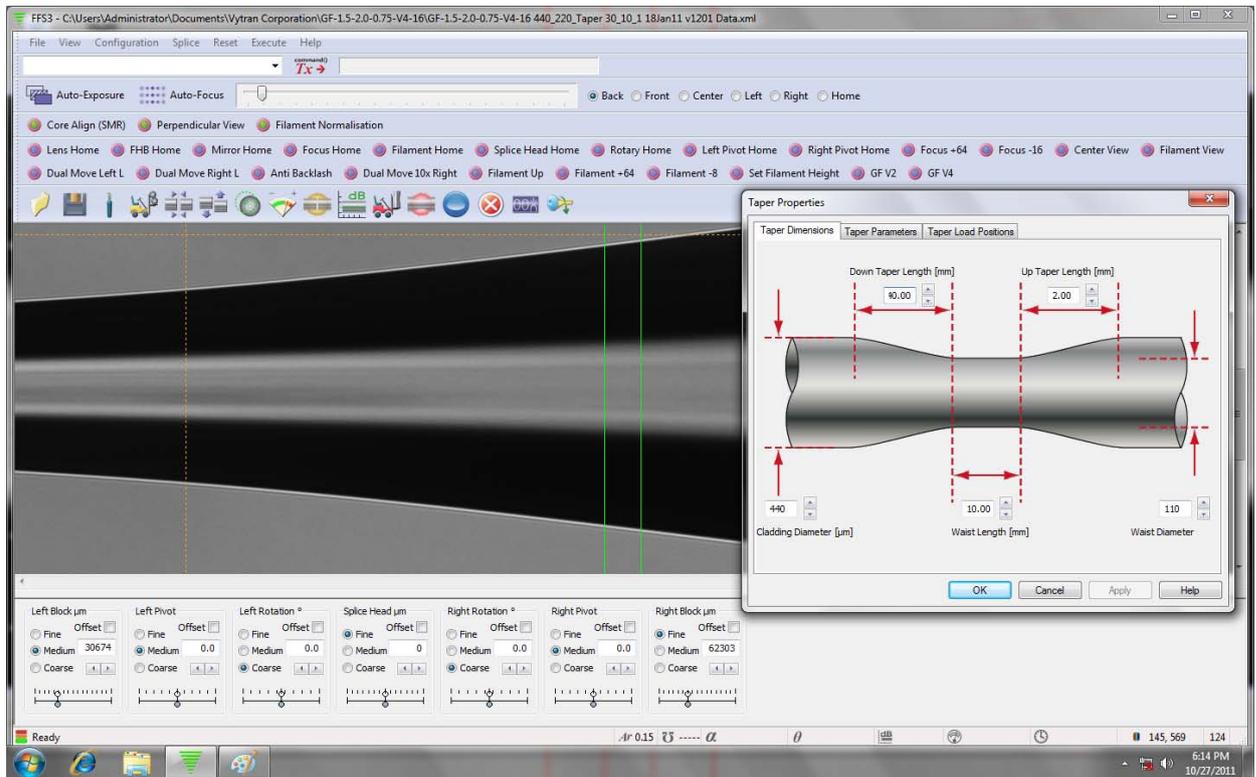


Fig. 4: Graphical interface for fibre taper system (Vytran GPX-3000), showing the optical fibre taper (left) and the taper design parameters (right).

Technologie, wurde im Jahr 2011 am Anglo-Australischen Teleskop aufgebaut. InnoFSPEC arbeitet jetzt an der nächsten Filter-Generation in Zusammenarbeit mit dem Australischen Astronomischen Observatorium sowie den Universitäten Bath und Sydney.

Optische Fasersensorik

Das ERA2-Projekt nutzt Techniken der Astronomie im Bereich der 3D-Spektroskopie für Anwendungen in der Medizin und chemischen Sensorik. Die Nachfrage nach Technologien zum schnellen, simultanen Nachweis verschiedener Parameter in mehreren hundert Proben mit möglichst wenigen Vorbereitungsschritten kann mit Mikrotiterplatten, die durch optische Faserbündel an Vielkanal-Spektrographen angekoppelt sind, gestillt werden. Individuelle Anteile von Zellen, pharmakologischen Substanzen, Peptiden, Proteinen oder genetischem Material können über einen weiten Spektralbereich zwischen 460 und 930 nm mit hoher spektraler Auflösung ($\Delta\lambda < 0,3$ nm) analysiert werden.

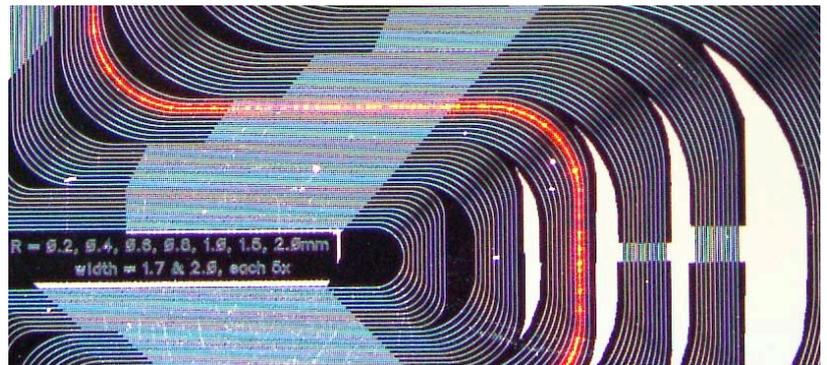


Fig. 5: Test arrays of waveguide on a Silicon Nitride optical chip. The scattering centres of one waveguide are being identified using a red/orange laser.

conversion) and fibre Bragg grating (wavelength filter). GNOSIS, the first instrument based on this technology, was commissioned in 2011 at the Anglo-Australian Telescope. InnoFSPEC is now working on the next generation of devices in collaboration with the Australian Astronomical Observatory, the University of Bath, and the University of Sydney.

Optical Fibre Sensing

The ERA2 project uses modified 3D spectroscopy technologies and techniques developed in astronomy for medical and chemical screening applications. Microtiter plates, coupled to optical fibre bundles and feeding multichannel spectrographs, address the demand for rapid, simultaneous detection of multiple

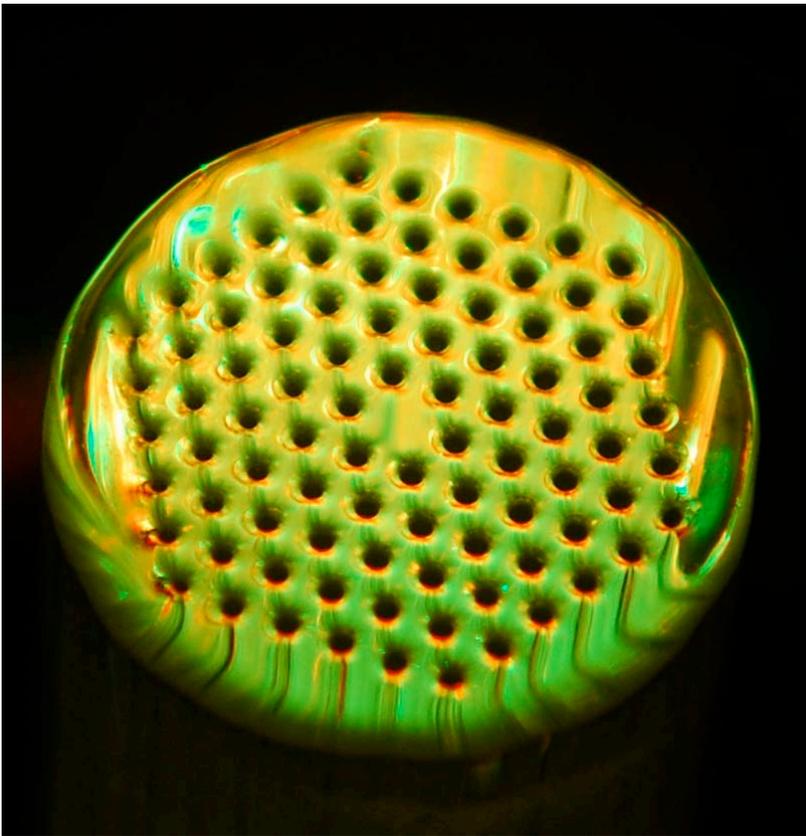


Fig. 6: Photonic Crystal Fibre cane structure resembling the multicore photonic lantern structures under development.

Ziel des ERA2-Systems ist die Multi-Parameter-Diagnose von / mittels:

1. Multiplen Fluoreszenzmarkern (z.B. Quantendot-markierten Antikörpern für komplexe Substanzen wie Blut), Bioreaktoren. Optische Techniken wie etwa Raman-Spektroskopie können für die direkte Analyse solch komplexer Proben eingesetzt werden;
2. Raman-Spektroskopie-Techniken;
3. Hyperspektraler Autofluoreszenz-Bildgebung von Zellen und biologischem Gewebe zum Nachweis von Oxidantien, Zell-Zuständen und zur Detektion von (prä)malignen Geweberegionen über endoskopische Untersuchungen.

parameters in several hundred samples with a minimal number of preparation steps. Individual portions of cells, pharmacological substances, peptides, proteins or genetic material can be analysed over a wide spectral range between 460 and 930 nm as well as a high spectral resolution ($\Delta\lambda < 0.3 \text{ nm}$). The ERA2 system will target multi-parameter diagnostics with:

1. Multiple fluorescence markers (e.g. quantum dot-labelled antibodies for complex sample matrices such as blood) and bioreactors. Optical techniques like Raman spectroscopy might allow for the direct analysis of such complex samples as well;
2. Raman spectroscopy techniques;
3. Hyperspectral autofluorescence imaging of cells and biological tissue addressing, for example: oxidative; viability status of cells; and the detection of (pre) malignant tissue areas via endoscopic inspections.

Ausgewählte Publikationen Selected Publications

Bland-Hawthorn, J., Ellis, S. C., Leon-Saval, S. G., Haynes, R., Roth, M. M., Löhmansröben, H.-G., Horton, A. J., Cuby, J.-G., Birks, T. A.; Lawrence, J. S., Gillingham, P., Ryder, S. D., Trinh, C. (2011): **A complex multi-notch astronomical filter to suppress the bright infrared sky**, Nature Communications, 2, 581.

Haynes, D. M., Withford, M. J., Dawes, J. M., Lawrence, J. S., Haynes, R. (2011): **Relative contributions of scattering, diffraction and modal diffusion to focal ratio degradation in optical fibres**, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 414, 253.

Chavez Boggio, J., Rieznik, A., Fernando, H., Haynes, R., Roth, M., Rambold, W., Olaya, J.C. (2011): **High-repetition-rate pulses for optical frequency comb generation**, CLEO/Europe and EQEC 2011 Conference Digest.

Fernando, H., Olaya, J., Chavez Boggio, J., Rambold, W., Haynes, R., Roth, M. (2010): **Integrated Photonics Beyond Communication: Micro and Nano Technologies to Explore the Universe**, CLEO/Europe and EQEC 2011 Conference Digest.

Haynes, D.M., Haynes, R., Rambold, W., Goodwin, M., Penny, E.J. (2010): **Multi-way optical fibre connectors for astronomy**, Proc. SPIE 7739, 773946.

Haynes, R., Reich, O., Rambold, W., Hass, R., Janssen, K. (2010): **Fibre optical spectroscopy and sensing innovation at innoFSPEC Potsdam**, Proc. SPIE 7739, 77394J1.

Roth, M.M., Löhmansröben, H.-G., Dosche, C., Sandin, C., Reich, O., Haynes, R., Leick, L., Chávez Boggio, J.M., Kelz, A. (2010): **Supercontinuum light sources for use in astronomical instrumentation: a test with PMAS, the Potsdam multi-aperture spectrophotometer**, Proc. SPIE 7739, 773926.

Cvetojevic, N., Jovanovic, N., Bland-Hawthorn, J., Haynes, R., Lawrence, J. (2010): **Miniature spectrographs: characterization of arrayed waveguide gratings for astronomy**, Proc. SPIE 7739, 77394H.

Noordegraaf, D., Skovgaard, P.M.W., Maack, M.D., Bland-Hawthorn, J., Haynes, R., Lægsgaard, J., (2010): **Multi-mode to single-mode conversion in a 61 port Photonic Lantern**, Optics Express 18, 4673.

Mariën, G., Cvetojevic, N., Jovanovic, N., Dawes, J., Bland-Hawthorn, J., Haynes, R., Lawrence, J., Parker, Q., Withford, M.J. (2010): **Fibre Bragg gratings for temporal spectral astronomy**, Proc. SPIE 7739, 77392C.

Ellis, S.C., Bland-Hawthorn, J., Lawrence, J. S., Bryant, J., Haynes, R., Horton, A., Lee, S., Leon-Saval, S., Löhmansröben, H.-G., Mladenoff, J., O'Byrne, J., Rambold, W., Roth, M., Trinh, C. (2010): **GNOSIS: an OH suppression unit for near-infrared spectrographs**, Proc. SPIE 7735, 773516.

Lawrence, J., Bland-Hawthorn, J., Cvetojevic, N., Haynes, R., Jovanovic, N. (2010): **Miniature astronomical spectrographs using arrayed-waveguide gratings: capabilities and limitations**, Proc. SPIE 7739, 77394I.



Team 2010/2011: Silvia Adelhelm, Jose Chavez-Boggio, Petra Böhm, Daniel Bodenmüller, Michael Denke, Katjana Ehrlich, Harendra Fernando, Dionne Haynes, Roger Haynes, Katia Janssen, Jean-Christophe Olaya, Yazmin Padilla, Anna Rämisch, Bernhard Roth, Martin Roth (head), Christer Sandin, Daniel Schirdewahn, Paul Singh, Mudit Srivastava, Andreas Stoll, Marvin Stolz

Standorte und Infrastruktur

Sites and Infrastructure





Leibniz-Institut für
Astrophysik Potsdam



Forschungscampus Potsdam-Babelsberg Research campus in Potsdam-Babelsberg

Neben dem zentralen Forschungsstandort in Potsdam-Babelsberg ist das AIP an weiteren Standorten in der Potsdamer Umgebung sowie am Mt. Graham in den USA und auf Teneriffa vertreten. Die Außenstellen des AIP verfügen über keinen festen Personalstamm. Dieser ist mit rund 175 Mitarbeitern auf dem Campus in Babelsberg angesiedelt.

The research activities of the AIP are spread over different locations in and around Potsdam, in the US and on Tenerife, however all personnel are located in Potsdam. The Potsdam-Babelsberg Research Campus constitutes the main location, which accommodates about 175 people.

