

ASTROPHYSIKALISCHES INSTITUT POTSDAM

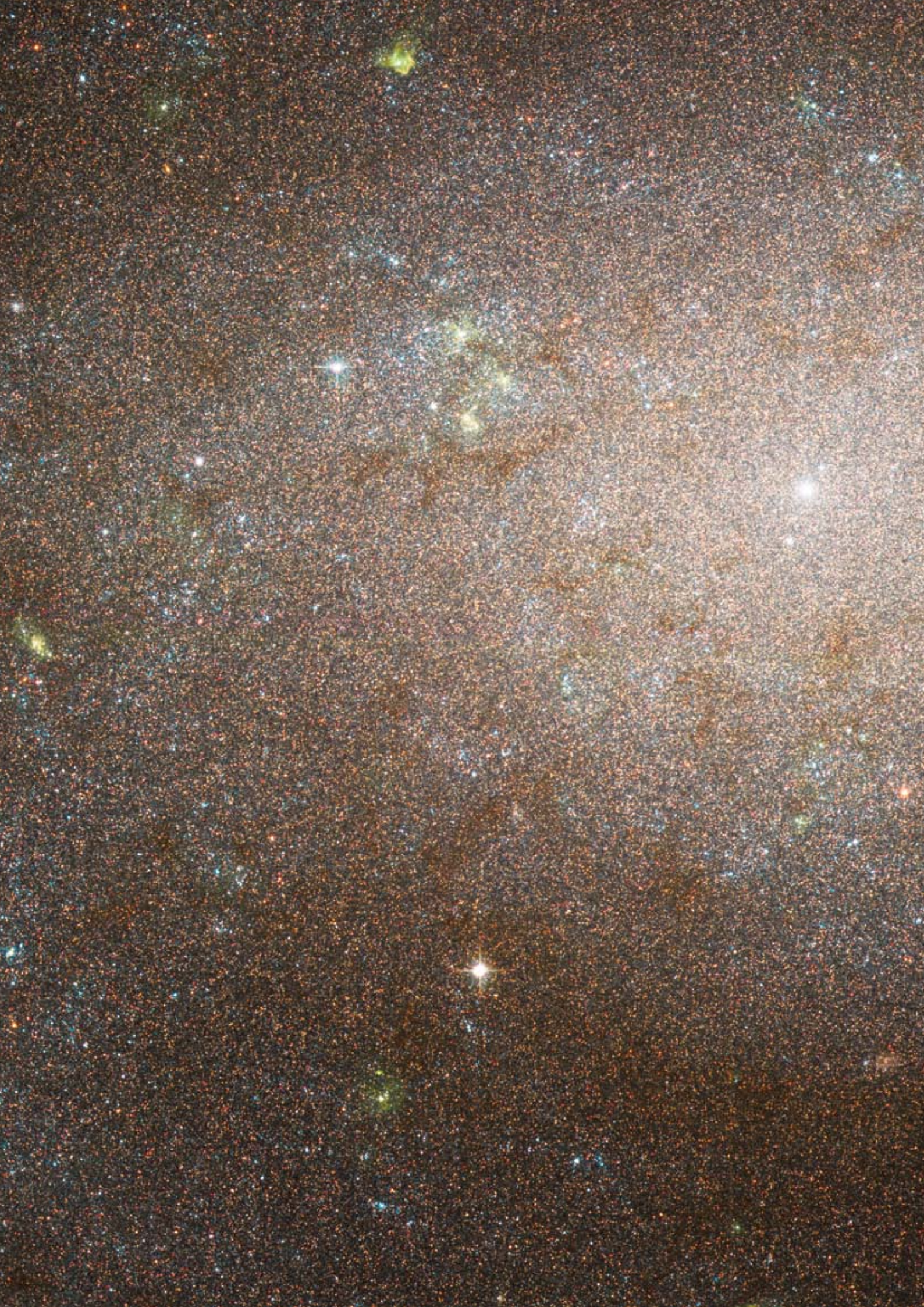
Biennial Report 2008-2009



AIP







Zweijahresbericht des Astrophysikalischen Instituts Potsdam 2008-2009

Herausgeber: Astrophysikalisches Institut Potsdam

An der Sternwarte 16 | 14482 Potsdam | Germany

Telefon +49 331 7499 0 | www.aip.de

Inhaltliche Verantwortung: Matthias Steinmetz

Redaktion: Gabriele Schönherr, Madleen Köppen

Design und Layout: medienlabor – Agentur für Kommunikation und Medienentwicklung KG

Druck: Druckerei Rüss, Potsdam

Potsdam, März 2010: ISSN 1867-0040

Cover: Sketch of an optical fibre bundle as used in AIP's 3D spectrograph PMAS. Each fibre transports light from a different point in the sky to the instrument.

pp. 2/3: The galaxy NGC300 observed with the Hubble Space Telescope as part of the ANGST nearby galaxy survey.

Vorwort

Preface



Prof. Dr. Matthias Steinmetz
Wissenschaftlicher Vorstand und Direktor Forschungsbereich II

Peter A. Stolz
Administrativer Vorstand

Prof. Dr. Klaus G. Strassmeier
Direktor Forschungsbereich I

Das Weltall, Du lebst darin – entdecke es! Dies war das Motto des von den Vereinten Nationen ausgerufenen Internationalen Jahres der Astronomie 2009. Anlass war der 400. Jahrestag der ersten astronomischen Beobachtung mit dem Fernrohr durch Galilei und der Veröffentlichung von Keplers „Astronomia Nova“. Und dieses Motto kann sehr wohl zeitlos als Maxime für das Astrophysikalische Institut Potsdam (AIP) gelten. Dies bezieht sich nicht nur auf die wissenschaftsgeschichtliche Bedeutung des traditionsreichsten Astronomie-Instituts Deutschlands: Die beiden Meilensteine aus dem Jahr 1609 stehen auch für die beiden grundlegenden Methoden wissenschaftlicher Arbeit – Theorie und Beobachtung – und charakterisieren nach wie vor die wissenschaftliche Arbeit eines modernen Forschungsinstituts. Der vorliegende Zweijahresbericht gibt einen Überblick, wie die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des AIP mit Hilfe modernster Teleskope, Satelliten und komplexer Simulationsrechnungen versuchen, die Geheimnisse des Kosmos zu entschlüsseln. Die thematische Breite ihrer Arbeiten reicht von der Untersuchung magnetohydrodynamischer Strömungen auf unserer Sonne bis zur Vermessung des Kosmos auf seinen größten Skalen. Die Arbeiten von Kepler und Galilei zeigen aber auch, dass wissenschaftlicher Fortschritt eng verbunden ist mit der Erarbeitung neuer theoretischer und experimenteller Forschungsmethoden. Über ein umfassendes Technologieprogramm beteiligt sich das Institut an internationalen Großprojekten zum Bau der Forschungsinfrastruktur von morgen. Einige am AIP entwickelte Geräte werden mittlerweile routinemäßig wissenschaftlich genutzt. In den vergangenen beiden Jahren ging zum Beispiel die doppeläugige Kamera am Large Binocular Telescope, dem weltweit größten optischen Teleskop, in Betrieb. Wir bedanken uns bei unseren Zuwendungsgebern, Kuratoren, Beiratsmitgliedern und Kooperationspartnern für die erfolgreiche Zusammenarbeit und freuen uns auf gemeinsame Projekte der Zukunft.

The Universe. Yours to discover. That was the motto of the International Year of Astronomy 2009, proclaimed by the United Nations, celebrating 400 years of Galileo's first ever astronomical observations through a telescope and Kepler's "Astronomia Nova" published in 1609. The motto of the year is also a valid maxime for the Astrophysical Institute Potsdam (AIP), going beyond the rich historical tradition of the AIP as successor of Germany's first astrophysical research institution. The milestones of 1609 are representative to two basic methods of modern research – theory and observations.

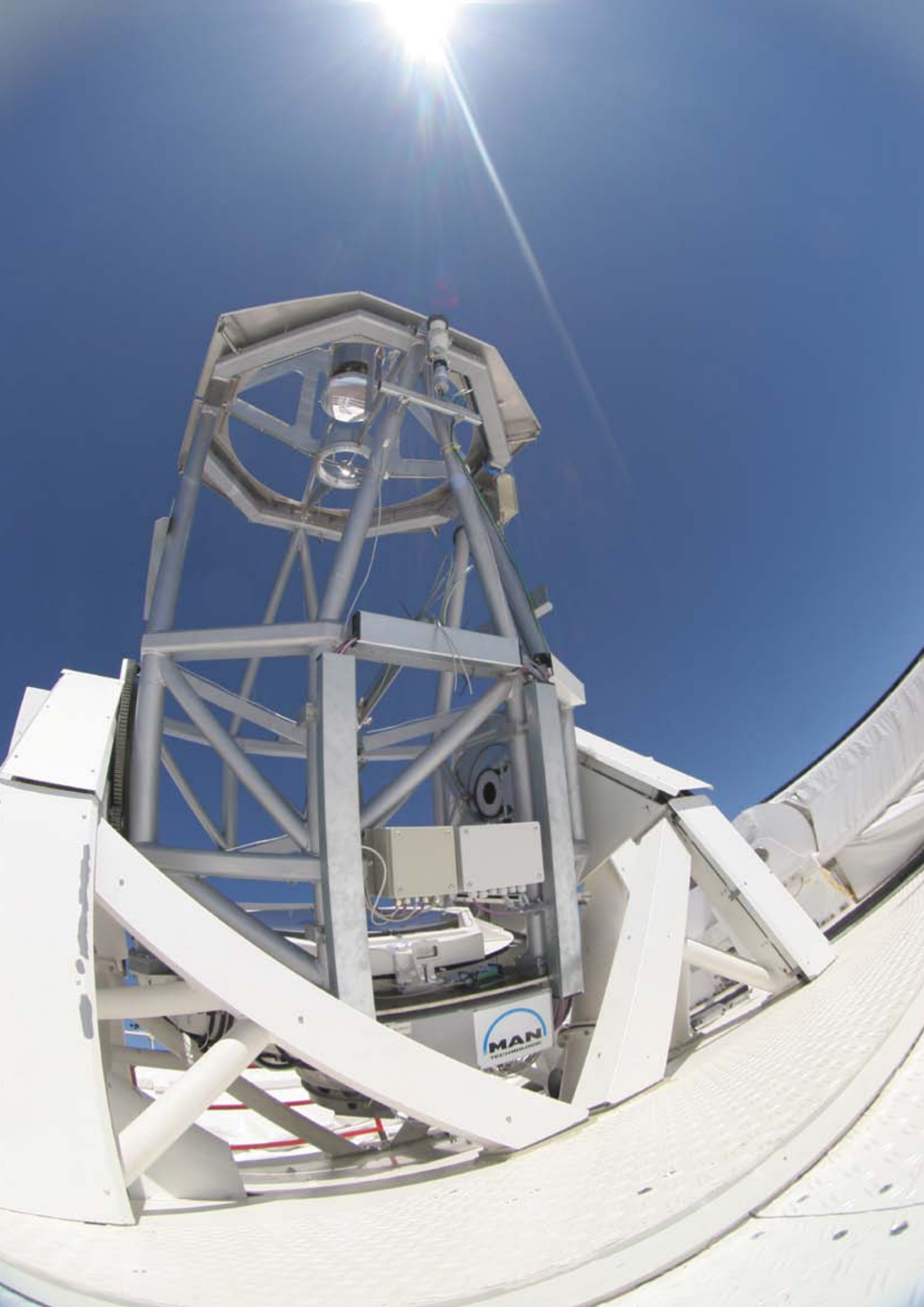
This biennial report gives an overview of how AIP's scientists try to unravel the secrets of the Universe employing the latest telescopes, satellites and complex computer simulations. Their work ranges from studying magnetohydrodynamic flows in our Sun to understanding the cosmos on its largest scales. We also learn from Kepler and Galileo that scientific progress is closely linked to exploring new methods both in theory and experiments. Having committed to a dedicated technology programme, the AIP takes part in international large-scale projects, constructing tomorrow's research infrastructure. Several instrumentation devices, which were developed at our institute are already in routine scientific use today. During the last two years for instance the Large Binocular Telescope started operations in binocular camera mode.

We would like to thank our funding agencies and supporters, board members and administrative partners for successful collaboration in the past two years and look forward to future joint projects.

Prof. Dr. Matthias Steinmetz

Peter A. Stolz

Prof. Dr. Klaus G. Strassmeier



Inhalt

Contents

Vorwort <i>Preface</i>	5
Profil <i>Profile</i>	8

Wissenschaft und Forschung *Science and Research*

Kosmische Magnetfelder <i>Cosmic Magnetic Fields</i>	12
Magnetohydrodynamik und Turbulenz <i>Magnetohydrodynamics and Turbulence</i>	14
Physik der Sonne <i>Physics of the Sun</i>	22
Sternphysik und Sternaktivität <i>Stellar Physics and Stellar Activity</i>	30
Extragalaktische Astrophysik <i>Extragalactic Astrophysics</i>	40
Sternentstehung und interstellares Medium <i>Star Formation and the Interstellar Medium</i>	42
Galaxien und Quasare <i>Galaxies and Quasars</i>	50
Kosmologie und großräumige Strukturen <i>Cosmology and Large-Scale Structure</i>	60
Entwicklung von Forschungsinfrastruktur und -technologie	
<i>Development of Research Technology and Infrastructure</i>	68
Teleskopsteuerung und Robotik <i>Telescope Control and Robotics</i>	70
Hochauflösende Spektroskopie und Polarimetrie <i>High-resolution Spectroscopy and Polarimetry</i>	78
3D-Spektroskopie <i>3D spectroscopy</i>	86
Supercomputing und E-Science <i>Supercomputing and E-Science</i>	94

Standorte und Infrastruktur *Sites and Infrastructure*

Forschungscampus Potsdam-Babelsberg und Außenstellen	
<i>The Potsdam-Babelsberg Research Campus and associated facilities</i>	104
Wissenschaftshistorischer Standort Potsdam-Telegrafenberg	
<i>The Potsdam-Telegrafenberg Historical Site</i>	112
Das AIP am Observatorio del Teide auf Teneriffa	
<i>AIP facilities at the Observatorio del Teide on Tenerife</i>	116
Das AIP am Mt. Graham International Observatory in Arizona	
<i>AIP facilities at the Mt Graham International Observatory in Arizona</i>	118

Öffentlichkeitsarbeit und Ausbildung *Public Outreach and Education*

Ausbildung am AIP <i>Educational activities at AIP</i>	122
Presse- und Öffentlichkeitsarbeit <i>Public Outreach</i>	124
Das Internationale Jahr der Astronomie 2009 <i>The International Year of Astronomy 2009</i>	127
Veranstaltungen <i>Events</i>	132

AIP im Überblick *AIP at a glance*

Institutsdaten <i>Institute Data</i>	136
Organigramm <i>Organizational chart</i>	138
Geschichtstafel <i>History</i>	139
Anreise <i>How to get there</i>	140

Profil

Profile

Das Astrophysikalische Institut Potsdam (AIP) ist eine Stiftung privaten Rechts zum Zweck der wissenschaftlichen Forschung auf dem Gebiet der Astrophysik. Seinen Forschungsauftrag führt das AIP im Rahmen von nationalen, europäischen und internationalen Kooperationen aus. Die Beteiligung am Large Binocular Telescope auf dem Mt. Graham in Arizona, dem größten optischen Teleskop der Welt, verdient hierbei besondere Erwähnung. Neben seinen Forschungsarbeiten profiliert sich das Institut zunehmend im Bereich der Entwicklung von astronomischer Instrumentierung und der E-Science. So ist die internationale Bedeutung als Kompetenzzentrum für 3D-Spektroskopie wohl etabliert, der Aufbau einer analogen Rolle in der robotischen Teleskopsteuerung und der hochauflösenden Spektroskopie und Polarimetrie weit fortgeschritten. Die Grundlagen für eine national koordinierende Rolle im Bereich der E-Science und der Astronomie mit Durchmusterungen sind geschaffen. Mit innoFSPEC Potsdam entsteht in Potsdam ein Zentrum für Innovationskompetenz im Bereich der faseroptischen Spektroskopie und Sensorik.

Vier gemeinsame Berufungen mit der Universität Potsdam und mehrere 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 seiner wissenschaftlichen Aufgabe verwaltet die Stiftung AIP auch ein umfassendes wissenschaftshistorisches Erbe. Das AIP ist Nachfolger der 1700 gegründeten

The AIP is a foundation for scientific research in the area of astrophysics. The AIP conducts its research mandate in the framework of national, European and international collaborations. The participation in the Large Binocular Telescope project, the world's largest optical telescope, on Mt Graham, Arizona, is especially noteworthy. In addition to research activities, the institute distinguishes itself increasingly as a centre of competence in the fields of astronomical instrumentation development and E-Science. Its international reputation as a centre of competence for 3D spectroscopy is well established; the fields of robotic telescope control and high-resolution spectroscopy and polarimetry are quickly advancing toward a similar level. The foundations are laid for a coordinating role in the field of E-Science and E-Astronomy involving surveys on a national scope. With innoFSPEC Potsdam, a new centre of innovation competence in the field of fibre-optical spectroscopy and sensing is currently being set up.

Four joint appointments with the University of Potsdam, and several adjunct professorships and lectureships at regional and world-wide universities connect the institute with university teaching and research. The AIP performs public outreach as well as other educational training.

In addition to its research mandate, the AIP also administers an extensive scientific and historical legacy. The institute is successor of the Berlin observatory, founded in 1700, and of the Astrophysical Observatory Potsdam, which at the time of its foundation in 1874 was the world's first research institute to explicitly devote its work to astrophysical research.



ten Berliner Sternwarte und des 1874 gegründeten Astrophysikalischen Observatoriums Potsdam, der ersten Forschungseinrichtung weltweit, die sich ausdrücklich der astrophysikalischen Forschung widmete.

Das wissenschaftliche Forschungsprogramm des Instituts gliedert sich in die zwei Hauptforschungsrichtungen:

- I. Kosmische Magnetfelder
- II. Extragalaktische Astrophysik

Jede dieser Hauptforschungsrichtungen wird von einem wissenschaftlichen Direktor geleitet und ist organisatorisch in je drei Programmbereiche untergliedert: „Magnetohydrodynamik und Turbulenz“, „Physik der Sonne“, „Sternphysik und Sternaktivität“, bzw. „Sternentstehung und Interstellares Medium“, „Galaxien und Quasare“ und „Kosmologie und großräumige Strukturen“. Diese 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 somit auch zunehmend mit der Entwicklung des entsprechenden Forschungsinstrumentariums und richtete 2006 den Entwicklungsschwerpunkt

- III. „Entwicklung von Forschungsinfrastruktur und -technologie“

ein. Dieser umfasst die vier Programmbereiche „Teleskopsteuerung und Robotik“, „Hochauflösende Spektroskopie und Polarimetrie“, „3D-Spektroskopie“ und „Supercomputing und E-Science“.

The scientific research programme of the AIP pursues two main research branches:

- I. Cosmic Magnetic Fields*
- II. Extragalactic Astrophysics*

Each of these main research branches is led by a scientific director, and is organized into three programme areas: “Magnetohydrodynamics and Turbulence”, “Physics of the Sun”, “Stellar Physics and Activity” on the one hand, and “Star Formation and the Interstellar Medium”, “Galaxies and Quasars”, “Cosmology and Large-Scale Structure” on the other hand. Those research areas are closely intertwined through the application of related mathematical and physical methods and through joint projects in the development and adoption of new technologies. Since its re-establishment in 1992, the AIP therefore has continuously enlarged its technological equipment, which was targeted in 2006 as a new development focus area:

- III. Development of Research Infrastructure and Technology*

This comprises the four programme areas “Telescope Control and Robotics”, “High-resolution Spectroscopy and Polarimetry”, “3D spectroscopy” and “Supercomputing and E-Science”.





Wissenschaft und Forschung

Science and Research



Kosmische Magnetfelder

Cosmic Magnetic Fields

Der Magnetismus ist eine der vier Grundkräfte in der Natur. Magnetfelder mit Stärken im Bereich zwischen 10^{-13} bis 10^{11} Tesla wurden direkt oder indirekt gemessen – das sind 24 Größenordnungen! Sie beeinflussen die Entwicklung von Materiestrukturen auf allen Skalen, können Elektronen auf knapp Lichtgeschwindigkeit beschleunigen und sind der Schlüssel zum Verständnis solarer und stellarer Aktivität. Um dynamische Prozesse im Kosmos realistisch beschreiben zu können, benötigen wir ein gesamtheitliches Verständnis über die Wechselwirkungen zwischen Magnetfeldern und Materie auf allen Dichte-, Zeit- und Längenskalen; von der Frühzeit des Universums bis zur heutigen Sonne. Wegen der abschirmenden Wirkung für hochenergetische Teilchen entscheidet die Existenz stellarer und planetärer Magnetfelder über die Möglichkeit der Entstehung von Leben auf Planeten. Kosmische Magnetfelder sichern also die Entwicklung und das Überleben von Zivilisationen wie der unsrigen. Der Forschungsbereich „Kosmische Magnetfelder“ widmet sich der Erforschung dieser Magnetfelder sowie der magnetohydrodynamischen Mechanismen, die sie erzeugen, und der Plasmaprozesse, die in ihnen zur Teilchenbeschleunigung führen. Gebündelt werden diese Thematiken unter dem Begriff „solar-stellar connection“.

Magnetism is one of the four fundamental forces in nature. Magnetic fields of the order from 10^{-13} to 10^{11} Tesla have been measured by direct or indirect means, spanning a range of 24 orders of magnitude! Magnetic fields influence the structure of matter on all scales. They can accelerate electrons to nearly the speed of light, and they are the key to understanding solar and stellar activity. In order to realistically describe dynamic processes in the universe, we need a collective understanding of the interaction between magnetic fields and matter on all scales of density, time and length – from the early universe to our Sun as it is today. Stellar and planetary magnetic fields play a key role in the formation and evolution of life on planets, as magnetic fields are shields against high-energy cosmic rays. Their existence also ensures the further evolution and survival of civilizations like ours. The research area “Cosmic Magnetic Fields” is dedicated to the exploration of these fields and the underlying magnetohydrodynamic mechanisms, as well as to the study of particle acceleration processes.

Jun 24 febr

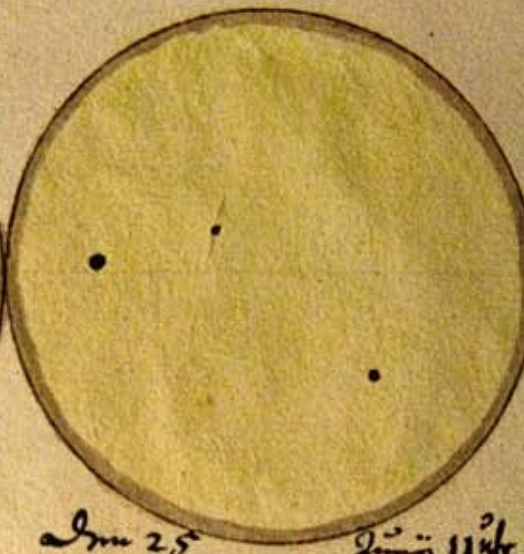
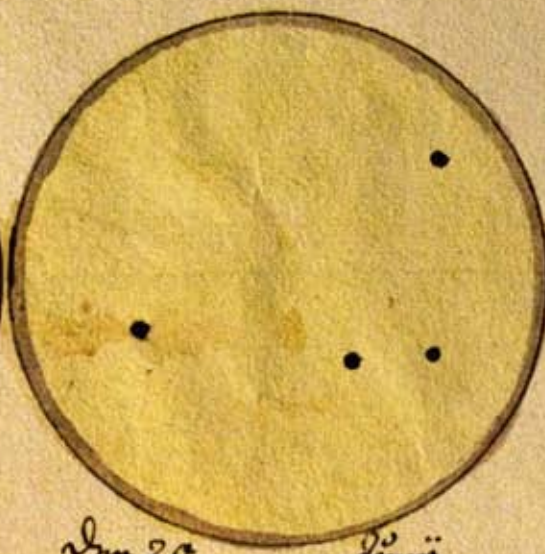
9:30

Jun 28 febr

21 2 uhr

Jun 7 März

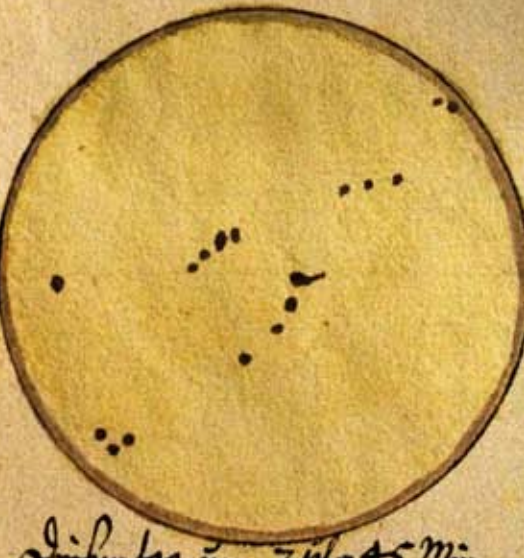
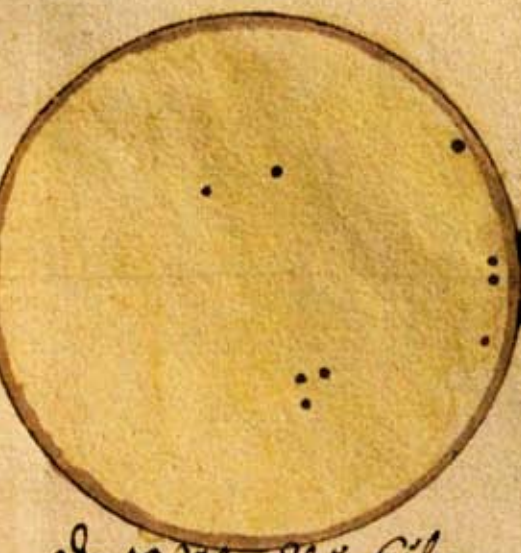
21 uhr



Jun 19 Junij 8 10 uhr

Jun 20 Junij

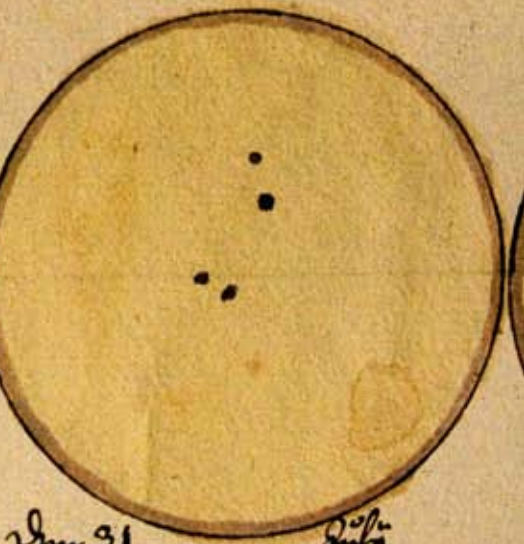
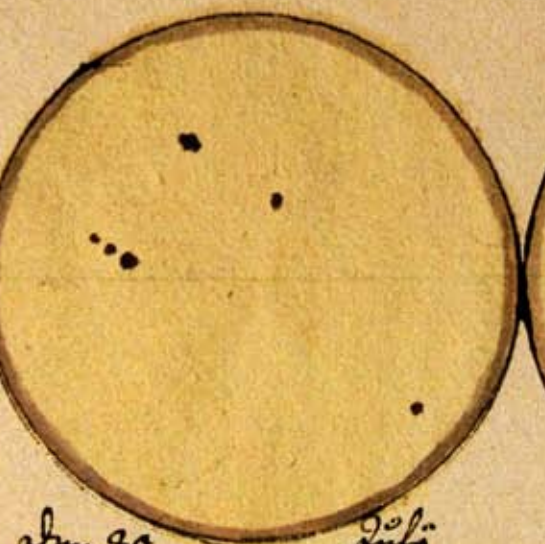
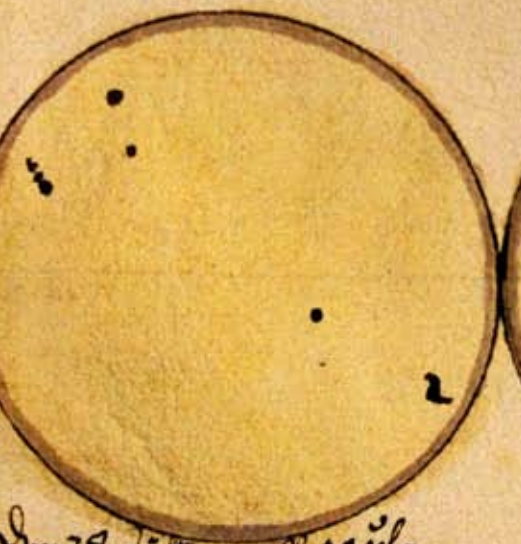
Jun 25 Junij 11 uhr



Jun 15 Julij 26 im 6 uhr

Jun 10 Julij um 12 uhr

Dienstag um 7 uhr 45 Min



Jun 28 Julij 8 10 uhr

Jun 30 Julij 8 10 uhr 30 Min

Jun 31 Julij 8 10 uhr

Magnetohydrodynamik und Turbulenz

Magnetohydrodynamics and Turbulence

Magnetismus ist im Universum sehr weit verbreitet. Planeten, Sterne und sogar ganze Galaxien sind magnetisch, wobei die Magnetfelder in der Regel durch einen Dynamo verstärkt worden sind. Dabei spielen diverse Instabilitäten eine Rolle, wie thermische Konvektion, die Magnetorotationsinstabilität (MRI), die Tayler- und Hall-Instabilitäten oder auch durch Supernovae erzeugte Turbulenz im interstellaren Gas. Die numerische Simulation von Magnetokonvektion der Erde und Sonne, die Erforschung der differentiellen Rotation der Sterne, die Magnetohydrodynamik der interstellaren Turbulenz und das Studium magnetisch-instabiler Taylor-Couette-Strömungen stehen daher im Zentrum unserer Arbeit.

Mit der Realisierung des weltweit ersten MRI-Experiments (mit dem Forschungszentrum Dresden-Rossendorf) hat sich ein neuer Zweig der Laborastrophysik etabliert. Numerische Simulationen zum Design weiterer Taylor-Couette-Experimente sowie die Entwicklung von Codes für zukünftige Dynamoexperimente zeigen rasche Fortschritte.

Magnetism is one of the most pervasive features of the Universe, with planets, stars and entire galaxies all having dynamo-driven magnetic fields generated by various instabilities, e.g. the convective instability, the magnetorotational instability (MRI), the Tayler and Hall instabilities and/or supernova explosions. Therefore, the numerical simulation of magnetoconvection in the Earth and in the Sun, the investigation of the differential stellar rotation, the magnetohydrodynamics of the interstellar turbulence and currently also the study of magnetic instabilities in MHD Taylor-Couette flows are of central importance in our work.

With the implementation of the worldwide first MRI experiment (in the Forschungszentrum Dresden-Rossendorf) a new branch of laboratory astrophysics has been created. The theoretical design of future Taylor-Couette experiments and the development of new codes for related dynamo experiments are in rapid progress.



Team 2008 / 2009:

Rainer Aert, Delf Elstner, Hans-Erich Fröhlich, Marcus Gellert, Oliver Gressel, Andrea Hans, Jaime Hoyos, Leonid Kitchatinov, Todor Kondic, Manfred Küker, Günther Rüdiger (head), Manfred Schultz, Nathalie Toque, Udo Ziegler.

Left: Another view of the solar dynamo: Johann Staudacher's sunspot drawings of 1749.

Differentielle Rotation sonnenähnlicher Sterne

Differentielle Rotation ist ein starker Erzeuger von Magnetfeldern und deshalb wesentlich für die Sternaktivität. Sie kann auf der Sonnenoberfläche direkt beobachtet werden, muss für andere Sterne jedoch indirekt bestimmt werden.

Die hochgenaue monatelange Fotometrie sonnenähnlicher Sterne, wie sie von Satelliten wie CoRoT oder Kepler aus möglich ist, erlaubt das Studium der Oberflächenrotation (durch Sternflecke) und der internen differentiellen Rotation (durch Sternoszillationen).

Die Theorie des turbulenten Drehimpulstransportes erlaubt die Vorhersage des Rotationsmusters und der meridionalen Strömung eines Sterns, wenn dessen Spektraltyp und Rotationsperiode bekannt sind. Sie reproduziert die beobachtete differentielle Rotation der Sonne und einer Reihe anderer Sterne. Ein neuer Code ermöglicht direkte Vorhersagen für schnell rotierende Sterne wie PZ Tel, deren Rotation durch Doppler-Imaging bestimmt werden kann. Jüngstes Beispiel ist der Stern HD171488, dessen Oberfläche stark differentiell rotiert (Fig. 1). Die Übereinstimmung zwischen Theorie und Beobachtung ist ausgezeichnet.

Die Lichtkurve des Sterns CoRoT-2a offenbart einen fleckenbedingten Lichtwechsel. Die Messungen lassen sich mit drei sich langsam entwickelnden Flecken interpretieren. Obwohl der Stern mit 4,5 Tagen wesentlich schneller als die Sonne rotiert, ist seine differentielle Rotation derjenigen der Sonne vergleichbar (Fig. 2).

Differential rotation of solar-type stars

Differential rotation is a powerful generator of magnetic fields and therefore vital to stellar activity. It can be directly observed on the solar surface but has to be determined indirectly for other stars.

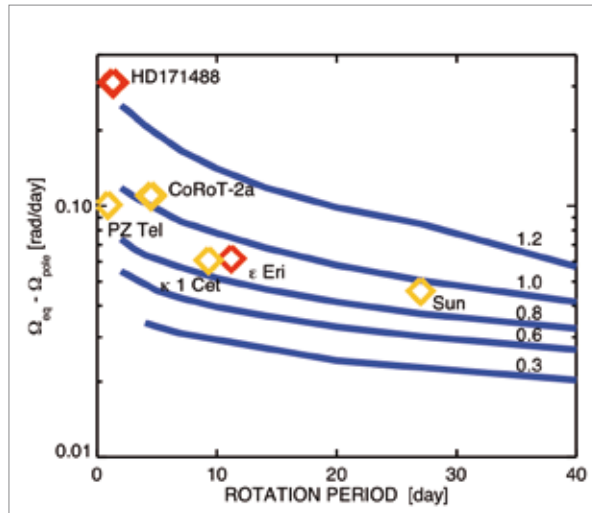
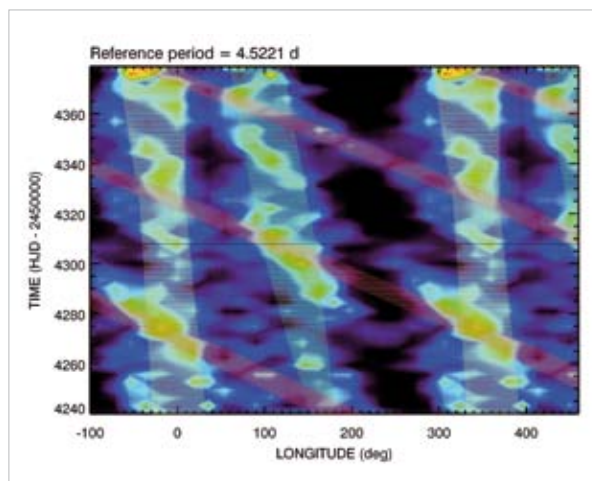


Fig. 1: Surface differential rotation for the Sun and other main sequence stars. The blue lines indicate model stars, labeled by their masses in solar masses. The diamonds indicate observed stars, including the Sun. Yellow symbols indicate spectral type G, red K.

Fig. 2: Plotted over the activity map from Lanza et al. (2009), our migrating spot models reveals additional to the two known "active longitudes" a slowly rotating feature (red).



Accurate light curves of solar-like stars, spanning months of observations, which are now possible with satellites as CoRoT or Kepler, allow the determination of differential surface rotation (via star spots) as well as of the internal differential rotation (via oscillations).

The theory of turbulent angular momentum transport allows us to predict the rotation pattern and meridional flow of a star if its spectral type and rotation period are known. It reproduces the observed differential rotation of the Sun and a number of other stars. A new code allows predictions for fast-rotating stars like PZ Tel, whose rotation can be determined by the Doppler imaging technique. The latest example is the star HD171488 which shows strong surface differential rotation (Fig. 1). The agreement between theory and observation is excellent.

The light curve of the planet-hosting star CoRoT-2a reveals a beat phenomenon, the superposition of periodic light losses due to

star spots rotating with slightly different periods. To reproduce the light curve's main features three long-living dark spots are necessary. The deduced differential rotation is comparable with that of the Sun (Fig. 2). From the spot decay we derive a turbulent magnetic diffusivity of $1.2 \cdot 10^{13} \text{ cm}^2/\text{s}$.

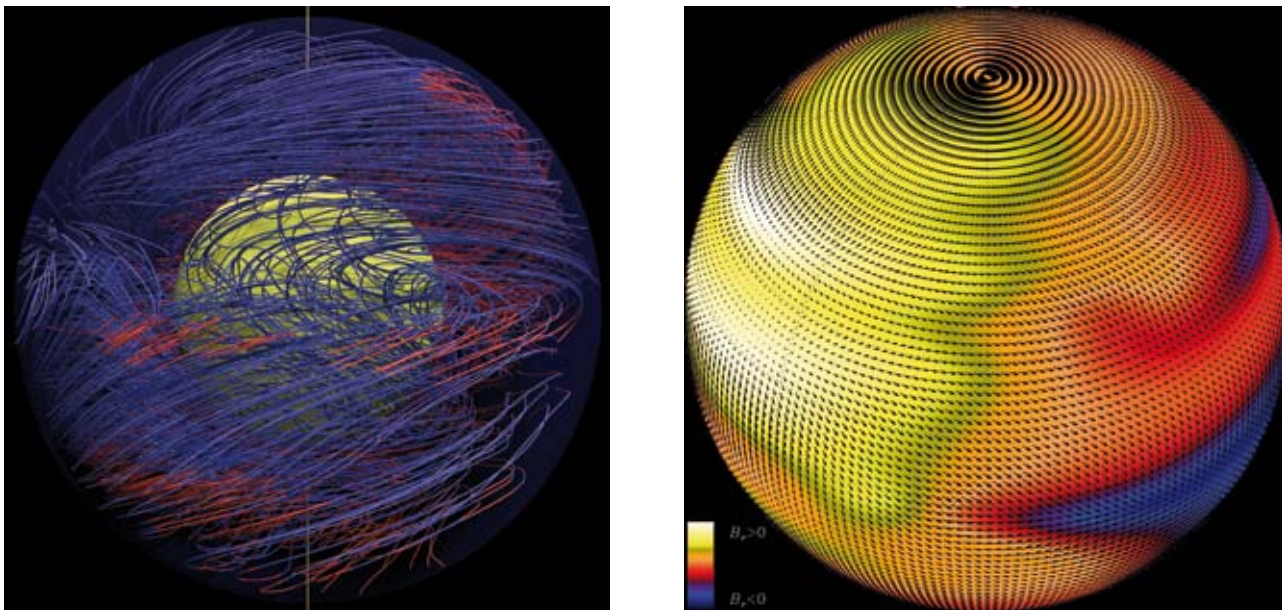


Fig. 3: Onset of the magnetic kink instability in a computer simulation of a spherical shell as an example for a star. Red and blue lines are magnetic field lines inside the star (left panel). The magnetic surface of the star, as it would be seen by an observer, is shown in the right panel.

Aus dem Fleckenzerfall errechnet sich eine turbulente magnetische Diffusivität von $1,2 \cdot 10^{13} \text{ cm}^2/\text{s}$.

Magnetische Instabilitäten

Die brodelnden Oberflächen der Sonne und sonnenähnlicher Sterne werden durch die konvektive Instabilität verursacht. Ist das Gas von Magnetfeldern durchsetzt, gibt es eine ganze Reihe von weiteren Instabilitäten, die Auswirkungen auf den Sonnenfleckenzyklus haben oder in massereicheren Sternen für komplexe Magnetfelder an der Oberfläche sorgen. Selbst die Geometrie der Magnetfelder von Neutronensternen könnte in deren Geburtsstunde von Instabilitäten bestimmt werden.

Eine Form dieser magnetischen Instabilitäten ist die bei starken Feldern auftretende Kink-Instabilität. Differentielle Rotation erzeugt ringförmige Magnetfelder, die oberhalb der kritischen Feldstärke instabil werden und von der Torusform abweichen. Computer-Simulationen zeigen diese maximal möglichen Felder sowie die weitere, nichtlineare Entwicklung des magnetischen Gases zu komplizierten Strömungen (Fig.3). Die Kink-Instabilität begrenzt danach die magnetische Feldstärke im Inneren der Sonne, sonnenähnlicher Sterne und sogar von Neutronensternen, sie führt aber auch zu komplexen Magnetfeldern an der Oberfläche von massereicheren Sternen, die man bei den Ap-Sternen beobachtet und jetzt in Simulationen nachstellen kann.

Magnetic Instabilities

The seething surfaces of the Sun and solar-like stars are the consequence of the convective instability. If the stellar gas is threaded by a magnetic field, a number of additional instabilities can influence the sunspot cycle and can also cause complex magnetic field patterns on the surfaces of more massive stars. Even the geometry of magnetic fields on neutron stars may be caused by instabilities during the first minutes of the existence of these exotic objects.

One type of magnetic instability is the kink instability, which affects strong magnetic fields. Differential rotation generates strong toroidal magnetic fields which become unstable and deviate from the torus-shape once they exceed the critical field strength. Computer simulations show the maximally possible fields and the consecutive, nonlinear evolution of the stellar gas into very complex flows and structures (Fig.3).

The kink instability limits the magnetic field strength in the interiors of the Sun, solar-like stars, and even neutron stars. It also leads to complex magnetic fields at the surfaces of more massive stars. Such fields are observed on the surfaces of Ap stars and now reproduced in numerical simulations. This instability is suppressed by the global stellar rotation, i.e., the higher the rotational frequency the stronger magnetic fields can remain stored in the stellar interior. In particular, the stabilization of the kink instability

Diese Instabilität wird von der Rotation unterdrückt, d.h. je schneller der Stern rotiert, desto stärkere Felder kann er unerkannt in seinem Inneren enthalten. In besonderem Maße wird die magnetische Kink-Instabilität von ungleichförmiger Rotation stabilisiert. Selbst kleinste Scherungen lassen die Amplitude der gerade noch stabilen Felder leicht auf das Fünffache anwachsen (Fig.4). Auf diese Weise können differentiell rotierende Sterne wesentlich größere Magnetfelder in sich tragen als Sterne mit starrer Rotation. Falls nach Jahrmillionen ein Stern von der differentiellen zur starren Rotation übergeht, werden die darin befindlichen Felder plötzlich instabil und der Stern wird seine Struktur wesentlich verändern. Dieser Aspekt der neueren Sternphysik betrifft vor allem die heißen und massereichen Sterne der oberen Hauptreihe.

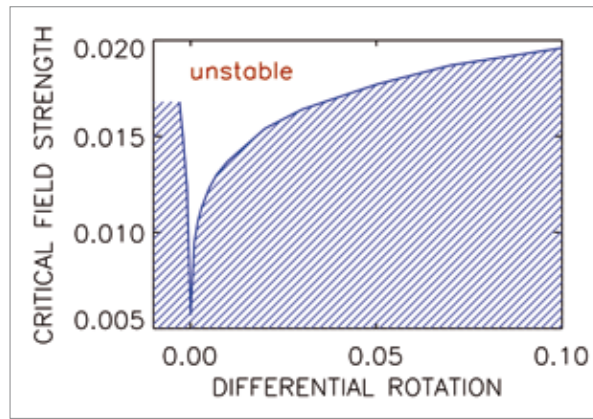


Fig. 4: The stabilizing influence of differential rotation for the non-axisymmetric kink-instability of toroidal fields. The sign of the shear is not important. The critical field strength is given as the ratio of Alfvén velocity to rotation velocity, and the differential rotation is normalized with the rotation frequency itself.

by differential stellar rotation is extremely strong. Even by weakest shears the marginal amplitudes of the toroidal fields are increased by a factor of five (Fig. 4). Obviously, differentially rotating stars may contain much stronger fields than stars with uniform rotation. In case of a transition from differential to rigid rotation a timescale of

Myr the hidden toroidal fields become unstable and start to modify the stellar structure. This aspect of the modern stellar physics mainly concerns the hot and massive stars of the upper end of the main sequence.

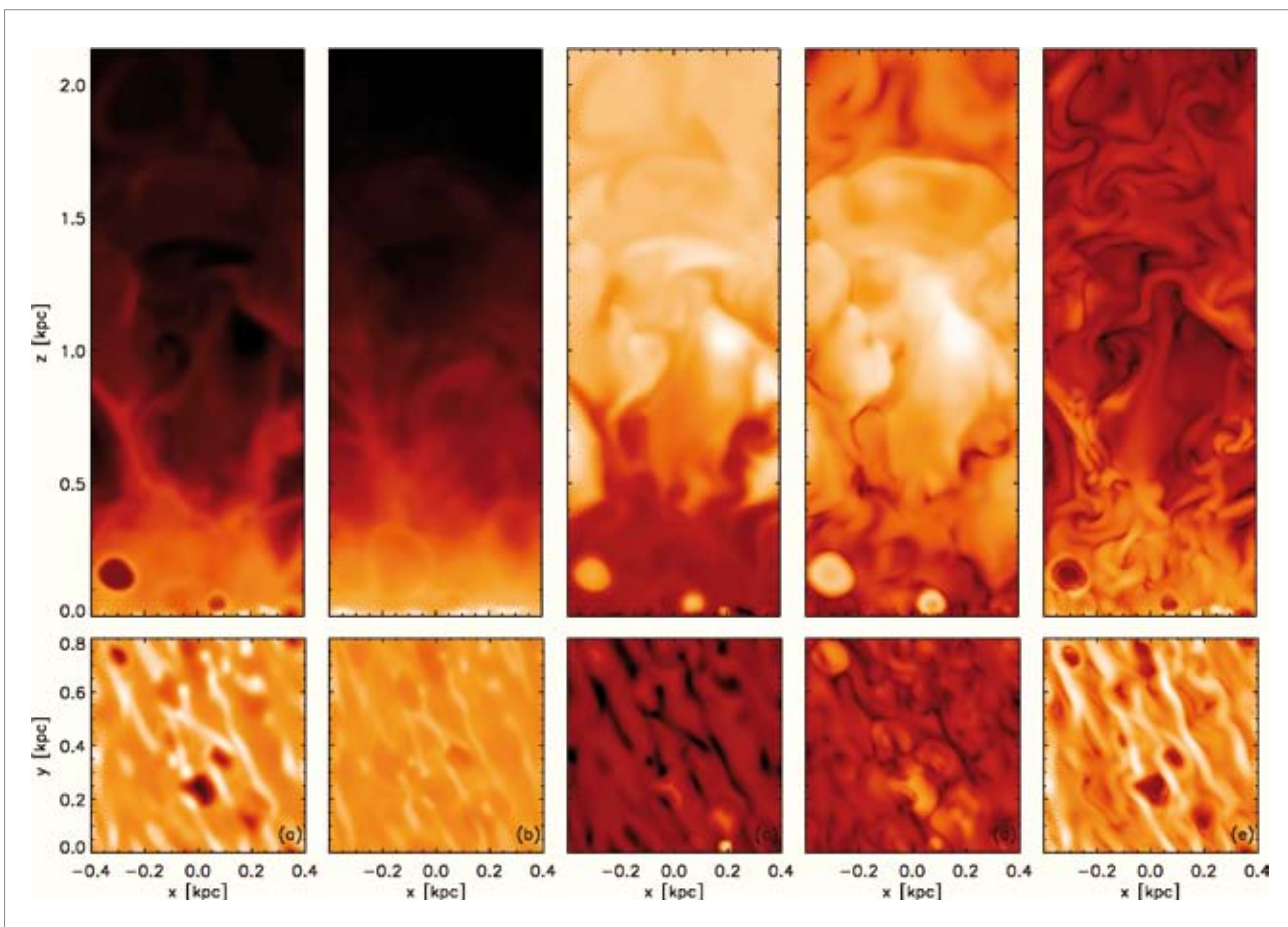


Fig. 5: Vertical slices of the top half of SN-driven ISM (upper panels) and horizontal slices through the midplane (lower panels). Quantities shown are: (a) number density (b) column density (c) temperature, (d) velocity, (e) magnetic field.

Modellierung des heterogenen turbulenten interstellaren Mediums

Das interstellare Medium (ISM) ist ein extrem verdünntes, turbulentes Gas, das den Raum zwischen den Sternen ausfüllt. Kompakte, kalte HI- und H₂-Wolken (20-100 K) sind von einem diffusen, heißen Plasma (10⁶ K) umgeben. Angereichert mit Staubteilchen sowie kosmischer Strahlung wird der interstellare Cocktail beständig durch Supernovae (SNe) verwirbelt. Obwohl das ISM nur einen Bruchteil der Materie einer Galaxie ausmacht, ist es doch bestimmend für deren Magnetfeld. Um den Ursprung solcher galaktischen Felder zu erforschen, ist es wichtig, die durch die SNe getriebene Turbulenz zu modellieren. Der nichtlineare Charakter des Problems erfordert dabei numerische Simulationen, die aufgrund der komplexen Natur des ISM robuste Algorithmen zwingend voraussetzen.

In einem Box-Modell für das ISM ist es erstmalig gelungen, den Dynamo direkt zu simulieren (Fig.5). Mit der bislang längsten Simulation solcher ISM-Modelle konnte ein kontinuierliches Wachstum des großskaligen Feldes über einen Zeitraum von einer Milliarde Jahren verfolgt werden. Überraschenderweise ergaben sich kurze Wachstumszeiten von etwa 200 Millionen Jahren. Die Ursache liegt in zusätzlichen Transporteffekten, die durch den vertikalen Dichtegradienten verursacht werden. Es konnte gezeigt werden, dass Coriolis-Kraft und differentielle Rotation entscheidend für die Funktion des Dynamos sind. Die detaillierte Analyse der Turbulenzeigenschaften mit Hilfe von Testfeldern bestätigte die Wirkungsweise des Dynamomechanismus durch den alpha-Effekt.

Die aus der Testfeldmethode abgeleiteten Eigenschaften der turbulenten elektromotorischen Kraft können als Subgrid-Modell in globalen Galaxiensimulationen verwendet werden. Erste Rechnungen geben Hinweise auf einen Sättigungsprozess durch galaktische Winde, bei dem das finale Feld noch eine hinreichend starke radiale Komponente enthält, wie es auch beobachtet wird.

Entwicklung von MHD Simulationssoftware

Die numerische Simulation magnetohydrodynamischer Phänomene, wie sie in den verschiedensten astrophysikalischen Problemstellungen auftauchen, ist ein wesent-

Modeling the multi-phase turbulent interstellar medium

The interstellar medium (ISM) is an extremely diluted, turbulent gas that fills the otherwise void space between the stars. Compact, cold HI and H₂ clouds (20-100K) are enclosed by a diffuse, hot plasma (10⁶K). Enriched with dust grains and cosmic rays, the interstellar cocktail is permanently stirred by supernovae (SNe). Although the ISM makes up for only a tiny fraction of the matter contained in the galaxy, it plays a crucial role for its magnetic field. To explore the origin of the observed galactic fields, it is of paramount importance to model the turbulence driven by the SNe. The non-linear character of the problem requires numerical simulations which due to the complex nature of the ISM demand robust algorithms.

For the first time we could simulate the dynamo in a box model for the ISM (Fig. 5). With the so far longest running simulation of this type of ISM-model a continuous growth of the large-scale field could be traced over a period of a billion years. Surprisingly, we found a short growth time of about 200 million years. This is caused by additional transport effects that result from the density stratification. It could be shown that the Coriolis force together with rotational shear is essential for the operation of the dynamo. A detailed analysis of the turbulence properties gained with the help of test fields confirmed the mode of operation by the alpha effect.

One can use the properties of the turbulent electromotive force, which is derived with the test field method, as a subgrid model for global galaxy simulations. First calculations hint at a saturation mechanism by galactic winds, where the final field still has a sufficient radial component, as it is observed.

MHD code development

Numerical modeling of magnetohydrodynamic phenomena which play a role in many different astrophysical settings is an important tool of theoretical research. NIRVANA (webpage: <http://nirvana-code.aip.de>) is a simulation code developed at the AIP for modeling the complex interaction between compressible gas flows and magnetic fields including the effect of selfgravity. The code makes use of state-of-the-art numerical methods. It implements techniques for adaptive mesh refinement in order to

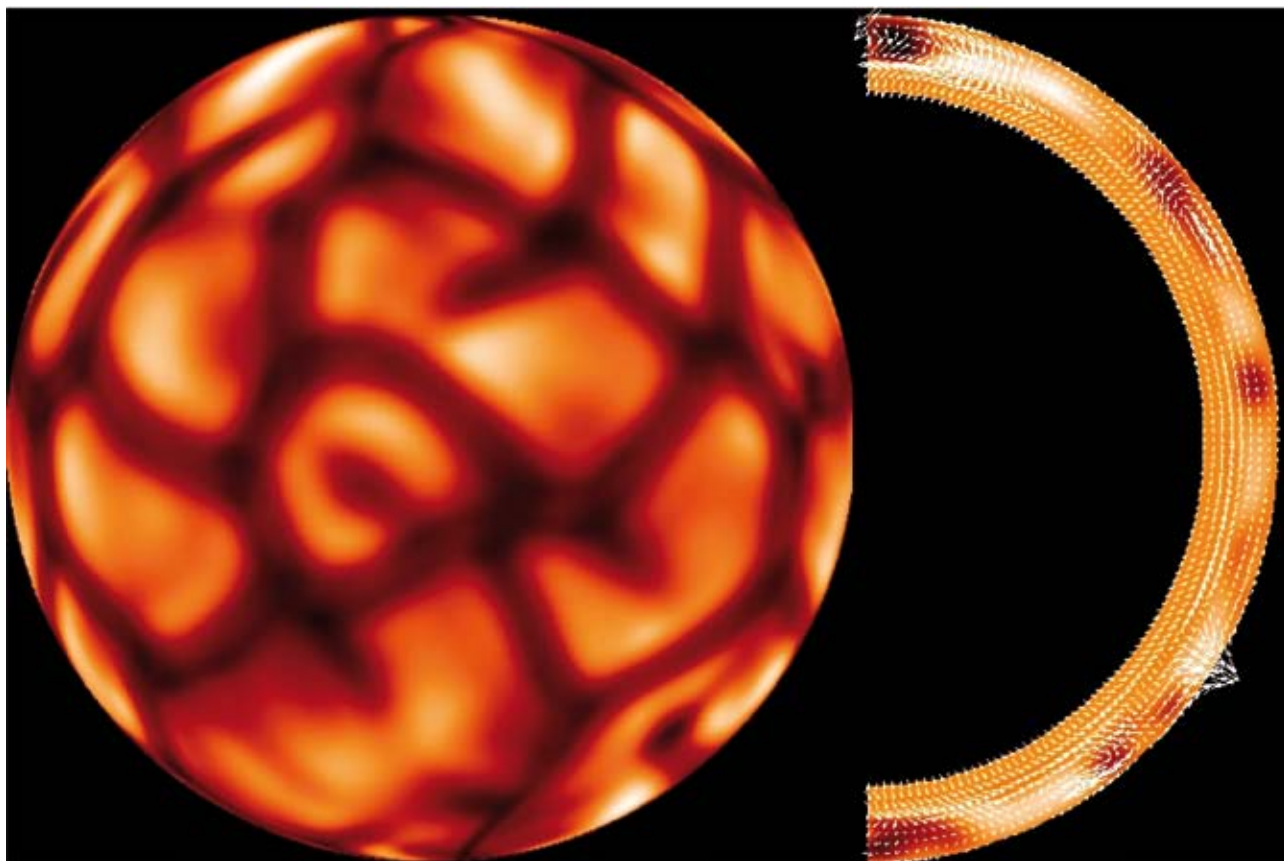


Fig. 6: Numerical simulation of thermal convection in a spherical shell permeated by a dipolar magnetic field. Dark tones mean cooler, lighter tones warmer than the average temperature. The arrows in the right panel indicate the magnetic field.

licher Bestandteil theoretischer Forschung. Mit dem im Hause entwickelten Simulationscode NIRVANA (Webseite: <http://nirvana-code.aip.de>) ist es möglich, die oftmals sehr komplexe Wechselwirkung kompressibler, auch selbstgravitierender, Gasströmungen mit einem Magnetfeld zu modellieren. Dabei kommen modernste numerische Verfahren zum Tragen, ergänzt durch zur adaptiven Gitterverfeinerung und für den Einsatz auf Parallelrechnern konzipierte Techniken.

Einen wesentlichen Fortschritt stellt die kürzlich erfolgte Erweiterung des NIRVANA Codes auf krummlinig-orthogonale Gitter dar. Diese ermöglicht unter anderem die Simulation auf globalsphärischen Gebieten mit Anwendungen beispielsweise zur Entstehung und Entwicklung stellarer differentieller Rotation oder zum Dynamoproblem in magnetisch aktiven Sternen. Thermisch angetriebene Konvektion, wie in Fig.6 illustriert, ist hierbei ein physikalischer Prozess von grundlegender Bedeutung.

Das numerische Verfahren auf krummlinig-orthogonalen Gittern basiert auf einem Finite-Volumen-Ansatz für hyperbolische Erhaltungsgleichungen und implementiert ein Godunov-verwandtes zentrales Schema. Für Zylind-

tackle multi-scale problems and it has been designed for efficient use on supercomputers.

Recently, NIRVANA has been extended to orthogonal-curvilinear grids. Spherical grids, for instance, are much more suited to approximate geometries like spherical shells or balls than Cartesian grids are. Possible applications for those cover issues related to the generation and maintenance of stellar differential rotation or dynamo-related questions in magnetically active stars. To this, thermally-driven convection as illustrated in Fig.6 is a physical process of paramount importance.

The numerical method for curvilinear grids is based on finite-volume techniques developed for hyperbolic conservation laws. In its core it implements a Godunov-type central-upwind scheme. For cylindrical- and spherical grids the MHD equations are discretized in angular momentum-conserving form which means that the component of angular momentum parallel to the geometric axis is exactly conserved.

der- und Kugelgitter werden die MHD Gleichungen in Drehimpulserhaltungsform approximiert, so dass die Komponente des Drehimpulses parallel zur geometrischen Achse exakt erhalten wird.

Ein neues Experiment

Als Taylor-Instabilität wird die Instabilität eines toroidalen Feldes bezeichnet, bei der die axiale Symmetrie verloren geht. Ein konstanter Strom durch einen mit flüssigem Metall gefüllten Zylinderspalt führt genau zu solch einer Feldkonfiguration. Die Instabilität wird von der Theorie vorhergesagt, wurde aber noch nicht im Experiment beobachtet. Im Forschungszentrum Dresden-Rossendorf wird jetzt ein solches Experiment vorbereitet.

Fig. 7 zeigt das Ergebnis der ersten nichtlinearen Simulationsrechnung zur Taylor-Instabilität in dreidimensionaler Geometrie. Das ursprünglich rein azimutale Feld verändert infolge der Instabilität seine Geometrie und wird helikal. Die erreichbaren Amplituden liegen in der Größenordnung von etwa 10% der ursprünglichen Feldstärke.

Simulationsrechnungen sind bisher nur für magnetische Prandtl-Zahlen größer als 0,01 möglich, was für Experimente mit flüssigen Metallen unrealistisch ist. Ein Code, der diese Beschränkung überwindet, wird zur Zeit entwickelt.

A new experiment

The Taylor instability describes the instability of a toroidal magnetic field that destroys the axial symmetry. Such a configuration is reached by driving a constant current through a cylindrical gap filled with liquid metal. While predicted by theory, the instability has not yet been observed in an experiment. At Forschungszentrum Dresden-Rossendorf such an experiment is now in preparation.

Fig. 7 shows the result of first nonlinear numerical simulations of the Taylor instability in 3D geometry. The originally purely toroidal field changes its geometry and becomes helical. The amplitude can reach about 10% of the original field strength.

So far the numerical simulations are possible only for magnetic Prandtl numbers above 0.01, which is not realistic for experiments with liquid metal. A code that overcomes this limitation is currently being developed.

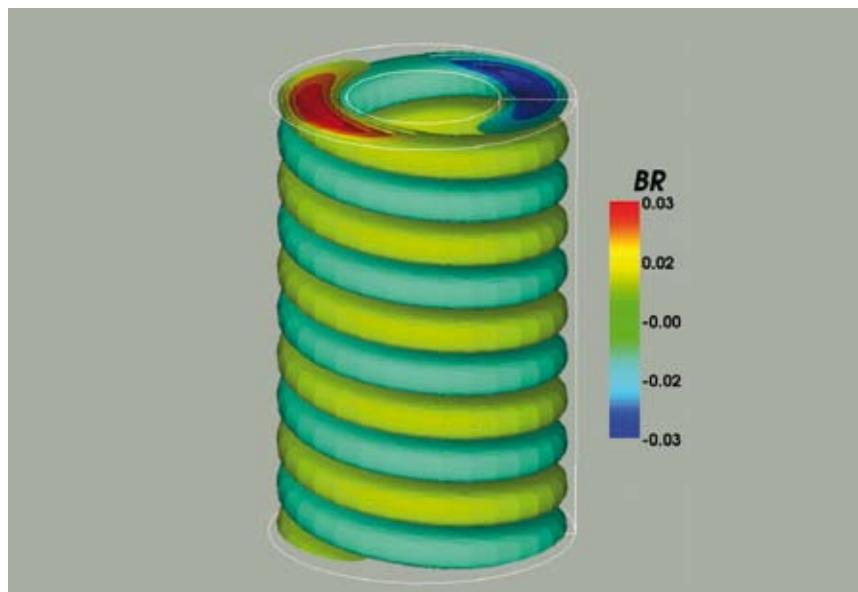


Fig. 7: Isosurface of radial magnetic field due to Taylor instability with $Re = 50$, $Ha = 220$, $Pm = 0.1$.

Ausgewählte Publikationen

Selected Publications

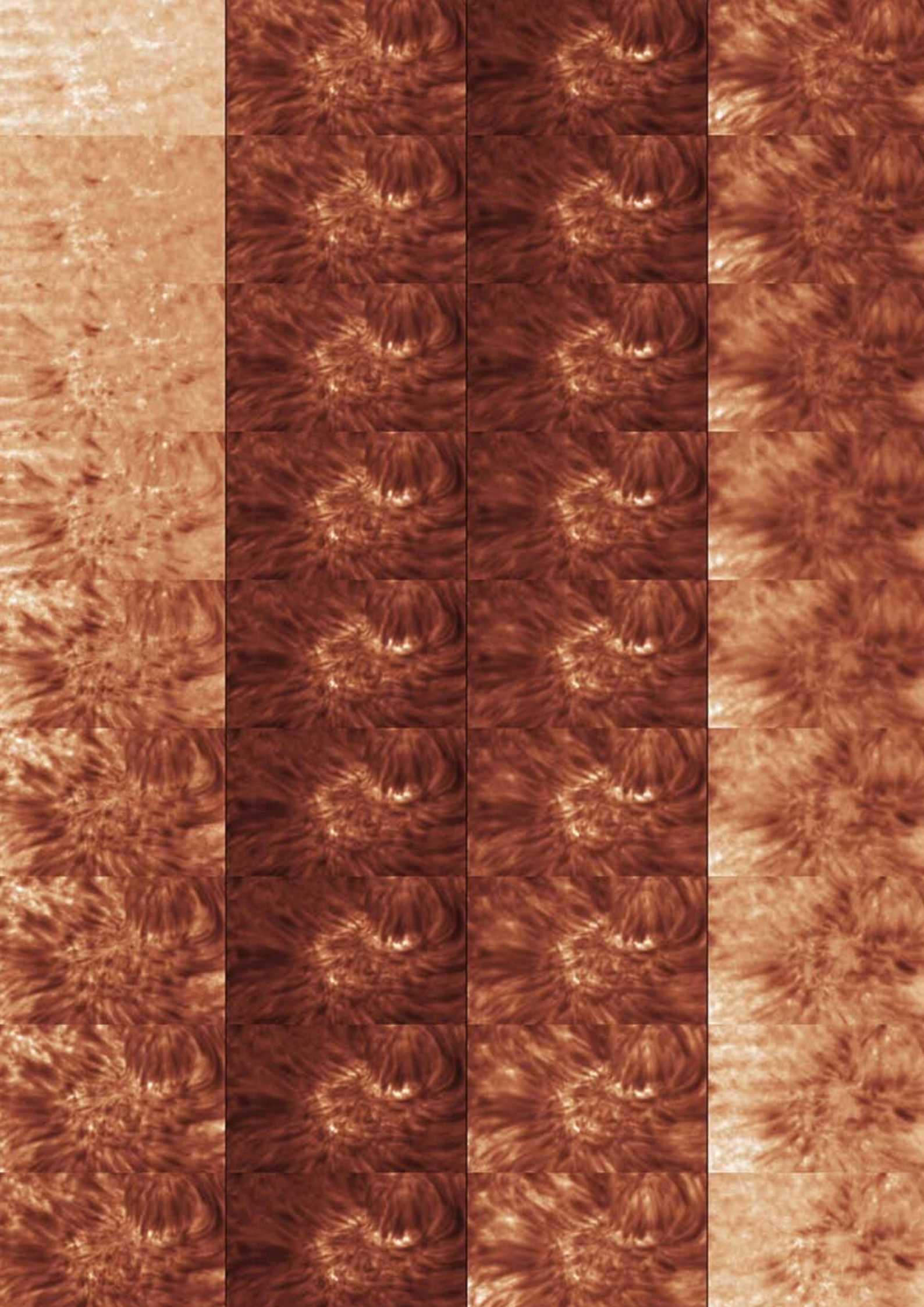
Arlt, R. (2009): **The butterfly diagram in the eighteenth century**, Solar Physics 255, 143

Fröhlich, H.-E., Küker, M., Hatzes, A.P., Strassmeier, K.G. (2009): **On the differential rotation of CoRoT-2a**, Astronomy & Astrophysics 506, 263

Gellert, M., Rüdiger, G. (2009): **SRI in Taylor-Couette flow heated from above**, Journal of Fluid Mechanics 623, 375

Gressel, O., Elstner, D., Ziegler, U., Rüdiger, G. (2008): **Direct simulations of a supernova-driven galactic dynamo**, Astronomy & Astrophysics 486, L35

Kitchatinov, L.L., Rüdiger, G. (2009): **Stability of latitudinal differential rotation in stars**, Astronomy & Astrophysics 504, 303



Physik der Sonne

Physics of the Sun

Die Sonne ist das Zentralgestirn unseres Planetensystems. Sie gibt uns das Leben und beeinflusst die Umgebung unserer Erde. Da sie unser nächster Stern ist, ist sie der am besten zu beobachtende Stern am Himmel. Erkenntnisse über die Sonne können auf andere Sterne übertragen werden, was man als solar-stellare Beziehungen bezeichnet und eine Verbindung zu dem Programmbereich „Sternphysik und Sternaktivität“ schafft. Die Sonne ist kein ruhiger Stern, sondern aktiv. Das zeigt sich bekanntlich im 11-jährigen Sonnenflecken-Zyklus, aber auch in Strahlungsausbrüchen, der Emission hochenergetischer Teilchen und in koronalen Massenauswürfen. Bei all diesen Prozessen spielt das Magnetfeld eine dominante Rolle, weshalb es eine enge Verbindung zum Programmbereich „Magnetohydrodynamik und Turbulenz“ gibt. Im Programmbereich „Physik der Sonne“ konzentriert man sich auf Prozesse, die mit dem Magnetfeld der Sonnenatmosphäre verbunden sind. Dies geschieht durch Beobachtungen mit dem Vakuumturmteleskop (VTT) auf Teneriffa, dem Radiospektralpolarimeter in Trestdorf (bei Potsdam) und durch Beobachtungen mit den NASA-Weltraummissionen RHESSI (Ramaty High Energy Spectroscopic Imager) und STEREO. Das AIP beteiligt sich an dem europäischen Radio-Interferometer LOFAR (LOW Frequency ARray; Fig. 1 zeigt den ersten Blick auf den Potsdamer Radiohimmel) so-

The Sun is the central object of our planetary system. It gives us life and influences our Earth's environment. Knowledge of the Sun can be applied to other stars, which is referred to as the Solar-Stellar Connection, and provides a link to programme area "Stellar Physics and Stellar Activity". The Sun is not a quiet but an active star. This is evident not only in terms of the well-known 11-year activity cycle, but also in flares, emission of highly energetic particles and coronal mass ejections (CMEs). In all these processes the magnetic field plays a dominant role, which leads to a close connection to programme area "Magnetohydrodynamics and Turbulence". The programme area "Solar Physics" concentrates on processes which are related to magnetic fields in the solar atmosphere. This is accomplished through observations with the Vacuum Tower Telescope (VTT) on Tenerife, the radiospectropolarimeter in Trestdorf (near Potsdam) and data from the NASA missions such as RHESSI (Ramaty High Energy Spectroscopic Imager) and STEREO. The AIP participates in the European radio interferometer LOFAR (LOW Frequency ARray; Fig. 1 presents its first snapshot of the Potsdam radio sky), and in the optical solar telescope GREGOR (with the Fabry-Pérot-interferometer GFPI, Fig. 2). This will secure future access to modern solar-observation technologies. The data will be analyzed using computer codes deve-



Team 2008 / 2009:

Kurt Arlt, Henry Aurass, Horst Balthasar, Frank Breitling, Thorsten Carroll, Carsten Denker (head), Axel Hofmann, Doris Lehmann, Gottfried Mann (head), Rositsa Miteva, Iliya Nickelt-Czycykowski, Hakan Önel, Antonio Recueno-Muñoz, Jürgen Rendtel, Jürgen Staude, Gherardo Valori, Christian Vocks, Alexander Warmuth, Meetu Verma.

Left: Imaging spectroscopy with the GREGOR Fabry-Pérot Interferometer (GFPI) provides image sequences, which trace the profile of the strong chromospheric absorption line $H\alpha$ from the blue to the red wing. The darkest images correspond to the $H\alpha$ line core.

wie mit dem Fabry-Pérot-Interferometer (GFPI) am optischen Sonnenteleskop GREGOR, Fig. 2). Damit werden weitere Zugänge zu modernster Technik der Sonnenbeobachtung geschaffen. Die Messdaten werden mit am AIP entwickelten EDV-Routinen ausgewertet. Mit den so gewonnenen Beobachtungsbefunden sind theoretische Arbeiten eng verbunden, wie z.B. die Kinetik der Elektronenbeschleunigung, was ein weiteres wichtiges Feld der Forschung im Programmbereich „Physik der Sonne“ darstellt. Die Sonne beeinflusst die Erde und ihre nähere Umgebung, d.h. unser Klima und unsere technische Zivilisation, was man allgemein Welt- raumwetter nennt. So sind die Erkenntnisse über Sonnenaktivität nicht nur für die Astrophysik von Interesse, sondern von allgemeiner gesellschaftlicher Relevanz.

Das AIP koordiniert im Rahmen des europäischen Projektes LOFAR das Key Science Project „Solar Physics and Space Weather with LOFAR“. Fig. 1 zeigt LOFAR „first light“ in Potsdam. Erwartungsgemäß wird der Radiohimmel auf 47 MHz von den starken Quellen CasA und CygA dominiert, die ungestörte Sonne ist am Rande des Blickfelds des Instruments.

Ziel der optischen Sonnenphysik ist es, aus räumlich, zeitlich und spektral hoch aufgelösten Daten die wichtigsten physikalischen Parameter der Sonnenatmosphäre abzuleiten, wie z.B. die Temperatur, Dichte und Strömungsgeschwindigkeiten des Sonnenplasmas, sowie die Stärke von magnetischen Strukturen. Mit einer Öffnung von 1,5 Metern wird das im Aufbau befindliche deutsche Sonnenteleskop GREGOR in der Lage sein, Strukturen von nur 50 Kilometern auf der Sonnenoberfläche aufzulösen. Die große Spiegeloberfläche vergrößert den Photonfluss um einen Faktor Vier im Vergleich zum VTT. Mit zweidimensionaler Spektroskopie und Polarimetrie, wie sie mit dem in Fig. 2 gezeigten GFPI durchgeführt wird, lassen sich diese Photonen optimal nutzen. Mit der vorläufigen Installation eines 1-Meter-CeSiC-Spiegels hat das GREGOR Teleskop Anfang 2009 erstmals Sonnenlicht gesehen, so dass nun die Inbetriebnahme des Teleskops und die Systemintegration begonnen hat. Mit Lieferung des 1,5-Meter-Zerodurspiegels in 2010 beginnt die bis Ende 2011 dauernde Kommissionierungsphase, in der der wissenschaftliche Betrieb des Teleskops demonstriert wird, bevor in 2012 der Routinebetrieb beginnt. Das AIP hat mit 1,5 Millionen Euro (entsprechend 25 % der Gesamtkosten) zu GREGOR beigetragen, was sich in einer 20- bzw. 70-prozentigen Beteiligung in der Tag- bzw. Nachtbeobachtungszeit widerspiegelt.

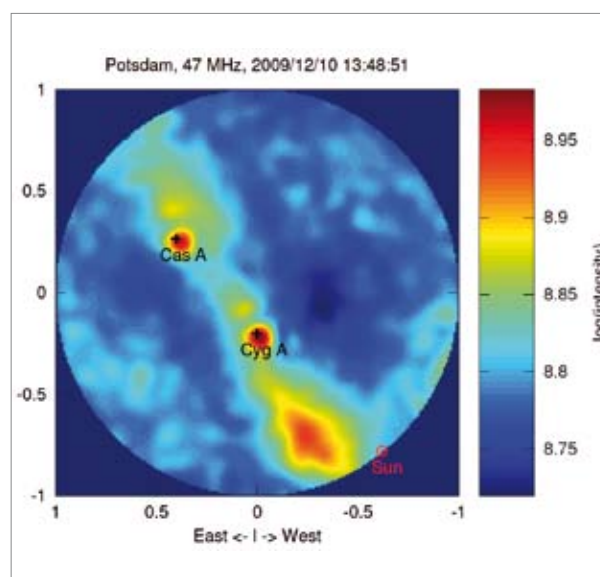


Fig. 1: LOFAR first light at Potsdam-Bornim on 10 December 2009! This is an all-sky image at 47 MHz. The strong radio sources CasA and CygA are denoted. The positions of the quiet Sun is at the edge of the field-of-view.

developed at AIP. Closely connected to these observational results are theoretical works, e.g. on kinetics of electron acceleration, which represent another important topic of the programme area “Physics of the Sun”. Solar activity influences the Earth and the near-Earth environment, and thus our climate and our technical civilization. This is commonly referred to as “Space Weather”. Therefore, findings on solar activity are not just of astrophysical interest, but of general relevance to society.

AIP coordinates the Key Science Project “Solar Physics and Space Weather with LOFAR” within the framework of the European project LOFAR. Fig. 1 shows LOFAR’s first light at Potsdam, a map of the radio sky at 47 MHz where the quiet Sun is at the field-of-view’s boundary, only. As expected we find the strong sources CasA and CygA well expressed.

Optical solar physics focus high spatial, temporal and spectral resolution observations of the solar atmosphere with the aim to derive physical parameters such as plasma temperature, density and velocity as well as the strength of magnetic field structures. The German solar telescope GREGOR with its 1.5-meter aperture allows us access to features on the solar surface with a size of just 50 kilometers. Its large photon collecting power increases the flux by a factor of four compared to the VTT. An imaging spectropolarimeter such as the GFPI, which is shown in Fig. 2, is just the instrument to exploit the unique capabilities of GREGOR. Early 2009, after installation of an interim 1-meter CeSiC primary mirror GREGOR has

Sonnenflecken sind die auffälligste Erscheinungsform von Magnetfeldern auf der Sonne. Allerdings können sie mit guter Präzision nur in der relativ dünnen (300 km) Schicht der Photosphäre gemessen werden. Um die Magnetfelder in der Übergangsregion und Korona zu untersuchen, bedient man sich Methoden der Magnetfeldextrapolation. Als Randbedingung der Extrapolation sollte die Höhenabhängigkeit des Magnetfeldes in der Photosphäre genau bekannt sein. Mit dem Teneriffa Infrarot Polarimeter (TIP) wurde am VTT ein kleiner Sonnenfleck in den Infrarotlinien Fe I $\lambda 1078.3$ nm and Si I $\lambda 1078.6$ nm beobachtet. Die Siliziumlinie entsteht höher

seen for the first time sunlight. This also signals the beginning of the preliminary commissioning phase. The final 1.5-meter Zerodur mirror will be delivered and installed in 2010. Further commissioning and science demonstration time is planned until the end of 2011 before we enter routine observations in 2012. AIP has contributed about 1.5 Million Euro to the GREGOR project (about 25% of the total costs), which is reflected in a 20 / 70% share of the day- and nighttime observing time. Sunspots are the most conspicuous magnetic features on the Sun. However, their magnetic fields are only known with good precision in the narrow, about 300-km



Fig. 2: In August 2009, the GFPI has been transferred to the optical laboratory of the GREGOR telescope, where it was integrated with TIP II and the Adaptive Optics (AO) system.

in der Atmosphäre als die Eisenlinie, und zwar 150 km in der ruhigen Sonne und weniger als 100 km in der Umbra. In Fig. 3 wird die Gesamtfeldstärke gezeigt, wie sie mit dem SIR-Code (Stokes Inversion based on Response functions) berechnet wurde. Im Sonnenfleck nimmt die Gesamtfeldstärke mit der Höhe ab, wohingegen sie außerhalb des Flecks mit der Höhe zunimmt. Dies kann dadurch erklärt werden, dass sich die Magnetfelder des Sonnenflecks in der Höhe wie ein Baldachin ausdehnen.

Mini-Filamente sind kleinskalige Phänomene, die in der Chromosphäre sowohl in ruhigen Gebieten der Sonne als auch in Regionen mit neu auftretendem Fluss beobachtet werden. Da sie relativ klein sind, lassen sie sich gut mit bildgebenden Spektropolarimetern beobachten. Die in Fig. 4 gezeigten Beobachtungen wurden mit dem

thick photospheric layer, whereas the fields of the transition region and corona have to be accessed with magnetic field extrapolations. These extrapolations will be more accurate, if the field dependence with height is known. Using the Tenerife Infrared Polarimeter (TIP) at the VTT a sunspot was observed in two infrared lines (Fe I λ 1078.3 nm and Si I λ 1078.6 nm). The silicon line originates higher in the atmosphere than the iron line: about 150 km in the quiet Sun but less than 100 km in the umbra. Fig. 3 shows the total magnetic field strength as derived with the SIR-code (Stokes Inversion based on Response functions). Inside the spot, the total magnetic field strength decreases with height, even in the outer penumbra. Outside the spot, the field strength increases with height apart from at a few small locations. These results are interpreted in terms of magnetic canopies.