Der Babelsberger Forschungscampus des AIP liegt in unmittelbarer Nähe zum Park Babelsberg. Er war einst ein Geschenk Kaiser Wilhelm II. an die Astronomen zum Bau einer Sternwarte. Seit 1990 zählt das historische Ensemble zum UNESCO Weltkulturerbe.

Das Hauptgebäude (heute: Humboldthaus) wurde 1913 als erstes Gebäude der ehemaligen Babelsberger Sternwarte errichtet. Heute bietet das Haus Platz für Wissenschaftler des Forschungsbereichs „Kosmische Magnetfelder“ sowie für Mitarbeiter der Administration. In der großen Kuppel befindet sich ein historischer Refraktor von Zeiss. Die 50 cm- und 70 cm-Spiegelteleskope in den kleineren Seitenkuppeln werden bis heute genutzt.

Das 2000 eingeweihte Schwarzschildhaus beherbergt Forscher des Forschungsbereichs „Extragalaktische Astrophysik“ und dient zudem als Technologiegebäude mit Laboren und Werkstätten für die Entwicklung von Forschungstechnologie und -infrastruktur. In der auf das Schwarzschildhaus aufgesetzten 4 m-Kuppel ist seit 2005 das Test- und Schulteleskop RoboTel untergebracht. Bis 1945 beherbergte auch die Kuppel des heutigen Bibliotheksgebäudes ein 122 cm-Spiegelteleskop. Das denkmalgerecht restaurierte Gebäude wird seit 2002 als Bibliothek genutzt.

2010 wurde das jüngste Gebäude des Babelsberger Forschungscampus, das Leibnizhaus, von Wissenschaftlern der 3D-Spektroskopie, dem Team von innoFSPEC, Mitarbeitern der Administration sowie dem Vorstand des AIP bezogen. Im Oktober 2011 wurde das Gebäude mit dem Baukulturpreis 2011 der Brandenburgischen Architektenkammer ausgezeichnet.

Zwischen Sternwartengebäude, Bibliothek und Schwarzschildhaus befindet sich in den restaurierten ehemaligen Meridianhäusern das Medien- und Kommunikationszentrum, in dem heute Datenströme der robotischen Teleskope und ferngesteuerten Instrumente zusammenlaufen und in dem 3D-Simulationen der Galaxienentstehung gezeigt werden können.

Kleinere Gebäude aus Zeiten der historischen Sternwarte sind das Direktorenhaus Villa Turbulenz, das Persiushaus und das Gebäude des Merzrefraktors. Die heutige Villa Turbulenz wurde für den Direktor der Sternwarte Babelsberg, Hermann Struve, errichtet. Heute beherbergt das Haus Büros für die Wissenschaftler, die auf dem Gebiet der stellaren Physik und der Magnetohydrodynamik arbeiten. Das Persiushaus

Located on the Babelsberg hill, the area, gifted to astronomers by Kaiser Wilhelm II for the construction of an observatory, is directly connected to the Babelsberg Park. Since 1990, the entire historic campus of the Babelsberg Observatory has been a UNESCO world heritage site.

Today, the historic main observatory building, built in 1913, accommodates research groups belonging to the research branch “Cosmic Magnetic Fields” as well as members of administration. Its large central dome holds the historic Babelsberg Zeiss refractor. 50 cm and 70 cm reflector telescopes located in the smaller domes on either side are in use to this day.

Scientists of the “Extragalactic Astrophysics” research branch are mainly located in the Schwarzschildhaus. Inaugurated in 2000, this modern building also serves as a technology development building, hosting laboratories and workshops for the development of Research Infrastructure and Technology. The small, 4 m dome on the Schwarzschildhaus has held the test and students’ telescope “RoboTel” since 2005. Until 1945, the dome of today’s library building also held a 122 cm reflector telescope. The dome was renovated according to regulations for historical buildings, and has been used as a library since 2002.



wird dem Architekten Reinhold Ernst Ludwig Persius (1835-1912) zugeschrieben und dient mittlerweile als Cafeteria für die Mitarbeiter des Instituts.

Administration und Technische Infrastruktur

Zur Infrastruktur am AIP zählen die kaufmännischen Abteilungen Zentrale Dienste, Finanzen sowie Personal



Administration Team 2010/2011: Stefanie Berndt, Annegret Bochan, Christine Haase, Herbert Klein, Petra Knoblauch, Torsten Krüger, Manuela Kuhl, Maike Lisinski, Markus Randig, Gernot Rosenkranz, Ingo Schiller, Peter A. Stolz (administrative chairman)

und Recht und die technischen Abteilungen IT-Service und Forschungstechnik sowie die Bibliothek.

Von der Forschungstechnik werden die instrumentellen Voraussetzungen für die astronomische Forschung und den Technologietransfer geschaffen. Haupteinsatzgebiete sind die Entwicklung, der Bau und Test erdgebundener Fokalinstrumente sowie robotischer Teleskope. Neben der Beteiligung am Aufbau von Großteleskopen und Instrumenten, wie dem LBT (AGW, PEPSI) und dem MUSE (am VLT), gehört auch die Wartung und Verbesserung bereits im Einsatz befindlicher Instrumente (PMAS, STELLA) zu der Arbeit der Forschungstechnik. Zusätzlich trägt die Forschungstechnik gemeinsam mit der Haustechnik Sorge für die Pflege historischer Instrumente wie dem Großen Refraktor und dem Einsteinturm. Moderne CAD-Arbeitsplätze für die Entwicklung optischer Systeme, für Schaltungsentwick-

In 2010 the Leibnizhaus was opened. This brand-new technology building provides space for scientists working in the field of 3D spectroscopy, the team of innoFSPEC, administrative employees, and the executive board.

In between the observatory building, the library, and the Schwarzschildhaus is the Media and Communication Centre in the renovated former meridian buildings. Today, streams of data from robotic telescopes and remotely controlled instruments are collected here and visitors can watch simulations of galaxy formation projected in 3D.

The former director's residence, Villa Turbulence, the Persiushaus and the Merz Refractor building are smaller buildings from historical observatory times. The Villa Turbulence was originally built for the director of Babelsberg Observatory, Hermann Struve. Today it accommodates offices for scientists working in the field of Stellar Physics and Magnetohydrodynamics. The Persiushaus is accredited to the architect Reinhold Ernst Ludwig Persius (1835-1912) and now serves as a cafeteria for institute staff.

Administration and Technical Service

The administrative staffs in the areas of personnel and legal affairs, finances, and services attend to the institute's business affairs. Further central facilities are the IT service, research technology and the scientific library.

The research technology team, along with the internal technical team, establishes the instrumental prerequisites for astronomical research and technology transfer. Its main tasks are the development, construction, and testing of ground-based focal instruments and robotic telescopes. In addition to contributing to the construction of large telescopes and instruments like the LBT (AGW, PEPSI) or MUSE (at VLT), the technology team is also in charge of the maintenance and development of instruments that are already in operation



Research Technology Team 2010/2011: Svend-Marian Bauer, Wilbert Bittner, Frank Dionies, Daniel Döscher, Thomas Fechner, Dietrich Feuerstein, Thomas Hahn, Sergej Pankratow, Jens Paschke, Volker Plank, Dennis Plüschke, Emil Popow (head), Oliver Szachowal, Manfred Woche, Dieter Wolter

(PMAS, STELLA). Care and maintenance of historic instruments (such as the Great Refractor and Einstein Tower) also forms part of their responsibilities. Modern CAD workstations, used in the development of optical systems, for circuit design of electronics, and for mechanical construction, provide high efficiency and modern quality assurance.

The fine mechanical workshop contains a modern boring, turning and milling machine shop. The research technology section also includes optical and electronic laboratories, a class four clean room, a Faraday cabin, two integration halls and a telescope simulator.

lung des Elektronikbereichs sowie für die mechanische Konstruktion ermöglichen eine hohe Effizienz und erlauben eine moderne Qualitätssicherung.

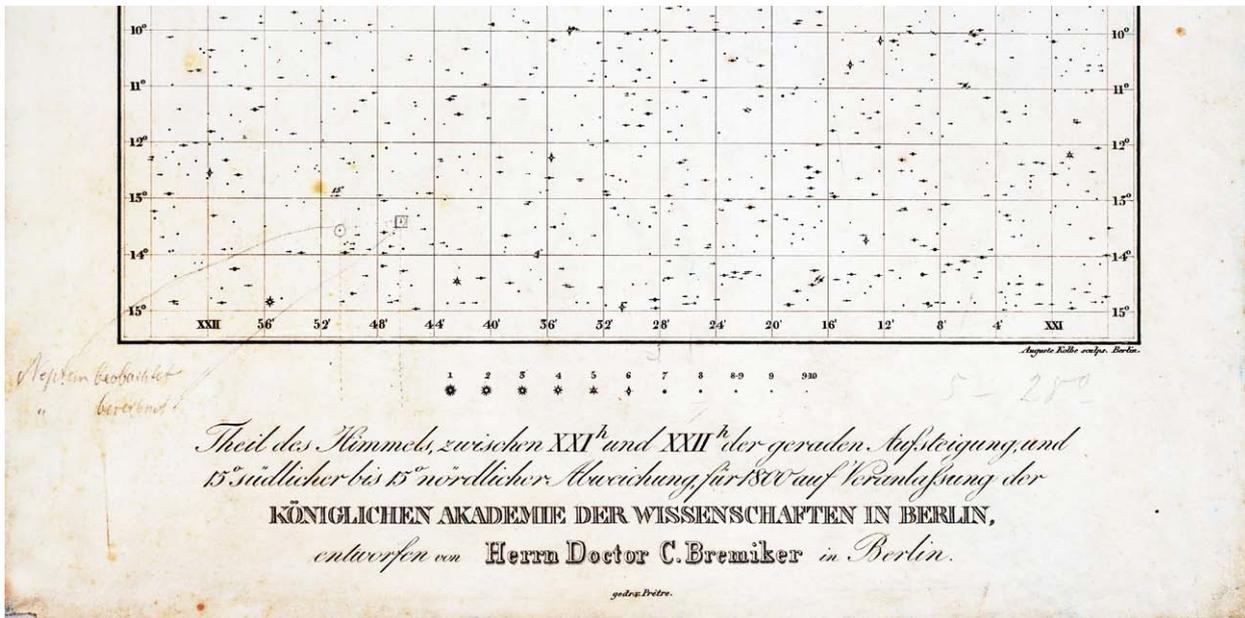
Die feinmechanische Werkstatt, in der auch eine Lehrlingsausbildung erfolgt, verfügt über einen modernen Bohr-, Dreh- und Fräsmaschinenpark. Zur Forschungstechnik gehören weiter Optik und Elektroniklabore, ein Reinraum der Klasse IV, eine Faradaykabine sowie zwei Integrationshallen mit einem Teleskopsimulator.

Durch langjährige und umfangreiche Erfahrungen in der Fasertechnik bestehen weltweite Zusammenarbeiten mit Universitäten und Forschungseinrichtungen (z.B. dem McDonald Observatory in Texas, Australian Astronomical Observatory). Das 2010 bezogene Leibnizhaus dient auch als Technologiegebäude, das die vorhandene Infrastruktur ergänzt – insbesondere im Bereich der Faseroptik und der Entwicklung von Instrumenten, die unter extremen Bedingungen wie z.B. im Weltraum oder in der Antarktis betrieben werden.

Due to AIPs extensive experience in fibre technology, worldwide cooperation exists with universities and research institutes (e.g. McDonald Observatory in Texas, Australian Astronomical Observatory). The new technology building, Leibnizhaus, provides space for further workstations and laboratories, especially in the field of fibre technology, and for the development of instruments. Beyond that, another integration hall construction was built, which enables testing of new instruments under extreme weather conditions, e.g. in space or in arctic surroundings.



Internal Technical Service 2010/2011: Oliver Heyn, Dennis Nagel (head), Robert Hermsdorf



Wissenschaftliche Bibliothek

Durch die Teilnahme an Leibniz-Konsortien, wie z.B. dem Springer-Leibniz-Konsortium, konnte das Angebot an wissenschaftlicher Literatur für die Mitarbeiter des AIP deutlich verbessert werden. Die technische Ausstattung der Bibliothek hat sich durch Anschaffung eines e-Scan Digibook Buchscanners mit Farbfunktion deutlich verbessert.

2010 wurde eine neue Version der Bibliothekssoftware installiert und ein neuer Server in Betrieb genommen. Damit ist es nun endlich möglich die Bestandsdaten über einen WWW OPAC zur Verfügung zu stellen.

Die Ausstellung „Weltwissen – 300 Jahre Wissenschaften in Berlin“ bot eine gute Möglichkeit die Stellung und Bedeutung der Vorgängereinrichtungen in der Berliner Wissenschaftslandschaft zu zeigen.

Das Institut war mit mehreren Ausstellungsstücken beteiligt, unter denen das Blatt XXI des Akademischen Himmelsatlas mit der Originaleintragung von Johann Gottfried Galle zur Neptun-Entdeckung das Bedeutendste war. Dieser Ausschnitt des Blattes XXI mit dem Fundort von Neptun wird auch im AIP-Logo aufgegriffen.



Calculating machine "Archimedes" produced by: Glashütter manufactory (1913/14).

Scientific Library

By taking part in different consortiums organised by the Leibniz Association, e.g. the Springer-Leibniz-Consortium, the library-team can now offer an improved selection of scientific literature to all AIP employees. The technical equipment has been improved with the addition of an eScan Digibook, including a colour-scanning mode.

New library software, accompanied by a new server, both of which were implemented in 2010, made it possible for all inventory data to be published on WWW OPAC.

The exhibition "Weltwissen – 300 Jahre Wissenschaften in Berlin" ("The knowledge of the world – 300 years of science in Berlin") was an excellent opportunity to stress the reputé and relevance of

the parent institutions of the AIP for Berlin.

Amongst other things, the AIP contributed an original page of the Academic Sky Atlas with an important note by Johann Gottfried Galle referring to the detection of Neptune. The constellation with the location in which Neptune was discovered can be seen also in the AIP logo.



Astronomical Notes (AN)

Founded in 1821 by H. C. Schumacher, *Astronomische Nachrichten – Astronomical Notes (AN)* is the oldest astronomical journal in the world. In collaboration with the publisher Wiley-VCH, AIP continues to host the editorial office of AN as a service to the community. Today, AN publishes articles in the fields of observational and theoretical astrophysics, along with related topics in geophysics and solar physics. AN also covers astronomical instrumentation, numerical astrophysical techniques, and supercomputer modelling.

In 2011 alone, 149 peer-reviewed research articles, with a total of 1,068 pages were edited, covering a large variety of topics from solar-system bodies to stars and galaxies. The AN team continued to feature selected review articles, e.g. on “Wide-field telescopes” (AN 332, 714-742) and also continued with their lecture series, presented during the year’s autumn

meeting of the German *Astronomische Gesellschaft* (AN 332, issue 5).

Astronomische Nachrichten (AN)

Die 1821 von H. C. Schumacher gegründete *Astronomische Nachrichten / Astronomical Notes (AN)* ist die älteste astronomische Zeitschrift der Welt. Zusammen mit der Verlagsgruppe Wiley-VCH betreibt das AIP weiterhin das Redaktionsbüro von AN. Die Themen der aktuellen Publikationen in AN reichen von beobachtender und theoretischer Astrophysik über Berichte zu astronomischen Instrumenten bis hin zu Fragen numerisch-astrophysikalischer Methoden und Supercomputer Modellen.

Allein 2011 wurden 149 peer-reviewed Artikel mit insgesamt mehr als 1.068 Seiten editiert. Das Team brachte außerdem einige ausgewählte referierte Artikel zur Publikation, zum Beispiel über Weitwinkel-Teleskope (AN 332, 714-742). Darüber hinaus wurde die Vortragsreihe zur jährlichen Herbsttagung der *Astronomischen Gesellschaft* fortgesetzt (AN 332, issue 5).

The AN team:

Klaus G. Strassmeier (Editor-in-Chief)
 Günther Rüdiger (Managing Editor)
 Matthias Steffen
 Detlef Schönberger
 Andrea Hans



LOFAR LOFAR

In Potsdam-Bornim betreibt das AIP eine LOFAR-Station. LOFAR (LOw Frequency ARray) ist ein neuartiges abbildendes Radio-Spektro-Polarimeter für den Frequenzbereich 30–240 MHz. Es besteht aus einem zentralen Kern von über 20 eng benachbarten Stationen bei Exloo in den Niederlanden, etlichen über das Land verteilten Stationen, sowie mehreren internationalen Stationen in Europa.

A LOFAR (LOw Frequency ARray) station hosted by the AIP is located in Potsdam-Bornim. With the new European radio telescope LOFAR, the radio radiation from the Sun can be measured in the range between 30-240 MHz with a high spatial and temporal resolution. The project consists of 20 stations near Exloo in the Netherlands, further stations in the countryside and several international stations in Europe.



Its huge field of antennas and long baselines make it possible to reach a new level of sensitivity and spatial high resolution to wavelengths of 1.25–10 m. The station in Potsdam-Bornim consists of two fields, each with a diameter of 70 m, including 96 antennas per field. All signals are digitised and mapped on frequency bands. A great advantage is found in the potential to adjust each band individually and, thereby, to observe up to eight objects simultaneously.

In addition, the AIP operates a solar observatory for radio astronomy in Trens Dorf, south of Potsdam.

Mit seiner großen Antennenfläche und seinen langen Basislinien erreicht das Netzwerk dieser Stationen eine bisher unerreichte Empfindlichkeit und hohe räumliche Auflösung im langwelligen Radiobereich von 1,25–10 m. Die LOFAR-Station des AIP in Potsdam-Bornim besteht aus zwei Feldern mit je 70 m Durchmesser. Ein Feld besteht aus 96 Antennen. Die Signale der einzelnen Antennen werden digitalisiert und auf Frequenzbänder abgebildet. Dabei kann gleichzeitig in mehrere Blickrichtungen beobachtet und die Richtungen für jedes Band unabhängig gewählt werden.

Zusätzlich betreibt das AIP südlich von Potsdam, bei Trens Dorf, ein solares Observatorium für Radioastronomie.





Wissenschaftshistorischer Standort Potsdam- Telegrafenberg The Potsdam-Telegrafenberg Historical Site

Auf dem 96 Meter hohen Telegrafenberg in Potsdam befindet sich der „Wissenschaftspark Albert Einstein“. Neben dem AIP, mit dem Sonnenobservatorium Einsteinturm und dem Großen Refraktor, finden sich auf dem Gelände zahlreiche weitere wissenschaftliche Institutionen wie das Helmholtz-Zentrum Potsdam Deutsches GeoForschungsZentrum (GFZ), das Potsdam Institut für Klimafolgenforschung (PIK) sowie eine Zweigstelle des Alfred-Wegener Instituts für Polar- und Meeresforschung (AWI).

On the Telegrafenberg, a 96 m-high hill in Potsdam, the “Science Park Albert Einstein”, renamed in 1992, hosts a conglomerate of major scientific institutions. Today, in addition to the AIP, with its Einstein Tower solar observatory and Great Refractor, the Helmholtz Centre Potsdam German Research Centre for Geosciences (GFZ), the Potsdam Institute for Climate Impact Research (PIK) and a branch of the Alfred-Wegener Institute (AWI, institute for scientific marine research and research in the Arctic and Antarctic) are located on the site.

Vorgänger des AIP und zugleich erste Forschungseinrichtung auf dem Telegrafenberg war das Astrophysikalische Observatorium Potsdam (AOP), das als erstes Institut weltweit den Begriff „Astrophysik“ im Institutsnamen und im Arbeitsprogramm führte.

Die Bauten auf dem Telegrafenberg entstanden in den Jahren 1874 bis 1899. Das Hauptgebäude des AOP (heute: „Michelson-Haus“) wurde 1876 erbaut, 1899 folgte der Große Refraktor. Bedeutende Persönlichkeiten wie Karl Schwarzschild, ab 1909 Direktor des AOP und Albert Abraham Michelson, der im Keller des heutigen Michelson Hauses eine erste Version des Michelson-Morley Experimentes durchführte, arbeiteten und forschten im Laufe der Zeit auf dem Telegrafenberg.

Der Name „Telegrafenberg“ geht auf die 1832 dort errichtete optische Telegrafstation zurück die Teil der von Friedrich Wilhelm III. beauftragten, 62 Stationen umfassenden „Preußischen Staatstelegrammlinie“ zwischen Berlin und Koblenz war. Mit der Einführung der elektrischen Telegrafie wurde die Linie 1852 eingestellt. Heute erinnert ein Nachbau des sechs Meter hohen Zeigertelegrafs an die Station.

Von den wissenschaftshistorischen Stationen auf dem Telegrafenberg ziehen insbesondere die beiden Einrichtungen des AIP – das Sonnenobservatorium Einsteinturm und der Große Refraktor – auf Grund ihrer Tradition und Architektur die Öffentlichkeit an.

Sonnenobservatorium Einsteinturm

Der Einsteinturm ist das erste bedeutende Bauwerk Erich Mendelsohns und entstand in den Jahren 1919 bis 1924 in Zusammenarbeit mit dem Physiker Albert Einstein und dem Astronomen Erwin Finlay Freundlich. Das Sonnenobservatorium ist ein Zweckbau, das bis zum zweiten Weltkrieg das wissenschaftlich bedeutendste Sonnenteleskop in Europa war. Mit der Inbetriebnahme des Einsteinturms 1924 begann in Potsdam und in Deutschland eine neue Ära moderner Sonnenforschung. Ziel war es mit seiner Hilfe den

The Astrophysical Observatory Potsdam (AOP), which is, along with the Berlin observatory, one of the predecessor institutions of the AIP, was the first research institute located at the science park, and it was the first astronomical institute in the world with “Astrophysics” in its name and in its research programme.

The buildings on the Telegrafenberg were constructed between 1874 and 1899. In 1876, the main building of the AOP (today known as the “Michelson House”) was the first completed building of the park, and the Great Refractor was completed in 1899. Important scientists such as Karl Schwarzschild, who became director of the AOP in 1909, and Albert Abraham Michelson, who performed a precursor to the famous Michelson-Morley experiment in the basement of what is now known as the Michelson building, worked and conducted research at the Telegrafenberg over the years.

The name “Telegrafenberg” originates from an optical telegraph station (a six metre high antenna), which was installed there in 1832 at the order of Friedrich Wilhelm III and formed part of the “Preußische Staatstelegrammlinie”, encompassing 62 stations from Berlin to Koblenz. With the adoption of electrical telegraphy the line was shut down in 1852. Today a replica marks the location of the original station.

Amongst the points of historical interest at the Telegrafenberg, the buildings of the AIP, namely the Einstein Tower solar observatory and the Great Refractor, are particular public attractions due to their unique historic importance and architecture.





Einstein Tower Solar Observatory

The Einstein Tower (“Einsteinturm”) was the first important work of the famous architect Erich Mendelsohn. It was designed and built between 1919 and 1924 in collaboration with the physicist Albert Einstein and the astronomer Erwin Finlay-Freundlich.

The Einstein Tower is a functional building, a solar observatory which, until the Second World War was, scientifically, Europe’s most important solar telescope. It was originally built in order to prove the redshift of solar spectral lines, as predicted by Einstein’s theory of relativity. However, solar convection produces a blueshift of the same magnitude, obscuring the predicted line shift. It was only many years later, after disentangling these effects, that an experimental substantiation of the theory became possible. With the opening of the Einstein tower in 1924, the era of modern solar research in Potsdam and Germany began.

Nachweis der durch Einsteins Relativitätstheorie vorhergesagten Rotverschiebung von Spektrallinien im Schwerefeld der Sonne zu erbringen. Die Sonnenkonvektion erzeugt jedoch eine Blauverschiebung in gleicher Größenordnung und überlagert den vorhergesagten Effekt, so dass diese experimentelle Bestätigung von Einsteins Theorie erst sehr viel später gelang.

Noch heute, nach über 80-jähriger Nutzung, ist der Einsteinturm das größte Sonnenteleskop in Deutschland. Sonnenphysik gehört weiterhin zu den Forschungsschwerpunkten des AIP.

1999 wurde der Einsteinturm mit Unterstützung der Wüstenrot Stiftung umfassend renoviert. Die leistungsfähige Sonnenforschungsanlage des Einsteinturms besteht aus dem Turmteleskop mit einer Öffnung von 63 cm und einem langbrennweitigen Spektrographen. Die modernisierte optische und mechanische Ausrüstung erlaubt eine spektrale Auflösung von 10^6 . Bei guten Bedingungen kann eine Bildauflösung von 1"-2" erreicht werden. Schwerpunkt der Beobachtungen sind spektralpolarimetrische Messungen in Sonnenfleckengruppen. Die Polarisationsanalyse des Lichtes gestattet Rückschlüsse auf das Magnet- und Geschwindigkeitsfeld an der Sonnenoberfläche.

Die ständige Verfügbarkeit des Instruments mit seinem Labor spielt bei der Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses sowie für die Entwicklung und Tests neuer spektralpolarimetrischer Fokalinstrumente für

After more than 80 years in use, the Einstein Tower is still the largest solar telescope in Germany and solar physics remains a research focus of the AIP. The building underwent major renovation works from 1997 to 1999, a large part funded by the Wüstenrot Foundation. The Einstein Tower houses to this day a very efficient 63 cm telescope combined with a long-focus spectrograph. Under favourable conditions, the instrument reaches a spatial resolution of 1"-2". The modernized mechanical and optical equipment allows a spectral resolution of 10^6 . Observations focus on spectropolarimetric measurements in solar active regions. The analysis of light polarization permits the determination of magnetic field and radial velocities on the surface of the Sun.

The permanent availability of this large telescope, spectrograph and associated laboratory facilities is important for the education of young scientists as well as for the development and testing of new spectropolarimetric equipment for subsequent use at other large telescopes. In this sense, the Einstein Tower is an indispensable complement to the German solar telescopes at Tenerife.

den Einsatz an Großteleskopen eine bedeutende Rolle. Der Einsteinurm ist daher eine wichtige Ergänzung zu den großen Sonnentelaskopen auf Teneriffa.

Großer Refraktor

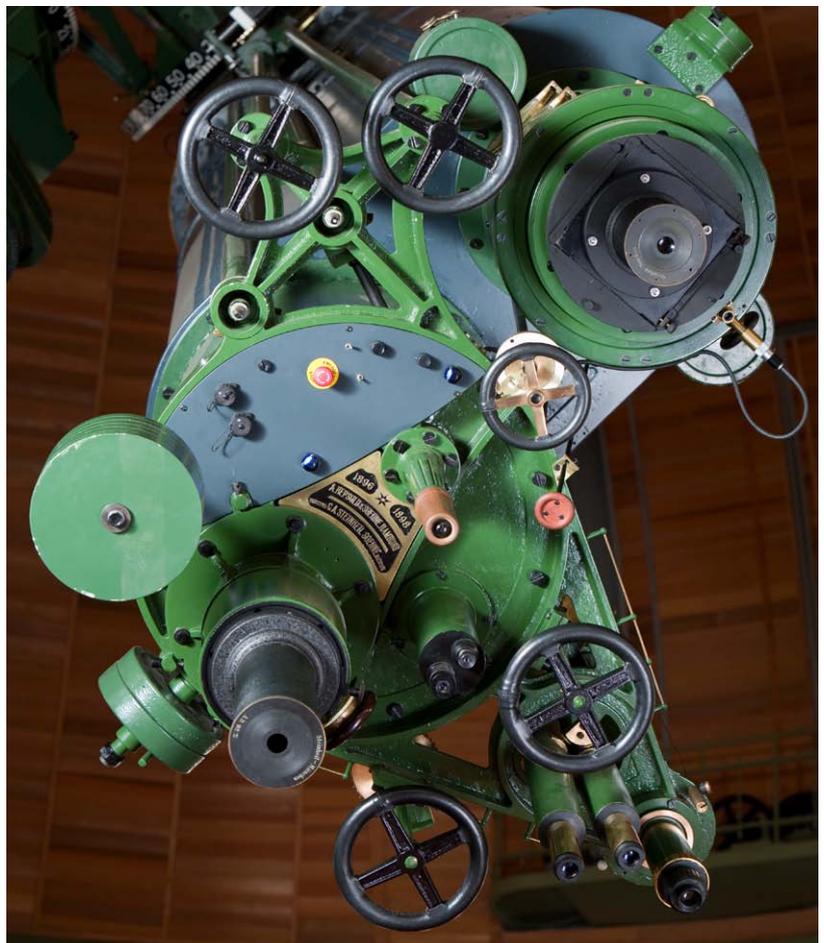
Der 1899 im Beisein des Kaisers eingeweihte Große Refraktor ist nach wie vor das viertgrößte Linsenteleskop der Welt und vereint in sich die mechanischen Möglichkeiten der Zeit und die sich seinerzeit erst formierenden astrophysikalischen Anforderungen – insbesondere im Bereich der Spektroskopie. Das Teleskop ist ein Doppelrefraktor mit zwei fest miteinander verbundenen Fernrohren auf einer parallaktischen Montierung. Das größere Rohr verfügt über ein 80 cm-Objektiv und eine Brennweite von 12,2 m. Das kleinere, für visuelle Beobachtungen gedachte Objektiv hat einen Durchmesser von 50 cm und eine Brennweite von 12,5 m. Der Durchmesser der 200 Tonnen schweren drehbaren Kuppel beträgt 21 m.