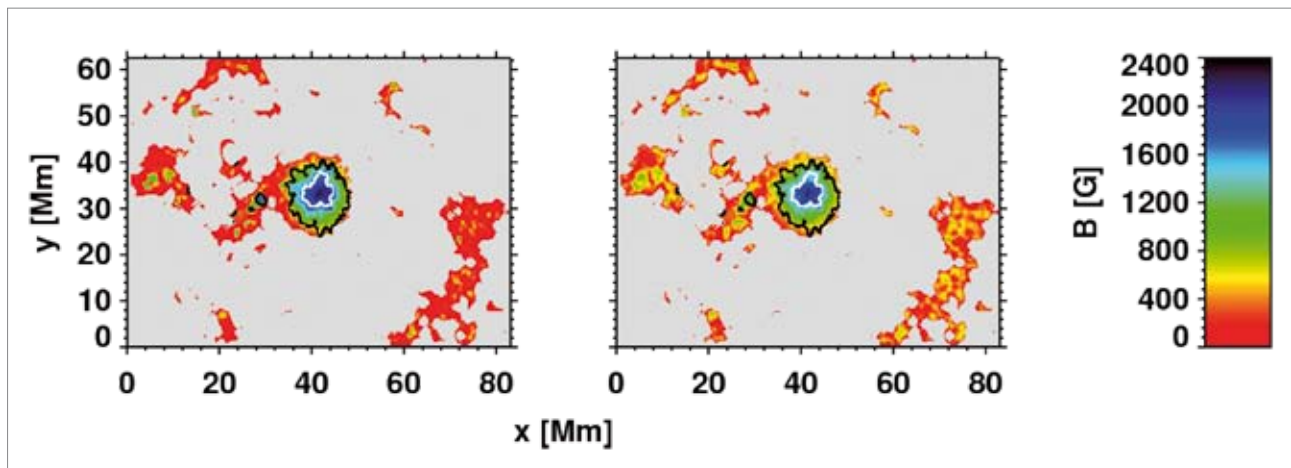


Fig. 3: Total magnetic field strength of a small sunspot observed in the infrared Fe I λ 1078.3 nm and Si I λ 1078.6 nm lines on 27 May 2006.

Interferometric Bldimensional Spectrometer (IBIS) am Dunn Solar Telescope (DST) in New Mexiko aufgenommen. Das Rückgrat des Mini-Filaments folgt einer Linie, die die beiden Polaritäten des Magnetfeldes voneinander trennt. Wird diese Magnetfeldkonfiguration gestört, kann es zu einer Eruption des Filaments kommen. Auf größeren Skalen kann dies zu Strahlungsausbrüchen und koronalen Massenauswürfen führen.

STEREO ist eine Weltraum-Mission der NASA zur Erforschung der Korona und der Phänomene der aktiven Sonne, insbesondere koronaler Massenauswürfe (coronal mass ejections, CMEs). STEREO besteht aus zwei Satelliten, von denen einer der Erde auf ihrer Bahn um die Sonne vorauszieht und der andere hinterherläuft. Auf diese Weise ermöglicht STEREO stereoskopische Aufnahmen der Korona und von CMEs im interplanetaren Raum und erforscht ihre dreidimensionale Struktur, wie in Fig. 5 illustriert wird.

Mini-filaments are small-scale chromospheric phenomena, which can be found in the quiet Sun as well as in regions with emerging flux. Since they are relatively small, they can be ideally observed with imaging spectropolarimetry. The observations in Fig. 3 were obtained with the Interferometric Bldimensional Spectrometer (IBIS) at the Dunn Solar Telescope (DST) in New Mexico. The spine of the filament exactly traces the inversion line of opposite polarity magnetic fields. If the magnetic field topology is disturbed, the filament can be destabilized and erupt. Similar events occurring at larger scales may lead to energetic flares and coronal mass ejections (CMEs).

STEREO is a NASA space mission investigating the solar corona and phenomena of the active Sun, especially CMEs. STEREO consists of two satellites, one leading ahead of Earth on its orbit around the Sun, and the other trailing behind. This way, STEREO has a stereoscopic view of the corona and of CMEs in interplanetary space,

Während eines Strahlungsausbruchs wird gespeicherte magnetische Energie plötzlich freigesetzt und führt unter anderem zur Erzeugung von energiereichen Teilchen (wie Elektronen, Protonen und schwere Ionen). Damit verbunden ist eine erhöhte Emission von Radio- und Röntgenstrahlung der Sonne. Die so erzeugten energiereichen Teilchen können aber auch in den interplanetaren Raum gelangen und von den STEREO-Satelliten durch in-situ Messungen untersucht werden.

Energereiche Elektronen regen entlang ihres Weges Radioemission an, die als Typ III Bursts in der solaren Radiostrahlung klassifiziert werden. Die Radiostrahlung wird dann nahe der lokalen Plasmafrequenz emittiert, die nur von der Elektronendichte am Ort der Quelle abhängt. Aufgrund der hohen Geschwindigkeit der Elektronen zeigt ein Typ III Burst im dynamischen Radiospektrum eine rasche Drift zu niedrigeren Frequenzen hin. Fig.6 zeigt solch ein von den beiden STEREO Satelliten beobachtetes Spektrum. Es zeigt die Signatur eines Elektronenstrahls, der sich von der Sonne bis weit in den interplanetaren Raum ausbreitet. Die Radiostrahlung bei 30kHz entsteht in etwa am Ort der STEREO-Satelliten.

Da energiereichere Elektronen eine höhere Geschwindigkeit aufweisen als energieärmere, erreichen sie die STEREO-Satelliten früher. Diese Geschwindigkeitsdispersion ermöglicht es, den

and provides information on their three-dimensional structure as illustrated in Fig. 5.

Magnetic energy stored in the corona is suddenly released during solar flares and leads, amongst others, to the production of energetic particles such as electrons, protons, and heavy ions. This is accompanied by increased radio and X-ray emission of the Sun.

But the energetic particles can also be released into interplanetary space, where they are detected by the STEREO satellites.

Energetic electrons lead to the emission of radio waves along their paths, which are classified as type III bursts in solar radio data. The radio waves are emitted near the local plasma frequency, which solely depends on the plasma density at the source location. Due to the high velocities of energetic electrons, type III bursts are characterized by a rapid drift to lower frequencies in dynamic radio spectra. Fig.5 shows such a dynamic spectrum observed by the STEREO satellites. It clearly shows the signature of an electron beam that propagates from the Sun far into interplanetary space. Radio emission at 30kHz originates therefore at approximately the location of the STEREO satellites.

Since electrons with higher energies have higher velocities than those with lower energies, they reach the STEREO satellites at earlier times. This velocity dispersion enables the determination of the electron release time in the solar

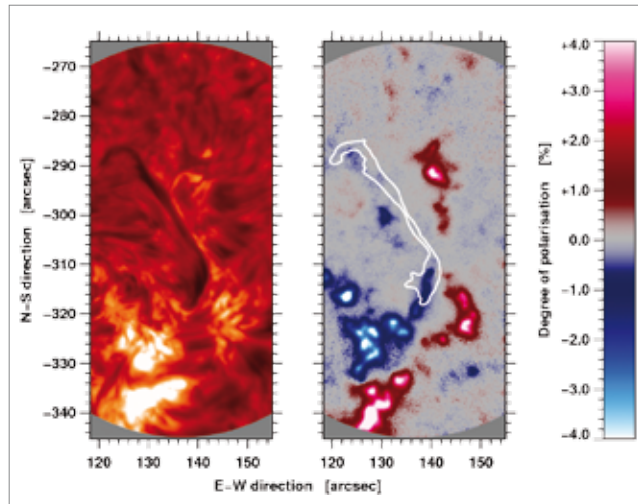
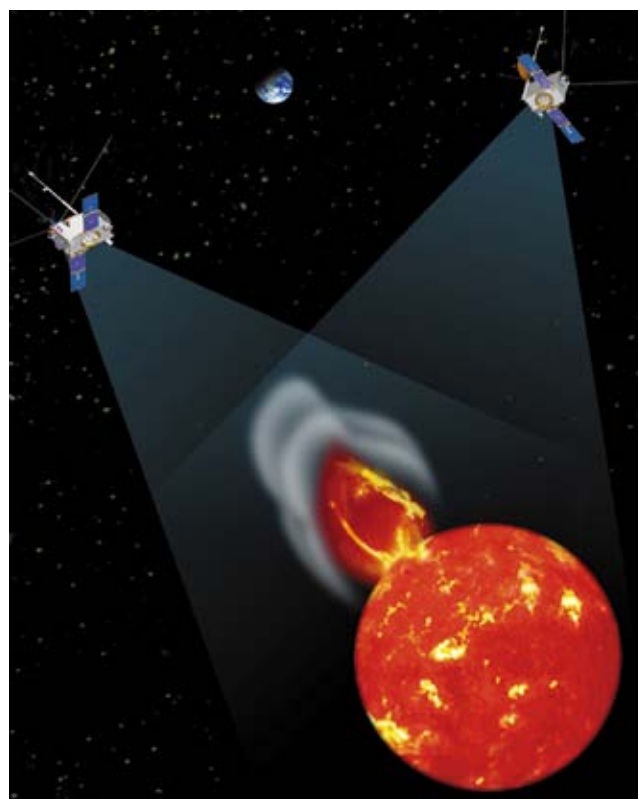


Fig. 4: Mini-filament observed on 25 May 2008 in the strong chromospheric absorption line H α . The contour lines in the map of the circular polarization follow the neutral line between opposite polarity magnetic fields. The length of the H α mini-filament corresponds to about twice the Earth's diameter.

Fig. 5: Schematic view of the STEREO satellites and their positions relative to Earth enabling a stereoscopic view of the solar corona and interplanetary space.



Zeitpunkt der Freisetzung der Elektronen in der Korona zu bestimmen. Allerdings basiert diese Rechnung auf der Annahme freier Elektronenausbreitung im interplanetaren Raum. Da aber das Plasma des Sonnenwinds im interplanetaren Raum sehr turbulent ist, wäre eigentlich eine erhebliche Streuung der Elektronen durch Wechselwirkung mit Plasmawellen zu erwarten. Beobachtungen scheinen jedoch in Übereinstimmung mit freier Elektronenausbreitung zu sein. Um zu untersuchen, wieso sich energiereiche Elektronen im interplanetaren Raum so ausbreiten, als ob es keine Streuung gäbe, wurden eine Reihe von kinetischen Simulationsrechnungen durchgeführt. Die Differenz zwischen den resultierenden Ankunftszeiten der Elektronen und der auf freier Ausbreitung basierenden Erwartungen ist in Fig. 7 dargestellt. Ein Testlauf ohne Plasmawellen zeigt nur geringe Abweichungen von Null, die auf numerische Fehler zurückzuführen sind. Die resonante Wechselwirkung mit Wellen führt hauptsächlich zu Richtungsänderungen energetischer Elektronen, die als Pitchwinkelstreuung bezeichnet werden. Die Energieänderung ist dabei sehr gering. Daher wurde zunächst ein Modell mit reiner Pitchwinkelstreuung gerechnet und tatsächlich erhebliche Verzögerungen von bis zu einer Minute gefunden. Allerdings

corona. However, such calculations are based on the assumption of free electron propagation in interplanetary space. Since the solar wind plasma in interplanetary space is very turbulent, considerable scattering of the electrons due to the interaction with plasma waves should be expected but observations seem to be in agreement with free electron propagation.

A series of kinetic simulations has been run in order to investigate why energetic electrons seem to propagate in interplanetary space as if there was no scattering. Fig. 7 shows the differences between electron arrival times for different models and expected free-propagation times. A test run without any plasma waves only shows minor deviations from zero, which are caused by residual numerical errors. The resonant interaction with waves mainly changes the flight directions of energetic electrons, which is called pitch-angle scattering, whereas the electron energy is hardly changed. Therefore, a model run was performed based on pure pitch-angle scattering. This leads to considerable delays of electron arrival times of up to one minute. However, a simulation run with the full diffusion equation shows that the little energy change is not negligible, but leads to a partial compensation of the delay

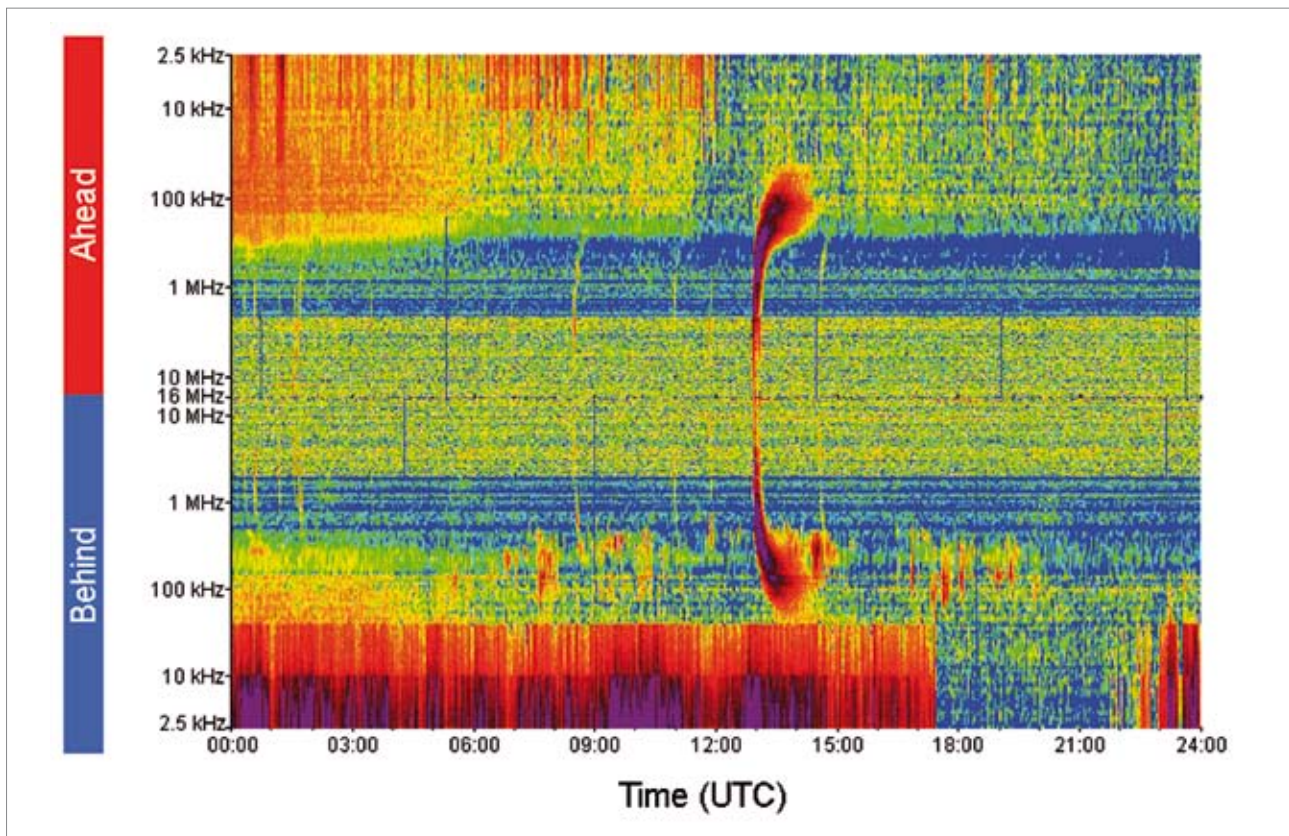


Fig. 6: Solar dynamic radio spectra obtained by the two STEREO spacecrafts on 19 May 2007. The radio intensity is color coded, and lower frequencies correspond to larger distances from the Sun, with 30 kHz corresponding to 1 AU. A strong type III radio burst has been recorded by both spacecrafts at 13:00 UT.

zeigt ein Simulationslauf mit der vollständigen Diffusionsgleichung, dass die geringen Energieänderungen nicht vernachlässigbar sind, sondern zu einer teilweisen Kompensation der Pitchwinkelstreuung führen. Dadurch erscheint im Resultat die Elektronenausbreitung quasi frei. Allerdings hängt der Grad der Kompensation von den jeweils vorherrschenden Bedingungen im interplanetaren Raum ab.

Die hier dargestellten Forschungsergebnisse zeigen eindrucksvoll, wie das solare Magnetfeld auf den unterschiedlichsten räumlichen und zeitlichen Skalen die verschiedensten Phänomene der Sonnenaktivität bestimmt. Gerade die enge Verknüpfung zwischen Beobachtung und Theorie in den Forschungsarbeiten des Programmbereichs „Physik der Sonne“ führte zu einem tieferen Verständnis der Prozesse der Sonnenaktivität.

effect of pitch-angle scattering. This is the reason, why electron propagation in interplanetary space appears to be scatter-free but the degree to which the delay is compensated depends on the prevailing plasma conditions in interplanetary space.

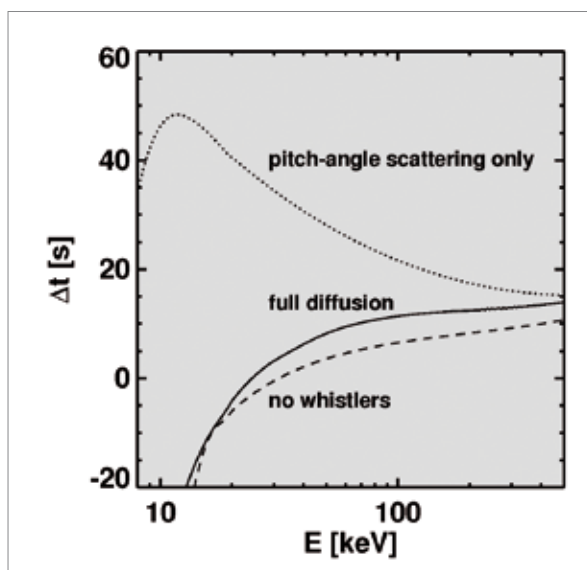


Fig. 7: Kinetic model results for the delay of electron arrival times at 1 AU as a function of electron energy: for simulation runs without plasma waves (dashed line), a pure pitch-angle scattering model (dotted line), and the full wave-electron diffusion equation (solid line).

The research results presented here demonstrate impressively, how the solar magnetic field controls various phenomena of the active Sun on different spatial and temporal scales. Especially the close link between observations and theory in the programme area “Physics of the Sun” leads to a deeper and comprehensive understanding of the active Sun.

Ausgewählte Publikationen

Selected Publications

Aurass, H., Landini, F., Poletto, G. (2009): **Coronal current sheet signatures during the 17 May 2002 CME-flare**, *Astronomy & Astrophysics* 506(2), 901

Balthasar, H., Gömöry, P. (2008): **The Three-Dimensional Structure of Sunspots. I. The Height Dependence of the Magnetic Field**, *Astronomy & Astrophysics*, 488(3), 1085

Balthasar, H., Bello González, N., Collados, M., Denker, C., Hofmann, A., Kneer, F., Puschmann, K.G. (2009): **A Full-Stokes Polarimeter for the GREGOR Fabry-Pérot Interferometer**, *IAU Symposium*, 259, 665

Denker, C., Strassmeier, K.G. (2008): **Solar Physics and the Solar-Stellar Connection at Dome C**, *EAS Publications Series*, 33, 97

Denker, C., Tritschler, A., Deng, N., Verdoni, A.P. (2008): **High-Resolution Observations of Extremely Bright Penumbral Grains**, *Astronomische Nachrichten*, 329(8), 773

Dzhalilov, N.S., Kuznetsov, V.D., Staude, J. (2008): **Wave Instabilities in an Anisotropic Magnetized Space Plasma**, *Astronomy & Astrophysics*, 489(2), 769

Hofmann, A., Rendtel, J., Arlt, K. (2008): **Toward Polarimetry with GREGOR – Testing the GREGOR Polarimetric Unit**, *Central European Astrophysical Bulletin*, 33, 317

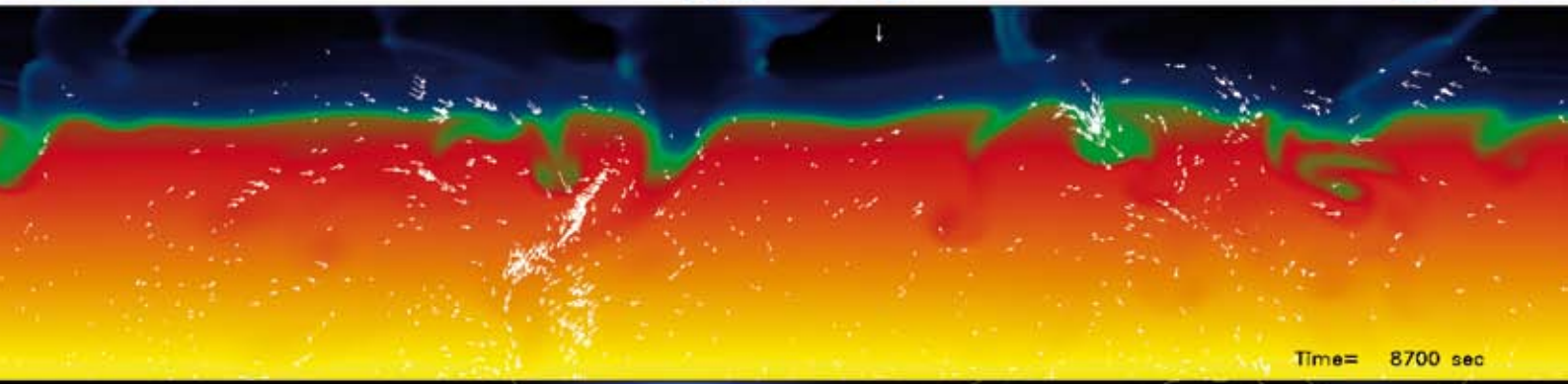
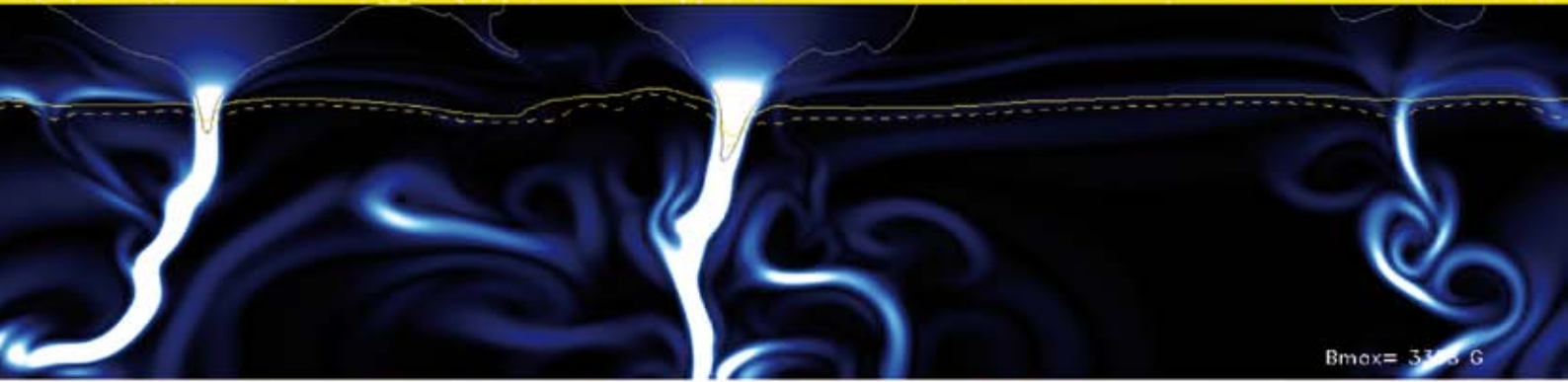
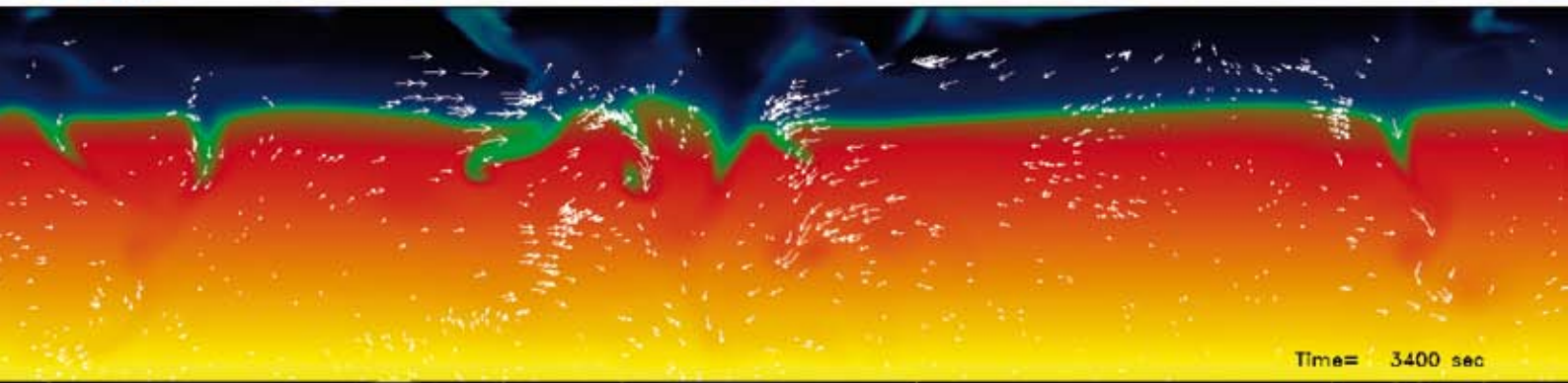
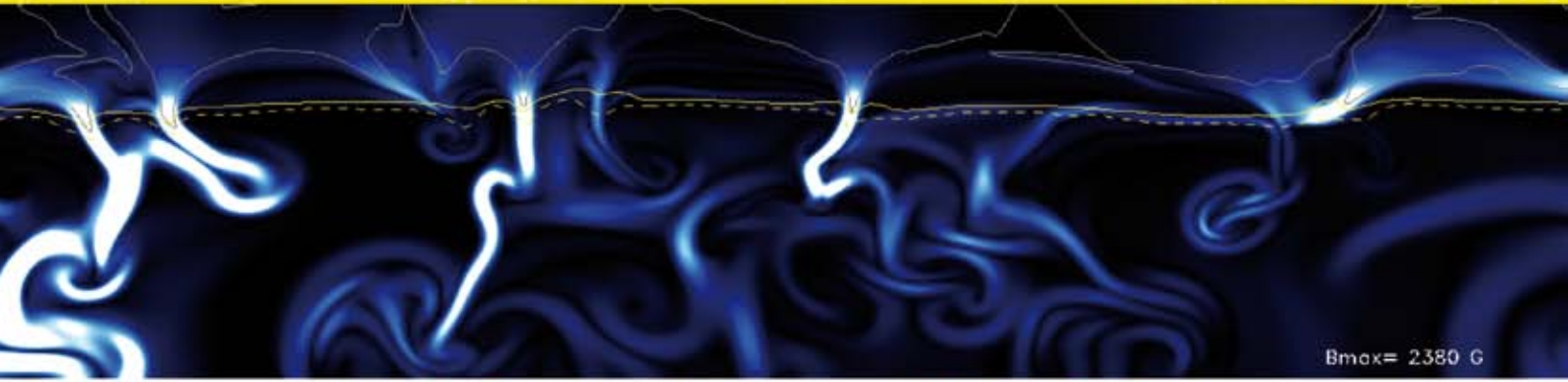
Mann, G., Warmuth, A., Aurass, H. (2009): **Generation of highly energetic electrons at reconnection outflow shocks during solar flares**, *Astronomy & Astrophysics* 494(2), 669

Miteva, R., Mann, G. (2008): **On nonlinear waves in Hall-MHD plasma**, *Journal of Plasma Physics*. 74(5), 607

Önel, H., Mann, G. (2009): **Generation of large scale electric fields in coronal flare circuits**, *Central European Astrophysics Bulletin* 33, 141

Vocks, C., Mann, G. (2009): **Scattering of solar energetic electrons in interplanetary space**, *Astronomy & Astrophysics* 502(1), 325

Warmuth, A., Mann, G., Aurass, H. (2009): **Modelling shock drift acceleration of electrons at the reconnection outflow termination shock in solar flares**, *Astronomy & Astrophysics* 494(2), 677



Sternphysik und Sternaktivität

Stellar Physics and Stellar Activity

Kosmische Magnetfelder und die „Solar-Stellar Connection“

Kosmische Magnetfelder spielen eine zentrale Rolle bei der Entstehung und Entwicklung von Planeten, Sternen und Galaxien und womöglich des ganzen Universums als solches. Magnetfelder von Himmelskörpern werden nun bereits seit einem Jahrhundert studiert, seit George Ellery Hale 1908 das erste extraterrestrische Magnetfeld bei einem Sonnenfleck entdeckt hat. Die Herkunft und Entwicklung kosmischer Magnetfelder bleiben ungelöste Fragen der fundamentalen Physik und der Astrophysik.

Es ist auch das Magnetfeld, das die nicht-thermische Energieabgabe der Sonne und anderer sonnenähnlicher Sterne dominiert. Dabei ist es der treibende physikalische Motor für spektrale Aktivitäten in Sternatmosphären, die wiederum die Interaktion der Sonne mit der Erde und allgemein zwischen Stern und Planet bestimmt.

Am AIP fokussieren wir uns auf die Erforschung der Ähnlichkeiten und Unterschiede der vom Magnetfeld bestimmten astrophysikalischen Eigenschaften der Sonne und der Sterne (die so genannte „solar-stellar connection“; Fig. 1). Sind die Proportionen der Sonne einmalig unter den Sternen? Neben vielen astrophysikalischen Detailfragen stellen sich auch große, sozialrele-

Cosmic magnetic fields and the solar-stellar connection

Cosmic magnetic fields play a key role in the formation, structure and evolution of planets, stars and galaxies, and possibly the Universe as a whole. Magnetic fields of celestial bodies have been studied for a century, since the discovery of the first extraterrestrial magnetic field of a sunspot by George Ellery Hale in 1908, but their origin and evolution remain open questions for fundamental physics and astrophysics.

It is also the magnetic field that drives the non-thermal output of the Sun as well as of other solar-type stars and is thereby the responsible agent for spectral atmospheric activity which in turn govern solar-terrestrial and star-planet interactions.

At AIP, we focus on the magnetic-field driven similarities, and differences between our Sun and other solar-type stars (the “solar-stellar connection”; Fig. 1). Are the properties of the Sun unique among the stars? Among many detailed astrophysical questions would also be bigger questions of even social interest, e.g., what made the Sun so special that it harbors an Earth with human life? A delicate balance between the star’s magnetic activity, the way the planet formation proceeded, and the build-up of



Team 2008 / 2009:

Janos Bartus, Thorsten Carroll, Daniel Fügner, Thomas Granzer, Svetlana Hubrig (head), Ilya Ilyin, Ralf Jacob, Katja Janssen, Arto Järvinen, Silva Järvinen, Markus Kopf, Andreas Künstler, Matthias Müller, Ute Rühling, Christer Sandin, Matthias Steffen, Klaus Strassmeier, Jens Ole Tietje, Michael Weber.

Left: Snapshots from a CO5BOLD simulation of solar near-surface magneto-convection. From top to bottom, the three frames show the time evolution of small-scale magnetic fields in the solar atmosphere and subsurface layers, resulting in the formation of a strong flux tube. In each frame, the upper panel shows the temperature structure (yellow: $T = 20,000$ K, blue: $T = 2,000$ K), the lower panel displays the distribution of magnetic field density $|B|$. The yellow lines delineate the optical surface (solid: $\tau = 1$ contour, dashed: $\tau = 10$ contour). The geometrical size of the simulation volume is $11,000 \times 3100$ km.

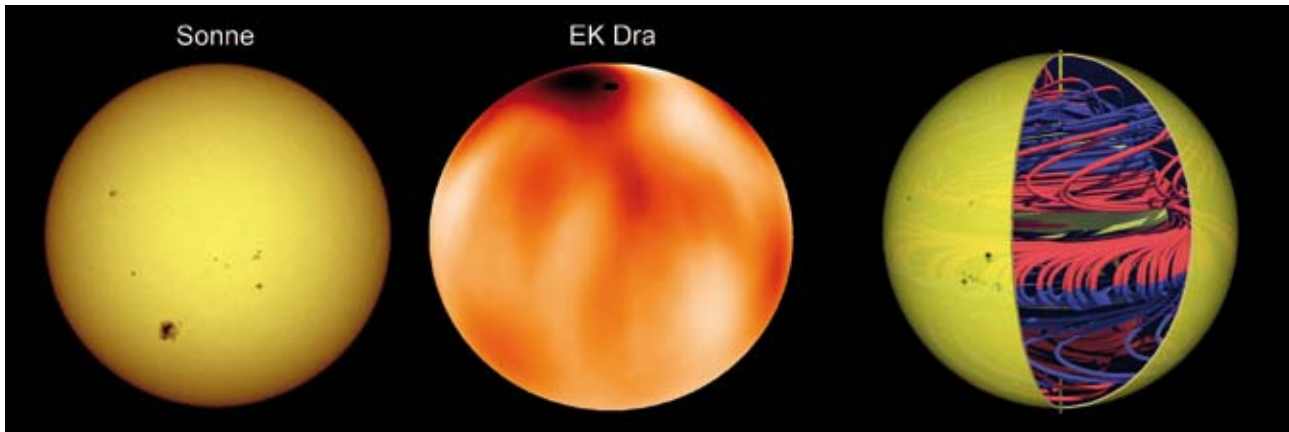


Fig. 1: The Sun (left) and EK Draconis (middle). A comparison of the Sun with a young solar analog of age approx. 100 Myr and a rotation period ten times faster than the current Sun shows cool spots of much larger dimension and also at higher latitudes than their solar counterparts. Right: A boundary-layer mean-field dynamo produces a dipole-like magnetic field structure. The simulation shows magnetic field lines with a dipole-like field structure. Blue means pointing inward, red means pointing outward. Individual flux-tube bundles may reach the stellar surface and then emerge as bipolar spot groups. The rotation axis is indicated.

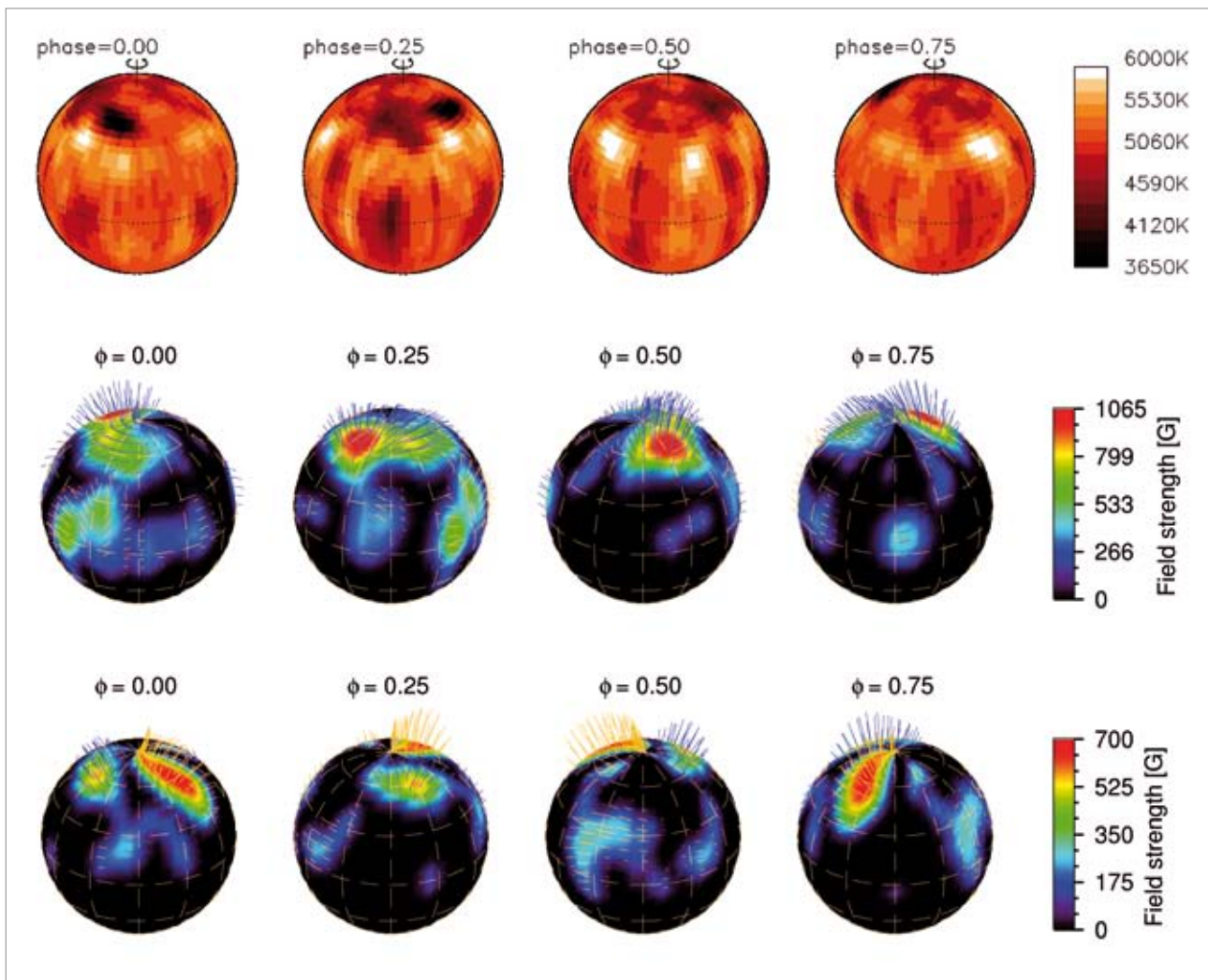


Fig. 2: Gallery of Doppler images. Top: A temperature map of the rapidly-rotating single giant star FK Comae obtained with STELLA/SES (Korhonen et al.). Middle and bottom: Magnetic field maps of the active RS CVn-type binary II Pegasi obtained with NOT/SOFIN in 2004 and 2007, respectively (Carroll et al.). The stellar surface is shown at four rotational phases (0, 0.25, 0.5, 0.75). Color in the top image represents temperature in Kelvin, in the lower two images magnetic field strength in Gauss.

vante Fragen wie z.B. was machte die Sonne so speziell, dass sie eine Erde mit menschlichem Leben hervorbringen konnte? Ein Gleichgewicht zwischen der magnetischen Aktivität der jungen Sonne und der Art und Weise wie die Planeten und deren Magnetfelder entstanden sind, musste bereits von Anfang an vorhanden gewesen sein.

Wir erhoffen uns weitreichende Ergebnisse, z.B. ein Verständnis der solaren und stellaren differentiellen Rotation oder der detaillierten Interaktion des Magnetfeldes mit konvektiven Plasmaströmungen und deren Rückkopplung auf den Sternaufbau. Große Fragen, wie nach dem Einfluss des Magnetfeldes auf die Entwicklung einer habitablen Zone, werden dann anhand einer empirischen Basis und mit der neuen Generation von Extrem Großen Teleskopen (ELTs) möglich sein.