Ein wissenschaftlicher Höhepunkt war 1904 die Entdeckung des diffusen interstellaren Mediums durch Johannes Hartmann anhand von stationären Kalziumlinien in spektroskopischen Doppelsternen. Nach kriegsbedingten Beschädigungen im Jahr 1945 und einer anschließenden Modernisierung 1953 wurde der Betrieb des Großen Refraktors 1968 schließlich vollständig eingestellt. Erst durch den 1997 eigens gegründeten „Förderverein Großer Refraktor Potsdam e.V.“ und dank großzügiger Spenden konnte das denkmalgeschützte Teleskop umfassend renoviert und 2006 vollfunktionstüchtig erneut eingeweiht werden. Heute wird der Große Refraktor regelmäßig für öffentliche Führungen und Beobachtungsnächte genutzt.

Great Refractor

The Potsdam Great Refractor is a double-refractor telescope from the former Astrophysical Observatory Potsdam. It was inaugurated by Emperor Wilhelm II in 1899. Being the world's fourth largest lens telescope, the Great Refractor is an important example of the fine mechanical and optical manufacturing of early astrophysical research at the turn of the 20th century.

A scientific highlight in the history of the Great Refractor was the discovery of the interstellar medium in 1904 by Johannes Hartmann, through observations of stationary calcium lines in spectroscopic binary stars. Thanks to generous donations, greatly aided by the specially founded “Förderverein Großer Refraktor Potsdam e.V.” association, the heritage-protected telescope was extensively renovated over several years. Since its ceremonial re-inauguration in 2006, the Great Refractor is frequently opened to visitors, thereby promoting in its elaborate technical detail and functionality the importance of astrophysics to the public in general.





Das AIP auf Teneriffa The AIP on Tenerife

Das Observatorio del Teide auf Teneriffa gehört zu den internationalen Zentren für Sonnen- und Sternbeobachtungen. Hoch auf vulkanischen Bergen liegend und umgeben vom Atlantischen Ozean, bieten die Beobachtungsorte auf den Kanarischen Inseln Zugang zu einem klaren Himmel und ermöglichen Beobachtungen mit höchster Auflösung. Das AIP beteiligt sich am Observatorio del Teide zurzeit am Betrieb von drei Teleskopen: GREGOR, STELLA und dem Vakuum Turm Teleskop (VTT).

The Observatorio del Teide (Tenerife) is one of the world's leading facilities for solar and stellar astronomy. Located high atop volcanic mountains, surrounded by the Atlantic Ocean, the site offers access to clear skies and high-resolution observations. AIP is currently involved in the operation of three telescopes at Observatorio del Teide: GREGOR, STELLA and the Vacuum Tower Telescope (VTT).

Das Sonnenteleskop GREGOR

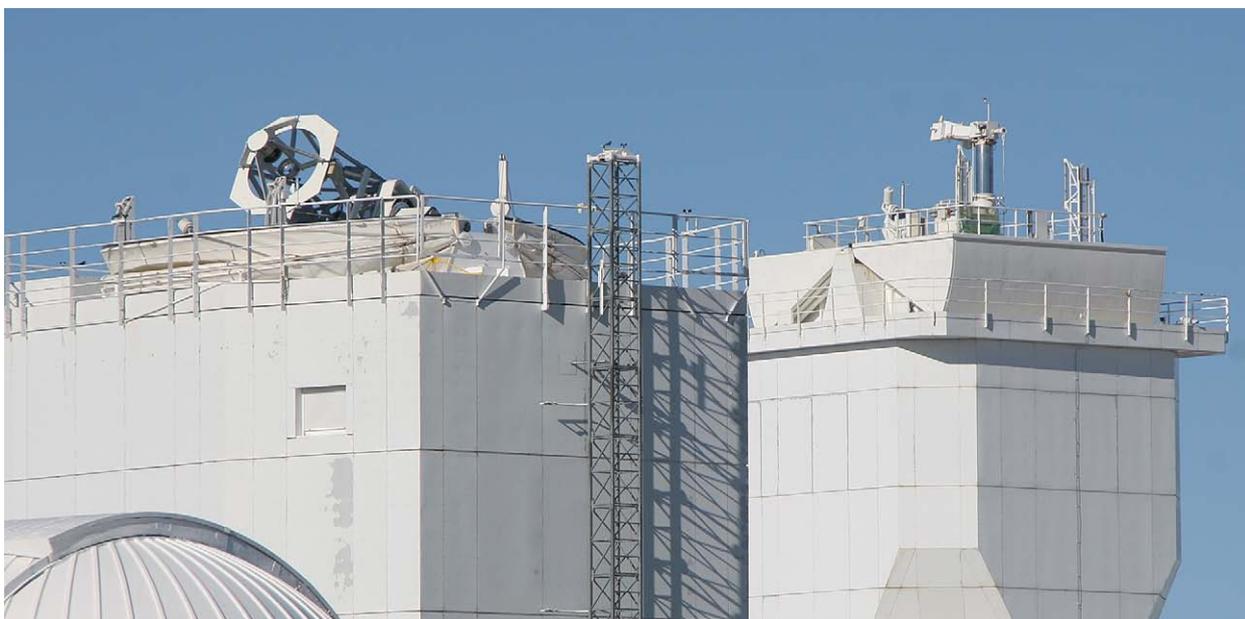
Das Sonnenteleskop GREGOR ist ein modifiziertes Gregory Teleskop mit einem parabolischen Hauptspiegel von 1,5 m Durchmesser und zwei weiteren elliptischen Spiegeln. Die effektive Brennweite beträgt 55 m mit einem Öffnungsverhältnis von F/38. Eine Blende im Primärfokus beschränkt das Bildfeld auf 150 Bogensekunden. Der leichtgewichtete Hauptspiegel ist aus Zerodur hergestellt. Hingegen sind die zwei elliptischen Spiegel aus Cesium Keramik, die eine hohe Wärmeleitfähigkeit besitzt und damit Teleskopseeing verhindert.

In der modernen Sonnenphysik steht die Untersuchung der thermodynamischen und magnetischen Struktur der Sonnenatmosphäre im Vordergrund. Für diesen Zweck ist das Sonnenteleskop GREGOR konzipiert, das mit seiner Instrumentierung physikalische Prozesse auf der Sonne untersuchen soll, die sich auf räumlichen Skalen von nur 60 km abspielen. Auf diesen Skalen können Beobachtungen direkt mit magnetohydrodynamischen (MHD) Simulationen verglichen werden. Das AIP betreibt das GREGOR Fabry-Pérot Interferometer (GFPI) – ein bildgebendes Spektropolarimeter, welches mittels Bildrekonstruktion und Unterstützung durch die Adaptive Optik (AO) in der Lage ist, die solare Feinstruktur zu untersuchen.

The GREGOR solar telescope

The alt-azimuth mounted 1.5 m GREGOR solar telescope employs a modified Gregory configuration. The primary mirror is an F/1.67 paraboloid. While the primary mirror is realized as a light-weighted Zerodur mirror, the elliptical secondary and tertiary mirrors are made from Cesium ceramics, which have high thermal conductivity, thus preventing astronomical seeing. The effective focal length of the GREGOR solar telescope is 55 m, corresponding to a focal ratio of F/38. A heat stop in the primary focus limits the field-of-view (FOV) to 150 seconds of arc.

The determination of the thermodynamic and magnetic structure of the solar atmosphere at the smallest spatial scale is one of the cornerstones of modern solar physics and the primary science driver for GREGOR. The AIP-operated GREGOR Fabry-Pérot Interferometer (GFPI) is an imaging spectropolarimeter, which has the advantage that post-factum image restoration can be applied, improving spatial resolution across the entire FOV, thus augmenting the real-time correction of the adaptive optics (AO) system. The GFPI provides access to fine structures as small as 60 km on the solar surface, which just reaches the size of the smallest features in magnetohydrodynamical (MHD) simulations.





STELLA

STELLA wiederum ist rein für den Nachtbetrieb konzipiert. Als robotische Einrichtung benötigt es keinen Astronomen vor Ort, sämtliche Daten werden zur Analyse an das Institut transferiert. Beide Teleskope haben einen Durchmesser von 1,2 m und sind mit je einem wissenschaftlichen Instrument ausgestattet. STELLA-I ist für CCD-Photometrie in 18 Filtern in einem Nasmyth-Fokus optimiert (Instrument WiFSIP), STELLA-II für glasfaserunterstützte hochauflösende optische Spektroskopie mittels eines Échelle-Spektrographen (Instrument SES). Das erste der beiden STELLA-Teleskope ist seit 2006 in Betrieb und hat bis Ende 2011 28.000 Échelle-Spektren aufgenommen. Das zweite Teleskop ist seit Juni 2010 in Betrieb und hat seitdem die gewaltige Datenmenge von 100.000 Einzelaufnahmen aufgenommen. Die wissenschaftlichen Kernprojekte für STELLA sind die Untersuchung von Sternoberflächen und die Rotationseigenschaften von sonnenähnlichen Sternen in offenen Sternhaufen.

STELLA

STELLA is an installation purely for night-time use. It is operated in fully robotic mode with no personnel needed to monitor the operation. Data is transferred back to the home institute for analysis. Both telescopes have a main mirror of 1.2 m and are equipped with one scientific instrument each. STELLA-I is optimized for CCD photometry using 18 different filters in one Nasmyth focus (WIFSIP), while STELLA-II is optimized for fibre-feeding a high-resolution Échelle spectrograph (SES). The first telescope has been operational since 2006, and, by the end of 2009, had collected 28,000 Échelle spectra. The second telescope has been online since June 2010, and has since produced 100,000 images. STELLA's main scientific projects are the study of stellar surfaces and the rotational properties of solar-type stars in open clusters.





Das AIP am Mt. Graham International Observatory in Arizona

AIP facilities at the Mt Graham International Observatory in Arizona

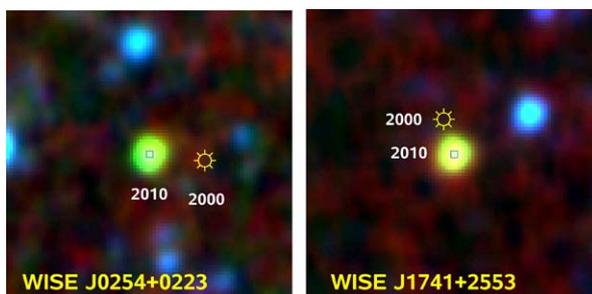
Auf dem 3.200 Meter hohen Mt. Graham im Südosten Arizonas arbeitet seit 2005 das leistungsfähigste optische Teleskop der Welt, das Large Binocular Telescope (LBT). Durch die Zusammenschaltung seiner beiden monolithischen Spiegel mit je 8,4 m Durchmesser, jeder für sich bereits der weltweit größte Einzelspiegel, entsteht ein Teleskop mit der Lichtsammelkraft eines 11,8m-Teleskops und der Auflösung eines klassischen Teleskops mit 22,8 m Durchmesser.

On Mt Graham (3,200 m altitude) in south-western Arizona, the Large Binocular Telescope (LBT), currently the world's most powerful optical telescope, operates. By combining the light from the two monolithic main mirrors, each of which has a diameter of 8.4 m, making them the largest individual mirrors in the world, the telescope has a light gathering power equivalent to a telescope with a mirror 11.8 m diameter.

Da das LBT über eine adaptive Optik verfügt, die atmosphärische Störungen weitgehend kompensieren kann, hat es so eine Auflösung, die zehnmal höher ist als die des Hubble-Weltraumteleskops.

Das LBT wird gebaut und betrieben von der LBT Corporation, die zu je 25% von der University of Arizona, dem italienischen „Istituto Nazionale di Astrofisica“ und der deutschen LBT Beteiligungsgesellschaft (LBTB) getragen wird sowie zu je 12,5% von der Ohio State University und der in Tucson ansässigen Research Corporation. Mitglieder der LBTB sind die Max-Planck Institute für Astronomie, für extraterrestrische Physik und für Radioastronomie, die Universität Heidelberg sowie das AIP. Das AIP beteiligt sich am LBT durch Entwicklung und Bau der sogenannten „Acquisition Guiding and Wavefront Sensing“-Einheiten. Diese Messeinheiten analysieren das in das Teleskop einfallende Licht und liefern dieses Signal zur Steuerung des Teleskops und zur Optimierung der Form des Hauptspiegels weiter. Bezüglich der Instrumentierung des LBT leitet das AIP die Entwicklung und den Bau des hochauflösenden Spektrografen und Polarimeters PEPSI.

Mit dem Bau des LBT wurde 1996 begonnen und es wurde am 15. Oktober 2004 feierlich eingeweiht. „Erstes Licht“ mit einem der beiden Hauptspiegel wurde am 12. Oktober 2005 erzielt. Meilenstein der Arbeiten am Teleskop der vergangenen beiden Jahre war die erfolgreiche Inbetriebnahme der adaptiven Optik am ersten der beiden Spiegel. Ein wissenschaftliches Highlight bei der Auswertung von LBT-Beobachtungen am AIP war die Entdeckung zweier neuer Brauner Zwerge in der Nachbarschaft unserer Sonne.



Colour-coded images of the two newly discovered Brown Dwarfs WISE J0254+0223 and WISE J1741+2553.