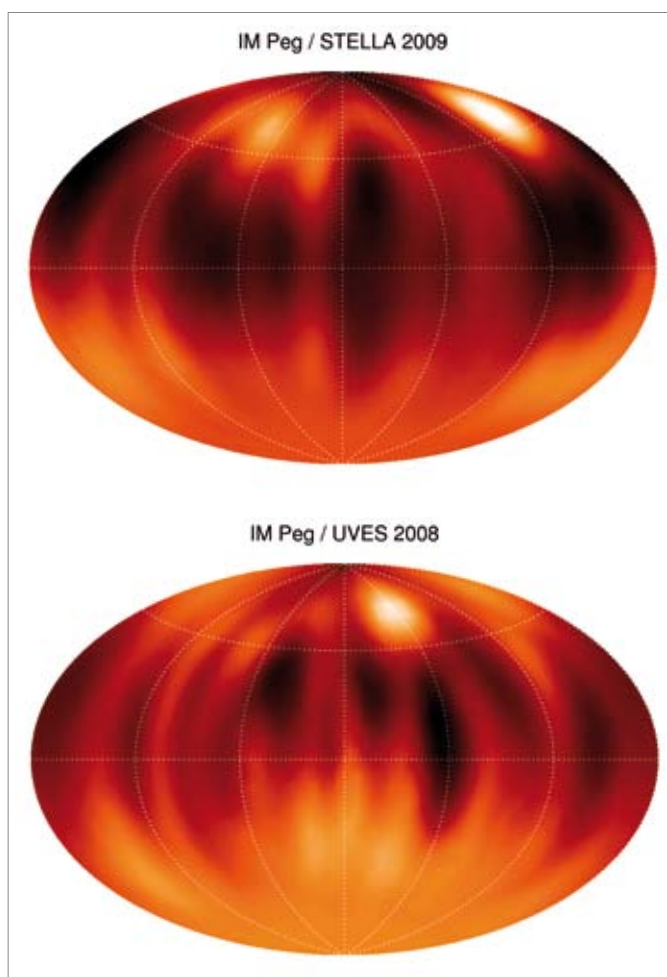


Fig. 3: Temperature maps of the surface of the active giant star IM Pegasi (Korhonen & Weber et al.). Top: obtained in 2009 with STELLA/SES. Bottom: obtained in 2008 with VLT/UVES. Color represents temperature with black being coolest and white being warmest with respect to the stellar photosphere. Notice the relative movement of the bright, high-latitude feature with respect to the cool, low-latitude features.

a planetary magnetic field must have been achieved early on in the Sun's 4.5 billion year life.

Altogether, we expect far reaching results, for example, our understanding of solar and stellar differential rotation, the detailed interaction of magnetic fields with convective plasma flows, and their impact for stellar structure models. Bigger questions, such as the impact of magnetic activity for the development of habitable zones, will become addressable with the new generation of Extremely Large Telescopes (ELTs) and an empirically established data basis for other solar-like stars.

Kann man Sterne auflösen?

Sterne erscheinen uns am Himmel als Punktquellen. Nur die Sonne, der uns am nächstgelegene Stern, kann räumlich aufgelöst werden. Das Prinzip des (Zeeman-) Doppler Imaging von Sternflecken erlaubt es, die riesigen Entfernungen zu überbrücken und ein Bild des Sternes zu errechnen als ob er viel näher wäre. Die Basis dafür ist seine Rotation und das Vorhandensein von Flecken, die die Linienabsorption im Spektrum genau bei der Wellenlänge reduzieren, die der Dopplergeschwindigkeit an der betreffenden Stelle an der Sternoberfläche entspricht. Diese reduzierte Absorption erscheint in einer Absorptionslinie als „Emissionshügel“. Weil die durch die Rotation verursachte Dopplergeschwindigkeit mit der Position des Fleckes auf der Sternoberfläche gekoppelt ist, erlaubt es diese Technik den Ort und die Größe der Flecken zu re-

Can we resolve stellar surfaces?

Stars appear to us as point sources. The only exception is the Sun, the nearest of all stars. The principle of (Zeeman-) Doppler imaging of cool starspots provides a technique to bridge the large distances and compute an image of the star as if it was much closer.

The basis is a rotating star whose cool spots cause reduced line absorption at the wavelengths that are proportional to the Doppler velocity at their respective surface location. This reduced absorption appears as an “emission bump” in the absorption line profile. Because the rotational Doppler shift is related with the surface position of the spot with respect to the rotational axis, the technique allows the reconstruction of the spot's location and size (comparable to medical computer tomography). If

konstruieren (wie in der medizinischen Computertomographie). Wandern die Emissionshügel mit unterschiedlicher Geschwindigkeit durch das Linienprofil und ist die siderische Breitenposition des Fleckes bekannt, kann daraus die differentielle Oberflächenrotation bestimmt werden. Wenn das Ganze auf Spektrallinien im polarisierten Licht angewandt wird, wie in Fig. 2 gezeigt, kann sogar die volle Geometrie des Oberflächenmagnetfeldes rekonstruiert werden.

Ja, wir können also Sternoberflächen auflösen, auch wenn der Stern tausende Lichtjahre von uns entfernt ist. Die Voraussetzungen dafür sind, dass der Stern

the bumps migrate with different rates through the line profile and, if the latitude of the spots is constrained by the data, then it allows the determination of a surface differential rotation law. When applied to time series of polarized spectral line profiles, as shown in Fig. 2, even the full geometry of the surface magnetic field can be reconstructed uniquely.

Yes, we can resolve stellar surfaces, even if the star is a thousand light years away from us. Prerequisites are that it rotates and that it has starspots and that we have a telescope that can look at the star for long periods of time and has a high-resolution spectrograph. With the robotic ob-

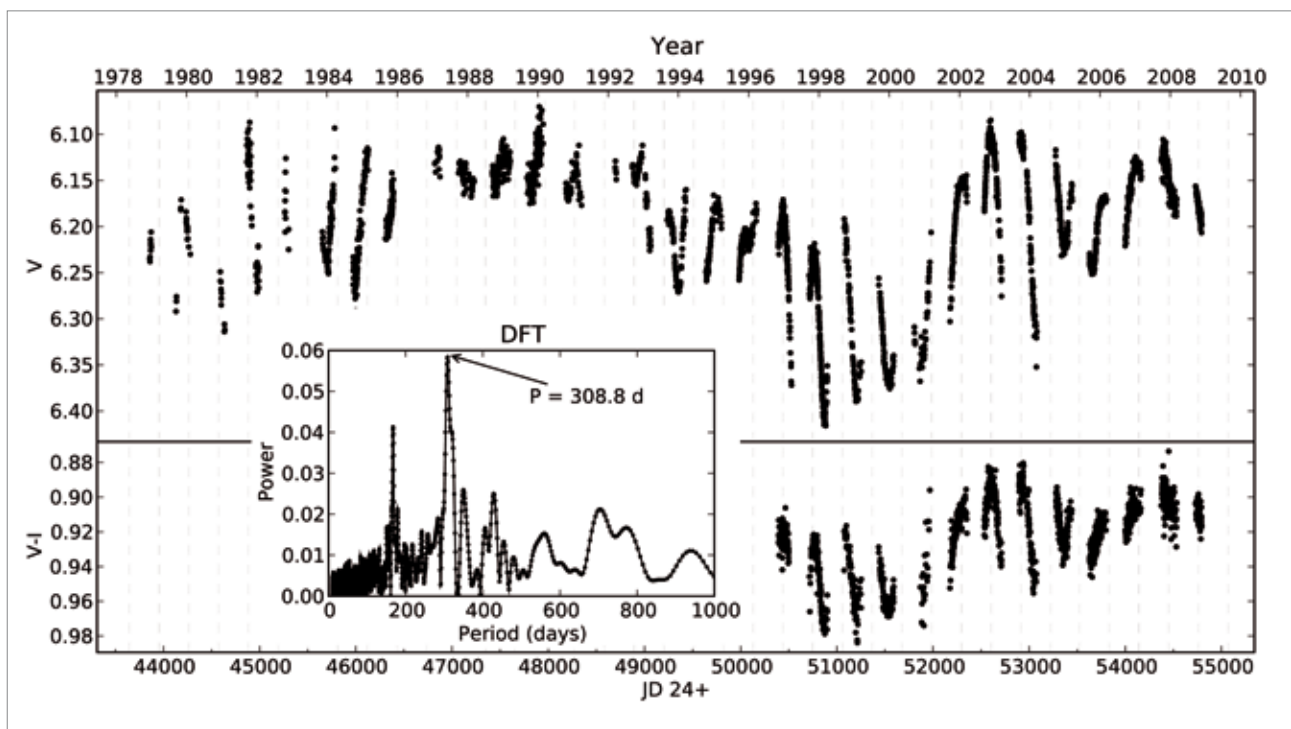


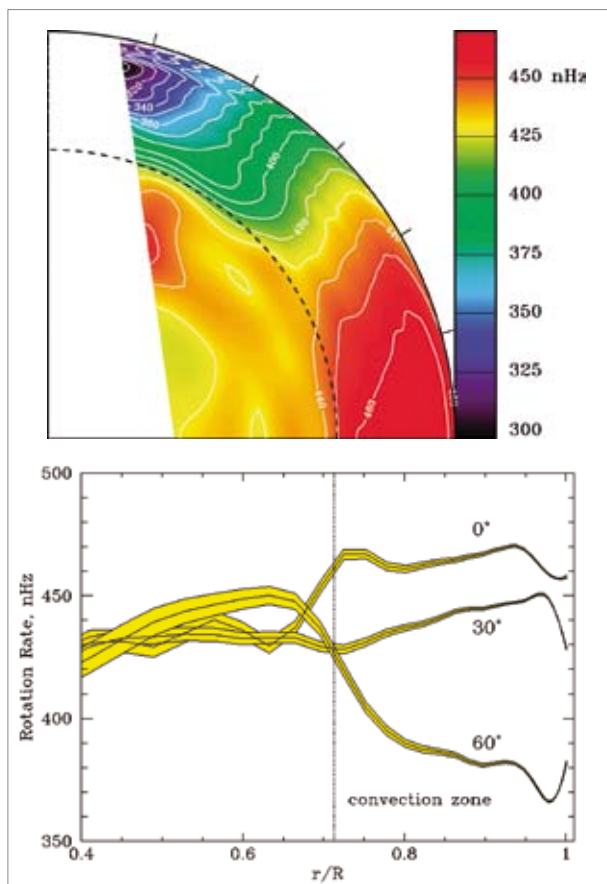
Fig. 4: More than 30 years of Johnson V and 12 years of Johnson V-I photometry of the slowly rotating active star HR1362 = EK Eri. The photometric period is 308.8 days (insert; from a Discrete Fourier Transform periodogram) but the likely rotation period of the star is twice that due to symmetric spots. Almost all of the data shown in the figure were taken with robotic telescopes, as of 1993 with the AIP-operated Wolfgang-Amadeus APT in southern Arizona.

rotiert, dass er Sternflecken hat und dass wir ein Teleskop besitzen mit dem man für lange Zeiten die Rotation des Sternes verfolgen kann und obendrein auch noch einen hochauflösenden Spektrografen besitzt. Mit dem robotischen Observatorium STELLA und seinem Echelle Spektrografen haben wir in den letzten Jahren genau das notwendige Werkzeug entwickelt und gebaut. Erste Ergebnisse sind in Fig. 2 und 3 dargestellt.

servatory STELLA and its Echelle spectrograph SES, we have developed and built the right tool to do exactly that. First results are presented in Figs. 2 and 3.

Sternfleckenphotometrie mit robotischen Teleskopen

Sterne sind auf allen Zeitskalen variabel, von Sekunden bis Jahrzehnten und länger. Mit robotischen Teleskopen verfolgen wir die Helligkeit von magnetisch-aktiven Sternen über sehr lange Zeiträume und versuchen so mehr



Starspot photometry with robotic telescopes

Stars are variable on all time scales, from seconds to decades and even longer. With robotic telescopes we measure the brightness of a sample of magnetically active stars over a long period of time. This allows us to

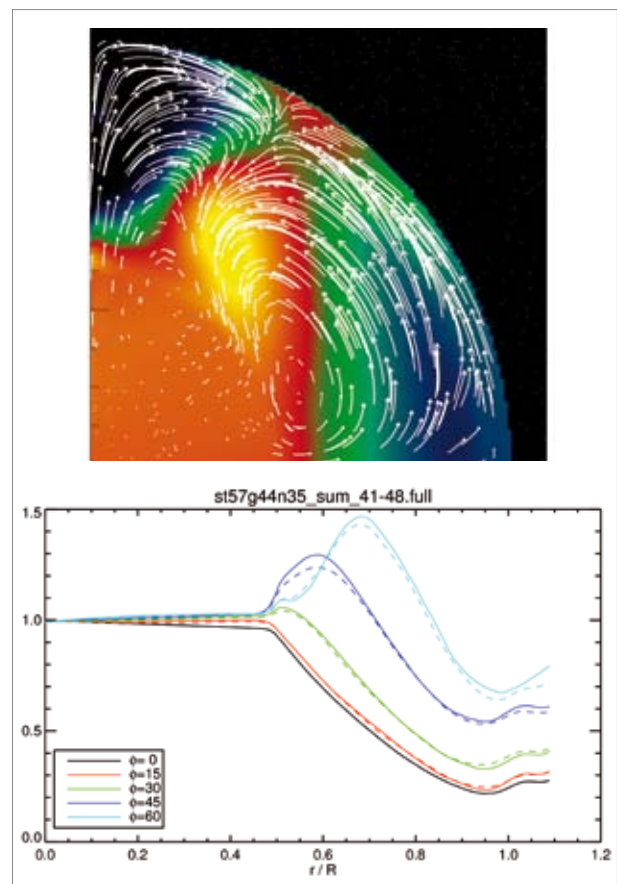


Fig. 5: Left: Differential rotation of the Sun, as deduced from helioseismology. The dashed line indicates the bottom of the convection zone (credit HAO/NCAR). Right: Differential rotation and meridional circulation in the CO5BOLD star-in-a-box numerical simulation representing a red supergiant. Colors indicate the local rotation period as a function of latitude and distance from the center of the star. Only the yellow region rotates faster than the core. The meridional flow, indicated by the white streamlines, is poleward from the equator up to latitude about 60°, with a counter-cell occupying the polar region. The rotation pattern is completely different from what we find in the Sun.

über deren Fleckenzyklen ähnlich dem 11-jährigen Sonnenfleckenzyklus zu erfahren. Das AIP betreibt zusammen mit der Universität Wien die beiden Automatischen Photoelektrischen Teleskope (APT) Wolfgang & Amadeus im Süden von Arizona. Fig.4 zeigt den 30 Jahre langen Datensatz für den aktiven Stern HR 1362 im Sternbild Eridanus. Unsere Periodenanalyse ergab eine photometrische Periode von 308,8 Tagen – die bisweilen längste bekannte photometrische Periode eines Sternes. Verursacht wird diese Periode durch die Rotation des Sternes. Jedoch glauben wir, dass die wahre Rotationsperiode des Sternes sogar doppelt so lange ist, da der Stern während des ganzen Beobachtungsintervalls immer zwei Flecke zeigte.

detect and study stellar activity cycles comparable to the solar 11-year sunspot cycle. Together with the University of Vienna we operate the two Automatic Photoelectric Telescopes (APT) Wolfgang & Amadeus in southern Arizona. Fig.4 shows 30 years of data for the active star HR 1362 in the constellation of Eridanus. Our period analysis revealed a photometric period of 308.8 days, the longest known photometric period of any star in the sky. The cause of this period is the rotation of the star. However, we believe that the rotation period is actually twice as long because the star shows two spots consistently throughout the lengths of the entire data set.

Die differentielle Rotation von Sonne und Riesensternen

Sterne rotieren nicht wie starre Körper, sondern zeigen eine so genannte differentielle Rotation: Die Rotationsperiode P hängt ab von der stellaren Breite φ (Winkelabstand vom Äquator) und dem radialen Abstand vom Zentrum des Sterns, r . Differentielle Rotation führt zur Verstärkung stellarer Magnetfelder. Ihre Kenntnis ist daher von fundamentaler Bedeutung für die Dynamotheorie, deren Ziel das physikalische Verständnis der magnetischen Aktivitätszyklen von Sonne und Sternen ist.

Das Rotationsgesetz der Sonnenoberfläche ist durch genaue Messung der Umlaufgeschwindigkeiten von Sonnenflecken und anderen Oberflächenstrukturen bestimmbar und seit langem gut bekannt. Die Äquatorregion rotiert mit $P \approx 25$ d deutlich schneller als die Polregion ($P > 33$ d). Es gehört zu den großen Leistungen der Helioseismologie, gesicherte Erkenntnisse über das Rotationsgesetz des Sonneninneren erschlossen zu haben. Demnach rotiert der radiative

Kern annähernd gleichförmig, während die Winkelgeschwindigkeit in der konvektiven Hülle in erster Linie von φ abhängt und dem Rotationsmuster der Oberfläche folgt (siehe linke Seite Fig.5). Die Messung der differentiellen Rotation von Sternen ist sehr viel schwieriger, aber für genügend schnell rotierende Sterne prinzipiell möglich. Mit Hilfe des so genannten Doppler-Imaging lassen sich Karten der stellaren Oberflächenstrukturen konstruieren, deren zeitliche Änderungen Rückschlüsse auf die differentielle Rotation ermöglichen. Bei fleckenlosen Sternen kann eine Fourieranalyse der Spektrallinien Aufschluss über Richtung und Stärke

Solar and stellar differential rotation

Stars do not rotate as rigid bodies but exhibit differential rotation: the rotation period P depends on the stellar latitude φ (angular distance from the equator) and on

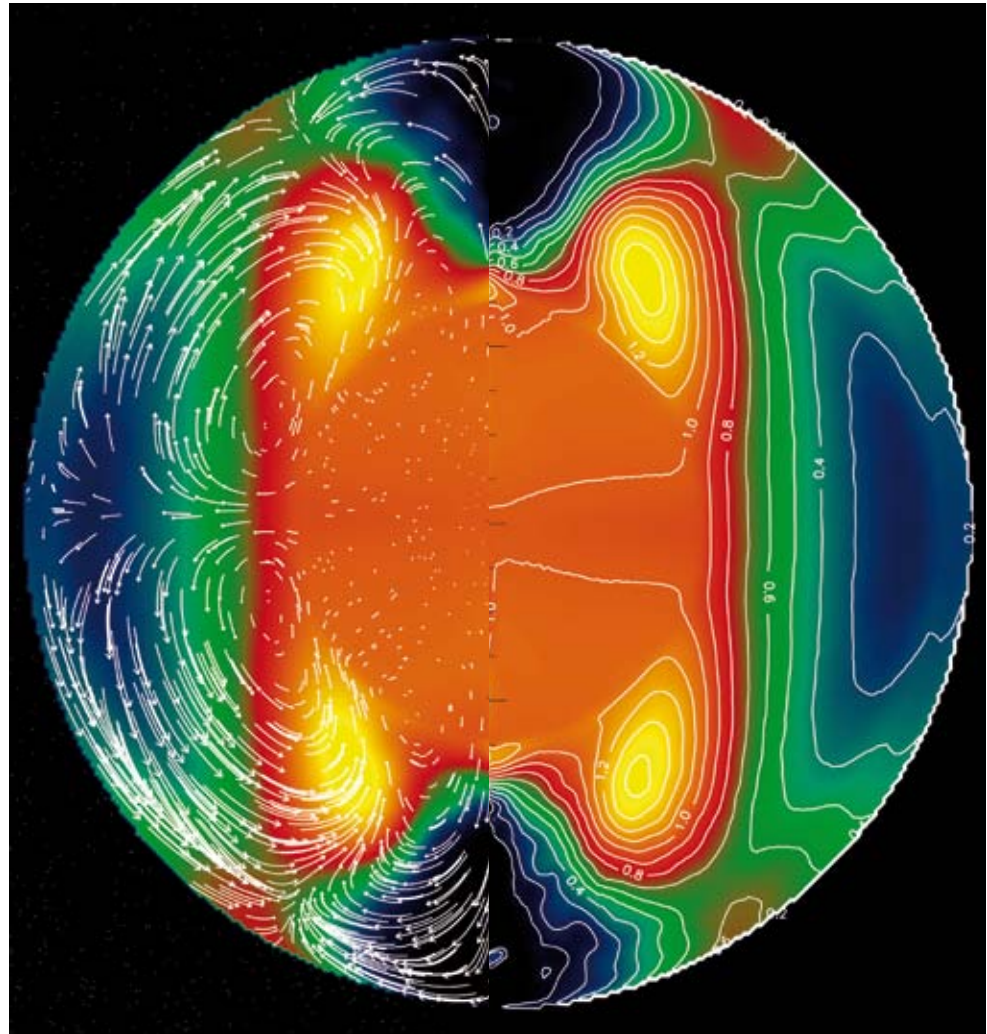


Fig. 6: CO5BOLD star-in-a-box numerical experiment designed to study differential rotation and meridional circulation in a red supergiant. The local angular rotation velocity is color coded and indicated by contour lines (right), the meridional flow velocity is visualized by white streamlines (left).

the radial distance from the center of the star, r . Differential rotation acts to amplify stellar magnetic fields, and therefore plays a fundamental role stellar dynamo theory, which aims at a physical understanding of solar and stellar magnetic activity cycles.

The rotation law of the Sun has been determined from accurate measurements of the rotational velocities of sunspots and other surface features. The rotation period of the equatorial region ($P \approx 25$ d) is distinctly shorter than that of the polar region ($P > 33$ d). It is the most remarkable triumph of helioseismology to have revealed

der differentiellen Rotation geben. Physikalisch-mathematische Modelle der differentiellen Rotation sind kompliziert. Da für die Sonne angepasst, sind die Vorhersagen für andere Sterntypen unsicher. Alternativ können die Rotationsgesetze von Sternen grundsätzlich auch durch direkte numerische Simulationen bestimmt werden. Dieser Ansatz ist allerdings sehr aufwendig und erfordert globale Modellrechnungen, die für sonnenähnliche Sterne weit außerhalb der technischen Möglichkeiten liegen. Für extreme Riesensterne (≈ 600 -facher Sonnendurchmesser) sind die Anforderungen aber weniger kritisch, da hier die Größe von oberflächennahen Konvektionszellen und Sternradius sowie die Zeitskalen von Konvektion und Rotation, vergleichbar sind.

Erste numerische Experimente zur differentiellen Rotation von „Riesensternen“ wurden mit einer erweiterten Version des Strahlungs-Hydrodynamik-Codes CO5BOLD durchgeführt. Das Ergebnis ist im rechten Teil von Fig. 5 zu sehen. Demnach scheint sich das Rotationsgesetz von Riesensternen fundamental von dem sonnenähnlicher Sterne zu unterscheiden: Im Gegensatz zur Sonne rotieren hier die Äquatorregionen langsamer als die höheren Breiten und der Kern, und die meridionale Strömung spielt eine dominante Rolle für den Drehimpulstransport.

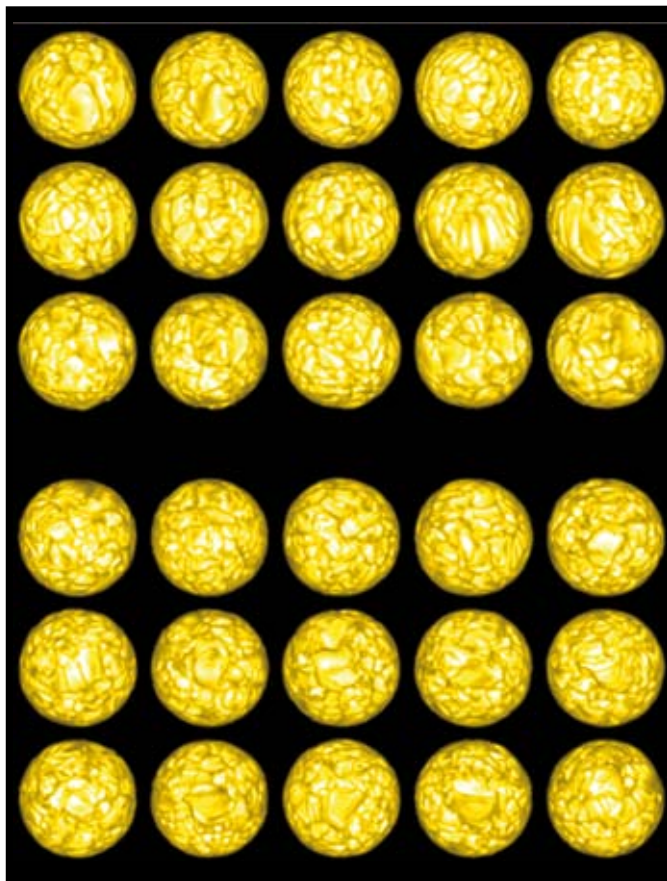


Fig. 7: CO5BOLD star-in-a-box numerical experiment showing the evolution of convection cells at the surface of a rotating red supergiant, seen equator-on (top) and pole-on (bottom). In each block, time increases from top left to bottom right. For movies of this time sequence see http://www.aip.de/AN/movies/328_10/.

the rotation law of the solar interior. According to the helioseismic inversion, the radiative core seems to rotate uniformly, while the convective envelope rotates differentially, following roughly the surface rotation pattern (see Fig. 5, left panels).

The measurement of the differential rotation is much more difficult for stars. For sufficiently fast rotators, different methods have been developed. Doppler Imaging provides maps of stellar surface features, whose temporal changes can be analyzed for the signature of differential rotation. In case of spotless stars, a Fourier analysis of spectral line profiles can indicate the sign and strength of differential rotation. Theoretical models of stellar differential

rotation are complicated. Calibrated for the Sun, their predictions for other types of stars are uncertain. In principle, the stellar rotation laws could also be inferred from direct numerical simulations. However, this approach is very expensive and requires a global setup, which, for solar-type stars, is far beyond present technical capabilities. For supergiants ($R \approx 600 R_{\odot}$) the computational requirements are less critical, as the size of near-surface convection cells is comparable to the stellar radius, and convective time scales and rotation period are of the same order.

First numerical experiments aiming at the investigation of differential rotation in “supergiants” were carried out with an upgraded version of the radiation hydrodynamics code CO5BOLD. The result is displayed on the right panels of the Fig. 5. The preliminary conclusion is that the rotation law of supergiant stars is fundamentally different from that of solar-type stars: in contrast to the Sun, the equatorial region rotates slower than both the higher latitudes and the inner core. Moreover, the meridional flow seems to play a dominant role for the angular momentum transport.

Untersuchung der magnetischen Eigenschaften von Vorhauptreihensternen der Spektralklasse A, den so genannten Herbig Ae-Sternen

Das Ziel unserer neuesten Untersuchungen von Herbig Ae-Sternen mit FORS1, welches am „Very Large Telescope“ in Chile installiert ist, war es, die Zahl der Herbig Ae-Sterne mit gemessenen Magnetfeldern zu vergrößern, um Korrelationen zwischen Magnetfeldstärken und anderen beobachteten Eigenschaften wie Akkretionsrate, Scheibenneigungswinkel, Silikateilchen und polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAH), Mitgliedschaft in Doppelsternsystemen, Alter, oder Röntgenemission zu ermitteln.

Studying the Magnetic Properties of Herbig Ae stars

In our recent studies of Herbig stars with FORS1 at the Very Large Telescope (VLT) of the European Southern Observatory (ESO) we sought to expand the sample of stars with measured magnetic fields to determine whether magnetic field properties in these stars are correlated with other observed properties such as mass-accretion rate, disk inclination, companions, silicates, PAHs, or show a correlation with age and X-ray emission as expected from the decay of a remnant dynamo. Herbig Ae stars are the more massive pre-stellar equivalents of the lower-mass T Tauri stars. Usually Herbig stars show strong outflows of matter in the form of a wind. In optical spectra

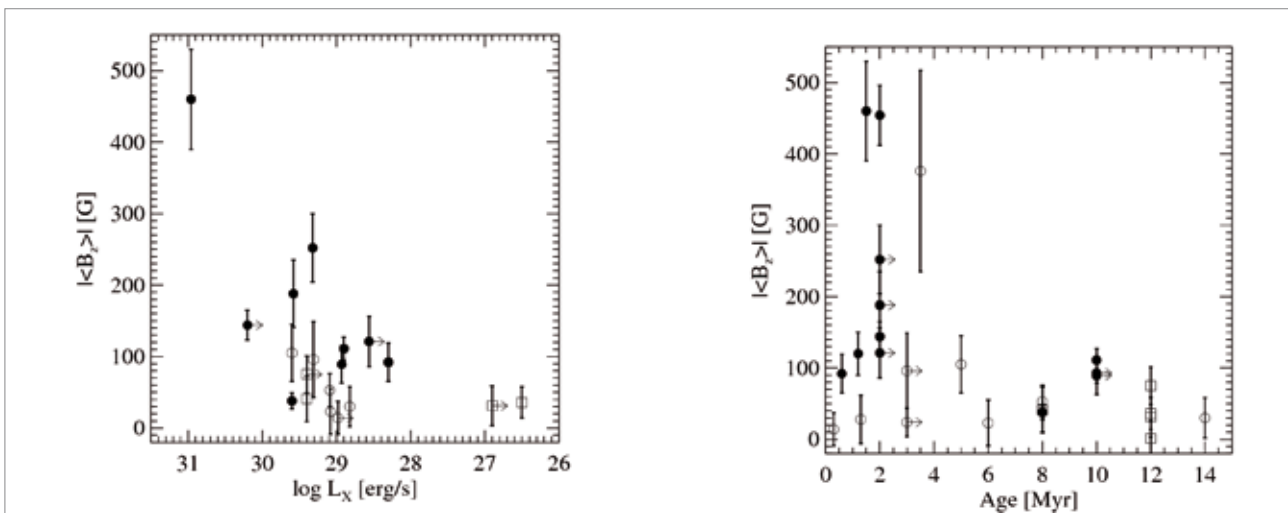


Fig. 8: Left: The strength of the longitudinal magnetic field plotted against the X-ray luminosity. Filled circles denote Herbig Ae stars with a 3σ magnetic field detection, while open circles denote Herbig Ae stars with a lower σ . Squares denote stars with debris disks, of which none has a 3σ magnetic field detection. Right: The strength of the longitudinal magnetic field as a function of age.

Die Vorhauptreihensterne der Spektralklasse A (Herbig Ae-Sterne) ähneln in gewissem Maße den T Tauri-Sternen, den aktiven Vorhauptreihensternen kleinerer Masse. Sie zeigen starke Materieausflüsse und weisen starke Emissionslinien in ihren optischen Spektren auf, die auf die Existenz von großen Mengen Materie in dichten Akkretionsscheiben deuten. Solche Scheiben machen sich durch die Präsenz von starkem infraroten Exzess und akkretierender Materie bemerkbar. Die Entwicklung von einem Protostern zu einem Hauptreihenstern ist die wichtigste Phase der Planetenentstehung, die gerade in diesen Scheiben stattfindet. Die Beobachtungen von Herbig Ae-Sternen weisen darauf hin, dass sie eine den T Tauri-Sternen ähnliche Scheibenstruktur, Scheibengröße und Scheibenhelligkeit haben. Aus diesem Grund erwartet man, dass Magnetfelder bei Herbig Ae-Sternen

they are characterized by intensive emission lines, which indicate the existence of copious matter, possibly in a dense accretion disk. The surrounding accretion disks are evidenced by a strong infrared excess and are actively accreting material. The phase between protostar and main-sequence object is a key stage for planet formation, i.e. early protostellar disks are cradles of planet formation.

The observations of intermediate mass Herbig Ae stars suggest a close parallel to T Tauri stars, revealing the same size range of the disks, similar optical surface brightness and similar structure. It is quite possible that especially the magnetic fields play a crucial role in controlling accretion onto, and winds from, Herbig Ae stars, similar to the magnetospheric accretion observed in

in ähnlicher Weise wie bei den T Tauri-Sternen eine entscheidende Rolle für die Steuerung der Akkretionsflüsse und Winde spielen. Zum ersten Mal ist es uns gelungen, Hinweise auf Korrelationen zwischen der Magnetfeldstärke und der Akkretionsrate, dem Alter und der Röntgenemission festzustellen. Die gemessenen Feldstärken sind im Einklang mit der magnetosphärischen Akkretionstheorie und deuten auf eine dipolähnliche Magnetfeldstruktur hin. Magnetfeldstärke und Röntgenemission nehmen mit dem Alter der Sterne im Bereich von 2 bis 14 Millionen Jahren ab. Diesen Umstand würde man beim Abklingen eines Dynamo-Mechanismus erwarten. Fig. 8 (linke Seite) zeigt die Magnetfeldstärke, aufgetragen gegenüber der Röntgenemission. Eines der wichtigsten Ergebnisse unserer Untersuchung ist zudem die Korrelation zwischen der Magnetfeldstärke und der Röntgenemission. Diese Korrelation weist darauf hin, dass ein Dynamo-Mechanismus für die koronale Aktivität bei Herbig Ae-Sternen verantwortlich ist. Wir finden auch die Tendenz, dass jüngere Herbig Ae-Sterne stärkere Magnetfelder besitzen. Fig. 8 (rechte Seite) zeigt die gemessene Magnetfeldstärke bei Herbig Ae-Sternen als Funktion des Alters.

T Tauri stars. Using our sample of Herbig Ae stars with masses of $3 M_{\odot}$ and less, we searched for a link with other stellar parameters to put preliminary constraints on the mechanism responsible for magnetospheric activity. For the first time we established preliminary trends between magnetic field strength, mass-accretion rate, X-ray emission and age. We find that the range of observed magnetic field values is in agreement with the expectations from magnetospheric accretion models giving support for dipole-like field geometries. Both the magnetic field strength and the X-ray emission show hints of a decline with age in the range of $\sim 2-14$ Myrs probed by our sample, supporting a dynamo mechanism that decays with age. On the left of Fig. 8 we present the strength of the magnetic field plotted versus $\log L_X$. It is noteworthy that we find a hint for an increase of the magnetic field strength with the level of the X-ray emission, which suggests that a dynamo mechanism may be responsible for the coronal activity in Herbig Ae stars. There is also obviously a trend showing that stronger magnetic fields tend to be found in younger Herbig Ae stars and that magnetic fields become very weak at the end of their pre-main sequence life (see the right of Fig. 8).

Ausgewählte Publikationen

Selected Publications

Carroll, T. A., Kopf, M., Strassmeier, K. G. (2008): **A Fast Method for Stokes Profile Synthesis – Radiative Transfer Modeling for ZDI and Stokes Profile Inversion**, *Astronomy & Astrophysics*, 488, 781

Carroll, T. A., Kopf, M. (2008): **Zeeman-Tomography of the Solar Photosphere – 3-Dimensional Surface Structures Retrieved from HINODE Observation**, *Astronomy & Astrophysics*, 481, 37

Järvinen, S.P., Korhonen, H., Berdyugina, S.V., Ilyin, I., Strassmeier, K.G., Weber, M., Savanov, I. & Tuominen, I. (2008): **Magnetic activity on V889 Herculis – Combining photometry and spectroscopy**, *Astronomy & Astrophysics*, 488, 1047

Korhonen, H., Hubrig, S., Berdyugina, S. V., Granzer, Th., Hackman, T., Schöller, M., Strassmeier, K. G., Weber, M. (2009): **First measurement of the magnetic field on FK Com and its relation to the contemporaneous star-spot locations**, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 395, 282-289

Schrijver, K., Carpenter, K., Karovska, M., Ayres, T., Basri, G., Brown, B., Christensen-Dalsgaard, J., Dupree, A., Guinan, E., Jardine, M., Miesch, M., Pevtsov, A., Rempel, M., Scherrer, P., Solanki, S., Strassmeier, K. G., Walter, F. (2009): **Dynamos and magnetic fields of the Sun and other cool stars, and their role in the formation and evolution of stars and in the habitability of planets**, *Astro2010: The Astronomy and Astrophysics Decadal Survey*, Science White Papers, no. 262

Strassmeier, K. G. (2008): **Kosmische Magnetfelder**, *Sterne & Weltraum*, 10/2008, 34–45

Strassmeier, K. G. (2009): **Starspots**, *Astronomy & Astrophysics R* 17, 251-308

Strassmeier, K. G.; Bartus, J.; Fekel, F. C.; Henry, G. W. (2008): **The chromospherically active, triple, ellipsoidal, and eclipsing binary HD 6286 = BE Piscium: a laboratory for binary evolution**, *Astronomy & Astrophysics* 485, 233-243

Strassmeier, K. G., Kosovichev, A., J. Beckman, J., eds. (2009): **Cosmic Magnetic Fields: From Planets, to Stars and Galaxies, Proceedings of the International Astronomical Union, IAU Symposium Volume 259**, Cambridge Univ. Press

Hubrig, S., Stelzer, B., Schöller, M., Grady, C., Schütz, O., Pogodin, M. A., Curé, M., Hamaguchi, K., Yudin, R. V. (2009): **Searching for a link between the magnetic nature and other observed properties of Herbig Ae/Be stars and stars with debris disks**, *Astronomy & Astrophysics* 502, 283

Hubrig, S., Schöller, M., Savanov, I., Yudin, R. V., Pogodin, M. A., Štefl, St., Rivinius, Th., Curé, M. (2009): **Magnetic survey of emission line B-type stars with FORS 1 at the VLT**, *Astronomische Nachrichten* 330, 708

Steffen, M., Schönberner, D., Warmuth, A. (2008): **The evolution of planetary nebulae. V. The diffuse X-ray emission**, *Astronomy & Astrophysics*, 489, 173

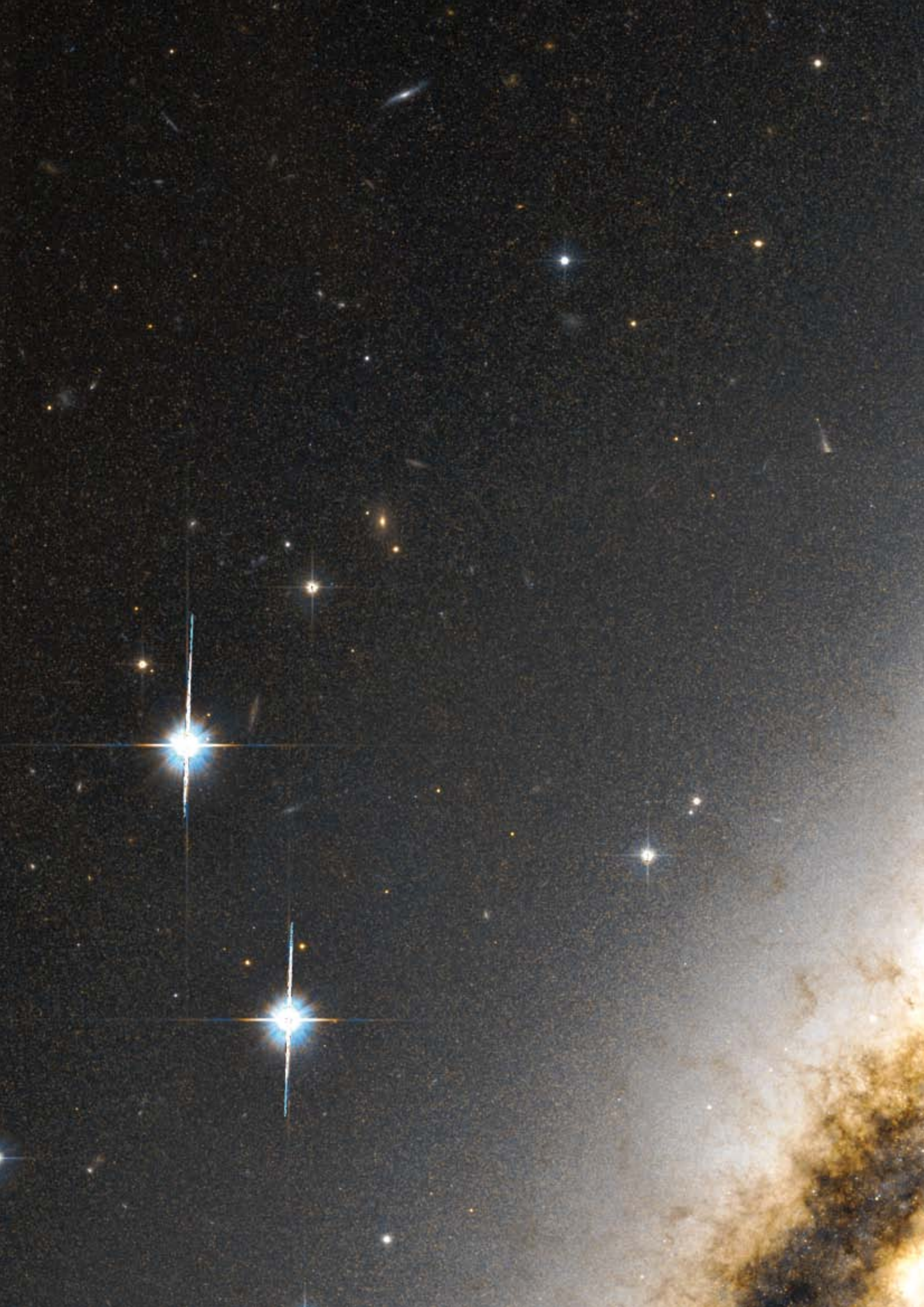
Steffen, M. (2009): **Solar Photosphere and Chromosphere in Landolt-Börnstein (New Series), Numerical Data and Functional Relationships in Science and Technology, Group VI, Vol.4**, *Astronomy and Astrophysics, Solar System*, Springer, 21-62

Extragalaktische Astrophysik

Extragalactic Astrophysics

Wohl kaum ein Gebiet der Astrophysik entwickelt sich derzeit so rasant, wie das der extragalaktischen Astrophysik und Kosmologie. Ziel ist es zu verstehen, wie sich aus kleinen Unregelmäßigkeiten im frühen Kosmos, beobachtet in den minimalen Temperaturschwankungen von weniger als einem hunderttausendstel Grad in der kosmischen Hintergrundstrahlung, über kosmische Zeiten dann Planetensysteme, Sterne, Galaxien und Galaxienhaufen und die spinnennetzartige großräumige Verteilung von Galaxien, das so genannte „Cosmic Web“, herausgebildet haben. Der Forschungsschwerpunkt „Extragalaktische Astrophysik“ beteiligt sich maßgeblich an dieser internationalen Entwicklung mit verschiedenen Projekten in der beobachtenden wie theoretischen Astrophysik. Dabei zeichnet sich der Forschungsschwerpunkt dadurch aus, dass er einen ganzheitlichen Zugang zu diesem Themenkomplex verfolgt, der das Know-how auf den Gebieten der Sternentstehung, des interstellaren Mediums, der Entstehung und Entwicklung von Galaxien und Quasaren sowie der Kosmologie und der großräumigen Strukturen vereinigt. Die geheimnisvolle dunkle Materie und dunkle Energie spielen dabei eine wesentliche Rolle.

Extragalactic astrophysics and cosmology is one of the fastest progressing fields in present day astrophysical research. Its goal is to understand how small inhomogeneities in the early cosmos, manifested in the cosmic microwave background radiation as temperature fluctuations at a level of a one hundred thousandth of a degree, lead to the formation of planetary systems, stars, galaxies and galaxy clusters, all embedded in the filamentary structure of the cosmic web. The research branch “Extragalactic Astrophysics” is participating in the international development of the field with contributions in observational as well as theoretical astrophysics. In particular, it endeavours to integrate expertise in the fields of star formation, interstellar medium, formation and evolution of galaxies as well as cosmology and large-scale structure. The mysterious dark matter and dark energy are of particular importance for these investigations.





Sternentstehung und interstellares Medium

Star Formation and the Interstellar Medium

Sternentstehung ist ein Fundamentalprozess im Universum der Galaxien. Zielsetzung vieler internationaler Forschergruppen ist es, Sternentstehungsprozesse von der gegenwärtigen Epoche (Population I) über die kosmische Frühphase (Population II) bis zur allerersten Sternengeneration (Population III) zurückzuverfolgen und zu verstehen. Unser Programmbereich am AIP widmete sich dabei in jüngster Zeit verstärkt den Population II Sternen und den interstellaren Bedingungen, aus denen diese Sterne hervorgegangen sind; darüber soll hier berichtet werden. Diese so genannten Population II Sterne sind alte, metallarme (chemisch unterentwickelte) Objekte, mit subsonaren Massen, die im Halo unserer Milchstraße gefunden werden und hohe Eigenbewegungen aufweisen, was auf eine „turbulente Vergangenheit“ bzw. Entstehungsgeschichte hinweist.

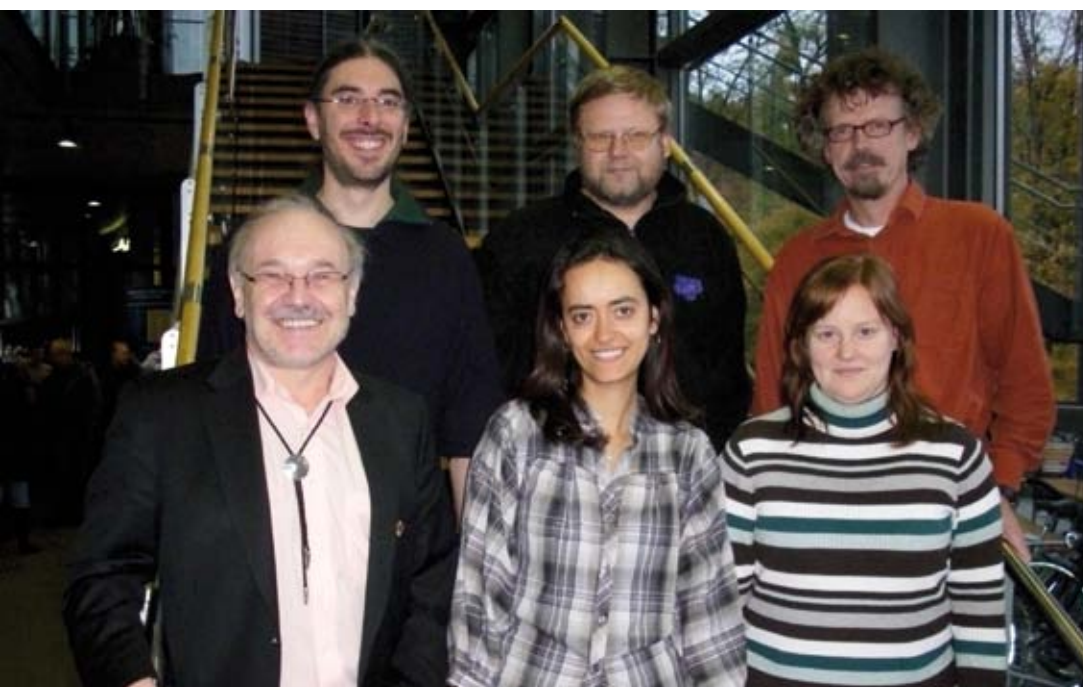
Simulationen riesiger Molekülwolken

Riesige Molekülwolken (Giant Molecular Clouds; GMCs) sind dichte, kalte Wolken aus Gas und Staub, die sowohl in unserer als auch in anderen Galaxien beobachtet werden. In ihnen findet jegliche beobachtete Sternentstehung statt. Aus dieser engen Verbindung zwischen GMCs und Sternentstehung folgt, dass wir maßgebliche Einsichten in Sternentstehung auf galaktischer Ebene

Star formation is a fundamental process in the universe of galaxies. The goal of many international research teams is to trace back and understand star formation processes from the present epoch (Population I) via the early phases in the cosmos (Population II) to the origin of the very first stars (Population III). Our research at AIP recently focussed on Population II stars and the interstellar conditions out of which they formed. This is the topic of the current report. These so-called Population II stars are old, metal-poor (chemically less enriched) objects, with sub-solar masses, which are detected in the halo of our Milky Way and are characterized by high proper motions, indicating a “turbulent past” in terms of their formation history.

Simulations of giant molecular clouds

Giant molecular clouds (GMCs) are dense cold clouds of gas and dust that we observe both in our galaxy and in others, and that act as the sites for essentially all observed star formation. The close connection between GMCs and star formation implies that understanding how GMCs form and evolve is a key step in understanding the formation of stars in a galactic context. However, the observational study of GMCs is not as simple as we might hope. The bulk of the mass in any GMC is made up of molecu-



*Team 2008 / 2009:
Cornelia Biering, Claudia Conrad, Serge Correia, Simon Glover, Ulfert Hanschur, Carolina Kehrig, Nina Kharchenko, Spyridon Kitsionas, Gwendolyn Meeus, Arabela de la Nuez Cruz, Robert Piontek, Anatoly Piskunov, Thorsten Ratzka, Jan Ruppert, Olivier Schnurr, Ralf-Dieter Scholz, Jesper Storm, Hans Zinnecker (head).*

Left: I Zw 18 (at 18 Mpc) – one of the most metal-poor dwarf galaxies known.

gewinnen können, wenn wir die Entstehung und Entwicklung von GMCs besser verstehen. Leider sind beobachtende Untersuchungen von GMCs nicht besonders einfach, denn der Großteil der Masse einer GMC besteht aus molekularem Wasserstoff (H_2), der nur sehr schwer direkt beobachtet werden kann. Daher stammt fast unser gesamtes Wissen über GMCs von Beobachtungen des leichter beobachtbaren Kohlenstoffmonoxid-(CO-)Moleküls. Zwar ist CO nach dem H_2 das zweithäufigste Molekül im Universum, aber insgesamt macht es nur einen kleinen Bruchteil der Masse aus. Um Beobachtungen von CO richtig interpretieren zu können, müssen wir also die Beziehung zwischen CO und H_2 verstehen.

In den vergangenen Jahren haben wir versucht, diese Beziehung anhand von hochauflösenden, numerischen Simulationen von GMCs zu studieren, die sowohl die dynamische als auch die chemische Entwicklung der Wolken berücksichtigen. Es ist das erste Mal überhaupt, dass in Simulationen die Dynamik und Chemie der Wolken miteinander gekoppelt wurden, denn bislang wurden diese stets getrennt voneinander untersucht.

Die Simulationen haben eine große Menge an Ergebnissen produziert, deren Analyse in vollem Gange ist. Jedoch ist bereits jetzt schon klar, dass das CO im Vergleich zum restlichen Gas sehr viel inhomogener verteilt ist (Fig. 1) und folglich die Eigenschaften der Wolke viel

lar hydrogen, but this is extremely hard to observe directly. Therefore, most of our observational information on the properties of GMCs comes from observations of carbon monoxide (CO). This is the second most abundant as-

trophysical molecule, after molecular hydrogen, but still represents no more than a tiny fraction of the total gas mass. To properly interpret observations of the CO in GMCs, we need to understand the relationship between the CO and the molecular hydrogen.

In the past few years, we have attempted to improve our understanding of this relationship with the aid of a series of high-resolution numerical simulations. These simulations model both the dynamical evolution of the clouds and also their chemical evolution. They represent the most ambitious effort to date to treat cloud dynamics and chemistry in a truly coupled fashion; most previous efforts have focused on either dynamics or chemistry, but not both.

The simulations have provided us with a wealth of data, much of which is still being analyzed. However, one fact that has already become abundantly clear is that there is much more inhomogeneity in the CO distribution (Fig. 1), compared to the underlying gas distribution, than has been previously appreciated.

This implies that CO is not a fair tracer of the properties of the GMCs; it has systematic biases, which will affect the inferred properties of the clouds. Our simulations will help us to understand and correct for these biases in the future.

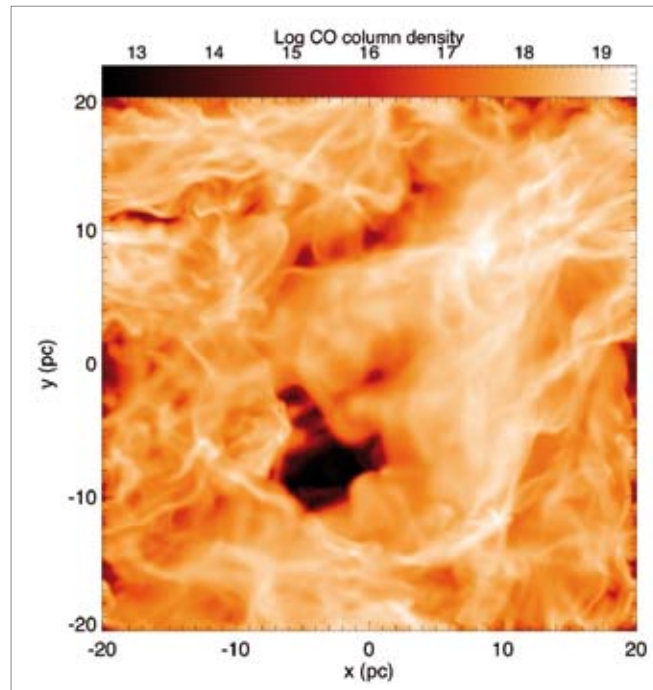


Fig. 1: CO column density distribution of a model giant molecular cloud (for a solar metallicity gas, sub-solar metallicity models have also been calculated but are not shown here).

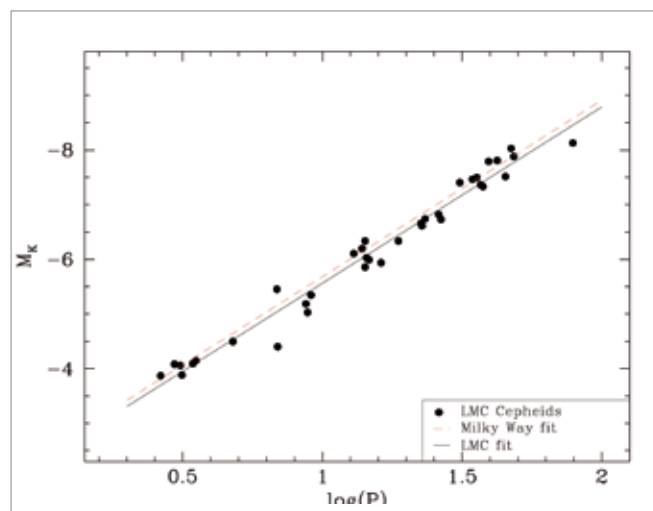


Fig. 2: The K-band Period-Luminosity relation for LMC Cepheids based on infrared surface brightness distances. The best fit for the LMC and Milky Way samples are overplotted.

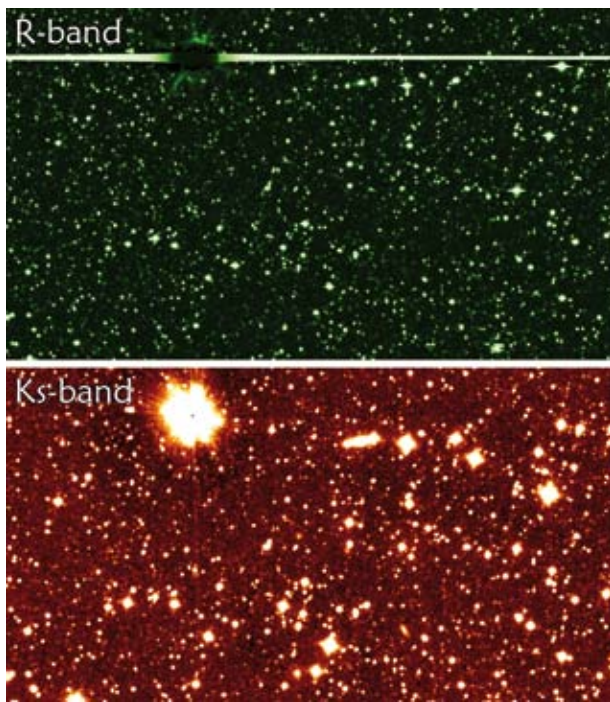


Fig. 3: 4×2.4 arcmin (about $50\text{pc} \times 30\text{pc}$) image in the optical (top) and near-infrared (bottom) of a giant molecular dust cloud in the southern part of the metal-poor Large Magellanic Cloud. Note that some stars are much brighter in the infrared than in the optical, mainly due to the differential extinction by the dust cloud (extinction 10 times less in the near-infrared). About 20% of the stars seen are associated with the cloud, the majority is foreground or background objects.

schlechter widerspiegelt, als bisher angenommen wurde. Daraus folgt, dass man systematische Abweichungen einführt, wenn man die Eigenschaften der Wolken aus CO-Beobachtungen ableitet. Unsere Simulationen werden uns dabei helfen, diese Abweichungen zu verstehen und zu korrigieren.

Kartierung des ionisierten Gases in extrem metallarmen HII Galaxien

Extrem metallarme Emissionsliniengalaxien im nahen Universum sind wertvolle Laboratorien für die extragalaktische Astrophysik und die beobachtende Kosmologie, da sie es gestatten, Sternentstehung und Galaxienentwicklung unter Bedingungen zu studieren, die denen vergleichbar sind, die in weit entfernten protogalaktischen Systemen vorliegen (d.h., wo die chemische Anreicherung noch nicht sehr weit vorangekommen ist). Solche Systeme lassen sich sonst nur sehr schwer mit hoher Auflösung und Genauigkeit untersuchen. HII Galaxien stellen die metallärmsten Starburst Galaxien im nahen Universum dar und stellen damit eine Brücke zwischen nahen sternbildenden Galaxien und solchen bei

Mapping the ionized gas in extremely metal-poor HII galaxies

Extremely metal-deficient emission-line galaxies in the nearby universe are invaluable laboratories for extragalactic astronomy and observational cosmology since they allow us to study star formation and the evolution of galaxies under chemical conditions approaching, those in distant protogalactic systems, which cannot otherwise be studied with sufficient resolution and accuracy. HII galaxies comprise the most metal-poor dwarf starburst galaxies known in the nearby universe (Kunth & Sargent

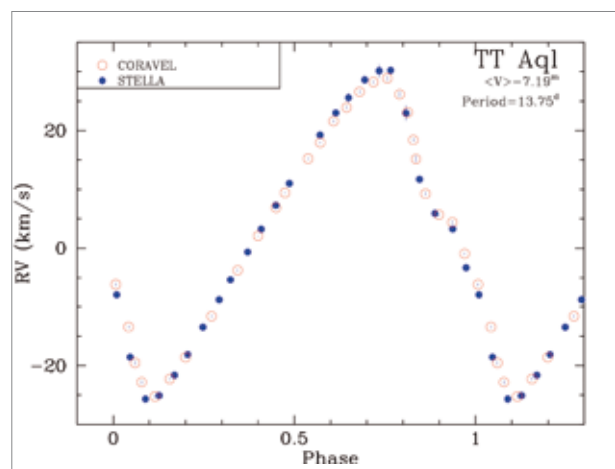


Fig. 4: A sample radial velocity curve based on data from the fully robotic STELLA observatory (blue) with literature data from CORAVEL (red) overplotted.

1983), providing in this respect a bridge between near-field and high-redshift star-forming galaxies. We obtained optical ($\sim 3700 - 6700$) spectra for 7 extremely low metallicity HII galaxies [$12 + \log(O/H) < 7.6$] using IMACS (an integral field unit) attached to the 6.5m Las Campanas Magellan Baade Telescope. Based on these data we are studying the morphology and spatial distribution of the ionized gas (e.g., electron density and temperature, chemical abundances, dust extinction, ionization structure) in relatively chemically unevolved environments. The data will give us insight into important issues on XHII Gs, for example: i) the occurrence of Wolf-Rayet stars in this kind of object, ii) the process of dispersion and mixing of metals in HII galaxies. The observations allow us to quantitatively analyse massive star feedback processes in low metallicity environments. We also investigate the origin of the nebular H α 4686 emission line. This emission line is seen in 1/3 of all Wolf-Rayet galaxies and offers a powerful diagnostic for the ionizing stellar population in distant starburst regions. Both theoretical predictions

hoher Rotverschiebung her. Wir haben optische Spektren (370-670 nm) für 7 extrem metallarme HII Galaxien [$12+\log(O/H) < 7.6$] mit dem IMACS 3D-Feldspektrographen am Las Campanas 6,5 Meter Teleskop (Magellan-Baade Teleskop) aufgenommen. Mit Hilfe dieser Daten untersuchen wir die Morphologie und räumliche Verteilung des ionisierten Gases in diesen chemisch relativ unterentwickelten Galaxien (z.B. Elektronendichte und Temperatur, chemische Häufigkeiten, Staubextinktion, Ionisationsstruktur).

Die Daten geben Aufschluss über wichtige Fragen von metallarmen HII Galaxien, z.B. über die Häufigkeit von Wolf-Rayet Sternen in diesen Systemen und über die

and observations show that its strength increases at low metallicity, and thus it promises to be an especially useful probe for Population II galaxies at high redshifts.

The Metallicity Dependence of the Cepheid Period-Luminosity relation

The Cepheid Period-Luminosity (PL-) relation is fundamental for determining the extragalactic distance scale. In spite of the large amounts of data for extra-galactic Cepheids which has been acquired over the past decade, in particular by the Hubble Space Telescope, the

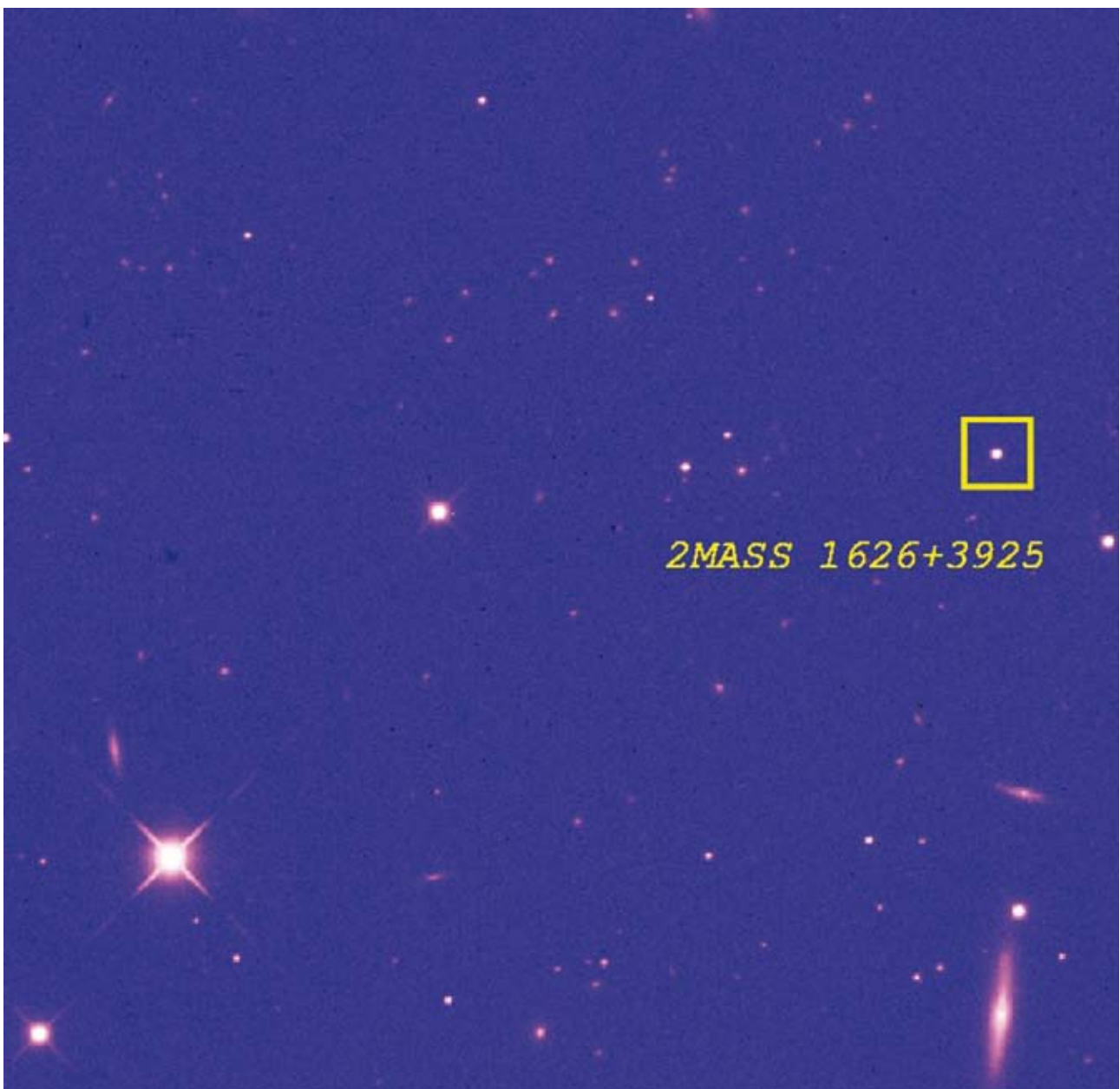


Fig. 5: One of the images of the oldest brown dwarf, 2MASS 1626+3925, taken with the near infra-red Omega 2000 camera at the Calar Alto 3.5m telescope, for measuring its trigonometric parallax directly with respect to galaxies.

Mischprozesse von chemischen Elementen („Metalle“). Die Beobachtungen erlauben somit, Feedback-Prozesse von massereichen Sternen in metallarmen Umgebungen quantitativ zu analysieren. Wir untersuchen z.B. den Ursprung der Hell 4686A Nebellinie. Diese Linie zeigt sich in 1/3 aller Wolf-Rayet Galaxien und ist ein mächtiges Mittel zur Vorhersage der ionisierenden Sternpopulation in entfernten starburst Galaxien. Sowohl Theorie als auch Beobachtung deuten darauf hin, dass die Stärke dieser Linie bei geringer Metallhäufigkeit zunimmt und somit besonders nützlich ist, Population II Galaxien bei hohen Rotverschiebungen zu studieren.

Die Metallizitätsabhängigkeit der Perioden-Leuchtkraft-Beziehung der Cepheiden

Die Perioden-Leuchtkraft-Beziehung der Cepheiden ist Grundlage der extragalaktischen Entfernungsskala. Obwohl im vergangenen Jahrzehnt speziell vom Hubble-Weltraumteleskop (Hubble Space Telescope; HST) große Datenmengen gesammelt wurden, ist die Kalibrierung dieser P-L-Beziehung mit einigen Unsicherheiten behaftet. Es stellt sich nach wie vor die Frage, ob die Beziehung wirklich universell ist oder ob Steigung und Nullpunkt noch von anderen Parametern, speziell von der Metallizität, abhängen.

Die Infrarot-Flächenhelligkeitsmethode vom Baade-Wesselink-Typ erlaubt die direkte Entfernungsbestimmung zu galaktischen Cepheiden und folglich die Bestimmung der P-L-Beziehung in der Milchstraße. Bisherige Studien mit dieser Methode haben ergeben, dass die Steigung der P-L-Beziehung in der Milchstraße eine andere ist als in der großen Magellanschen Wolke (Large Magellanic Cloud; LMC), wo die P-L-Beziehung für Cepheiden bereits sehr gut bekannt ist. Um diesen entscheidenden Aspekt zu untersuchen, wenden wir die Flächenhellig-

calibration of the relation still contains significant sources of uncertainty. The question remains if the relation is truly universal or if the slope and zero-point depends significantly on other parameters, in particular the metallicity.

The Infrared surface-brightness (IRSB) method is a Baade-Wesselink type method and gives direct distances to individual Cepheids and thus allows the delineation of the Galactic PL-relation. Previous investigations using this method suggested that the slope of the Galactic PL-relation is different from the well established LMC PL-relation slope. We are now applying the method to about 75 Galactic Cepheids but also to 36 LMC Cepheids to investigate this critical point.

We have obtained new well sampled radial velocity curves for 20 LMC Cepheids using HARPS at ESO and for 7 Galactic Cepheids using STELLA (Fig. 4). We combine these data with optical and near-IR data already published by us and others as well as new OGLE-III optical light-curves giving us a total of 36 LMC and 75 galactic Cepheids.

The p-factor relating observed radial velocities to physical pulsational velocities lies at the heart of any Baade-Wesselink type method, including interferometric methods.

Using our new individual distances to LMC Cepheids and HST parallaxes of Galactic Cepheids we can place strong constraints on the p-factor dependence on pulsational period, or more correctly, we can accurately parametrize the period dependence of the method.

Based on the 36 LMC Cepheids we have analyzed so far we can well constrain the p-factor relation. Using this new p-factor relation we find an LMC

distance modulus of $18.35 \pm 0.1 \text{ mag}$. We also find that the slope of the PL-relation is largely independent of metallicity but the zero-point is metallicity sensitive, metal-poor stars being fainter (Fig. 2).

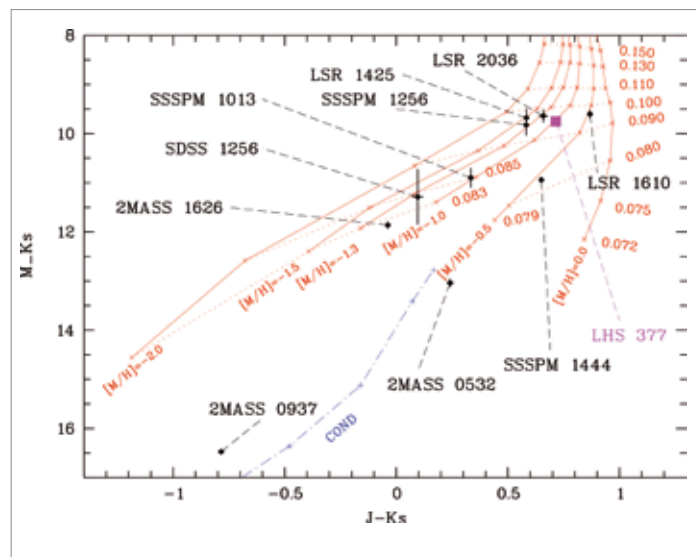


Fig. 6: Near-infrared colour-magnitude diagram with absolute magnitudes of ten ultracool subdwarfs obtained from new trigonometric parallaxes (black symbols with error bars). The full (red) lines represent theoretical models with different metallicities. The lowest model points (red crosses) are for masses at the hydrogen-burning limit dividing stars from brown dwarfs.

keitsmethode auf 75 Cepheiden in der Milchstraße und 36 in der LMC an.

Für einige unserer Programmsterne wurden erstmals Radialgeschwindigkeitskurven mit sehr guter Zeitaufösung erhalten; 20 Cepheiden in der LMC wurden mit HARPS bei der ESO, weitere 7 galaktische Cepheiden mit STELLA (Fig. 4) beobachtet. Zusammen mit neuen, optischen OGLE-III-Lichtkurven ergänzen diese Daten ältere, bereits von uns und anderen publizierte Daten aus dem Optischen und dem Nahinfraroten, sodass uns nun Datensätze für 75 galaktische und 36 LMC-Cepheiden zur Verfügung stehen. Kernpunkt jeglicher Entfernungsbestimmungsmethoden nach Baade-Wesselink, auch solcher, die auf Interferometrie beruhen, ist der so genannte p-Faktor. Dieser p-Faktor stellt die Beziehung zwischen den beobachteten Radialgeschwindigkeiten und den tatsächlichen, physikalischen Pulsationsgeschwindigkeiten her. Mittels unserer neuen, für jeden einzelnen LMC-Cepheiden individuell ermittelten Entfernungen sowie den mit HST gewonnenen Parallaxen für unsere galaktischen Programmsterne können wir die Abhängigkeit des p-Faktors von der Pulsationsperiode bestimmen; D.h. wir sind imstande, die Periodenabhängigkeit der Methode zu parametrisieren.

Ausgehend von den 36 bisher analysierten LMC-Cepheiden können wir die Periodenabhängigkeit des p-Faktors bereits gut bestimmen. Damit ergibt sich ein neuer Entfernungsmodul von (18.35 ± 0.10) mag für die LMC. Ein weiteres Ergebnis ist, dass zwar die P-L-Beziehung eine von der Metallizität unabhängige Steigung hat, dass aber ihr Nullpunkt metallizitätsabhängig ist, denn metallarme Sterne sind leuchtschwächer (Fig. 2).

Astrometrie von Objekten aus dem Galaktischen Halo

Kühle Unterzwerge sind metallarme Sterne und typische Vertreter der Population des Galaktischen Halos. Ultrakühle Unterzwerge (UCSDs) mit Spetraltypen später als M7 bis hin zu L- und T-Zwergen sind erst kürzlich bei Durchmusterungen nach Eigenbewegungen und im infraroten Bereich entdeckt worden. Ihre spektrale Klassifikation ist noch in Entwicklung (Fig. 7). Unsere trigonometrischen Parallaxenmessungen von 10 UCSDs mit dem Omega 2000 Instrument am Calar Alto 3,5 m-Teleskop (Fig. 5) geben erste Hinweise auf eine scheinbare Verlängerung der von Modellen vorhergesagten metallarmen Unterzwergeihen in Richtung brauner Zwerge (Fig. 6). Die Objekte hinter

Astrometry of Galactic halo objects

Cool subdwarfs are low-metallicity stars and typical representatives of the old Galactic halo population. Ultracool subdwarfs (UCSDs) of spectral types later than M7, entering the L and T dwarf classes, have only recently been discovered in high proper motion and infrared sky surveys. Their spectroscopic classification scheme is still under development (Fig. 7). Our trigonometric parallax measurements of 10 UCSDs with Omega 2000 at the Calar Alto 3.5m telescope (Fig. 5) show for the first time an apparent extension of low-metallicity subdwarf sequences predicted by models into the brown dwarf regime (Fig. 6). The objects lying below the bottom of the subdwarf sequences seem to confirm the existence of an older, metal-poor generation of brown dwarfs which have been formed together with Population II stars.

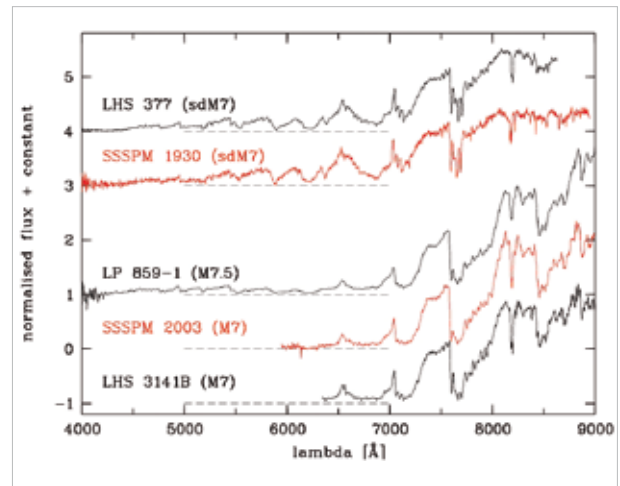


Fig. 7: Low-resolution classification spectra of the late-M dwarf SSSPM J2003-4433 (M7) and the ultracool subdwarf SSSPM J1930-4311 (sdM7), forming an extremely wide common proper motion pair, and some comparison objects.

More UCSDs have been identified in the SDSS spectroscopic database. All of them turned out to be also high proper motion objects. Very faint UCSDs, late-M and L dwarfs, and cool white dwarfs, all with Galactic halo kinematics, have been discovered in a deep high proper motion survey of the multi-epoch imaging observations of SDSS stripe 82 and with VLT FORS1 follow-up classification spectroscopy. By pushing the magnitude limit of high proper motion surveys beyond the limit of photographic Schmidt plates, we have demonstrated a high efficiency in finding cool Galactic halo objects (Fig. 8).

dem leuchtschwachen Ende der Unterzweigreihe scheinen die Existenz einer älteren und metallärmeren Generation von braunen Zwergen zu bestätigen, die sich zusammen mit den Sternen der Population II gebildet hat.

Weitere UCSDs konnten in der spektroskopischen Datenbank des SDSS identifiziert werden, wobei alle Objekte auch große Eigenbewegungen aufwiesen. Sehr schwache UCSDs, späte M- und L-Zwerg, sowie kühle weiße Zwerg wurden bei einer tiefen Durchmusterung nach Sternen mit großen Eigenbewegungen im wiederholt beobachteten SDSS-Streifen 82 entdeckt und mit VLT FORS1-Spektren klassifiziert. All diese Objekte gehören kinematisch zum Galaktischen Halo. Die Ausdehnung der Suche nach Eigenbewegungen jenseits der Helligkeitsgrenze photographischer Schmidplatten hat damit eine hohe Effektivität bei der Auffindung kühler Halo-Objekte unter Beweis gestellt (Fig. 8).

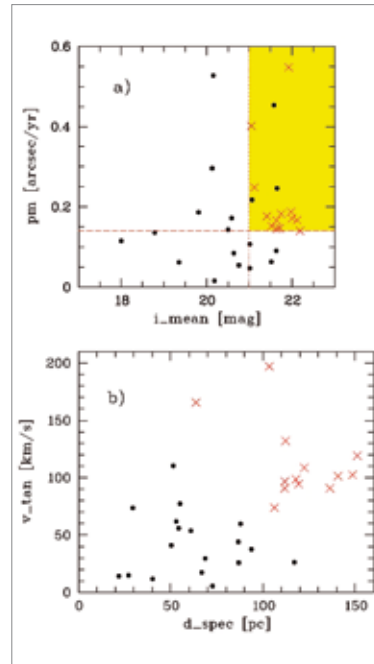


Fig. 8:
a) Mean i magnitudes and proper motions of all previously known (dots) and new (crosses) L0-L4.5 dwarfs in SDSS stripe 82 (S82). The area right of the dotted line and above the dashed line marks the selection criteria of our proper motion survey.

b) Spectroscopic distances and tangential velocities of previously known (dots) and new (crosses) L0-L4.5 dwarfs in S82.