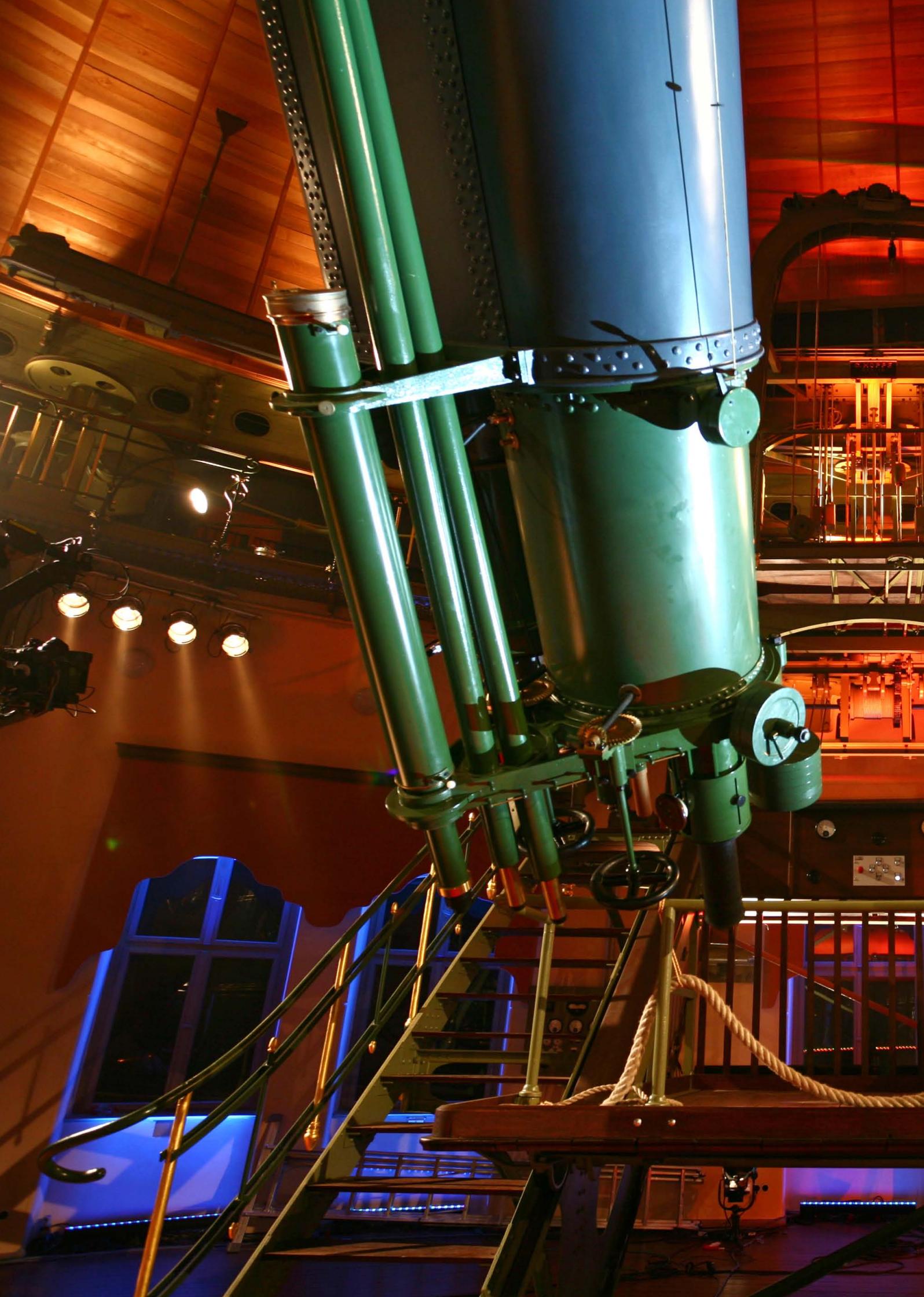
Ebenfalls in Arizona, im Washington Camp, etwa 100 km südöstlich von Tucson betreibt das AIP in Zusammenarbeit mit der Universität Wien die beiden automatisierten photometrischen Teleskope Wolfgang und Amadeus.

Furthermore, using adaptive optics to compensate for atmospheric distortion and combining light interferometrically, the resolving power of the telescope becomes equivalent to that of a telescope with a diameter of 22.8 m, or ten times larger than that of the Hubble Space Telescope.

The LBT was built and is operated by the LBT Corporation, which is sponsored by the University of Arizona (25%), the Italian Istituto Nazionale di Astrofisica (25%), and the German LBT Beteiligungsgesellschaft (LBTB) (25%), the Ohio State University (12.5%), and the Research Corporation (12.5%). The LBTB is made up of the Max-Planck Institute for Astronomy, the Max-Planck Institute for Extraterrestrial Physics, the Max-Planck Institute for Radio Astronomy, the University of Heidelberg, and the AIP. The AIP contributes to the LBT by developing and building the so-called Acquisition, Guiding and Wavefront (AGW) sensing units. These devices analyse starlight, which passes through the telescope, providing signals that control the precise movement of the telescope and the optimum shape of the main mirrors. Regarding the complement of scientific instrumentation for the LBT, the AIP is developing and building the high-resolution spectrograph and polarimeter PEPSI.

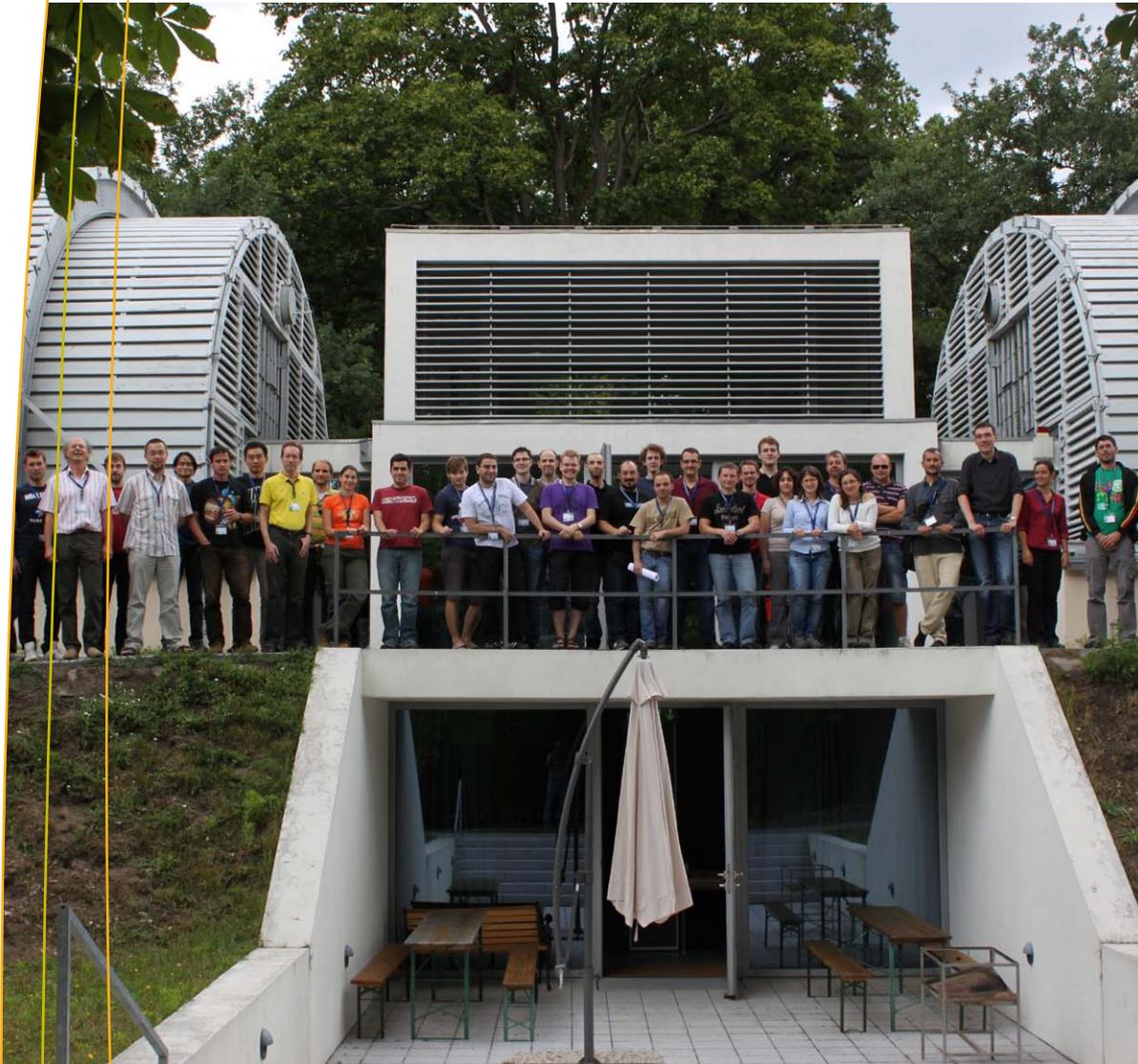
The construction of the LBT was initiated in 1996 and the telescope was inaugurated on October 15, 2004. “First Light“ with one main mirror was achieved a year later on October 12, 2005. During the last two years, one cornerstone of the work at LBT was the successful commissioning of the adaptive optics system for one of the two mirrors. A scientific highlight for AIP researchers working with the LBT was the detection of two new brown dwarfs in the neighbourhood of our Sun.

Also in Arizona, some 100 km southeast of Tucson at Washington Camp, the AIP operates two automatized photometric telescopes, Wolfgang and Amadeus, in collaboration with the University of Vienna.



Öffentlichkeitsarbeit
& Ausbildung
Public Outreach and Education





Ausbildung am AIP Education

In Zusammenarbeit mit den Universitäten betreut das AIP Diplomanden und Doktoranden in ihrer wissenschaftlichen Laufbahn. In den Jahren 2010/11 haben acht Doktoranden, elf Diplomanden und drei Master- und Bachelor-Studenten ihre Arbeiten am AIP fertig gestellt. Die Doktorandenausbildung wird von Lutz Wisotzki und Carsten Denker koordiniert. 2011 haben das AIP und die Universität Potsdam ein Abkommen zur Implementierung einer strukturierten Doktorandenausbildung unterzeichnet.

In collaboration with universities, the AIP supervises diploma and doctoral students in the course of their scientific careers. During the years 2010/11, eight doctoral students, eleven diploma students and three master and bachelor students have completed their projects at the AIP. The doctoral education programme is coordinated by Lutz Wisotzki and Carsten Denker. In 2011, the AIP and the University of Potsdam signed a memorandum of understanding for the implementation of a structured doctoral education concept.

Außerdem bietet das Institut verschiedene Ausbildungsplätze in den Werkstätten und Labore sowie in der Administration an. Jedes Jahr werden bis zu fünf Auszubildende am Institut beschäftigt.

Das AIP bietet auch Schülern, die im Rahmen ihrer Schulausbildung ein mehrwöchiges Betriebspraktikum absolvieren möchten, ein breites Spektrum an Praktikumsplätzen an. Im Berichtszeitraum haben 25 Praktikanten erste Eindrücke und Erfahrungen in der astrophysikalischen Forschung und Forschungstechnik am AIP gesammelt. Die Koordination der Schülerpraktika liegt bei Volker Müller.

Zusätzlich zu diesem Praktikumsangebot für Schüler halten Wissenschaftler des AIP regelmäßig Vorträge an regionalen Schulen. Es werden Besuche für Schülergruppen aus ganz Deutschland organisiert und als besonderes Angebot für Mädchen wird jährlich der „Girls’ Day“ ausgerichtet.

The institute also offers opportunities for apprenticeships in the laboratories and in administration. Each year, as many as five apprentices work at the institute.

A broad spectrum of internship placements is offered to students, who can apply for an internship of several weeks at AIP as part of their education. During the time covered by this report, 25 student interns experienced work in astrophysical research and research technology for the first time. Volker Müller coordinates the school internship programme.

In addition to this programme, scientists from AIP frequently give lectures at regional schools. Visits are organised for groups of students from all over Germany, and every year the institute participates in the national “Girls’ Day” activities, with a special offer for young girls to visit technical and scientific workplaces.

Sommerschule und Thinkshops

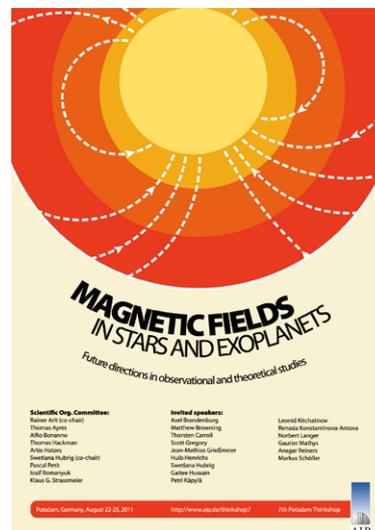
40 internationale Teilnehmer besuchten vom 20. bis zum 23. Juni 2011 die AIP-Opticon Sommerschule „Opto-Mechanical Design in Astronomy“ auf dem Forschungscampus Potsdam-Babelsberg. Vier Tage lang studierten sie opto-mechanische Details von optischen Infrarot- und Radioteleskopen. Hauptthema waren aktuelle multinationale Großprojekte der Astronomie, wie das Large Binocular Telescope (LBT), das European Extremely Large Telescope (E-ELT) und das 64 m Sardinia Radio Telescope (SRT) als gute Beispiele für echte Ingenieursanwendungen.

2011 fanden zwei Workshops in der Serie der „Potsdam Thinkshops“ statt. Der siebte Thinkshop stand unter dem Thema „Magnetfelder in Sternen und Exoplaneten – zukünftige Richtungen in Beobachtungen und Theorie“. Der achte Thinkshop trug den Titel „Young and Bright – hoch-rotverschobene Strukturen verstehen“.

Summer School and Thinkshops

40 international young astronomers participated in the AIP-Opticon Summer School on “Opto-mechanical Design in Astronomy” from June 20-23, 2011. For four days they learned about opto-mechanical designs of optical-IR and radio telescopes, based on fundamental knowledge of mechanical, optical and thermal processes. The main topics were large multi-national projects like the Large Binocular Telescope (LBT), the European Extremely Large Telescope (E-ELT), and the 64 m Sardinia Radio Telescope (SRT) as examples for real engineering applications.

Two workshops in the “Potsdam Thinkshop” series took place in 2011. They were dedicated to the topics of “Magnetic fields in stars and exoplanets – future directions in observations and theoretical studies”, and “Young and Bright: Understanding high-redshift structures”.