Ausgewählte Publikationen

Selected Publications

Andersen, M., Zinnecker, H., Moneti, A., McCaughrean, M.J., Brandl, B., Brandner, W., Meylan, G., Hunter, D. (2009): **The low-mass Initial Mass Function in the 30 Doradus starburst cluster**, *Astrophysical Journal*, 707, 1347

Correia, S., Zinnecker, H., Ridgway, S.T., McCaughrean, M.J. (2009): **The H2 velocity structure of inner knots in HH 212: asymmetries and rotation**, *Astronomy & Astrophysics*, 505, 673

Glover, S.C.O., Federrath, C., Mac Low, M.-M., Klessen, R.S. (2009): **Modelling CO formation in the turbulent interstellar medium**, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, accepted

Gregorio-Hetem, J., Montmerle, T., Rodrigues, C.V., Marciotto, E., Preibisch, T., Zinnecker, H. (2009): **Star formation history of Canis Major R1. I. Wide-Field X-ray study of the young stellar population**, *Astronomy & Astrophysics*, 506, 711

Kharchenko, N.V., Piskunov, A.E., Röser, S., Schilbach, E., Scholz, R.-D., Zinnecker, H. (2009): **Integrated BVJHKS parameters and luminosity functions of 650 Galactic open clusters**, *Astronomy & Astrophysics*, 504, 681

Piskunov, A.E., Schilbach, E., Kharchenko, N.V., Röser, S., Scholz, R.-D. (2008): **Tidal radii and masses of open clusters**, *Astronomy & Astrophysics*, 477, 165

Piskunov, A.E., Kharchenko, N.V., Schilbach, E., Röser, S., Scholz, R.-D., Zinnecker, H. (2008): **The initial luminosity and mass functions of the Galactic open clusters**, *Astronomy & Astrophysics*, 487, 557

Piskunov, A.E., Kharchenko, N.V., Schilbach, E., Röser, S., Scholz, R.-D., Zinnecker, H. (2009): **Why simple stellar population models do not reproduce the colours of Galactic open clusters**, *Astronomy & Astrophysics*, 507, L5

Ratzka, Th., Schegerer, A.A., Leinert, Ch., Ábrahám, P., Henning, Th., Herbst, T.M., Köhler, R., Wolf, S., Zinnecker, H. (2009): **Spatially resolved mid-infrared observations of the triple system T Tauri**, *Astronomy & Astrophysics*, 502, 623

Ruppert, J., Zinnecker, H. (2009): **Star formation in the LMC: Comparative CCD observations of young stellar populations in two giant molecular clouds**, *Astronomische Nachrichten*, 330, 773

Schilbach, E., Röser, S., Scholz, R.-D. (2009): **Trigonometric parallaxes of ten ultracool subdwarfs**, *Astronomy & Astrophysics*, 493, L27

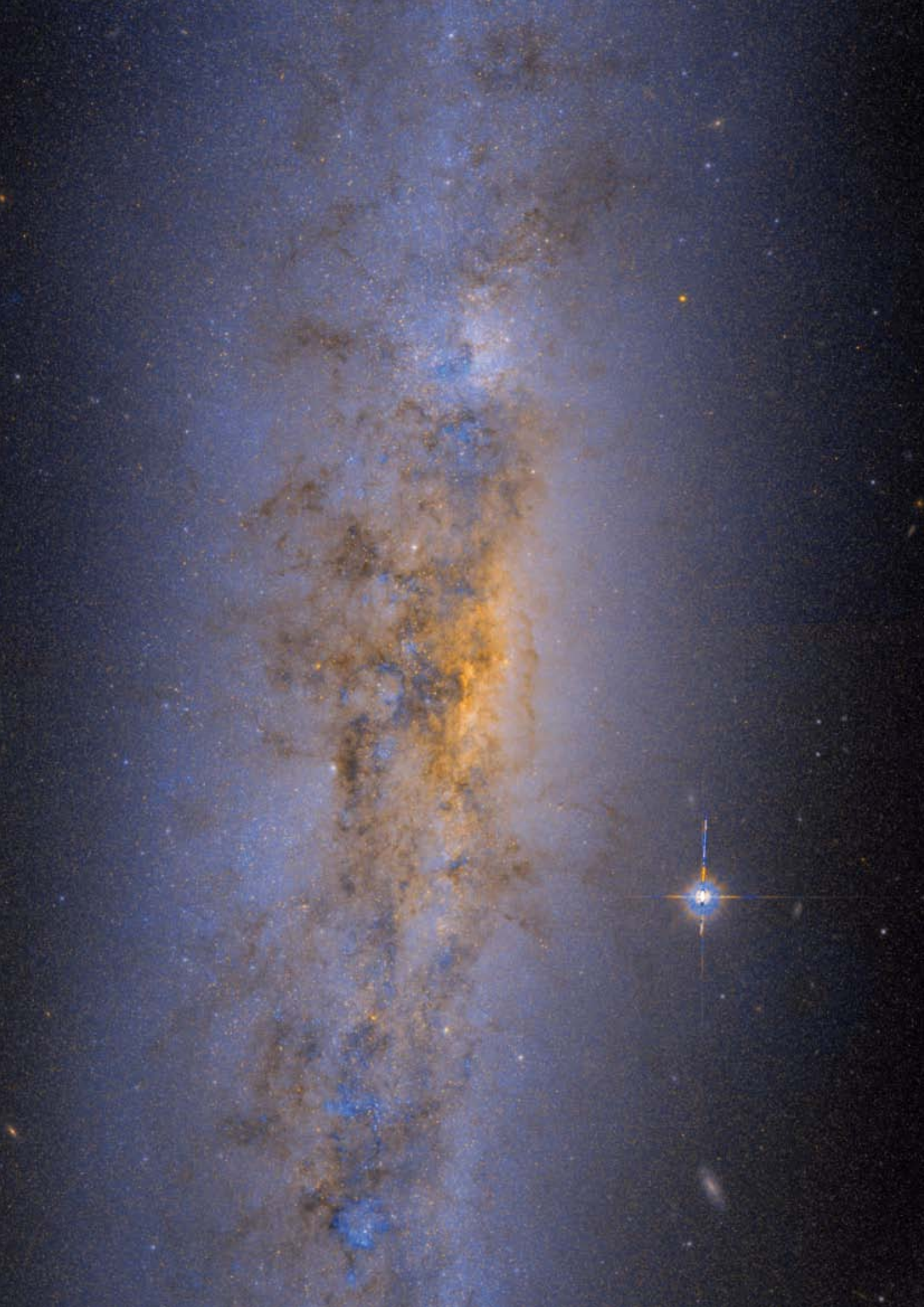
Scholz, R.-D., Kharchenko, N.V., Lodieu, N., McCaughrean, M.J. (2008): **An extremely wide and very low-mass pair with common proper motion. Is it representative of a nearby halo stream?**, *Astronomy & Astrophysics*, 487, 595

Scholz, R.-D., Storm, J., Knapp, G.R., Zinnecker, H. (2009): **Extremely faint high proper motion objects from SDSS stripe 82. Optical classification spectroscopy of about 40 new objects**, *Astronomy & Astrophysics*, 494, 949

Zinnecker, H. (2008): **On the Origin of the Orion Trapezium System**, *Proceedings IAU Symp.* 246, 75

Zinnecker, H., Epchtein, N., Rauer, H., eds. (2008): **2nd ARENA Conference: The Astrophysical Science Cases at Dome C**, *EAS Publications Series*, Vol. 33

Zinnecker, H., Piskunov, A.E., Kharchenko, N.V., Röser, S., Schilbach, E., Scholz, R.-D. (2009): **The initial luminosity and mass functions of Galactic open clusters**, *Proceedings IAU Symp.* 254, 221



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?

Eine herausragende Bedeutung für die Galaxienforschung kommt der Milchstraße und ihren nahen Begleitern zu, die wir als einzige Sternsysteme im Detail, Stern für Stern, untersuchen können. Großangelegte spektroskopische und astrometrische Durchmusterungen liefern uns quasi „archäologische“ Einblicke in die

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 that we observe today, are two of the central challenges of modern astrophysics. Why are galaxies so clearly divided into elliptical and disc-like systems? Are galaxy types fixed from their formation time onwards, or can they change in character? How does the environment, i.e. the presence or absence of other galaxies nearby, influence the evolution of galaxies? And what is the role of the massive black holes that are now known to exist in the nuclei of virtually all large galaxies?

Of prime importance is our own Milky Way Galaxy and its closest neighbours, the only stellar systems near enough to observe in detail, star by star. Large-scale spectroscopic and astrometric surveys provide us with “archaeological” insights into the formation history of the Milky Way. Frequently, the same data can be used to study the physical processes in stars or to characterise global stellar populations in the Milky Way Galaxy. Again, the borders between disciplines disappear, with the detailed investi-



Team 2008 / 2009:

Borja Anguiano, Corrado Boeche, Dorothee Brauer, Andrea Cattaneo, Aldo Dall'Aglio, Tobias Diekershoff, Daria Dubinowska, Daniele Facchini, Isabelle Gavignaud, Joris Gerssen, Arjen de Hoon, Laura Hoppmann, Bernd Husemann, Roelof de Jong (head), Sebastian Kamann, Alex Kolodzig, Sebastian Krekow, Daniel Kupko, Georg Lamer, Natasha Maddox, Ada Nebot, Pierre Ocvirk, Tilmann Piffl, Jose Ramirez, Cecilia Scannapieco, Gabriele Schönherr, Malte Schramm, Andreas Schulze, Robert Schwarz, Axel Schwobe, Matthias Steinmetz, David Streich, Ali Takey, Christian Tapken, Justus Vogel, Mary Williams, Lutz Wisotzki (head).

Left: The dust-enshrouded central region of star-bursting galaxy NGC4631.

Vergangenheit des Milchstraßensystems und seine Entstehungsgeschichte. Oft sind die gleichen Daten sowohl zur Untersuchung der Vorgänge in Sternen als auch zur Charakterisierung stellarer Populationen des Milchstraßensystems verwendbar. Auch hier gibt es also einen fließenden Übergang zwischen den Forschungsgebieten; die Erforschung der Milchstraße stellt geradezu eine Brücke zwischen Sternphysik und Kosmologie dar.

Die Struktur der Milchstraße

Unsere Milchstraße ist eine Galaxie wie viele andere, allerdings mit dem Unterschied, dass wir als Beobachter uns in ihrem Inneren befinden. Das hat den Vorteil, dass wir einzelne Sterne im Detail untersuchen können. Andererseits ist es sehr viel schwieriger, ein Gesamtbild des Milchstraßensystems zu ermitteln und seine globale Struktur quantitativ zu bestimmen. Zu diesem Zweck starteten wir vor einigen Jahren das RAVE-Projekt (RAVE=Radial Velocity Experiment), eine spektroskopische Durchmusterung von bis zu einer Million Sternen. Aus den Spektren lassen sich Radialgeschwindigkeiten (über den Dopplereffekt), die Häufigkeiten bestimmter

Orbits der Milchstraße bilden eine Brücke zwischen stellarer Physik und Kosmologie.

The structure of the Milky Way

Our location inside the Milky Way has the advantage that we can study individual stars in detail, but it also makes it very difficult to obtain an understanding of its structure as a whole. The RAVE (Radial Velocity Experiment) project is a spectroscopic census of bright stars in the southern sky, with the aim to provide radial velocities for ultimately one million stars, plus chemical abundances and distances for a subset of these. Until 2009, more than 300,000 stars have been observed. The survey results are made available through the Virtual Observatory and can be accessed via the Internet.

An analysis of the measured radial velocities towards the Galactic poles, augmented by proper motion measurements, has revealed that there is an abrupt kinematic gap between the thin and thick disc components of the Milky Way. The existence of two disc components has been known for a long time, but the nature of this dichotomy

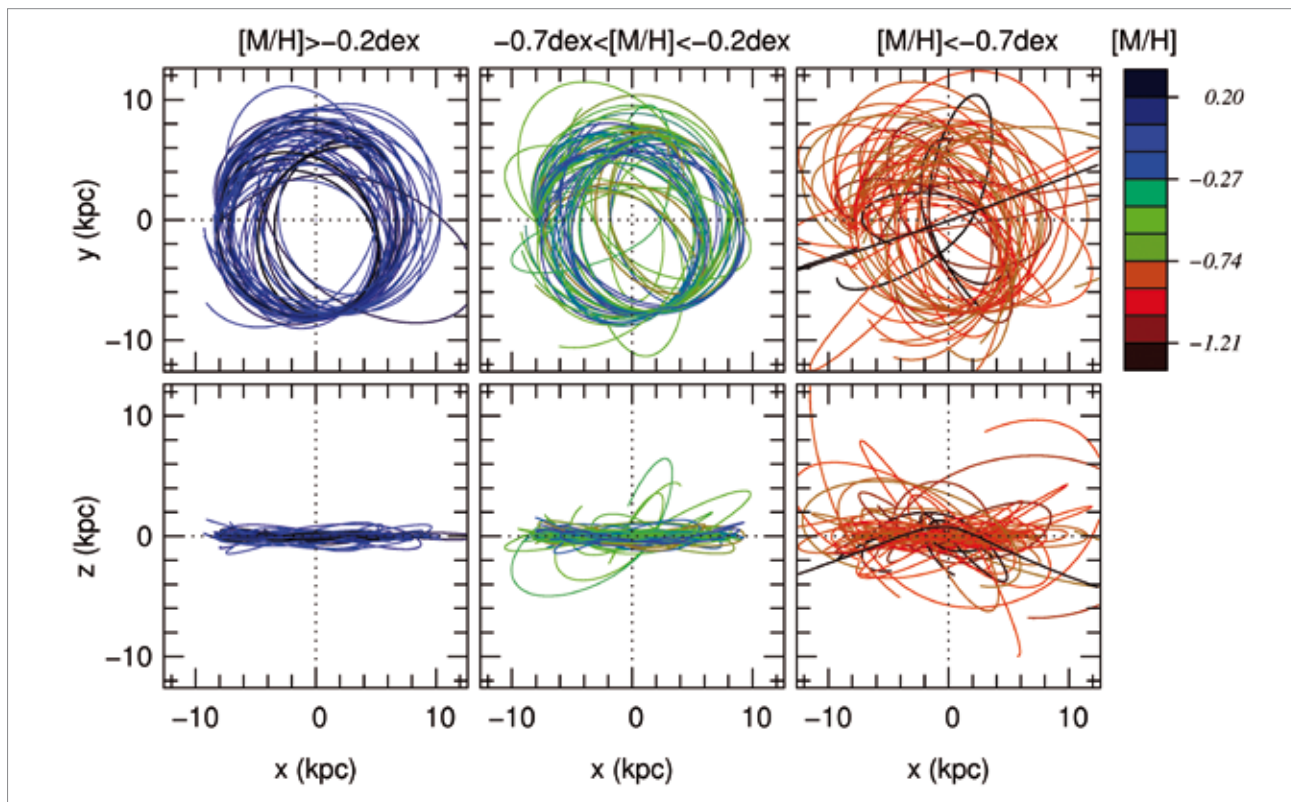


Fig. 1: Orbits of stars in the Milky Way calculated from proper motions and RAVE radial velocities. Top row face-on view, bottom row edge-on view. Chemical abundances determined from RAVE spectra have been used to separate the stars of high (left column), intermediate (middle) and low (right) enrichment. The most enriched stars have formed most recently in a flat, disc-like structure, while old, low enrichment stars are found in more chaotic orbits.

chemischer Elemente und auch Entfernungen bestimmen. Bis zum Jahr 2009 wurden bereits über 300.000 Sterne beobachtet. Die Resultate werden über das Virtuelle Observatorium veröffentlicht und sind mittels Internet frei verfügbar.

Eine Analyse der gemessenen Radialgeschwindigkeiten von Sternen in Richtung der Galaktischen Pole, ergänzt um Eigenbewegungsmessungen, zeigt eine klare kinematische Trennung zwischen der dünnen und der dicken Scheibe der Milchstraße. Die Existenz dieser zwei Scheibenkomponenten ist seit langem bekannt, aber es gibt sehr verschiedene Interpretationen über den Charakter dieser Zweiteilung. Die Ergebnisse unserer Untersuchung schließen Modelle aus, in denen die dicke Scheibe aus der dünnen Scheibe heraus entstanden ist, etwa durch Streuprozesse. Vielmehr müssen sich dünne und dicke Scheibe auf unterschiedliche Weise gebildet haben.

Ein besonderes Problem bei der Untersuchung der Struktur der Milchstraße stellt die Entfernungsbestimmung dar. Die dafür eigentlich notwendigen Parallaxenmessungen sind für die meisten von RAVE erfassten Sterne nicht in der notwendigen Genauigkeit verfügbar (und werden es auch erst nach dem Start des Gaia-Satelliten in einigen Jahren sein). Wir haben eine Methode entwickelt, um die Entfernungen von RAVE-Sternen aus den Spektren durch den Vergleich mit theoretischen Sternmodellen abzuschätzen. Damit sind wir in der

my is still a much debated question. Our finding provides strong evidence that the thin and thick discs are really two entities, and that the thick disc has not been created by a smooth heating process of the thin disc.

We have developed a pipeline to determine distances for RAVE stars using stellar models. This allows us to calculate stellar orbits in the Milky Way when combined with the radial velocities and proper motions. These orbits are shown in Fig. 1 for different bins of chemical abundance, showing that stars which have higher abundances, and hence are in all likelihood created more recently, have a more planar, disc-like distribution, while stars with less chemical enrichment have a more chaotic, three-dimensional spatial distribution.

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 should still be visible, especially in the outer parts of galaxies. We have therefore 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 number density of the stars we



Fig. 2: A section of the galaxy NGC 4631 observed with the Hubble Space Telescope in the GHOSTS project (left panel). The middle and right-hand panels show the same region and highlight the dramatically different distributions of young blue main sequence stars (middle) and old red giant branch stars (right) especially in the outskirts of the galaxy.

Lage, aus Radialgeschwindigkeiten und Eigenbewegungen die vollständigen Bahnen der Sterne innerhalb der Milchstraße zu berechnen. Solche Bahnen sind in Fig. 1 gezeigt, unterschieden nach den Elementhäufigkeiten der Sterne. Das Diagramm zeigt, dass Sterne mit

can trace the structure of these galaxies to much fainter levels than hitherto possible. Furthermore, because stars have colours and luminosities that depend on their age and chemical composition, we can investigate the structure of the galaxies as they appear in the different stellar

einem höheren Gehalt schwerer Elemente eine nahezu ebene, scheibenartige Verteilung einnehmen, während solche mit geringerem Gehalt sich eher auf Bahnen mit unregelmäßiger Ausrichtung bewegen. Da der Gehalt an schweren Elementen ein statistisches Maß für das Alter der Sterne darstellt, folgt daraus, dass die dünne Scheibe der Milchstraße überwiegend aus jüngeren Sternen besteht.

GHOSTS: Was passiert in den Außenbereichen von Galaxien?

Unsere Vorstellung der Entstehung von Galaxien ist stark von den hierarchischen kosmologischen Modellen geprägt. Danach bilden sich große Galaxien in einem graduellen Prozess über die wiederholte Akkretion kleinerer Satellitengalaxien. Am deutlichsten sollten die Überreste solcher Ereignisse in den Außenregionen von Galaxien zu erkennen sein. Im Rahmen des von uns initiierten GHOSTS-Projekts (GHOSTS=Galaxy Halos, Outer Disks, Substructure, Thick Disks, and Star Clusters) werden 18 nahe Galaxien mit dem Hubble-Weltraumteleskop untersucht, um die Einzelsterne in den Randzonen dieser Galaxien zu identifizieren. Aus der Anzahl-dichte von Sternen können wir Strukturen mit erheblich geringeren Flächenhelligkeiten untersuchen als bisher möglich. Des Weiteren können wir aus den Farben und Leuchtkräften der Sterne auf ihr Alter und ungefähre chemische Zusammensetzung schließen und mit der Struktur der Galaxien in Beziehung setzen (Fig.2). Wir konnten auf diese Art nachweisen, dass massereiche Spiralgalaxien umgeben sind von sehr ausgedehnten diffusen Halos. Die chemische Zusammensetzung der Halos ändert sich nur langsam von innen nach außen und hängt offenbar hauptsächlich von der Gesamtmasse der Galaxie ab. Darüber hinaus zeigen unsere Daten, dass die verschiedenen Galaxien in sehr unterschiedlichem Ausmaß Satelliten akkretiert haben.

Fundamentale Parameter von (Doppel-)Sternen

Bestimmte Eigenschaften von Sternen können am besten in speziellen Doppelsternen bestimmt werden, wenn sich die beiden Sternkomponenten während einer Bahnrotation wechselseitig bedecken. Derlei Sternfinsternisse haben wir im Detail in engen Doppelsternen studiert, in denen ein Weißer Zwergstern von einem Hauptrei-

komponenten (Fig. 2). In this way, we have found that massive spiral galaxies are surrounded by very extended diffuse stellar halos. The chemical composition of the halos change only slowly with radius from the centre and depend mostly on the total mass of the galaxy. We also found that there is substantial variation in the amount of structure in these faint halos, indicating that the history of recent satellite accretion can vary from galaxy to galaxy.

Fundamental parameters of (binary) stars

Certain fundamental properties of stars can be determined best in close binary systems with mutual eclipses of the two stars. We investigated such events in compact binaries consisting of a white dwarf star accompanied by a normal Hydrogen burning star. The brightest of these, HU Aqr, initially discovered by us as the optical counterpart to a bright ROSAT X-ray source, was studied intensively using many space- and ground-based facilities,

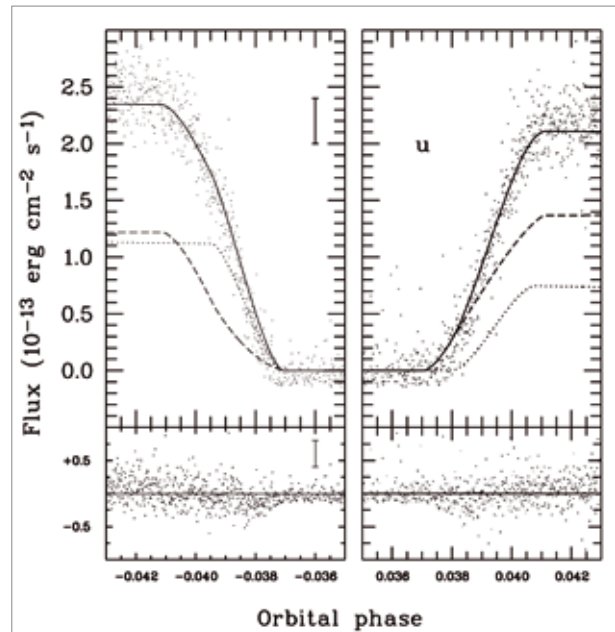


Fig. 3: A lightcurve of the eclipsing binary star HU Aquarii, based on observations using the fast photometer ULTRACAM on the ESO-VLT. The diagram shows a section of the data centred on eclipse ingress/egress, where each data point corresponds to 0.5 seconds of integration. The solid line represents a model lightcurve.

involving HST, ROSAT, EUVE, Swift and XMM-Newton. A comprehensive data set comprising more than 100 eclipse epochs could be established with the surprising result that observed eclipse times deviate drastically from the expectations, indicating either an unknown angular momentum loss mechanism or an undetected third body

henstern umkreist wird. Solche Objekte sind selten und sie sind intrinsisch leuchtschwach. Das hellste dieser Objekte, HU Aqr, wurde von uns im Jahre 1992 als Gegenstück einer mit dem Röntgensatelliten ROSAT neu gefundenen Röntgenquelle entdeckt. In einem intensiven Beobachtungsprogramm, u.a. mit den Satellitenobservatorien HST, ROSAT, EUVE, Swift und XMM-Newton, konnten Zeitpunkte der Sternbedeckungen zu mehr als 100 Epochen bestimmt werden, mit dem überraschenden Ergebnis, dass die beobachteten Zeitpunkte des Eintretens einer Bedeckung z.T. deutlich von den erwarteten Zeiten abwichen, Anzeichen für entweder einen sehr massearmen dritten Körper im Sternsystem oder auf einen bislang nicht verstandenen Drehimpulsverlustmechanismus. Eine mit dem ESO-VLT gewonnene Lichtkurve ist in Fig. 3 dargestellt. Aus der nur jeweils 31 Sekunden währenden Phase des Ein- bzw. Austritts der Sternbedeckung konnten wir eine Sternmasse ableiten, die um 50 % über der für Weiße Zwerge üblichen Masse liegt. Mögliche Ursachen dafür liegen in der durch ein starkes Magnetfeld geänderten Sternentwicklung oder der Massenanreicherung durch Akkretion im Doppelsystem.

Auf der Suche nach Quasaren

Aktive Galaxienkerne sind massereiche schwarze Löcher in den Zentren von Galaxien, in denen einfallende Materie Gravitationsenergie freisetzt und zu einer stark erhöhten Abstrahlung in den Kernregionen führt. Im extremen Fall überstrahlt der Kern die gesamte Galaxie; Solche Objekte werden quasi-stellare Objekte oder Quasare genannt. Nur wenige Galaxien zeigen dieses extreme Phänomen, und großskalige Durchmusterungen sind nötig, um statistisch aussagekräftige Stichproben zu bekommen. Die Schwierigkeit besteht darin, die punktförmig erscheinenden Quasare von Sternen unserer Milchstraße zu unterscheiden. Unsere Arbeitsgruppe beschäftigt sich mit mehreren Ansätzen, um nach Aktiven Galaxienkernen und Quasaren zu suchen und die Stichproben nachfolgend näher zu analysieren.

in the system. A VLT/ULTRACAM light curve of HU Aqr is shown in Fig. 3. Eclipse ingress and egress last only 31 seconds corresponding to a white dwarf mass of 0.9 solar masses, which is 50% more than the typical masses of isolated white dwarfs. Plausible explanations for the unusually high mass are a strong magnetic field influencing the early evolution, or mass enrichment through transfer from its companion.

Searching for Quasars

Active Galactic Nuclei are massive black holes in the centres of galaxies that are currently fed by infalling matter. These nuclei radiate brightly due to liberated gravitational energy, and in extreme cases they can outshine the entire galaxies. Such objects – usually called quasars – are quite rare, and they can be found in appreciable numbers only by carrying out large surveys. The difficulty lies in distinguishing quasars from ordinary foreground stars located in our Milky Way galaxy. Our group is involved in several major quasar surveys that use very different methods to accomplish this goal.

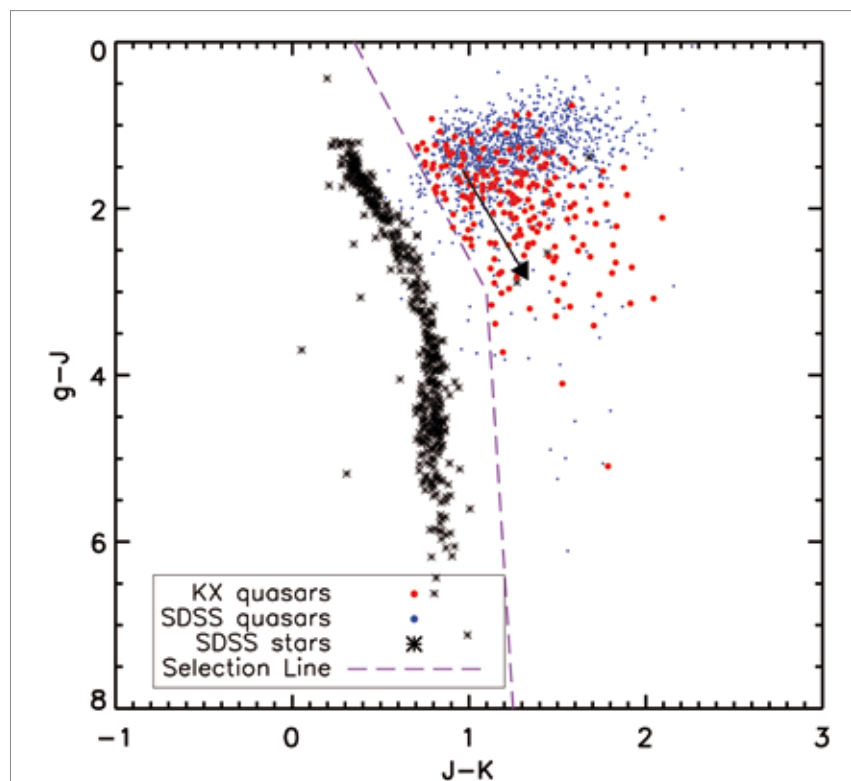


Fig. 4: Optical-infrared colour-colour diagram for the new large area quasar survey. Red and blue dots denote spectroscopically confirmed quasars, with those discovered by our KX technique shown in red. Black asterisks represent stars. The KX-selected quasars are clearly on average redder than the SDSS-selected quasars. The purple dashed selection line separates the stars from the quasars at all redshifts. The black arrow shows the colour change of a quasar at $z = 1$ if subjected to reddening by dust.

Ein neuartiges Verfahren der Quasarsuche ergibt sich aus der Kombination von optischen und nah-infraroten Messpunkten, wie sie erst in den letzten Jahren großflächig erzeugt werden können. Nach den erfolgreichen Tests der so genannten „KX-Methode“ führen wir derzeit eine systematische Durchmusterung von 500 Quadratgrad am Himmel durch. Quasarkandidaten werden im Mehrfarbendiagramm ausgewählt (siehe Fig. 4) und anschließend spektroskopisch an Observatorien in Chile und Spanien nachbeobachtet. Wir fanden eine Vielzahl von Quasaren, die in bisherigen Durchmusterungen des gleichen Gebiets unentdeckt blieben und erst durch unser neues Verfahren identifiziert werden konnten. Darunter befinden sich etliche Quasare mit ungewöhnlichen Eigenschaften, insbesondere solche mit ausgeprägt roten Kontinuumsverläufen. In den nächsten Jahren werden wir die Eigenschaften dieser besonderen Quasare eingehend untersuchen.

Kernaktive Galaxien bei hohen Rotverschiebungen

Je größer die Rotverschiebung einer Galaxie, desto weiter blicken wir in die Vergangenheit des Kosmos. Auch vor über zehn Milliarden Jahren gab es bereits Galaxien mit aktiven Kernen. Schon für längere Zeit sind solche Galaxien die bevorzugten Gegenstände unserer Untersuchungen; insbesondere verwenden wir dazu das Hubble-Weltraumteleskop und mehrere große erdgebundene Observatorien. Solche Beobachtungen sind sehr schwierig auszuwerten. Erstens erscheinen diese Objekte aufgrund ihrer Entfernungen sehr lichtschwach, und zweitens stört die Strahlung der aktiven Kerne so sehr, dass man sie mit Spezialsoftware aus den Bildern herausrechnen muss. Es verbleiben Bilder der umgebenden Galaxien (Fig. 6), die zwar wie unscheinbare Flecken aussehen, die uns aber wertvolle Informationen liefern über den Entwicklungszustand von Galaxien in der Jugendzeit des Universums.

Was wächst schneller: Galaxien oder Schwarze Löcher?

Die Wachstumsphasen schwarzer Löcher sind vermutlich identisch mit Episoden von Kernaktivität in den Muttergalaxien. Es gibt auch Anzeichen, dass in solchen kernaktiven Galaxien eine stark erhöhte Sternentstehung stattfand. Es scheint eine enge Verbindung zwi-

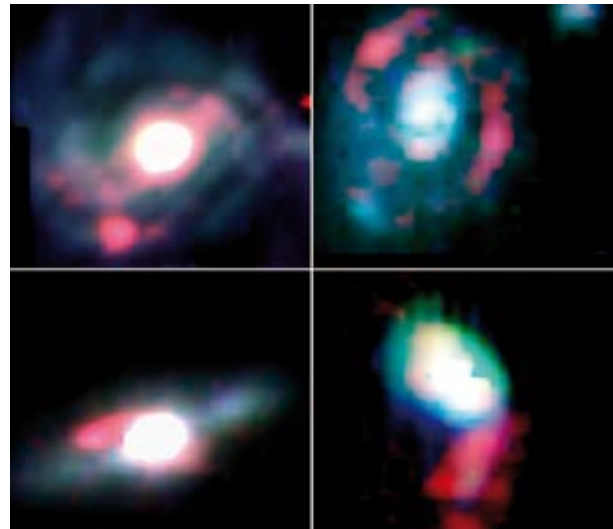


Fig. 5: False-colour images of four galaxies, with red highlighting the distribution of warm ionized gas. Normal starlight is represented by the green and blue colours. Images reconstructed from 3D spectroscopy datacubes obtained with the PMAS and VIMOS instruments.

A new approach to search for quasars combines measurements obtained in the optical and near-infrared spectral bands, something that only recently became possible for large areas in the sky. After first successful tests of the so-called “KX method” we are currently conducting a systematic survey of 500 square degrees of sky. We select quasar candidates in multicolour diagrams (see Fig. 4) and subsequently obtain spectra for confirmation and classification, using telescopes in Chile and Spain. We found many quasars that were previously missed by other surveys in the same area of the sky, among them several with unusual properties. In the coming years we will study and analyse the properties of these quasars in greater detail.

AGN host galaxies at high redshifts

The larger the redshift of a galaxy, the farther we look into the past of the cosmos. Even more than ten billion years ago there were already galaxies with active nuclei. Such galaxies are of particular interest to our group, and we have studied them intensely using the Hubble Space Telescope and several large ground-based observatories. Such observational data are very difficult to evaluate, for two reasons: The galaxies are very distant and hence very faint, and their images are heavily affected by radiation from the central active nuclei. Special software is required to remove these nuclear contributions. The remaining galaxy images (Fig. 6) look rather

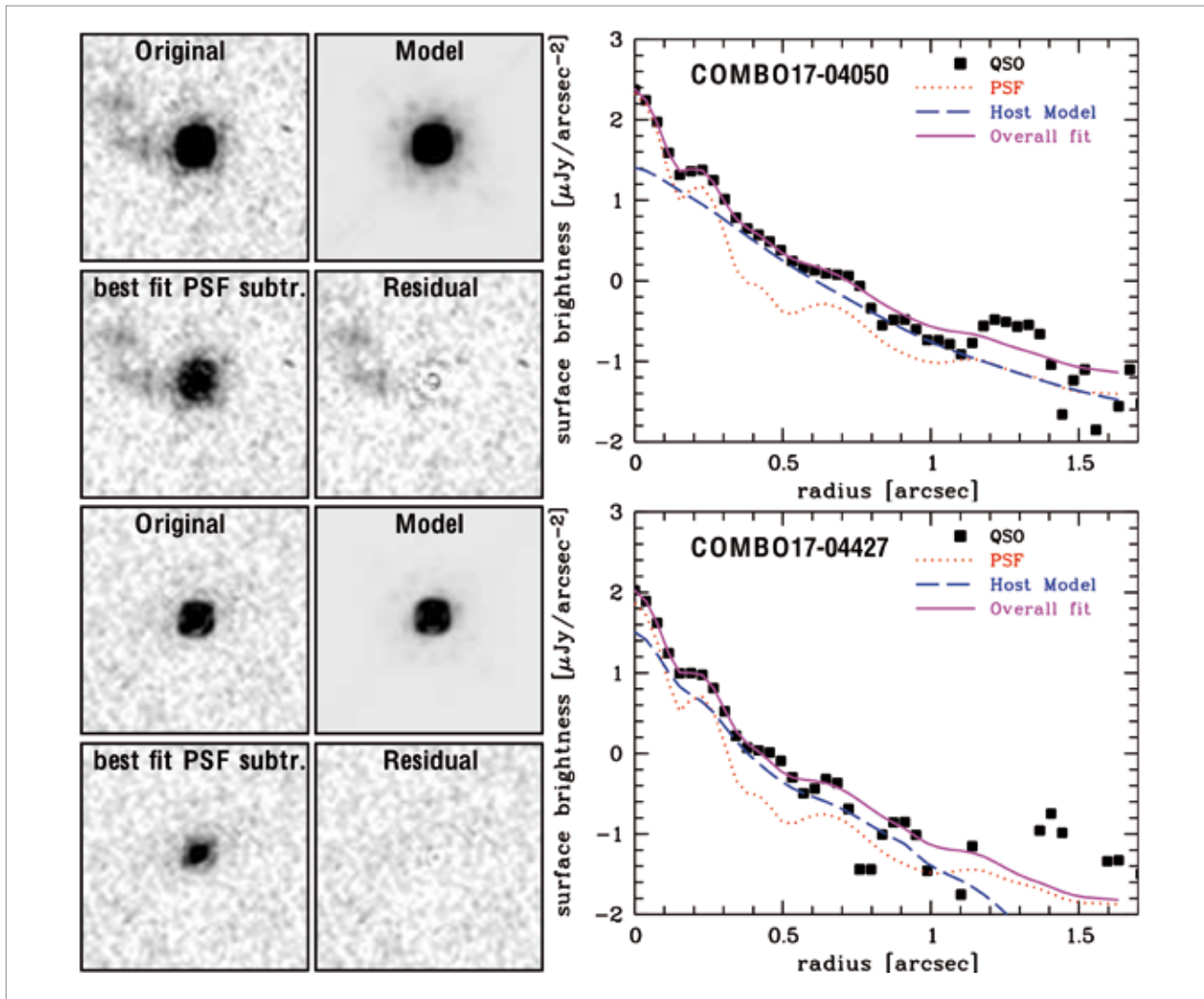


Fig. 6: Two example images of high redshift quasar host galaxies, obtained with the Hubble Space Telescope. Each set of four gray scale images shows the same quasar, with four different analysis steps as labelled. The right-hand diagrams show the azimuthally averaged radial profiles of each quasar in comparison with the profiles of a point source.

schen dem Wachstum der stellaren Masse von Galaxien (also der Massensumme aller Sterne) und dem Wachstum der schwarzen Löcher zu geben, die möglicherweise als eine Art Selbstregulierungsprozess zu verstehen ist. Diese Verbindung manifestiert sich insbesondere in einer sehr engen Proportionalität der Massen von Galaxien und schwarzer Löcher im heutigen Universum.

Wenn sowohl Galaxien und schwarze Löcher im Laufe der kosmischen Zeit in ihren Massen zunehmen, ist es dann möglich, ihre relativen Wachstumsraten – wenigstens in einem statistischen Sinn – empirisch zu erfassen? Wir versuchen derzeit in einer Reihe von Projekten, das Massenverhältnis von Galaxien und schwarzen Löchern empirisch zu erfassen, und zwar in Abhängigkeit von der Rotverschiebung (also von der kosmischen Epoche). Dazu verwenden wir unsere Messungen mit dem Hubble-Weltraumteleskop und anderen Observatorien,

inconspicuous, but they provide valuable information about the evolutionary status of galaxies in the young Universe.

*Which grows faster:
Galaxies or their central black holes?*

Black holes do not grow continuously, but preferentially during phases where we can observe these objects as Active Galactic Nuclei. There are also indications that galaxies with active nuclei have experienced substantial recent star formation, leading to a build-up of the galaxy stellar mass, possibly in a self-regulated way together with the central black holes.

ergänzt um optische Spektren zur Massenbestimmung der schwarzen Löcher. Unsere Untersuchungen sind noch nicht abgeschlossen, und es gibt etliche Quellen für systematische Fehler, die vermieden oder berücksichtigt werden müssen. Unsere derzeitige Schlussfolgerung ist, dass die heutige Proportionalität zwischen Galaxien und schwarzen Löchern bereits vor zehn Milliarden Jahren existierte, wobei allerdings das mittlere Massenverhältnis geringfügig kleiner war. Wenn sich dieser Trend bestätigt, dann bedeutet dies, dass die massereichen schwarzen Löcher bereits vor den zugehörigen Galaxien voll ausgebildet waren.

Massereiche Galaxienhaufen im frühen Universum

In theoretischen Modellen hängen die Bildungsraten von sehr massereichen Galaxienhaufen empfindlich von den angenommenen kosmologischen Parametern ab. Umgekehrt können daher die Werte dieser Parameter durch die Messung der Häufigkeiten von Galaxienhaufen im frühen Universum empirisch bestimmt werden. Der zweite Katalog von XMM-Newton Röntgenquellen (2XMM) ist eine reiche Fundgrube zur Entdeckung neuer Haufen, er enthält einige Tausend Kandidaten. In einem langfristigen Projekt sind wir damit befasst, aus diesem Katalog möglichst gezielt massereiche Haufen bei hohen Rotverschiebungen zu suchen. Zunächst werden die Kandidaten mit dem Sloan Digital Sky Survey (SDSS) abgeglichen, dabei lassen sich etliche der leuchtstärksten Haufen bereits identifizieren. Optisch noch leuchtschwächere Kandidaten werden systematisch mit dem Large Binocular Telescope (LBT) beobachtet. Darunter war auch der Galaxienhaufen 2XMM J083026+524133, dessen Rotverschiebung einer kosmischen Rückblickzeit von 7,7 Milliarden Jahren entspricht. Mit einer Röntgenleuchtkraft von über 10^{38} W ist 2XMM J083026+524133 der leuchtkräftigste und damit wohl auch massereichste Galaxienhaufen, der bislang in dieser frühen Epoche des Universums beobachtet wurde. Da so massereiche Galaxienhaufen bei hohen Rotverschiebungen sehr selten sein dürften, wird mit der Entdeckung einer größeren Zahl solcher Haufen erst anhand der geplanten Durchmusterung des gesamten Himmels durch das eROSITA Röntgenteleskop ab 2012 zu rechnen sein.

If both galaxies and black holes grow over cosmic history, can we constrain the rates at which each of these grow, at least in a statistical sense? We are currently involved in a number of observational projects to measure the mass ratio between galaxies and central black holes, at different redshifts (i.e. at different cosmic epochs). We use our measurements of quasar host galaxies obtained with the Hubble Space Telescope and other facilities, complemented by optical spectra to estimate the black hole masses. This study is still ongoing, and there are many pitfalls and possible biases that one has to avoid or account for. Our current conclusion is that the mass ratio between black holes and galaxies remained almost constant over the last 10 billion years (between $z=2$ and $z=0$), but there is tentative evidence for a weak increase in this ratio towards the highest redshifts. If this trend is confirmed, then black holes have formed first, even before their host galaxies were fully grown.

Massive clusters of galaxies in the early Universe

The abundance of massive galaxy clusters in the young Universe can be used as a powerful tool to infer the values of cosmological parameters. We are engaged in a long-term project to search for high-redshift clusters, using the XMM-Newton Serendipitous Survey of X-ray sources. In a first step, candidate clusters are correlated with the Sloan Digitized Sky Survey (SDSS) to identify the more luminous ones. Remaining 'empty fields' are surveyed with the LBC mounted to the Large Binocular Telescope (LBT). Among these newly identified objects is the cluster 2XMM J083026+524133. Its cosmological redshift $z \sim 1$ corresponds to a lookback time of 7.7 billion years. With an X-ray luminosity of more than 10^{38} W it is the most luminous and hence probably the most massive cluster of galaxies so far discovered at its cosmological epoch. Current cosmological models predict that only very few objects like 2XMM J083026+524133 should be discovered in the survey area of 2XMM. Therefore the discovery of a larger number of these distant clusters is expected only after the advent of the eROSITA all-sky X-ray survey in 2012.



Fig. 7: Colour composite of the massive galaxy cluster 2XMM J083026+5241, based on images obtained at the Large Binocular Telescope in the R and z filters. The blue overlay indicates the X-ray emission of the cluster as measured by the XMM-Newton satellite.

Ausgewählte Publikationen

Selected Publications

Abadi, M., Navarro, J., Steinmetz, M. (2009): **An Alternative Origin for Hypervelocity Stars**, *Astrophysical Journal Letters* 691, L63

Cattaneo, A., Faber, S. M., Binney, J., ..., Khalatyan, A., ..., Steinmetz, M., Wisotzki, L. (2009): **The role of black holes in galaxy formation and evolution**, *Nature* 460, 213

Gavignaud, I., Wisotzki, L., Bongiorno, A., ... (2008): **Eddington ratios of faint AGN at intermediate redshift: evidence for a population of half-starved black holes**, *Astronomy & Astrophysics* 492, 637

Lamer, G., Hoeft, M., Kohnert, J., Schwobe, A., Storm, J. (2008): **2XMM J083026+524133: The most X-ray luminous cluster at redshift 1**, *Astronomy & Astrophysics* 487, L33

Maddox, N., Hewett, P.C., Warren, S.J., Croom, S.M. (2008): **Luminous K-band selected quasars from UKIDSS**, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 386, 1605

Schramm, M., Wisotzki, L., Jahnke, K. (2008): **Host galaxies of bright high redshift quasars: luminosities and colours**, *Astronomy & Astrophysics* 478, 311

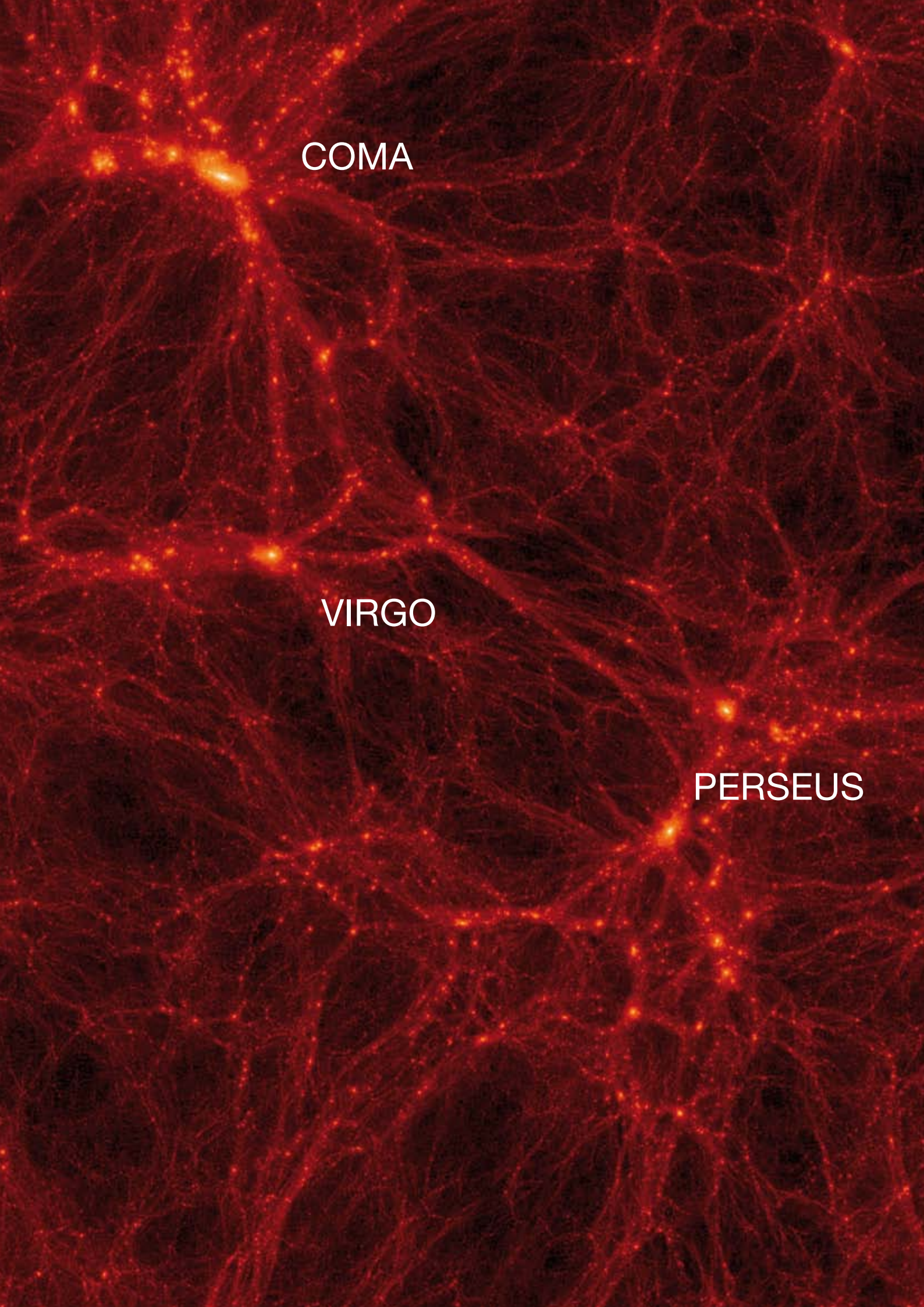
Schulze, A., Wisotzki, L., Husemann, B. (2009): **Low redshift AGN in the Hamburg/ESO survey. I. The local AGN luminosity function**, *Astronomy & Astrophysics* 507, 781

Schwobe, A., Erben, T., Kohnert, J., Lamer, G., Steinmetz, M., Strassmeier, K., Zinnecker, H., ... (2009): **The isolated neutron star RBS1774 revisited**, *Astronomy & Astrophysics* 499, 267

Siebert, A., Bienaymé, O., Binney, J., ..., Steinmetz, M., ..., Williams, M., ... (2008): **Estimation of the tilt of the stellar velocity ellipsoid from RAVE and implications for mass models**, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 391, 793

Veltz, L., Bienaymé, O., Freeman, K. C., ..., Steinmetz, M., ..., Williams, M., ... (2008): **Galactic kinematics with RAVE data. I. The distribution of stars towards the Galactic poles**, *Astronomy and Astrophysics* 480, 753

Watson, M. G., Schröder, A. C., Fyfe, D., Page, C. G., Lamer, G., ..., Schwobe, A., ... (2009): **The XMM-Newton Serendipitous Survey. VI. The Second XMM-Newton Serendipitous Source Catalogue**, *Astronomy & Astrophysics* 493, 339



COMA

VIRGO

PERSEUS

Kosmologie und Großräumige Strukturen

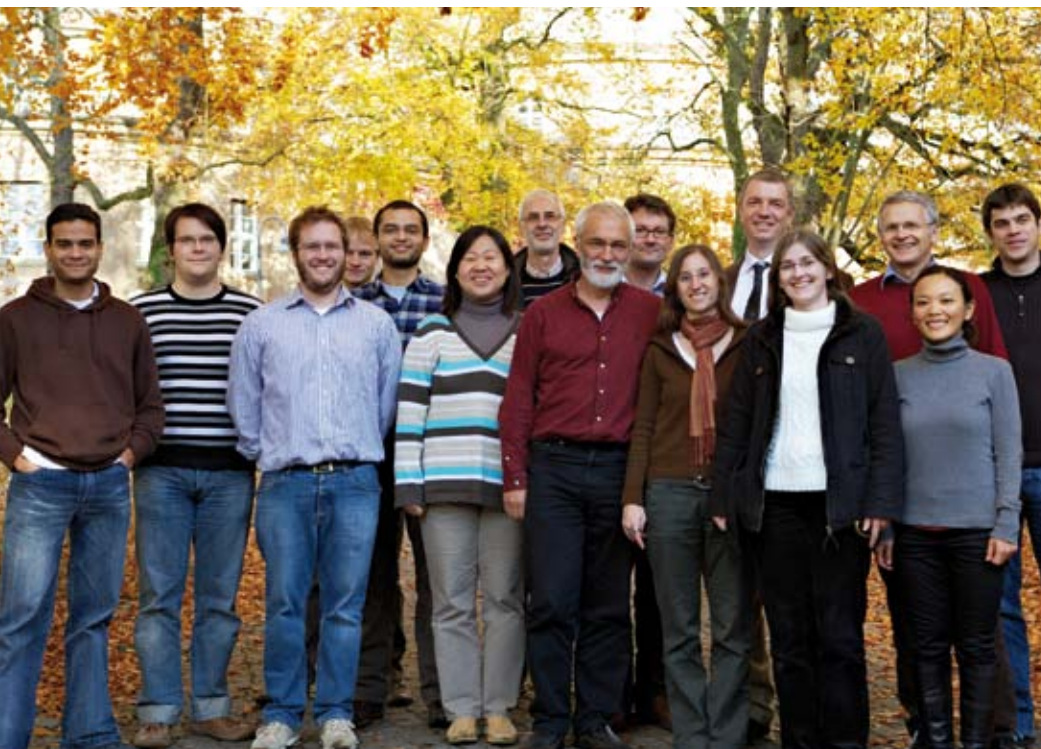
Cosmology and Large Scale Structures

Die Kosmologie beschreibt die Entwicklung des Universums und seiner Bestandteile auf der Grundlage einiger fundamentaler Parameter und bekannter physikalischer Prinzipien. Aufgrund des Gravitationskollapses von leuchtender und dunkler Materie bildet sich ein Netzwerk von Filamenten und Knoten heraus, das die großräumige Verteilung der Galaxien charakterisiert und das gut durch theoretische Modelle wiedergegeben wird. Die Farben und Morphologien der Galaxien unterscheiden sich dabei in überdichten und unterdichten Gebieten, was eine Herausforderung an die Modellierung der Strukturbildung darstellt, die wir mit analytischen Approximationen und hochaufgelösten Simulationsrechnungen studieren.

Ein Test für unsere Modelle stellt die lokale Gruppe und der lokale Superhaufen dar, die wir erfolgreich und mit großer Genauigkeit modellieren. Wir untersuchen die mysteriöse dunkle Energie, die zu einer beschleunigten Expansion des Universums führt. Neue Herausforderungen ergeben sich aus den Beobachtungen der diffusen Materie zwischen den Galaxien im jungen Universum. Hochaufgelöste Spektroskopie des ursprünglich ultravioletten Lichtes deutet direkt auf Entwicklungsprozesse bei der Bildung von Galaxien hin.

Cosmology describes the evolution of the Universe and its constituent components embodied by a few fundamental parameters and known physical principles. Due to the gravitational collapse of luminous and dark matter, a cosmic network of structures forms with branches and knots that is clearly seen in the large scale distribution of galaxies and well represented by theoretical models. The colors and morphologies of galaxies change depending on the density of the environment, which poses a challenge to models of structure formation. We tackle this problem with both analytical approximations and with high resolution numerical simulations.

A testbed for our models is the near cosmic environment, the local group of galaxies and subgalactic structures, that we successfully modeled in great detail and precision. We have investigated the evidence for the mysterious dark energy that is accelerating the Universe. New challenges arise from the observations of the diffuse matter around and in-between galaxies in the young Universe. High-resolution spectroscopy of redshifted originally ultraviolet light provides direct hints on early evolution processes of the galaxy formation.



Team 2008 / 2009:

Bastian Arnold, Yago Ascasibar, Luz Marina Cairo Barreto, Sander von Benda-Beckmann, Andrea Cattaneo, Aldo Dall'Aglio, Timur Doumler, Nadya Draganova, Jaime Forero-Romero, Stefan Gottlöber, Kai Hoffmann, Arman Khalatyan, Tae-Sun Kim, Jochen Klar, Alexander Knebe, Steffen Knollmann, Jan Kohnert, Georg Lamer, Noam Libeskind, Claudio Llinares, Mirko Meißner, Heike Meyer, Jan Peter Mucket, Volker Müller (head), Juan Carlos Muñoz-Cuertas, Franziska Piontek, Adrian Partl, Kristin Riebe, Cecilia Scannapieco, Axel Schwobe, Isabel Suárez, Matthias Steinmetz, Christian Wagner, Maneenata Wechakama, Gabor Worseck.

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

Resimulation der Lokalen Galaxiengruppe

Numerische Simulationen haben zu großen Fortschritten in der Kosmologie geführt. Die Simulationen haben jedoch Nachteile. Der gewählte Ausschnitt des Kosmos soll Strukturen innerhalb von Galaxien auflösen, zugleich aber ein typisches Volumen in der großräumigen Materieverteilung repräsentieren. Ein neuer Zugang dazu wurde in den letzten Jahren eingeführt: Die Idee besteht darin, die beobachtete Massenverteilung im nahen Universum als Bedingung an die Anfangsrealisierung zu nehmen, was als „constrained simulations“ bezeichnet wird. Diese reproduzieren die beobachtete lokale großräumige Materieverteilung. „Lokal“ meint dabei die kosmische Nachbarschaft innerhalb von einigen Hundert Millionen Lichtjahren um die Milchstraße (Zentrum des Titelbildes).

Unsere lokale kosmische Nachbarschaft ist die am besten beobachtete Region des Universums. Nur hier können wir die Galaxienverteilung bis hinunter zu massearmen Zwerggalaxien beobachten. Die Simulationen werden für eine bisher beispiellos genaue Analyse der komplexen Prozesse in der dunklen Materie und der Gasdynamik benutzt, welche die Galaxienbildung dominieren. Die Vorhersagen dieser numerischen Experimente können mit den detaillierten Beobachtungen unserer kosmischen Nachbarschaft verglichen werden.

Constrained Simulation of the Local Group

Numerical simulations have been the driving force behind much of the progress in cosmology. However, numerical simulations have their draw backs: any given simulation struggles between having the desired spatial resolution and reproducing a representative volume. A new approach has been introduced over the last few years: to use observations of the mass distribution in the nearby Universe as constraints imposed on the initial conditions, resulting in so-called “constrained simulations”. By design they reproduce the local large scale structure, where ‘local’ means the neighborhood within a few hundreds of million light-years around the Milky Way (the center of the title figure).

Our local neighborhood is the most well observed region of the Universe. Only here can we observe the distribution of galaxies down to low mass dwarf galaxies. The simulations are used for an unprecedented precise analysis of the complex dark matter and gasdynamical processes which govern the formation of galaxies. The predictions of these experiments can be easily compared with the detailed observations of our galactic neighborhood.

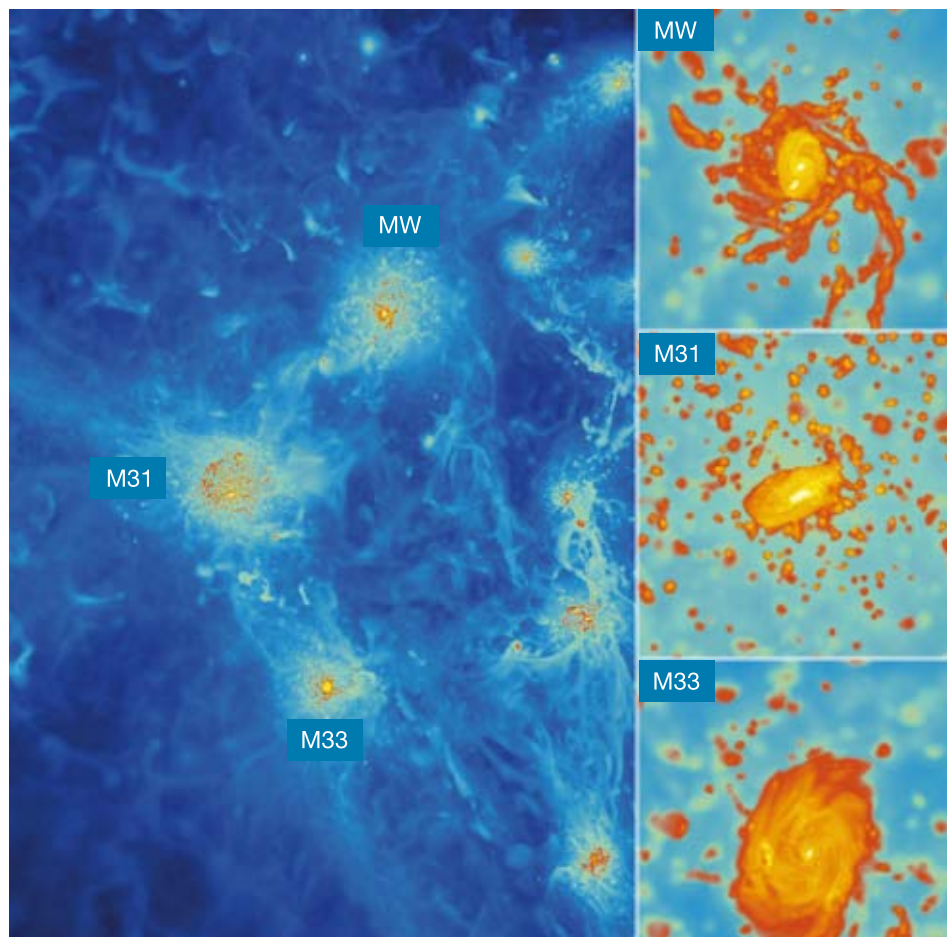


Fig. 1: The gas distribution in the Local Group on large scales (left picture, about 10 million light-years,) and the gas disks of the three main galaxies (right panels, about 200 thousand light-years across).

Gezeitenströme von Satellitengalaxien

Zwerggalaxien werden in Außengebieten um größere Galaxien beobachtet, insbesondere in der äußeren Milchstraße (MW), um den Andromeda-Nebel (M31) und um die Galaxie M33 (Fig. 1). Diese so genannten „Satellitengalaxien“ sind starken Gezeitenkräften von ihren zentralen Galaxien ausgesetzt. Dadurch verlieren sie Materie in Form von Sternströmen, die sich – wie im Beispiel der Sagittarius-Zwerggalaxie in der Milchstraße – über den ganzen Himmel entlangziehen können.

Mit den Simulationen der Lokalen Gruppe ist es nun erstmals gelungen, solche Sternströme auch in kosmologischen Simulationen aufzuspüren. Damit werden direkte Vergleiche zwischen Modellen und Beobachtungen ermöglicht, wie die räumliche Verteilung und das Alter der Begleiter sowie die bemerkenswerten Orientierungseffekte der Satellitengalaxien: Satelliten scheinen sich in einer relativ schmalen Zone senkrecht zur Scheibe unserer Milchstraße aufzuhalten.

Die Erforschung einer Dynamischen Dunklen Energie

Die Struktur der Galaxienverteilung auf den größten Dimensionen ist von der Expansionsgeschichte des Universums beeinflusst. Die Skala der baryonischen akustischen Oszillationen (BAO) der primordialen Schallwellen nahe beim heißen Urknall und die Anzahldichte von Galaxienhaufen hängt von den Eigenschaften der heute im Kosmos dominierenden Energieform, der so genannten dunklen Energie, ab. Die Erforschung dieser Effekte erfordert hochpräzise kosmologische Simulationen in sehr großen Simulationsvolumina von etwa der Hälfte der Horizontgröße.

Mit diesen Simulationen erforschen wir erstens die grundlegende Charakterisierung der Materieclustering, das Leistungsspektrum der Inhomogenitäten. Die Längenskala der BAO ermöglicht einen Vergleich der Horizontskala zur Rekombination (etwa 300.000 Jahre nach dem Urknall) zur gegenwärtigen BAO-Skala. Wir erhalten dadurch Einschränkungen der kosmologischen Parameter, insbesondere über die Zustandsgleichung und die Zeitentwicklung der dunklen Energie. Zweitens erforschen wir die Anzahldichte und die radialen Dichteprofile der größten gebundenen Objekte im heutigen

Tidal Streams from Satellite Galaxies

Dwarf galaxies are observed in the outer regions of large galaxies, in particular in the outer Milky Way (MW, Fig. 1), around the Andromeda-galaxy (M31) and the triangulum galaxy (M33). These so-called “satellite galaxies” are exposed to strong tidal forces by their host galaxies. Therefore they lose matter in the form of stellar streams which – like the Sagittarius Dwarf Galaxy of the Milky Way – may extend over the whole sky.

The simulations of the Local Group allowed for the first time to find such stellar streams within a cosmological set-up. This enables direct comparisons between models and observations, as the spatial distribution and the age of the satellites, as well as the remarkable orientation effects of the satellite galaxies: Satellites seem to occupy a comparatively small zone orthogonal to the disk of the Milky Way.

Investigating a Dynamical Dark Energy

The structure of the distribution of galaxies on the largest dimensions is influenced by the expansion history of the Universe. The scale of baryonic acoustic oscillations (BAO) from primordial sound waves near the hot big bang, and the number density of galaxy clusters depends on the properties of the now dominant energy density in the Universe, the so-called dark energy. Investigations of these effects require high precision cosmological simulations in very large volumes of about half of the size of the cosmic horizon.

With these simulations, we investigated the basic characteristics of the matter clustering, the power spectrum of inhomogeneities. The length scale of BAO enables a comparison of the horizon scale at recombination (about 300,000 years after the big bang) to the present BAO scale. We obtained restrictions on the cosmological parameters, in particular the equation of state and the time development of the dark energy. Furthermore, we investigated the number density and radial density profiles of the largest bound objects in the present Universe – galaxy clusters containing thousands of single galaxies and a hot intracluster-gas of a few million Kelvin. Both measu-

Universum – die Galaxienhaufen mit Tausenden von Einzelgalaxien und einem heißen Intracluster-Gas von einigen Millionen Kelvin. Beide Messungen geben Einschränkungen an die Entwicklungsgeschichte und die Geometrie des Universums sowie an die Rate des Gravitationskollapses.

Wir haben die Zuverlässigkeit der Messungen der BAO durch die Analyse von einer Million Galaxien abgeschätzt, die durch ihre Lyman-alpha-Emissionslinie identifiziert wurden. Das Projekt HETDEX (Hobby-Eberly-Telescope Experiment zur dunklen Energie) in Texas in Kollaboration mit anderen Universitäten in den USA und Deutschland wird die großräumige Materieverteilung zwischen Rotverschiebungen $z=2$ und $z=4$ messen. Nach unseren Simulationen kann der Entwicklungsparameter einer dynamischen dunklen Energie gemessen werden, wenn wir die Analyse der räumlichen Galaxienverteilung längs der Sichtlinie und auf der Himmelskugel kombinieren. In unseren Simulationen können wir das anfängliche Leistungsspektrum mit einer Genauigkeit von etwa einem Prozent reproduzieren und damit die Zustandsgleichung der dunklen Energie mit etwa sechs Prozent Genauigkeit bestimmen.

Die Ionisierende Hintergrundstrahlung und der Proximity Effekt

Hochaufgelöste Spektren von hoch-rotverschobenen Quasaren zeigen viele schmale Absorptionslinien, die von zwischen uns und dem Quasar liegender intergalaktischer Materie künden. Die meisten Linien im kurzwelligen Bereich stammen von geringen Beimengungen von neutralem Wasserstoff, die zu Lyman-alpha-Absorptionen führen – der so genannte Lyman-alpha-Wald – und das großräumige Netzwerk der Materie markieren (Fig. 2, links). Die Säulendichteverteilung und die räumliche Verteilung der Absorptionslinien ist ein wichtiger Schlüssel der kleinskaligen Materieverteilung im frühen Universum. Der Ionisationszustand der kosmischen Materie wird durch Ultraviolettstrahlung aufrechterhalten, die sowohl von Sternbildungsprozessen in jungen Galaxien und von aktiven Quasaren stammt. Die glatte Verteilung der Absorptionslinien spricht für ein nahezu homogenes Ultraviolett-Strahlungsfeld. Nahe am Quasar ist der Ionisationszustand des Wasserstoffs jedoch stark erhöht (Fig. 2, rechts). Weiterhin sind eine Reihe von Schatten sichtbar, die von einzelnen Überdichten in der kosmischen Materie herrühren. Das Ultraviolett-Strahlungsfeld kann durch die Modellierung der Überionisation nahe an

rements provide restrictions on the evolution history and the geometry of the Universe, and the rate of gravitational collapse.

We estimated the reliability of measuring BAO with about one million galaxies identified by their Lyman-alpha emission line. The project HETDEX (Hobby-Eberly-telescope dark energy project) in Texas in collaboration with other universities in USA and Germany will measure the large-scale matter distribution between redshifts $z=2$ and $z=4$. According to our simulations, the evolution parameter of the dynamical dark energy can be measured, if we combine the analysis of the spatial galaxy distribution along the line of sight and in the plane of the sky. According to our simulations, we reproduce the initial power spectrum with percent accuracy, and obtain an equation of state of dark energy with about 6 percent accuracy.

Ultraviolet Ionizing Background and the Proximity Effect

High resolution spectra of high-redshift quasars show a plethora of narrow absorption lines stemming from intervening matter in the intergalactic space. Most short wavelength lines are Lyman-alpha absorption lines from neutral hydrogen – the so-called Lyman-alpha forest – tracing the large-scale matter network (Fig. 2, left). The column density and spatial distributions of these absorption lines are an important clue to the small scale matter distribution in the early Universe. The ionization state of the cosmic matter is maintained by the ultraviolet background radiation coming from both star-forming galaxies and active quasars. The smooth distribution of the absorption lines hints at a nearly uniform ultraviolet radiation field. However, close to quasars, the ionisation state is strongly enhanced (Fig. 2, right). In addition, we see a number of shadows due to particular overdensities in the cosmic matter.

The ultraviolet ionizing background can be measured by modeling the overionization zone near quasars of known luminosity. In analyses of data from the ESO Very Large Telescope (VLT) and from quasar spectra from the Sloan Digital Sky Survey, high resolution spectra of the Lyman-alpha forest are used to measure the overionization via the suppression of the Lyman-alpha forest close to quasars. This analysis is sensitive to the large-scale quasar environment and to the quasar variability. It was shown that the ultraviolet background amplitude can be reliably measured, and that it is in agreement with the theoretic

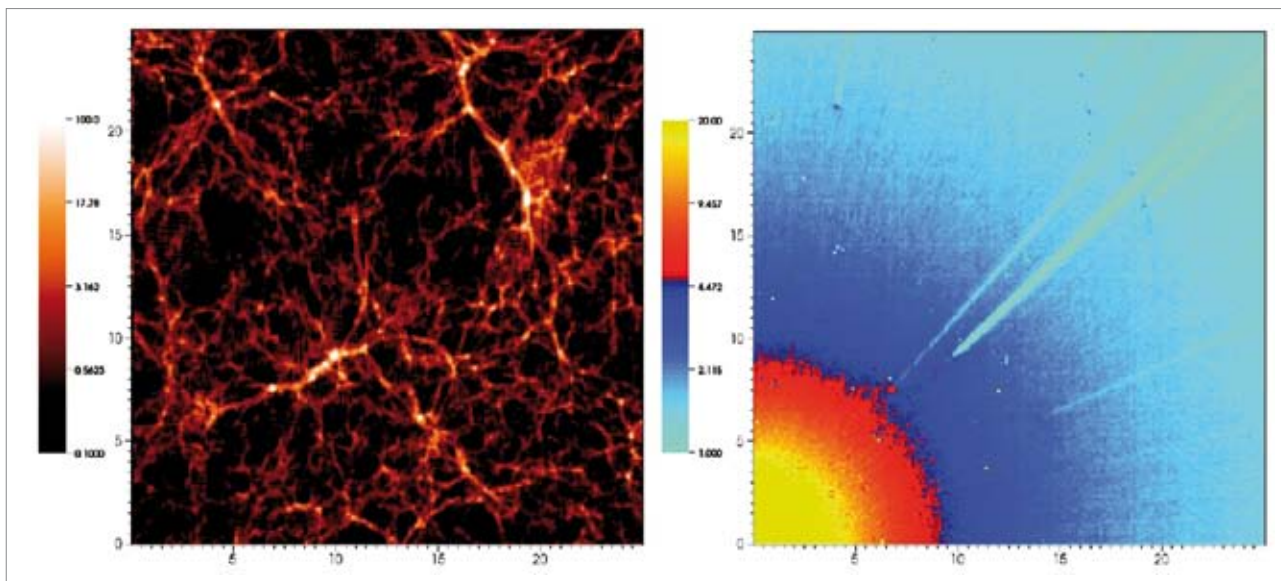


Fig. 2: Cut through a high resolution simulation box of 100 million light years base length at redshift $z=4$, showing (left) the density field and the over-ionization (right) due to a quasar in the lower left corner resulting from a cosmological radiative transfer simulation.

einem Quasar bekannter Leuchtkraft gemessen werden. In Analysen der Daten vom ESO Very Large Telescope (VLT) und von Spektren des Sloan Digital Sky Survey wurden hochaufgelöste Spektren des Lyman-alpha-Waldes benutzt, um die Überionisation nahe am Quasar zu messen. Diese Analyse hängt empfindlich von der großräumigen Materieverteilung in der Umgebung des Quasars und von einer möglichen Quasar-Variabilität ab. Es wurde gezeigt, dass die Amplitude der Ultraviolett-Strahlung zuverlässig gemessen werden kann und mit theoretischen Abschätzungen des ionisierenden Hintergrundes übereinstimmt. Die numerischen Simulationen haben gezeigt, dass der Umgebungseffekt zuverlässig im kosmologischen Rahmen beschrieben werden kann. Wir finden jedoch eine starke Abhängigkeit des Umgebungseffektes vom großräumigen kosmischen Dichtefeld in der Quasarmgebung bis zu 50 Tausend Lichtjahren. Eine Verfälschung der Messung des ionisierenden Hintergrundes kann jedoch vermieden werden, wenn die Überionisations-Profile an individuelle Sichtlinien angepasst werden, wie es in den Analysen der Daten erfolgte.

Die Metallanreicherung des intergalaktischen Mediums

Das Auffinden von Metallen im intergalaktischen Medium außerhalb von Galaxien kann starke Hinweise auf galaktische Winde in Galaxien mit hohen Sternbildungs-raten geben. Diese Winde stellen einen Rückkopplungs-mechanismus bei der Galaxienbildung dar, da damit

cal estimates of the ionizing background. The numerical simulations demonstrate that the proximity effect can be well described in a cosmological environment. However, we find a strong dependence of the proximity effect on the large-scale cosmic density field in the environment of the quasar up to a length of 50 thousand light years. The environmental bias of proximity effect measurements can however be avoided if the overionization profile is fitted to individual sight lines as done in the data analyses.

The Metal Enrichment Mechanism of the Intergalactic Medium

The presence of metals in the intergalactic medium outside galaxies provides strong evidence for the feedback by superwinds from star-forming galaxies, which is an important fact that further delays star formation in galaxies. Cosmological simulations have predicted an average overdensity-metallicity relation of the Lyman-alpha forest. The form of this relation and its redshift evolution constrain the detailed physical process, such as the outflow velocity. In order to test these predictions, we have analysed the column densities of neutral hydrogen (HI) and triply ionised carbon (CIV) of the Lyman-alpha forest in 17 quasar spectra taken from the ESO VLT archive at the redshifts between 2 and 3.5.

We have found that forest CIV systems can be classified into two groups: non-highly ionised systems show the predicted relation, while highly-ionised systems do

die weitere Sternbildung abgeschwächt wird. Kosmologische Simulationen haben eine mittlere Überdichte-Metallizitätsrelation im Lyman-alpha-Wald vorhergesagt. Die Form dieser Relation und deren Rotverschiebungs-Abhängigkeit geben Einschränkungen der speziellen physikalischen Prozesse wie etwa der Windgeschwindigkeit. Um diese Vorhersagen zu testen, haben wir die Säulendichteverteilung von neutralem Wasserstoff (HI) und von dreifach ionisiertem Kohlenstoff (CIV) im Lyman-alpha-Wald von 17 Quasar-Spektren aus dem ESO-VLT-Archiv zwischen Rotverschiebungen von 2 und 3,5 benutzt.

Wir haben zwei Klassen von CIV-Systemen gefunden: Nicht-hoch-ionisierte Systeme mit der vorhergesagten Relation und hoch-ionisierte Absorptionssysteme, die diese nicht reproduzieren, wie in Fig.3 durch die ausgefüllten bzw. offenen Symbole dargestellt ist. Da keine Rotverschiebungsentwicklung der N(HI)-N(CIV)-Beziehung beobachtet wird, muss die Ausflussgeschwindigkeit niedriger als die Entweichgeschwindigkeit der Galaxien von 300km/s sein, weshalb die mit Metallen angereicherten Gaswolken nahe an den Galaxien liegen.

Sunyaev-Zel'dovich-Effekt

Während einer engen Zeitspanne der kosmischen Entwicklung wurde die ursprünglich vollständig ionisierte Materie neutral und entkoppelte von der Strahlung, die heute als kosmische Mikrowellen-Hintergrundstrahlung (CMB) beobachtet wird. Sie ist nahezu richtungsunabhängig, und ihre Energieverteilung entspricht der eines schwarzen Körpers. Dichtestörungen der Materie wurden auch der Strahlung aufgeprägt und sind heute als Temperaturschwankungen der Hintergrundstrahlung zu beobachten. Die Photonen der Hintergrundstrahlung können zudem mit heißen Elektronen über den Sunyaev-Zel'dovich-Effekt wechselwirken, wodurch die Photonen eine höhere Energie erhalten. Dies führt zu einer Abweichung der Energieverteilung der Strahlung gegenüber der eines schwarzen Körpers. Heißes Elektronengas mit Temperaturen von mehr als 10 Millionen Grad Kelvin existiert in Galaxienhaufen. Das meiste kosmische Gas tritt allerdings im intergalaktischen Raum auf, wenngleich auch bei niedrigeren Temperaturen. Wir haben den Einfluss der intergalaktischen Gasverteilung auf die CMB-Temperaturverteilung sowohl für den thermischen als auch für den kinematischen SZ-Effekt abgeleitet. Letzterer berücksichtigt die kollektive Geschwindigkeit von Gaskonfigurationen. Der Beitrag des thermischen

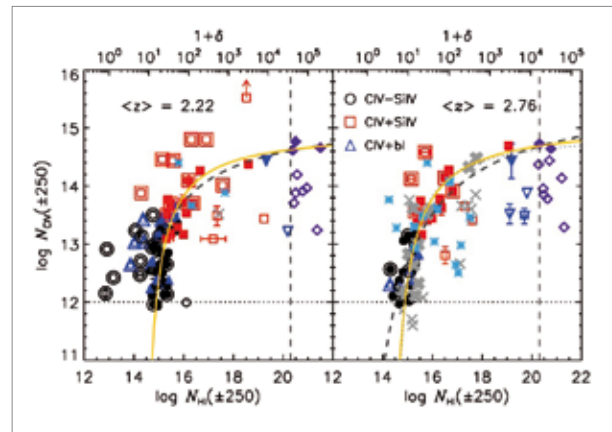


Fig. 3: The N(HI)-N(CIV) relation including high-column density systems compiled from the literature as stars and diamonds. Solid curves show functional fits to the N(HI)-N(CIV) relation and dashed curves fits to filled symbols. Highly ionised systems, indicated as symbols embedded in a larger identical symbol, do not have any recognisable N(HI)-N(CIV) relation.

not, as shown in Fig.3 by the filled and open symbols, respectively. The lack of redshift evolution of the N(HI)-N(CIV) relation suggests that the outflow velocity is too low to escape parent galaxies, i.e. less than 300km/sec, and metal-enriched gas clouds are located close to galaxies.

Sunyaev-Zel'dovich-Effect

During a short time span in the cosmic evolution, the primordial matter became neutral and decoupled from the radiation, this is observed as the Cosmic Microwave Background (CMB) radiation. Its temperature is nearly isotropically distributed on the sky with a perfect black body radiation spectrum. Initial matter density perturbations are imposed on the radiation as temperature fluctuations and can be detected today. Additionally, the photons of the CMB radiation interact with hot electrons via the Sunyaev-Zel'dovich effect, the photons get a higher energy and therefore a different spectral energy distribution. This effect can be detected as a change of the photon energy distribution with respect to the back-body distribution. Hot electron gas at temperatures of more than 10 millions Kelvin exists in clusters of galaxies. However, most of the cosmic gas has a lower temperatures and fills the space in-between galaxies. We have estimated the effect of the intergalactic medium on the CMB temperature anisotropies for the thermal and kinematic Sunyaev-Zel'dovich effect. The latter takes into account any bulk motion of the hot electron gas. The contribution of the thermal effect will be seen only for high angular

Effektes äußert sich auf sehr kleinen Winkelskalen und ist erst in Zukunft beobachtbar. Der berechnete kinematische Effekt könnte dagegen den bei etwa einem Winkelgrad beobachteten Leistungsüberschuss in den Daten der Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP) erklären.

resolution and is expected to be detected in future. The contribution from the kinematic effect may explain some excess in power in the data of the Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP) experiment at one-degree-scale.

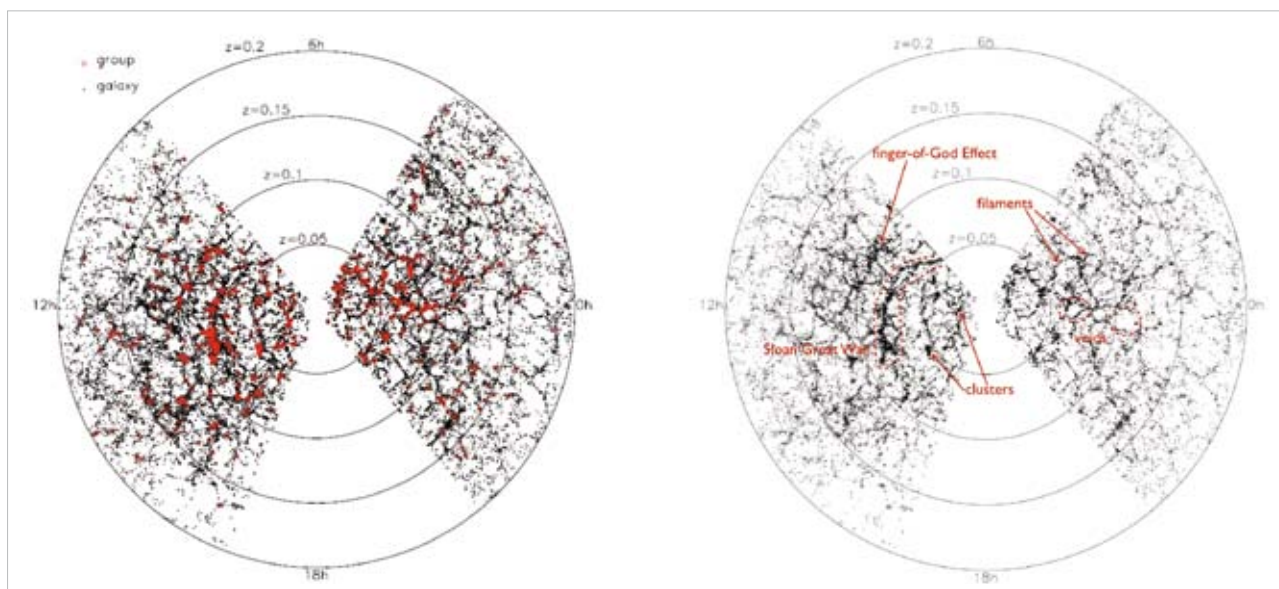


Fig. 4: Galaxies and galaxy groups in the Sloan Digital Sky Survey (SDSS) tracing typical structure elements of the large scale Universe, clusters, filaments, walls and voids.