Abgeschlossene Dissertationen Completed Dissertations

2010

- Llinares, Claudio: Structure formation with modified Newtonian dynamics – Knebe, Müller
- Nebot Gómez-Morán, Ada: Constraining close binary evolution with post common envelope binaries – Schwöpe
- Wagner, Christian: Probes of Dark Energy using Cosmological Simulations – Müller, Steinmetz

2011

- Partl, Adrian: Cosmological Radiative Transfer and the Ionisation of the Intergalactic Medium – Müller
- Klar, Jochen: A detailed view of filaments and sheets of the warm-hot intergalactic medium – Mücke
- Schulze, Andreas: Demographics of supermassive black holes – Wisotzki
- Husemann, Bernd: The AGN-host galaxy connection: New insights from the extended ionised gas – Wisotzki
- Boeche, Corrado: Chemical gradients in the Milky Way from unsupervised chemical abundance measurements of the RAVE spectroscopic data set – Steinmetz

Abgeschlossene Diplom-, Master- und Bachelorarbeiten Completed Diploma, Master and Bachelor Projects

2010

- Brauer, Dorothée: Properties of high-redshift, K-band selected quasars – Wisotzki
- Facchino, Daniele: Timing study of the isolated neutron star RBS 1223 (Master Project) – Schwöpe
- Hoppmann, Laura: Evolution of the cosmic UV background from the proximity effect – Wisotzki
- Kolodzig, Alexander: Diagnostic of post-shock plasma of magnetic cataclysmic variables – Schwöpe
- Kupko, Daniel: Extended emission lines and star formation in AGN host galaxies – Wisotzki
- Streich, David: The stellar populations in the outskirts of disk galaxies – de Jong
- Wilhelm, Andreas: Struktur der Reionisation (Bachelor Project) – Müller
- Zwanzig, Alena: Eine Studie über die Expansionsgeschwindigkeit metallarmer planetarer Nebel – Wisotzki, Roth

2011

- Panofski, Eva: Absolute Parameter des Lithium-reichen Riesensternes HDE233517 (Bachelor Project) – Strassmeier
- Hoffmann, Kai: Analysis of the Cosmic Web: Observation versus Simulations – Müller
- Fournier, Yori: Conception d'une methode de transport des contraintes pour le systeme MHD base sur un solveur HLLD – Ziegler
- Backsmann, Nadine: Structural properties of galaxies in the CALIFA sample – Wisotzki
- Herenz, Christian: Emission Line Objects in Integral Field Spectroscopic Datacubes – Wisotzki
- Haupt, Maria: Gradienten in Scheibengalaxien: Signal-zu-Rausch-Verhältnis und Auswirkung auf stellare Populationen – Wisotzki



Current apprentices at the AIP: Marcel Herrguth, Linda Henkel, Patrick Leugner, Stefan Rodegast

Auszubildende Apprentices

2011

Stefanie Berndt: Abschluss als Bürokauffrau in 01/2011

Linda Henkel: Bürokauffrau

Marcel Herrguth: Fachinformatiker Systemintegration

Patrick Leugner: Feinwerkmechaniker

Stefan Rodegast: Feinwerkmechaniker

2010

Stefanie Berndt: Bürokauffrau

Michael Grützmann: Abschluss als IT-System-Elektroniker in 01/2010

Marcel Herrguth: Fachinformatiker Systemintegration

Patrick Leugner: Feinwerkmechaniker

Stefan Rodegast: Feinwerkmechaniker

Schülerpraktikanten High-School student interns

2010

Anastasia Abdolvand, Berlin

Tobias Benthin, Potsdam

Alexander v. Berlepsch, Potsdam

Moritz Buchta, Potsdam

Franke Hahn, Michendorf

Jennifer Koch, Potsdam

Lukas Lück, Potsdam

Lukas Neumeier, Potsdam

Aban Oshidari, Magdala, Spanien

Alexander Schell, Magdala, Spanien

Christian Schmiel, Potsdam

Rika Simon, Berlin

Lukas Struhl, Potsdam

2011

Pawel Boening, Potsdam

Linda Ebert, Potsdam

Friedrich Heinken, Potsdam

Riina Käpynen, Malaga, Spanien

Victor Kietzmann, Potsdam

Laura Lageveen, Malaga, Spanien

Max Niewisch, Potsdam

Clara Ricken, Leipzig

Phila Rembold, Potsdam

Alexander Schnelle, Schloss Neuhaus

Jannik Werner, Kleinmachnow

Anton Winklhofer, Potsdam



Presse- und Öffentlichkeitsarbeit Public Outreach

Die Wissenschaftskommunikation ist dem AIP ein wichtiges Anliegen. Sie wird durch den Stab Presse- und Öffentlichkeitsarbeit koordiniert und durch das Engagement einer Vielzahl der Wissenschaftler, Mitarbeiter und Studenten am AIP getragen. Nach dem UN Internationalen Jahr der Astronomie 2009 waren die Folgejahre geprägt von der Umbenennung des Instituts. Neben dem neuen Namen „Leibniz-Institut für Astrophysik Potsdam (AIP)“ ist im Frühjahr 2011 auch ein neues Corporate Design mit gleichzeitigem Relaunch des Webauftritts etabliert worden.

Science Communication is an integral part of AIP's work. Public outreach activities at AIP, coordinated by the PR staff, are supported by commitments from numerous scientists, members, and students of AIP. Following the International Year of Astronomy 2009, the years 2010 and 2011 were highlighted by the renaming process of the institute. Besides its new name, "Leibniz Institute for Astrophysics Potsdam (AIP)", a new corporate design has been established, along with the parallel launch of new institute web pages.

Wissenschaftsjahre

Die Aktivitäten des AIP zum UN Internationalen Jahr der Astronomie wurden im Frühjahr 2010 mit der Veröffentlichung der 48-seitigen Dokumentation „Das Jahr der Astronomie 2009 in Deutschland“ und einer interdisziplinären Podiumsdiskussion der Initiative Geisteswissenschaften im Dialog abgeschlossen. Eine weiterführende Diskussion zur Verstetigung der gemeinsamen Öffentlichkeitsarbeit in der Astronomie über das Astronomiejahr hinaus wurde im Rahmen der Herbsttagung der



Years of Science

AIP's activities for the UN International Year of Astronomy were concluded with the publication of the 48-page document: "The Year of Astronomy 2009 in Germany" and by an interdisciplinary panel discussion. A follow-up discussion about joint astronomy outreach activities beyond the Year of Astronomy was initiated during the autumn meeting of the Astronomische Gesellschaft. One result is that a new web portal proposed by AIP (www.astronomie-in-deutschland.de) is currently being

2010 >



April
Girls' Day



April
Einweihung Neubau

Astronomischen Gesellschaft 2010 begonnen. Ein vom AIP angeregtes neues Web-Portal (www.astronomie-in-deutschland.de) für die deutsche Astronomie befindet sich aktuell im Aufbau. An der Umsetzung sind außer dem AIP das Max-Planck-Institut für Astronomie, das Haus der Astronomie sowie der Spektrum-Verlag in Heidelberg beteiligt. Unterstützung erfährt das Projekt auch durch den Rat Deutscher Sternwarten und die Astronomische Gesellschaft.

Auf dem bundesweiten Energietag im Rahmen des BMBF-Wissenschaftsjahres „Zukunft der Energie“ war das AIP mit einem Stand zum Thema „Die Sonne macht es uns vor: Kernfusion als Energie der Zukunft“ Teil der Energieroute der Museen, einer Initiative der Leibniz-Gemeinschaft.

implemented jointly with the Max Planck Institute for Astronomy, the House of Astronomy, and the Publishing House Spektrum-Verlag in Heidelberg, supported by the German Council of Observatories and the Astronomische Gesellschaft.

For the national Energy Day during the BMBF Year of Science "The Future of Energy", the AIP became part of the Leibniz Association's Energy Route initiative, exploring the connection of nuclear fusion, as a possible technique of future energy generation, to the energy generation mechanisms of stars.



Media, Interviews, Filming

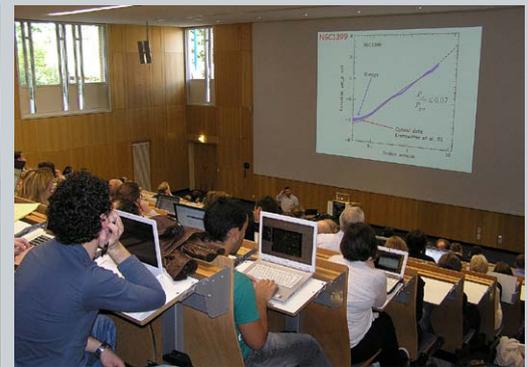
During the reporting period, 27 press releases and 81 press notes were sent out to the media. The discovery of a stellar stream in the Milky Way in 2010 – for which AIP scientist Mary Williams was later awarded a postdoc prize by the state of Brandenburg – and a press release about the first stellar generations of the Universe in 2011, accompanying a Nature publication by Cristina Chiappini, received particularly good international press coverage.



Juni
Lange Nacht der Wissenschaften



September
Energietag im Jahr der Energie



November
Wiss. Konferenz auf dem Telegrafenberg

Medienarbeit, Interviews und Dreharbeiten

Im Berichtszeitraum wurden 27 Pressemitteilungen und 81 Pressenotizen herausgegeben. Ein besonders großes, internationales Medienecho erhielten 2010 die Entdeckung eines neuen Sternstroms in der Milchstraße, für die die Wissenschaftlerin Mary Williams später den Nachwuchspreis des Landes Brandenburgs erhielt, sowie eine Pressemitteilung zu den ersten Sternenerationen des Universums, die 2011 anlässlich einer Publikation von Cristina Chiappini in der Fachzeitschrift Nature herausgegeben wurde.

Die Kooperation mit der Wissenschaftsredaktion des ZDF mit Dreh der Moderationen für die Reihe „Abenteuer Wissenschaft – Faszination Universum“ im Großen Refraktor setzte das AIP erfolgreich fort. Diverse TV-Auftritte gab es auch seitens der AIP-Wissenschaftler: als Studiogäste oder im Portrait der Deutschen Welle, in verschiedenen Sendungen des RBB oder als wissenschaftliche Berater für Dreharbeiten und in Interviews (bspw. 3sat). Auch die jüngeren Astronomiefans konnten sich über Dreharbeiten mit

Co-operation with the science editorial department of the ZDF TV channel has successfully continued. Their crew once again shot several scenes for the TV series Abenteuer Wissenschaft – Faszination Universum (Science Adventures – Fascinated by the Universe) in AIP's Great Refractor. AIP scientists were studio guests and were profiled on Deutsche Welle and several RBB programmes. They were interviewed for their scientific expertise and appeared on science programmes (e.g. 3sat). Younger fans of astronomy received a first glimpse of AIP's research during filming with the children's drama school of Babelsberg and during a live recording for the radio station Deutschlandfunk's "Kakadu" programme for children.

Events

1,400 people came to AIP's "Long Night of the Stars" at the Research Campus Babelsberg to observe the Lunar Eclipse in June 2011. In both reported years the AIP also opened its campus in Potsdam-Babelsberg and its historical site at Potsdam-Telegrafenberg for the yearly

der Kinderschauspielschule Babelsberg und einer gemeinschaftlichen Aufzeichnung für die Kindersendung Kakadu mit dem Deutschlandfunk ein Bild vom AIP machen.

Astronomy Day of the Amateur Astronomy Club VdS and for the “Long Night of the Sciences” in Berlin and Potsdam. Including the regular public lectures, observing nights and guided tours, a total of around 10,000 people have visited AIP during the last two years. All events were accompanied by a good media response. The AIP also took part in several regional Potsdam events like the “City for one Night”. There the AIP set up a booth together with the AEI, Urania Potsdam and DESY-Zeuthen.

Veranstaltungen und Nachwuchs

Für die breite Öffentlichkeit veranstaltete das AIP wieder die Lange Nacht der Sterne. Gleichzeitig zur Mondfinsternis im Juni 2011 zog die Lange Nacht 1.400 Besucher auf den Forschungscampus Babelsberg. In

2011 >



Januar
Kakadu-Sendung mit DLF



Februar
Wasserraketen

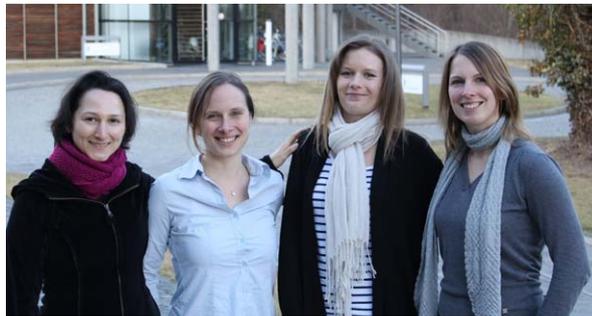
beiden Berichtsjahren öffnete das AIP zum bundesweiten, jährlichen Astronomietag sowie zu der Langen Nacht der Wissenschaften seine Türen in Babelsberg oder am wissenschaftshistorischen Standort Telegrafenberg mit dem Großen Refraktor und dem Einsteinturm. Zusammen mit den regelmäßigen öffentlichen Abenden und Führungen war das AIP im Berichtszeitraum Gastgeber für insgesamt rund 10.000 Besucher. Alle Veranstaltungen wurden durch eine sehr gute Medienresonanz begleitet. Darüber hinaus beteiligte sich das AIP erneut an einer Vielzahl von lokalen Potsdamer Initiativen, darunter die Stadt für eine Nacht im September 2010 zu der Potsdamer Einrichtungen für 24 Stunden Programmorte in der Schiffbauergasse bespielten, darunter das Sternenzelt des AIP, des AEI, der Urania Potsdam und des DESY-Zeuthen.

2010 wurden dem AIP durch den Ministerpräsidenten und die damalige Forschungsministerin des Landes Brandenburg sowie die Vize-Präsidentin der Leibniz-Gemeinschaft feierlich die Schlüssel für das neue Technologie- und Bürogebäude des AIP, dem Leibnizhaus, übergeben. Im Dezember 2011 war das AIP Film- und Schaulatz des Monats. Zu dieser Gelegenheit hiesste



der Potsdamer Oberbürgermeister mit den Initiatoren der Stadt die Programmflagge in Babelsberg. Weitere prominente Gäste besuchten das AIP zu verschiedenen Anlässen und Feierstunden. Vertreter der Parlamente wurden während der jährlichen parlamentarischen Abende der Leibniz-Gemeinschaft in Berlin und der Potsdamer Organisation der außeruniversitären Einrichtungen LAUF im Potsdamer Landtag adressiert.

Um seine Tore auch für den potentiellen Nachwuchs zu öffnen, nahm das AIP wieder am überregionalen Girls' Day / Zukunftstag Brandenburg teil. Prominenter Besucher 2010 war die damalige Forschungsministerin



PR-Team 2010/2011: Madleen Köppen (until 9.2011), Kerstin Mork, Selma Sagman, Gabriele Schönherr (head), Juana Wendt



April
Girls' Day



April:
innoFSPEC wird Ort im Land der Ideen



April
Umbenennung des Instituts

Dr. Martina Münch in Begleitung einer Schulklasse. 2011 wurde der Girls' Day durch die Mitarbeiter der innoFSPEC-Initiative am AIP begleitet. innoFSPEC erhielt gleichzeitig die Auszeichnung „Ort im Land der Ideen“. Für den Nachwuchs wurde neben regelmäßigen geführten Besuchen von Schülergruppen auch ein spezieller Schülertag mit 150 Schülern im Großen Refraktor veranstaltet sowie verschiedene Aktionstage für Grundschul- und Kita-Kinder.

In 2010, the AIP received the keys to the new “Leibnizhaus” building in a ceremony hosted by Brandenburg’s Premier, the former research minister and the vice-president of the Leibniz Association. In December 2011, the Mayor of Potsdam raised a programme flag for the Potsdam Year of Film at AIP. Many other prominent guests visited the AIP for a diverse range of events. Members of Parliament were addressed during the yearly “Evenings for Parliament” organized by the Leibniz Association in Berlin and by the LAUF initiative of Potsdam’s non-university institutions in Brandenburg.



AIP once again took part as host institution for the national Girls' Day in both years. A special visitor to Girls' Day in 2010 was the former research minister, Dr. Martina Münch, who was accompanied by a high-school class. Girls' Day 2010 was supported by the staff of innoFSPEC at AIP. On the same day, innoFSPEC was awarded the title of “Location in the Country of Ideas” by a German national initiative to highlight innovative projects. Regular guided tours for school classes, a special students' day for 150 students in

Institutsumbenennung: Ein neuer Name und ein neues Gesicht für das AIP

Seit dem 15. April 2011 heißt das ehemalige Astrophysikalische Institut Potsdam (AIP) Leibniz-Institut für Astrophysik Potsdam (AIP). Der feierlichen Umbenennung ging eine Aktualisierung der Satzung des Instituts voraus, bei der der neue Name in die Satzung eingetragen wurde. Mit ihrem Motto „theoria cum praxi“ ist die Leibniz-Gemeinschaft die logische Heimat des AIP, welches sich sowohl mit astrophysikalischer

the Great Refractor, and diverse special event days for children completed the public outreach programme for the young generation.

Renaming the Institute: A new name and a new face for the AIP

On April 15, 2011, the former Astrophysical Institute Potsdam (AIP) officially became the Leibniz Institute for Astrophysics Potsdam (AIP). Ahead of the renaming process, the AIP statute was updated. The AIP is



Mai
Lange Nacht der Wissenschaften



Juni
Lange Nacht der Sterne



Juni
Mondfinsternis



Grundlagenforschung wie auch den dazu benötigten Technologien beschäftigt. Mit dem Namenswechsel zum „Leibniz-Institut für Astrophysik Potsdam“ unterstreicht das Institut seine Zugehörigkeit zur Leibniz-Gemeinschaft. Gleichzeitig beruft es sich mit Gottfried Wilhelm Leibniz auf seine wissenschaftshistorische Tradition, wurde die Berliner Sternwarte doch im Jahre 1700 auf Anregung Leibniz durch den Kurfürsten Friedrich III. als eines der Vorgängerinstitute des AIP gegründet. Über die Stärkung der Dachmarke Leibniz hinaus wird durch den neuen Namen gleichzeitig auch namentlich eine bessere Kenntlichkeit als großes und unabhängiges, außeruniversitäres Forschungsinstitut erreicht.

an institute that combines fundamental research in astrophysics with the development of technologies that enable it to perform this task. The Leibniz motto “theoria cum praxi” thus makes the Leibniz association the logical home for the AIP. By renaming the AIP the “Leibniz Institute for Astrophysics Potsdam”, the institute’s membership in the Leibniz Association is underlined. Furthermore, Gottfried Wilhelm Leibniz played an important role in the institute’s history when he initiated the foundation of one of its parent institutions, the Berlin Observatory, which was opened by Friedrich III in 1700. Finally, its new name both



Juni
Sommerschule



September
Kinderuni



Dezember
Filmschauplatz des Monats/Filmjahr

Der Prozess der Umbenennung wurde durch interne und externe Kommunikationsmaßnahmen begleitet. Mit dem neuen Namen erhielt das AIP ein neues Corporate Design und einen neuen Webauftritt, der von statischen Seiten auf ein Content Management System umgestellt wurde. Das Institutslogo zeigt sich modernisiert und reflektiert den Zweiklang aus moderner astrophysikalischer Forschung und Wissenschaftshistorie des AIP. Während das alte Logo eine geschlossene Kuppel unter blauem Himmel zeigte, verschiebt sich der Standpunkt des Betrachters nun auf den Blick aus einer stilisierten, astronomischen Kuppel durch den Kuppelspalt hinaus auf den sternklaren Nachthimmel. Am Himmel selbst zeigt sich eine Sternenkonstellation aus dem Jahr 1846, die damals zur Entdeckung Neptuns durch Galle an der damaligen Berliner Sternwarte führte.

strengthens the “Leibniz brand” and brings better visibility of AIP as a large and independent non-university institution.

The renaming process was accompanied by internal and external communication measures. Along with its new name, AIP received a new corporate identity and new cms-based web pages, replacing the older html-based pages. The institute’s logo has been modernized and now reflects the combination of modern astrophysical research and scientific history at AIP. While the old logo had shown a closed dome under a blue sky, the point of view of the observer is now from the inside of a stylised, astronomical dome, looking through the opening slit into the starry night sky. The stellar constellation that led to the discovery of Neptune by Galle at the former Berlin Observatory in the year 1846 is depicted.

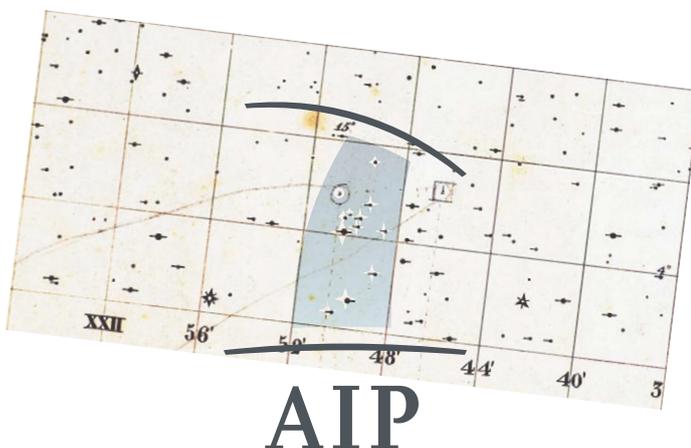
Auf der Suche nach einem neuen Planeten In search of a new planet

Am 23. September 1846 erhielt Johann Franz Encke, Direktor der Berliner Sternwarte und gleichzeitig verantwortlich für die Anfertigung der Sternkarten, ein Anschreiben von dem Astronomen und Mathematiker Urbain Le Verrier aus Paris. Dieser folgerte aus seinen Berechnungen zu den Bahnstörungen des Planeten Uranus, dass sich in dem von ihm beobachteten Himmelsabschnitt ein bisher unbekannter Himmelskörper oder – wenn nicht – eine Reihe von kleineren „Körperchen“ befinden müssten. Er bat daraufhin, diesen Himmelsabschnitt genauer zu überprüfen und in der Tat fand Johann Gottfried Galle, der sich dieser Aufgabe annahm, noch in der gleichen Nacht einen Himmelskörper unweit der durch Le Verrier berechneten Position. Als in der darauf folgenden Nacht dessen Eigenbewegung gemessen werden konnte, stand fest: es handelt sich um einen neuen Planeten.

Das AIP-Logo zeigt eben diese Sternenkonstellation aus dem Jahr 1846, die zur Entdeckung Neptuns führte. Die Berliner Sternwarte, in der Johann Gottfried Galle den bis dahin unbekanntesten Planeten zum ersten Mal erblickte, ist eine der beiden Vorgänger-Institutionen des AIP. Das historisch Bemerkenswerte an dieser Entdeckung ist, dass sie rein aufgrund von Überlegungen und Berechnungen erfolgte – dies war einmalig für die damalige Wissenschaft. Wer den Sternenhimmel des AIP-Logos genauer betrachtet, wird dort unter vielen Sternen auch einen runden Kreis als Symbol für den Planeten entdecken.

Writing to Johann Gottfried Galle, Urbain Le Verrier an astronomer from Paris asked for observations of an as-yet unknown planet, the existence of which he predicted to explain perturbations observed in Uranus's orbit. After gaining permission from, Johann Franz Encke, the director of the Berlin Observatory, Galle obtained observations on the night of September 23, 1846. Sure enough, Le Verrier's prediction was correct. There was indeed a planet at the calculated location. The planet was Neptune, the farthest from the Sun in our Solar System.

The stellar constellation in the AIP logo is the one that led to the discovery of Neptune by Johann Gottfried Galle on the very same night. The Berlin Observatory, from which he spotted the yet unknown planet, is one of the two predecessor institutions of the AIP. What is most remarkable about this discovery is that it followed a prediction made through the use of mathematics and astronomical observations. This was a first in scientific history! If you look at the starry sky symbolized by the logo of the Leibniz Institute for Astrophysics Potsdam you can see Neptune symbolized by a round spot among the stars.





AIP im Überblick

AIP at a glance



Das AIP im Überblick The AIP at a glance

Das Leibniz-Institut für Astrophysik Potsdam (AIP) ist eine Stiftung bürgerlichen Rechts des Landes Brandenburg und Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft. Das AIP wird vom Land Brandenburg, der Ländergemeinschaft und vom Bund institutionell gefördert.

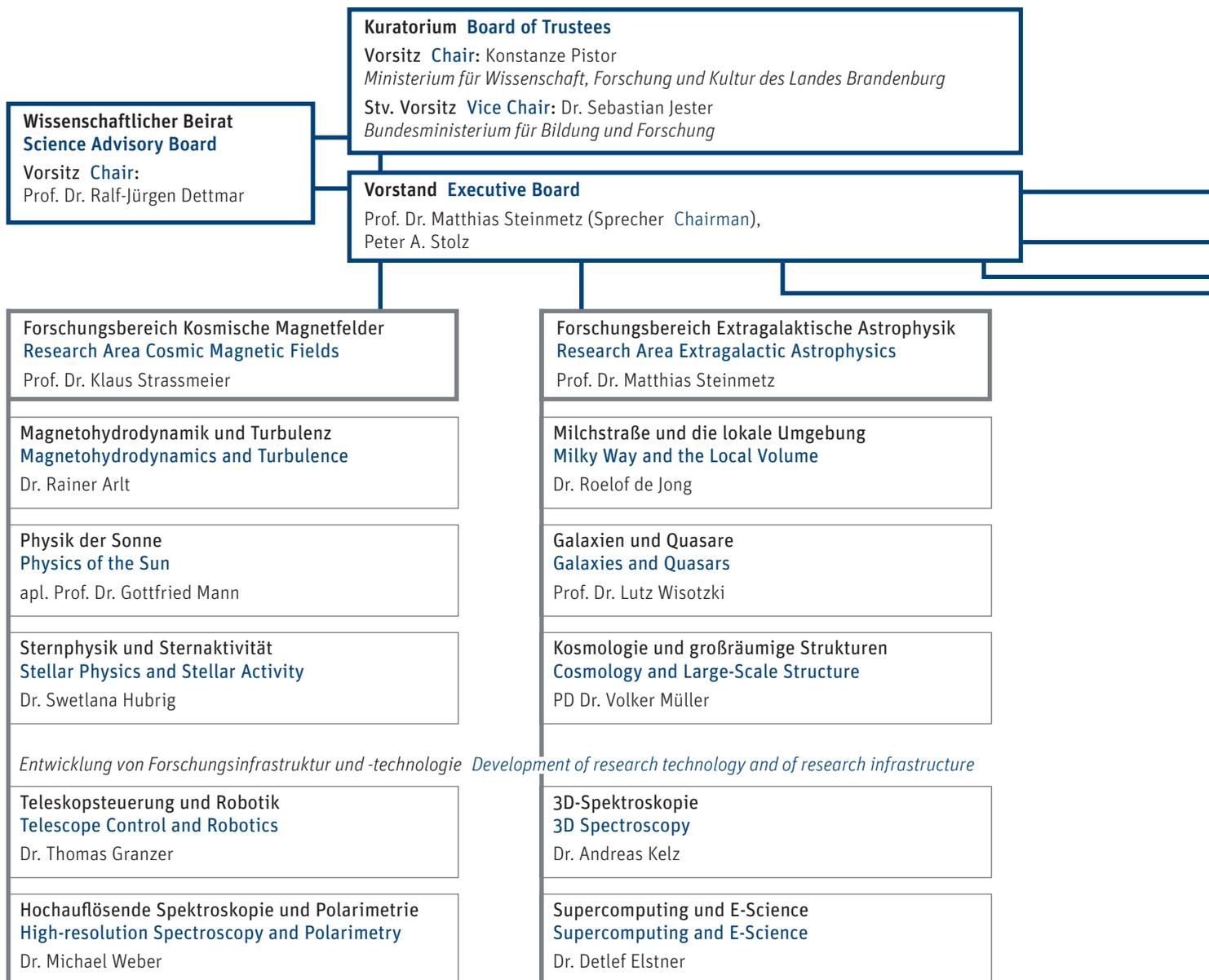
The AIP is a foundation according to civil law of the state of Brandenburg and is a member of the Leibniz Association. The AIP is funded institutionally by the state of Brandenburg, other states, and by the federal German government.

Vorstand

Der Stiftungsvorstand führt die Geschäfte der Stiftung. Er bereitet die Sitzungen des Kuratoriums vor und führt dessen Beschlüsse aus. Der Stiftungsvorstand erledigt alle Angelegenheiten, die in der Stiftungssatzung nicht ausdrücklich anderen Organen übertragen sind.

Executive Board

The Executive Board executes all business for the foundation. It prepares sessions for the Board of Trustees and administers its decisions. The Executive Board accomplishes all tasks that are not explicitly assigned to other supervisory bodies.



Kuratorium

Das Kuratorium entscheidet über die allgemeinen Forschungsziele und die wichtigen forschungspolitischen und finanziellen Angelegenheiten der Stiftung. Es überwacht die Rechtmäßigkeit, Zweckmäßigkeit und Wirtschaftlichkeit der Geschäftsführung des Stiftungsvorstandes.

Wissenschaftlicher Beirat

Der aus externen Mitgliedern bestehende Wissenschaftliche Beirat berät das Kuratorium und den Vorstand in allen wissenschaftlich-technischen Fragen von Gewicht. Der Wissenschaftliche Beirat erarbeitet Vorschläge und Empfehlungen zu den vom Institut zu bearbeitenden Forschungsfeldern und zu dessen Arbeitsplanung. Er bewertet periodisch Forschungsleistungen und Arbeitspläne.

Board of Trustees

The Board of Trustees decides on overall research objectives and on important political and financial issues of the foundation. It supervises the legitimacy, purposefulness and economic efficiency of the business management done by the Executive Board.

Science Advisory Board

The Science Advisory Board, whose members are external scientists, gives advice to the Board of Trustees and to the Executive Board in all major scientific and technical issues. The Science Advisory Board compiles proposals and recommendations concerning areas of research in the institute and the related work scheduling. It periodically evaluates research accomplishments and work schedules.

Vorstandsreferentin *Scientific coordinator*
Dr. Gabriele Schönherr
Public Relations *Public Relations*
Kerstin Mork

Administration
Administration
Peter A. Stolz

Personal und Recht
Personnel and legal affairs
Gernot Rosenkranz

Finanzen
Finances
Herbert Klein

Zentrale Dienste
Services
Torsten Krüger

Zentrale Einrichtungen *Research infrastructure*

Forschungstechnik
Technical division
Emil Popow

IT-Service
IT services
André Saar

Wiss. Dokumentationszentrum
Library
Regina v. Berlepsch

innoFSPEC *innoFSPEC*
Prof. Dr. Martin Roth

Astrophotonik *Astrotonics*
Dr. Roger Haynes

Johann-Wempe-Stiftung

Zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung auf dem Gebiet der Astrophysik sowie damit im Zusammenhang stehender Aufgaben, insbesondere solche der Aus-, Fort- und Weiterbildung und Zugänglichmachung der Ergebnisse der durchgeführten Forschungsarbeiten für die Allgemeinheit, insbesondere zur Finanzierung des Johann-Wempe-Preises ist die Johann-Wempe-Stiftung eingerichtet worden.

The Johann-Wempe Foundation

The foundation in honour of Johann-Wempe was constituted for the promotion of scientific research in astrophysics and related aspects, mainly related to education, public access to scientific results and, in particular, to finance the Johann-Wempe Award.

Personal und Finanzierung (Stichtag: 31.12.2011)

Personnel and Finances (as of: 31.12.2011)

| | |
|--|---|
| Grundfinanzierung Basic funding | 10,2 Millionen Euro 50 % Länder, 50 % Bund |
| Drittmittel Grant support | 3,9 Millionen Euro |
| Mitarbeiter gesamt Employees in total | 176 |
| Davon Wissenschaftler Scientists | 103 |

Kuratorium Board of Trustees

Konstanze Pistor (Vorsitz Chair)

Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kultur des Landes Brandenburg

ORR Dr. Sebastian Jester (Stellvertretender Vorsitz Vice-chair)

Bundesministerium für Bildung und Forschung

Prof. Oliver Günther, Ph.D.

(Präsident der Universität Potsdam President of the Potsdam University)

Prof. Dr. Ralf-Jürgen Dettmar

(Vorsitzender des wiss. Beirats Chairman of the Scientific Advisory Board)

Ruhr-Universität Bochum

Wissenschaftlicher Beirat **Science Advisory Board**

Prof. Dr. Ralf-Jürgen Dettmar

(Vorsitz [Chair](#)) Ruhr-Universität Bochum

Prof. Dr. Peter Schneider

(Stellv. Vorsitz [Vice-Chair](#)) Argelander-Institut für Astronomie, Universität Bonn

Prof. Dr. Matthew Colless

Australian Astronomical Observatory

Dr. Andrea Dupree

Center for Astrophysics, Harvard University, USA

Prof. Dr. Robert C. Kennicutt

Institute of Astronomy, Cambridge University, UK

Prof. Dr. Michael Kramer

Max-Planck Institut für Radioastronomie Bonn

Prof. Dr. Oskar von der Lühe

Kiepenheuer-Institut für Sonnenphysik Freiburg

Prof. Dr. Steven S. Vogt

UCO / Lick Observatory, University of California at Santa Cruz, USA

Betriebsrat **Works Council**

Dr. Jan Peter Mückel (Vorsitz [Chair](#))

Wilbert Bittner (Stellvertr. Vorsitz [Vice-Chair](#))

Regina v. Berlepsch

Dr. Karl-Heinz Böning

Katrin Götz

Dennis Nagel

Dr. Hakan Önel

Gleichstellungsbeauftragte **Equal Opportunity Commissioner**

Madleen Köppen

Dr. Svetlana Hubrig (Stellvertreterin [Alternate](#))

Johann-Wempe-Stiftung **The Johann-Wempe Foundation**

Preisträger 2010 [Laureate 2010](#):

Prof. Dr. Yehuda Hoffman (Israel)



Geschichtstafel History

- 1700:** Einführung des sog. „Verbesserten Kalenders“ in den protestantischen Staaten Deutschlands
Introduction of the so-called “Improved Calendar” in the Protestant states of Germany
- 1700:** Erlass des Kalenderpatents für die zu gründende Berliner Sternwarte
Enactment of the calendar patent for the Berlin Observatory
- 1700:** Berufung Gottfried Kirchs zum Direktor der Sternwarte
Appointment of Gottfried Kirch as director of the observatory
- 1700:** Gründung der Brandenburgischen Societät
Foundation of the Brandenburg Society
- 1711:** Erstes Sternwartengebäude in Berlin
First observatory in Berlin
- 1832/35:** Neue Berliner Sternwarte, Architekt Karl Friedrich Schinkel
New Berlin observatory, architect K.F. Schinkel
- 1846:** Entdeckung des Planeten Neptun durch Johann Gottfried Galle
Discovery of the planet Neptune by J.G. Galle
- 1874:** Gründung des Astronomischen Rechen-Instituts
Foundation of the “Astronomisches Rechen-Institut”
- 1874:** Gründung des Astrophysikalischen Observatoriums Potsdam (AOP)
Foundation of the Astrophysical Observatory Potsdam (AOP)
- 1881:** Erster Michelson-Versuch in Potsdam
First Michelson experiment in Potsdam
- 1886:** Entdeckung der Kanalstrahlen durch Eugen Goldstein
Discovery of canal rays by E. Goldstein
- 1888:** Nachweis der Polhöhenchwankung durch Karl Friedrich Küstner
Discovery of the variation of the Earth's pole latitude by K.F. Küstner
- 1888:** Erste fotografische Radialgeschwindigkeitsmessung durch Heinrich Carl Vogel
First photographic determination of a radial velocity by H.C. Vogel
- 1896:** Versuche zum Nachweis der Radiostrahlung der Sonne durch Johannes Wilsing und Julius Scheiner am AOP
Experiments to find radio emission from the Sun by J. Wilsing and J. Scheiner
- 1899:** Fertigstellung des Potsdamer Großen Refraktors
Completion of the Great Refractor at Potsdam
- 1904:** Entdeckung der interstellaren Materie durch J. Hartmann
Discovery of the interstellar matter by J. Hartmann
- 1909:** Berufung von Karl Schwarzschild zum Direktor des AOP
Appointment of K. Schwarzschild as director of the AOP
- 1911/13:** Bau der Sternwarte in Babelsberg
Construction of the observatory in Babelsberg
- 1913:** Einführung der lichtelektrischen Photometrie durch Paul Guthnick in Babelsberg
First use of photoelectric photometry by P. Guthnick in Babelsberg
- 1915:** Fertigstellung des Babelsberger Großen Refraktors
Completion of the Great Refractor in Babelsberg
- 1921/24:** Bau des Einsteinturmes auf dem Telegrafenberg
Construction of the Einstein Tower on the Telegrafenberg
- 1924:** Fertigstellung des 120 cm-Spiegels in Babelsberg
Completion of the 120 cm telescope in Babelsberg
- 1931:** Angliederung der Sonneberger Sternwarte an die Babelsberger Sternwarte
Affiliation of the Sonneberg Observatory to the Babelsberg Observatory
- 1939:** Walter Grotrian (AOP) erkennt die hohe Temperatur der Sonnenkorona
Discovery of the high temperature of the solar corona by W. Grotrian
- 1947:** Übernahme von AOP und Sternwarte Babelsberg durch die Deutsche Akademie der Wissenschaften
Takeover of AOP and Babelsberg Observatory by the German Academy of Sciences
- 1954:** Beginn der Radiobeobachtungen in Tremsdorf
Commencement of radio observations in Tremsdorf
- 1960:** Fertigstellung des 2 m-Spiegels in Tautenburg
Completion of the 2 m telescope in Tautenburg
- 1969:** Gründung des Zentralinstituts für Astrophysik
Foundation of the Central Institute for Astrophysics
- 1992:** Beginn der Tätigkeit des Astrophysikalischen Instituts Potsdam (AIP)
Beginning of the work of the Astrophysical Institute Potsdam (AIP)
- 2002:** Beginn der Arbeit des Potsdamer Multiapertur-Spektrophotometers
First light for the Potsdam Multi-Aperture Spectrophotometer
- 2005:** „First Light“ des LBT
LBT “First Light”
- 2006:** Wiedereröffnung des Großen Refraktors
Re-Inauguration of the Great Refractor
- 2006:** Einweihung von STELLA auf Teneriffa
Inauguration of STELLA on Tenerife
- 2011:** Umbenennung in Leibniz-Institut für Astrophysik Potsdam (AIP)
Renamed to Leibniz-Institut für Astrophysik Potsdam (AIP)

Anreise How to get to AIP



Forschungscampus und Sternwarte Potsdam-Babelsberg:

Sie erreichen uns mit dem Auto von der Nuthe-Schnellstraße, Abfahrt „Friedrich-List-Straße“. Folgen Sie der „Alt Nowawes“ Straße geradeaus, bergauf, bis Sie zur Rechten die Einfahrt zum AIP Campus sehen. Von allen Potsdamer S-Bahnhöfen fährt der Bus Nr. 694 zum AIP (ab Hbf oder S-Bahnhof Babelsberg Richtung „Stern Center“, Haltestelle „Sternwarte“).

Research Campus Potsdam-Babelsberg:

By car, take the exit “Friedrich-List-Straße” from the “Nuthestraße” expressway. Follow “Alt Nowawes” street uphill until you find the entrance to the AIP campus on your right. By bus, take bus no. 694 from any Potsdam train station (in the direction of “Stern-Center” if coming from the main station or “S-Bahnhof Babelsberg”) to the stop “Sternwarte”.

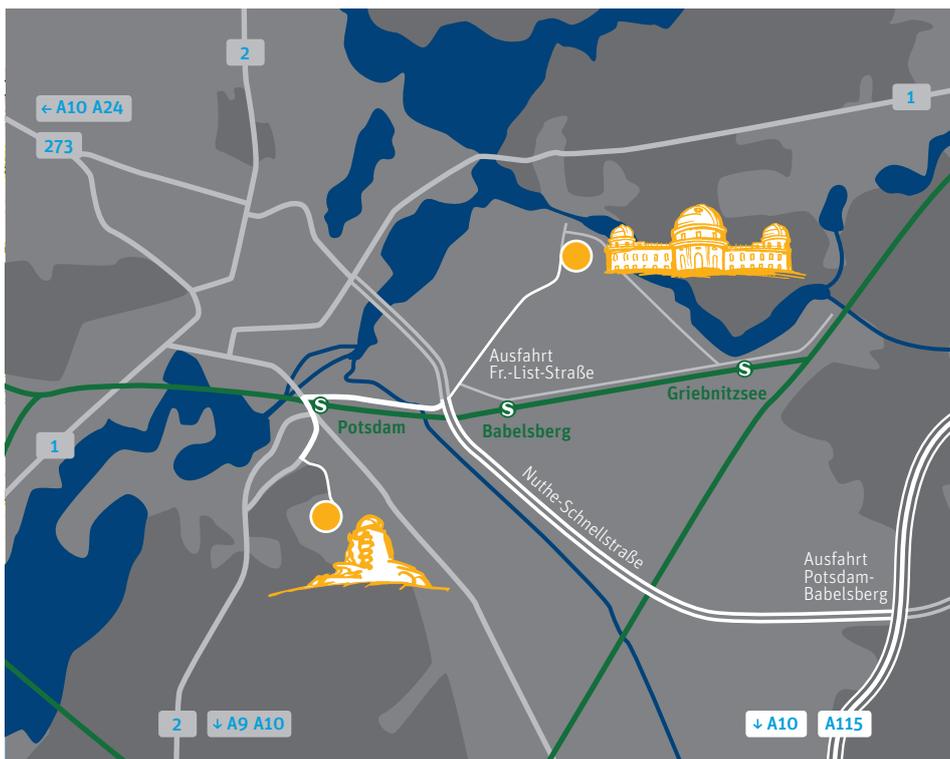


Großer Refraktor und Einsteinturm auf dem Telegrafenberg:

Mit dem Auto von der Nuthe-Schnellstraße den Schildern Richtung Landtag, dann „Wissenschaftspark Albert Einstein“ folgen. Nahe der Pforte an der Straße parken. Vom Potsdamer Hauptbahnhof ist das Gelände fußläufig in etwa 15 Minuten erreichbar. Es gibt nur selten eine Busanbindung.

Great Refractor and Einstein Tower, Potsdam-Telegrafenberg:

By car, first follow signs for “Landtag” from the “Nuthestraße” expressway, then follow signs for “Wissenschaftspark Albert Einstein” (Albert Einstein Science Park). Park on the side of the street, near the entrance to the campus. There are only a few bus connections to this site. However, you can reach it by foot from Potsdam’s main station within 15 minutes.



Impressum

Zweijahresbericht des Leibniz-Institut
für Astrophysik Potsdam 2010-11

Herausgeber:

Leibniz-Institut für
Astrophysik Potsdam (AIP)
An der Sternwarte 16
14482 Potsdam
Germany
+49 331 7499 0
www.aip.de

Inhaltliche Verantwortung:

Matthias Steinmetz

Redaktion:

Gabriele Schönherr
Kerstin Mork

Layout:

böing gestaltung, Berlin

Auflage:

1000

ISSN:

1867-0040

Potsdam, Juni 2012

Credits

P. 21, P. 54 Nr. 1: ©Astrium, ESA and NASA

P. 42 background: ©Wikimedia Commons

P. 68: ©Centre de Recherche Astronomique de Lyon

P. 105: ©AIP, NASA/IPAC Infrared Science Archive

P. 116 top: ©Deutsche Welle

P. 117 bottom: ©Jana Plüschke

Leibniz-Institut für
Astrophysik Potsdam (AIP)

An der Sternwarte 16
14482 Potsdam

+49 331 74 99-0

www.aip.de