Ausgewählte Publikationen

Selected Publications

Dall'Aglio, A., Wisotzki, L., Worseck, G. (2008): **An unbiased measurement of the UV background and its evolution via the proximity effect in quasar spectra**, *Astronomy & Astrophysics* 492, 637

Dall'Aglio, A., Wisotzki, L., Worseck, G. (2008): **The line-of-sight proximity effect in individual quasar spectra**, *Astronomy & Astrophysics* 480, 359

Einasto, M., Saar, E., Martínez, V., Einasto, J., Liivamägi, L., Tago, E., Starck, J., Müller, V., Heinämäki, P., Nurmi, P. (2008): **Toward understanding rich superclusters**, *Astrophysical Journal* 685, 83

Forero-Romero, J., Hoffman, Y., Gottlöber, S., Klypin, A., Yepes, G. (2009): **A dynamical classification of the cosmic web**, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 396, 1815

Genova-Santos, R.; Atrio-Barandela, F., Mücke, J., Klar, J. (2009): **The contribution of the kinematic Sunyaev-Zel'dovich effect from the warm-hot intergalactic medium to the five-year Wilkinson Microwave Anisotropy Probe Data**, *Astrophysical Journal* 700, 44

Hoefl, M., Brüggel, M., Yepes, G., Gottlöber, S., Schwobe, A. (2008): **Diffuse radio emission from clusters in the MareNostrium Universe simulation**, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* MNRAS 391, 1511

Khalatyan, A., Cattaneo, A., Schramm, M., Gottlöber, S., Steinmetz, M., Wisotzki, L. (2008): **Is AGN feedback necessary to form red elliptical galaxies?** *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 387, 13

v. Benda-Beckmann, A., Müller, V. (2008): **Void statistics and void galaxies in the 2dFGalaxy Redshift Survey**, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 384, 1189

Wagner, C., Müller, V., Steinmetz, M. (2008): **Constraining dark energy via baryon acoustic oscillations in the (an)isotropic light-cone power spectrum**, *Astronomy & Astrophysics* 487, 63

Warnick, K., Knebe, A., Power, C. (2008): **The tidal streams of disrupting subhaloes in cosmological dark matter haloes**, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 386, 2022

Zavala, J., Jing, Y., Faltenbacher, Yepes, G., Hoffman, Y., Gottlöber, S., Catinella, B. (2009): **The velocity function in the local environment from LCDM and LWDM constrained simulations**, *Astrophysical Journal* 700, 1779



1 LBT – Arizona, USA



2 APTs – Arizona, USA



3 VIRUS / HET – Texas, USA (2013)

Entwicklung von Forschungstechnologie 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 (Arizona, Chile, Antarktis) 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 anspruchvollsten Nutzern nationaler und internationaler Höchstleistungsrechner. Die Wissenschaftler am AIP haben zur Umsetzung ihres Forschungsprogramms in vier zentralen Technologiegebieten, nämlich „Teleskopsteuerung und Robotik“, „Hochauflösende Spektroskopie und Polarimetrie“, „3D-Spektroskopie“ und „Supercomputing und E-Science“ Know-how erarbeitet und sind national wie international gefragte Partner. Die genannten Thematiken bilden den technologisch orientierten Entwicklungsschwerpunkt des Instituts.



7 MUSE – Chile, South America (2012)



8 GREGOR – Tenerife, Spain



9 ICE-T – Dome-C, Antarctica (2015)





4 LOFAR – Bornim, Germany



5 Solar Radio Observatory, Germany



6 SDSS – New Mexico, USA

Development of Research Technology and Infrastructure



4

5

GAIA

12

XMM-Newton

Owing to the size of the cosmos and the objects within, it is rarely possible to emulate cosmic conditions in terrestrial labs, let alone performing physical experiments with astrophysical objects. Observations take over the role of experiments. Astrophysicists observe the sky mostly using a small number of very large telescopes which are placed on sites with nearly optimum atmospheric conditions, like in Arizona, Chile or the Antarctica, or in space. Astrophysics continually pushes the limits of technological feasibility. 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. 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. The scientists at the AIP have developed considerable expertise in the areas of “Telescope Control and Robotics”, “High-Resolution Spectroscopy and Polarimetry”, “3D spectroscopy” and “Supercomputing and E-Science” on international level.

10 PMAS – Calar Alto, Spain



11 STELLA – Tenerife, Spain



12 RAVE – Siding Spring, Australia





Teleskopsteuerung und Robotik

Telescope Control and Robotics

Moderne Astronomie entfernt sich immer mehr von dem klassischen Bild des Wissenschaftlers, der nächtelang an seinem Fernrohr sitzt, um seine Beobachtungen durchzuführen. Heutzutage werden immer größere Teleskope automatisiert, die Beobachtungen ohne menschliche Hilfe durchführen. Doch bis es dazu kommt, ist viel Entwicklungsarbeit notwendig – damit beschäftigt sich der Bereich Teleskopsteuerung und Robotik.

Das robotische Observatorium STELLA

Das STELLA-Projekt begann 1998 und wird heute vom Astrophysikalischen Institut Potsdam (AIP) in Kooperation mit dem Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) in Izaña, einem Nachbargipfel des Pico del Teide auf einer Seehöhe von 2.400 Meter auf Teneriffa betrieben (Fig. 1). Das Ziel von STELLA erschließt sich bereits aus der Abkürzung: STELLar Activity. Als robotisches Doppelteleskop kann STELLA einerseits mit extrem kurzen Reaktionszeiten punkten, die bei Sternausbrüchen wichtig ist, andererseits ist es auch das ideale Instrument zur Beobachtung stellarer Aktivität über lange Zeiträume hinweg, Zeiträume die in klassischen Observatorien nicht oder nur sehr schwer erreicht werden können.

STELLA-I ist ein 1,2m f/8 Cassegrain System in Alt/Az Montierung, beide Nasmyth Foci können mit Instrumenten bestückt werden. STELLA-II, ebenfalls mit 1,2m, f/8.4 wird nur im Primärfokus betrieben, erlaubt

Modern astronomy is far from the picture of the lonesome scientist, working night after night on his telescope. Today, a focus lies on automation of big telescopes, capable of executing observations without human intervention. Consequently, significant R&D is needed to achieve this goal and is necessary in its own right. This is the domain of the Robotics and Telescope Control program at the AIP.

The robotic observatory STELLA

The STELLA project began in 1998 and is now a joint-venture of the Astrophysical Institute Potsdam and the Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC). Located at an elevation of 2,400 metres on summit Izaña it neighbours mighty Pico del Teide, Spains highest mountain. As the acronym already tells: STELLA's (from STELLar Activity) main goal is the observation of stellar activity phenomena. As a robotic telescope, STELLA is able to quickly react to unforeseen events – essential for stellar eruptions – but may also be used for tedious, long-term observations not possible on classically scheduled telescopes.

STELLA-I is a 1.2 f/8 Cassegrain system, mounted in Alt/Az. Both Nasmyth foci are accessible. STELLA-II, 1.2m f/8.4 on the other hand can only operate in the primary focus F1, which spares any obscuration from a secondary mirror. Both telescopes have been built by Halfmann Teleskoptechnik in Neusäß/Augsburg.



Team 2008 / 2009:
Janos Bartus, Svend-Marian Bauer, Wilbert Bittner, Frank Breitling, Thomas Fechner, Daniel Fügner, Thomas Granzer (head), Ilya Ilyin, Arto Järvinen, Emil Popow, Klaus Strassmeier, Jesper Storm, Igor di Varano, Michael Weber, Manfred Woche.

Left: Waiting for the night in Antarctica.

aber auf Grund des fehlenden Sekundärspiegels die volle Ausnutzung der Spiegelfläche. Beide Teleskope wurden im Grundzustand von Halfmann Teleskop-technik in Neusäß nahe Augsburg gefertigt.

Während der längsten Zeit in 2008/2009 betrieb STELLA-I den hochauflösenden Echelle Spektrographen SES (siehe Seite 80). Alleine in diesen beiden vergangenen Jahren wurde die beeindruckende Anzahl von 11.688 stellaren Spektren aufgenommen. Im Dezember 2009 erfolgte dann die Umrüstung von STELLA-I für den imaging-Betrieb mit WiFSIP (Wide-field STELLA Imaging Photometer, siehe Fig.2). Erste wissenschaftliche Ergebnisse werden Anfang 2010 erwartet, während der WiFSIP Testphase wurden allerdings bereits einige spektakuläre Bilder aufgenommen, siehe den Abschnitt über RoboTel.

Gleichzeitig wurde STELLA-II für den Betrieb des SES vorbereitet. Das Licht vom Teleskop wird ab 2010 direkt vom primären Fokus mittels Lichtleiter zum Spektrographen geleitet, Fig.3. Dieselbe Einheit beherbergt auch die Fokussierungseinrichtung und den atmosphärischen Dispersionskorrektor.



Fig. 1: STELLA-I in front, STELLA-II in the back, getting ready to observe. Teide mountain is casting a shadow, visible just below the almost full moon.

During most of the 2008/2009 period, STELLA-I was operating the high-resolution Echelle spectrograph (see page 80). 11,688 spectra of stars have been collected solely during this period. In December 2009, STELLA-I was finally equipped with the Wide-Field STELLA Imaging Photometer WiFSIP, see Fig.2. First scientific results are due in the beginning of 2010, but some pictures have already been obtained with this instrument during its test phase on RoboTel, refer to the appropriate chapter. In the meantime, STELLA-II has been made ready to fiber-feed the SES. The light from the telescope is picked up at the primary focus, see Fig.3. The same unit houses the focusing device and the ADC, the atmospheric dispersion corrector.

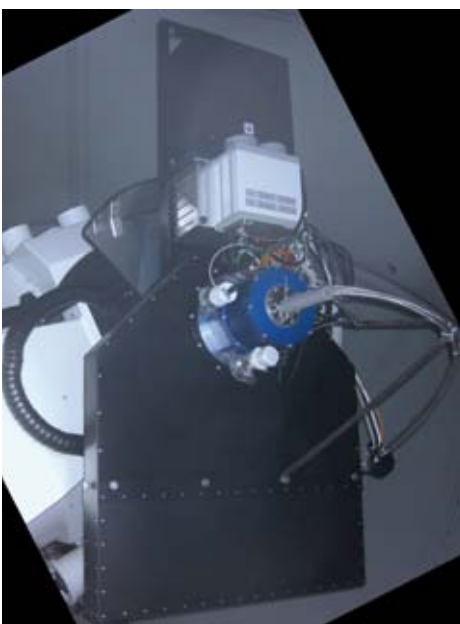


Fig. 2: The Wide-Field STELLA Imaging Photometer (WiFSIP) mounted on RoboTel.



Fig. 3: The Wide-Field STELLA Imaging Photometer (WiFSIP) during installation.



Fig. 4: The moon seen through RoboTel, 4th April, 2009.

The training telescope RoboTel

In many means RoboTel is the little brother of STELLA, except for the smaller main mirror of 80cm. RoboTel is located at the institute's campus in Babelsberg. Similar to STELLA-I, both Nasmyth foci are accessible.

The year 2009 saw RoboTel equipped with the STELLA-I imager WiFSIP (refer to previous chapter). From the extensive testing phase, two examples of the images obtained are shown. Fig.4 shows the Moon, taken during the Long Night of Stars, April 2009. The colour composite in Fig.5 shows the neighbouring spiral galaxy to our milky way, M33, also known as the Triangulum nebula.

Das Schulteleskop RoboTel

RoboTel ist in vieler Hinsicht der kleine Bruder von STELLA. Vom Prinzip her baugleich, ist nur der Hauptspiegel mit einem Durchmesser von 80cm etwas geringer. RoboTel befindet sich am Institutsgelände in Babelsberg. Wie bei STELLA-I können beide Nasmyth Foci verwendet werden.

Im Jahr 2009 wurde der für STELLA-I vorgesehene imager WiFSIP (siehe vorheriges Kapitel) an RoboTel getestet. Während der Langen Nacht der Sterne gelang eine Aufnahme des Mondes, die in Fig.4 zu sehen ist. Aus drei Aufnahmen in verschiedenen Farbfiltern konnte Fig.5 zusammengesetzt werden. Es zeigt unsere Nachbargalaxie M33, den Dreiecksnebel.



Fig. 5: RGB composite of the Triangulum nebula. Three individual exposures, each 10 minutes long, taken with RoboTel on 19th September.

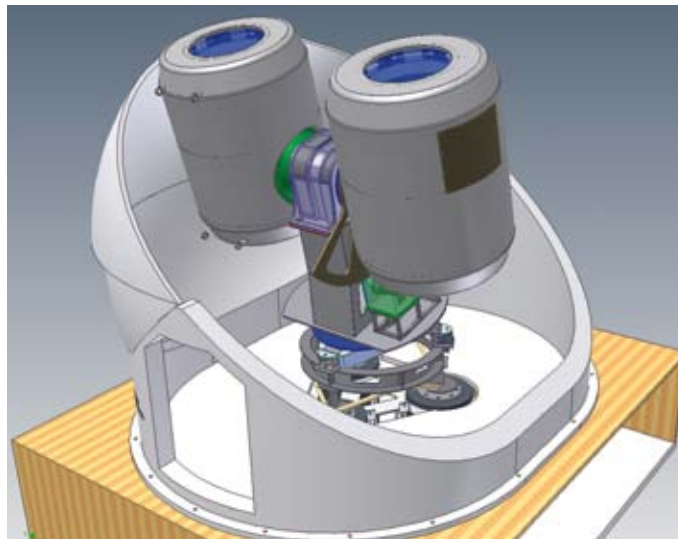
Das ICE-T Projekt

Das International Concordia Explorer Teleskop (ICE-T) ist das ehrgeizige Projekt, in der Antarktis auf einer Seehöhe von 3.250m ein doppeltes Schmidt Teleskop zu errichten. Möglich wird das erst durch die Umwandlung der französisch-italienischen geophysikalischen Forschungsstation Concordia in eine europäische Einrichtung. Hier, 1.500km vom Südpol entfernt, bei Temperaturen bis zu -80°C , herrschen nahezu ideale Bedingungen für die Astronomie, vergleichbar nur zum Vakuum des Welt-raums – und das bei geschätzten 10 % der Kosten. Gemeinsam mit dem Alfred-Wegener Institut in Bremerhaven strebt das AIP die Errichtung von ICE-T bis 2015 an. Bereits während des Arktischen Sommers 2008/2009 wurde die ICE-T Kuppel im neu geschaffenen Astronomiebereich errichtet. Dieser befindet sich mehr als 300m von der Station entfernt, um ungestörte Beobachtungen zu garantieren (Fig. 6). Bis ICE-T betriebsbereit ist, wird sich darin ein Sternphotometer zur Messung der optischen Tiefe durch Aerosole in der Troposphäre befinden. Gleichzeitig wurde das thermale und mechanische Design von ICE-T abgeschlossen und zur Konstruktion vorbereitet (Fig. 7).



Fig. 6: During the erection of the ICE-T dome. The Concordia station is visible in the back.

Fig. 7: Final mechanical design of ICE-T.



The ICE-T Project

The International Concordia Explorer Telescope (ICE-T) stands for the ambitious project of building a double-Schmidt telescope in the Antarctic plateau. As the French-Italian research station Concordia is transformed to a European facility, astronomers from all over Europe get access to this site. 1,500km away from the South pole, at an elevation of 3,250m and at temperatures as low as

-80°C , conditions are ideal for astronomy – comparable only to open space, but at a 10 % of the cost. Together with the Alfred-Wegener Institut in Bremerhaven, the AIP aims at installing ICE-T at Dome-C by 2015. During the Antarctic summer 2008/2009, the ICE-T dome has been placed at the new astronomy site, more than 300m away from the main station to guarantee optimal observing conditions (Fig. 6).

Until ICE-T is ready, a star photometer for measuring the aerosol optical depth in the Troposphere will be operated. During the same time, the thermal and mechanical design of ICE-T has been finalized and construction can commence at any time (Fig. 7).

Acquisition, Guiding & Wavefront Sensing Einheiten

Als Partner im Large Binocular Telescope Consortium (LBTC) steuert das AIP den Entwurf und den Bau der sogenannten Acquisition, Guiding, and Wavefront sensing (AGW, grob übersetzt Zentrieren, Nachführen und Wel-

Acquisition, Guiding & Wavefront Sensing Units

As partner of the LBT consortium (LBTC) the AIP is contributing to the construction of the telescope by building the so called Acquisition, Guiding, and Wavefront sensing units (AGW units), including optics, mechanics,

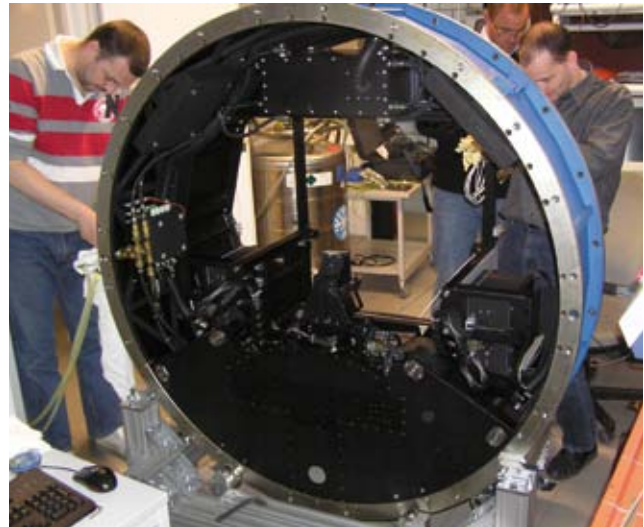


Fig. 8: The AGW unit just before it is being delivered to Arcetri observatory in February 2008.

lenfrontanalyse) Einheiten bei. Jede dieser Einheiten ist ein integraler Bestandteil des Teleskops und unterstützt mehrere der wissenschaftlichen Instrumente.

Am AIP werden insgesamt vier dieser Einheiten gebaut. Jede Einheit besteht aus zwei, frei in der Fokalebene verstellbaren Kameras, die Guiding-Kamera für die Nachführung und die wavefront-sensing Kamera für die Wellenfrontanalyse. Die freie Bewegbarkeit ist notwendig, um einen beliebigen (hellen) Referenzstern am Rande des Gesichtsfeld des Hauptinstrumentes auszuwählen. Mit der Guiding-Kamera wird jede noch so kleine, durch Nachführschwankungen des Teleskops verursachte, Bewegung des Referenzsterns gemessen und ein Signal zur Kompensation der Abweichung an die Steuerung des Teleskops gesendet. Auf diese Weise wird das eigentliche Objekt im Zentrum des wissenschaftlichen Hauptinstrumentes gehalten. Das langwellige Licht des Referenzsterns wird von der zweiten Kamera benutzt, um die Durchbiegung des Hauptspiegels zu überwachen: Abweichungen von der idealen Form werden sofort zur Korrektur an das Stellsystem des Hauptspiegels weitergeleitet, die Bildschärfe wird gewahrt.

Zwei der vier AGW Einheiten wurden 2006 bzw. im Februar 2008 zu unseren italienischen Kollegen im Osservatorio Astrofisico di Arcetri bei Florenz geliefert (Fig. 8). Dort wurde das System zur Steuerung der adaptiven Optik für achsennahe Objekte in die AGW Einheiten integriert. Zu Beginn des Jahres 2010 soll die erste dieser Einheiten an das LBT geliefert werden. Eine dritte AGW wurde im Oktober 2007 direkt ans LBT geliefert. In Vorbereitung der Lieferung des LUCIFER Spectrographen und Imager für das nahe Infrarot, wurde diese Einheit

electronics and control software. The AGW units are an integral part of the telescope and will support several of the science instruments. The AIP is building four of these units, each of which consists of a guide camera and a wavefront sensing camera which can be moved around in the focal plane of the telescope to find a suitable reference or "guide" star.

The guiding camera will observe the guide star close to the field observed by the science instrument. If this star moves ever so slightly on the detector due to inaccuracies in the tracking system, signals will immediately be sent to the telescope to compensate the movement. In this way the celestial target on the science instrument will be kept at the proper position with a very high degree of accuracy. The wavefront sensor on the other hand will use the red part of the light from the guide star to analyze the shape and alignment of the main mirrors of the telescope. Any deviations from the best possible alignment and shape will immediately be corrected thus ensuring the sharpest possible images. Previously we delivered one AGW unit to our Italian colleagues at Arcetri Observatory in Firenze.

A second unit was delivered to Arcetri in February of 2008. There, our colleagues integrate the on-axis adaptive optics system into the AGW structure. The first of these systems will be delivered to the LBT Observatory in the beginning of 2010.

Another AGW unit was delivered to the LBT Observatory in October of 2007, and in May 2008 this AGW unit saw first light at the bent Gregorian focus of the LBT using the newly installed instrument rotator, and the secondary

zum Testen der für LUCIFER vorgesehenen Fokalstation in einem der gregorianischen Foki verwendet. LUCIFER leitet sich aus der Bezeichnung LBT Near Infrared Spectroscopic Utility with Camera and Integral Field Unit for Extragalactic Research ab. Nach dem Einbau von LUCIFER wurde dieses Instrument mit Hilfe dieser

and tertiary mirrors of the telescope. The AGW unit was carefully tested and used to commission this focal station of the telescope in preparation for the arrival of the LUCIFER near-IR imager and spectrograph (from LBT Near Infrared Spectroscopic Utility with Camera and Integral Field Unit for Extragalactic Research). The AGW unit

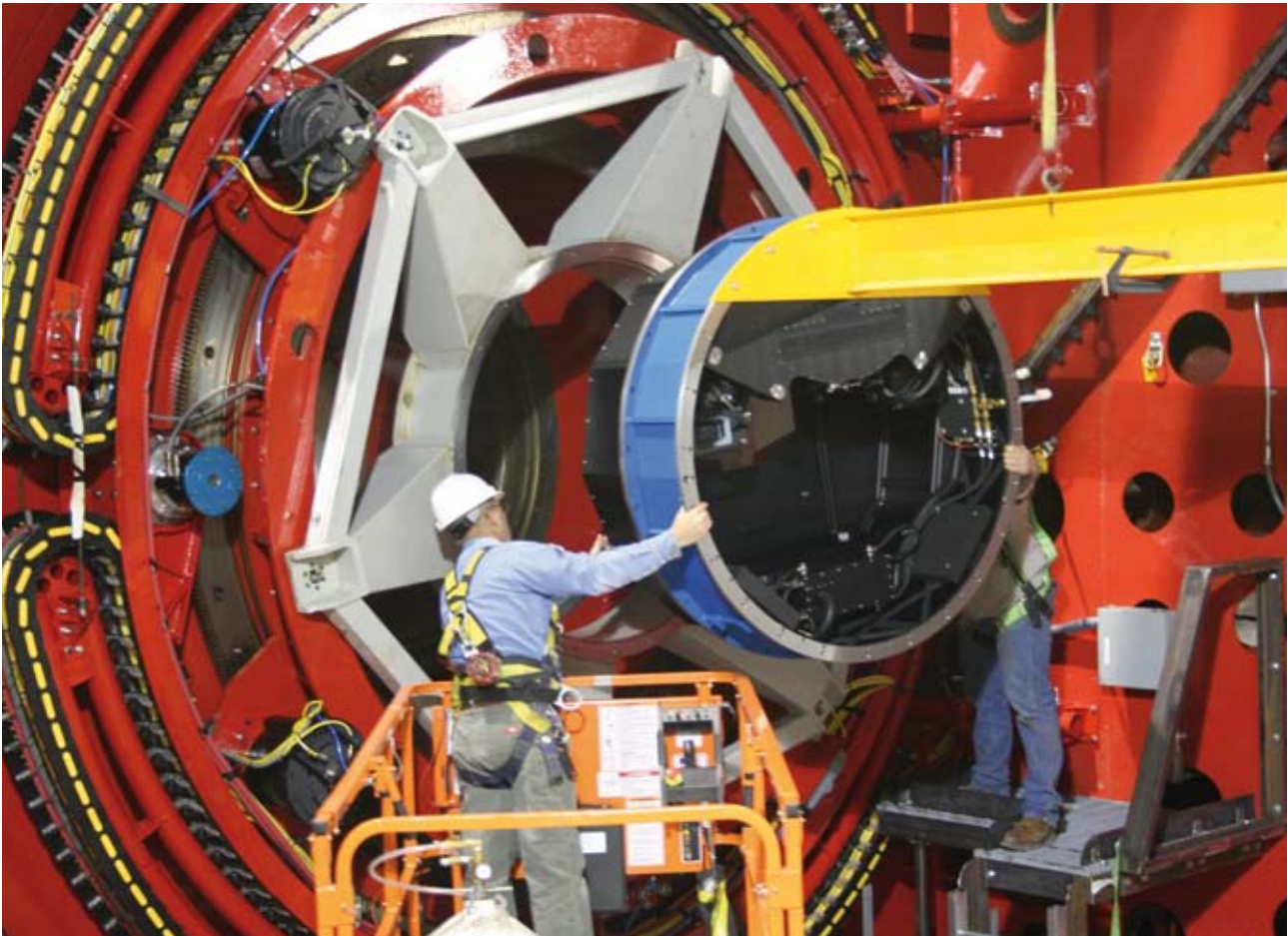


Fig. 9: The fourth AGW unit being mounted under the left LBT main mirrors in the direct gregorian focus. This is where the PEPSI polarimeter will eventually be mounted.

AGW ausgerichtet und getestet. Ende 2009 konnte dann LUCIFER der wissenschaftlichen Nutzung übergeben werden.

Die vierte AGW Einheit wurde im April 2009 an das LBT geliefert und wurde hier im direkten gregorianischen Fokus, also direkt unter dem Hauptspiegel installiert, siehe Fig.9 und 10. Hier werden auch die Polarimeter von PEPSI (siehe Seite 81) montiert. Diese Einheit wurde sofort in Betrieb genommen, um das Teleskop für die Ankunft des Multi-Object Double Spectrograph (MODS) im Laufe des Jahres 2010 zu rüsten.

was then used to commissioning of this new instrument at the bent gregorian focus and at the end of 2009 the LUCIFER instrument using the AGW unit for guiding and wavefront sensing was offered to the LBT community for real science programmes.

In April 2009 the fourth AGW unit was delivered to the LBT Observatory where it was installed at the direct gregorian focal station under the main mirror. This is the location where the PEPSI polarimeters for feeding the PEPSI spectrograph (see page 81) will eventually be mounted. The AGW unit was immediately put to work on the commissioning of this focal station in preparation for the arrival of the Multi-Object Double Spectrograph MODS in 2010.

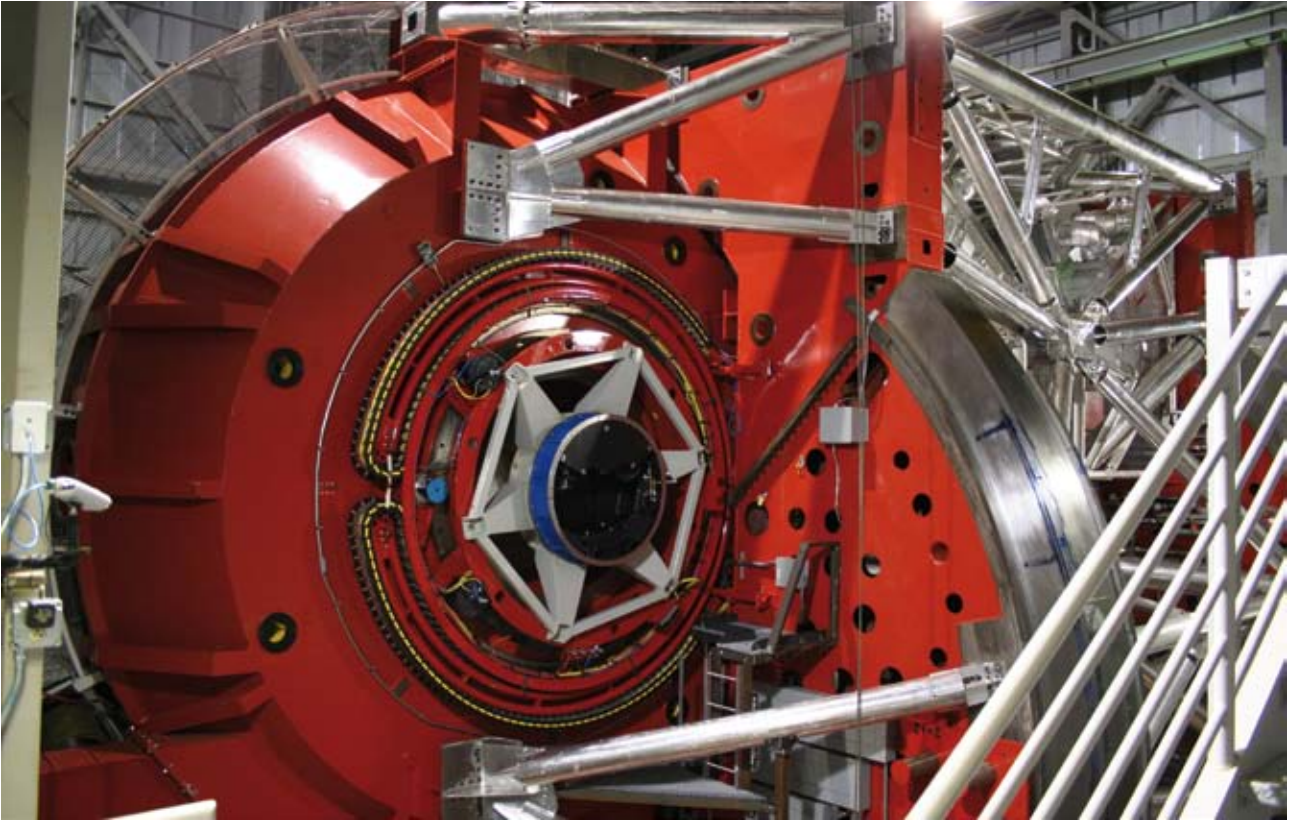


Fig. 10: The fourth AGW unit mounted under the left LBT main mirror.

Ausgewählte Publikationen

Selected Publications

Breitling, F., Granzer, T., Enke, H., (2008): **Grid integration of robotic telescopes**. *Astronomische Nachrichten* 329, 343

Strassmeier, K.G., Granzer, T., Denker, C., Fuhrmann, C., Fügner, D., Woche, M., Divarano, I., Cutispoto, G., Herber, A., Horne, K., Rafanelli, P., Bortoletto, F., Ribas, I., Tosti, G. (2008): **Science with ICE-T: Exoplanets and stellar/solar activity**, *EAS Publications Series*, Volume, pp.199-206

di Varano, I., Nucciarelli, G., Tosti, G., Busso, M., Strassmeier, K.G. (2008): **Main tasks for IRAIT installation at Dome C**, *EAS Publications Series* 33, p. 279-283

Rabien, S., Ageorges, N., Angel, R., Brusa, G., Brynnel, J., Bussoni, L., Davies, R., Deysenroth, M., Esposito, S., Gässler, W., Genzel, R., Green, R., Haug, M., Lloyd Hart, M., Hölzl, G., Masciadri, E., Pogge, R., Quirrenbach, A., Rademacher, M., Rix, H. W., Salinari, P., Schwab, C., Stalcup, T., Jr., Storm, J., Strüder, L., Thiel, M., Weigelt, G., Ziegler, J. 2008: **The laser guide star program for the LBT**, *Adaptive Optics Systems*, edited by Hubin, N.; Max, C.E.; Wizinowich, P.L. *Proceedings of the SPIE*, 7015, 28

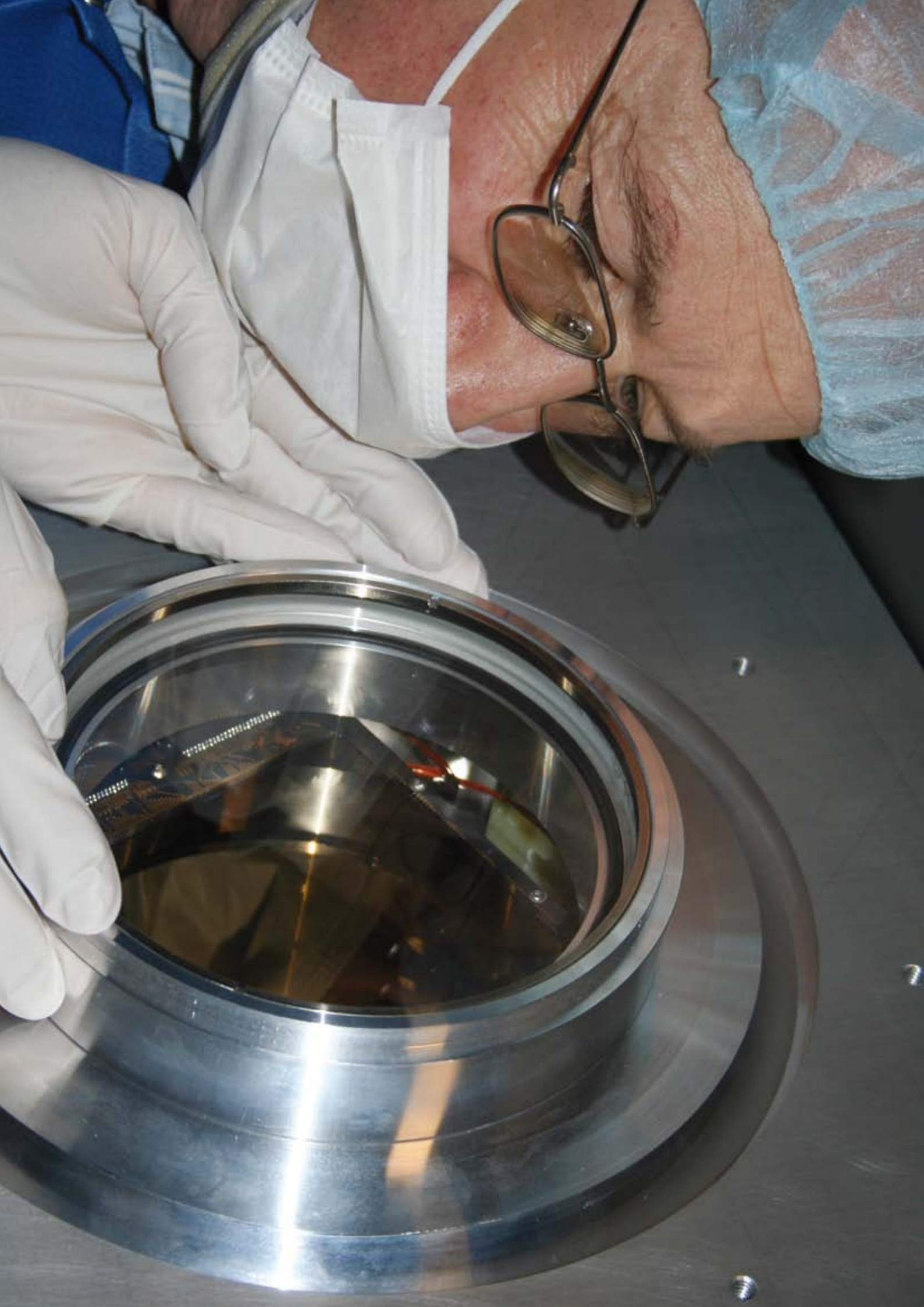
Briguglio, R., Tosti, G., Busso, M., Bagaglia, M., Nucciarelli, G., Mancini, A., Castellini, S., Strassmeier, K. G., Straniero, O., Sabbatini, L. (2008): **Small IRAIT: telescope operations during the polar night**. *Observatory Operations: Strategies, Processes, and Systems II.*, edited by Brissenden, R. J.; Silva, D. R. *Proceedings of the SPIE*, Volume 7016, pp 70160H-70160H-12

Strassmeier, K.G., Briguglio, R., Granzer, T., Tosti, G., di Varano, I., Savanov, I., Bagaglia, M., Castellini, S., Mancini, A., Nucciarelli, G., Straniero, O., Distefano, E., Messina, S., Cutispoto, G. (2008): **First time-series optical photometry from Antarctica. sIRAIT monitoring of the RS CVn binary V841 Centauri and the δ -Scuti star V1034 Centauri**, *Astronomy & Astrophysics* 490, 287

Strassmeier, K.G., Ilyin, I. V., (2009): **The E-ELT: A Chance to Measure Cosmic Magnetic Fields**, *Science with the VLT in the ELT Era*, ApSS, ISBN 978-1-4020-9189-6, Springer Netherlands, p. 255-259

Fügner, D., Fuhrmann, C., Strassmeier, K.G. (2009): **Field optimization and CCD data simulation for the antarctic International Concordia Explorer Telescope (ICE-T)**, *Astronomische Nachrichten* 330, 330

di Varano, I., Strassmeier, K.G., Granzer, T., Woche, M. (2009), **Development of the opto-mechanical design for ICE-T**, eprint arXiv:0909.4407



Hochauflösende Spektroskopie und Polarimetrie

High-resolution Spectroscopy and Polarimetry

Fundamentales Werkzeug der Astrophysik

Hochauflösende Spektroskopie ist ein fundamentales Werkzeug der modernen Astrophysik. Sie wird zur Bestimmung der chemischen Zusammensetzung und des physikalischen Zustands von Sternen verwendet, um Rückschlüsse auf die Struktur des interstellaren Mediums zu ziehen und um die Frühzeit des Universums mit Hilfe von Quasaren zu untersuchen. Außerdem kann die zeitliche Entwicklung der „circumburst“ Materie bei Gamma Ray Bursts untersucht und zeitabhängige Variationen der Linienprofile pulsierender Sterne beobachtet werden, um einige Beispiele zu nennen.

Um Beobachtungen, wie die vorgenannten zu ermöglichen, entwickelt das AIP hochauflösende Spektrographen und Stokes-Polarimeter: Den Stella Echelle Spektrographen (SES), der sich zur Zeit im wissenschaftlichen Probetrieb befindet, das Potsdam Echelle Polarimetric und Spectroscopic Instrument (PEPSI), das sich zur Zeit im Bau befindet, und das ELT-Polarimeter, das sich zur Zeit in Planung befindet.

Fundamental tool of Astrophysics

High resolution spectroscopy is a fundamental tool of modern day Astrophysics. It is used to derive the chemical composition and the physical state of stars, to gain knowledge about the structure of the interstellar medium, or to probe the early Universe using Quasars. It is also used to analyse the temporal evolution of the circumburst matter in gamma ray bursts, and to measure dynamic properties of objects like pulsating stars, to name a few applications.

To make observations like these possible, the AIP develops high resolution spectrographs and Stokes-polarimeters: the STELLA Echelle Spectrograph (SES), currently in science demonstration mode, the Potsdam Echelle Polarimetric and Spectroscopic Instrument (PEPSI), currently under construction, and the E-ELT polarimeter, which is in the planning phase.



Team 2008 / 2009:

Janos Bartus, Svend-Marian Bauer, Wilbert Bittner, Frank Dionies, Thomas Fechner, Dietrich Feuerstein, Thomas Granzer, Thomas Hahn, Axel Hofmann, Ilya Ilyin, Christian Jänicke (bis 12/2008), Katja Janssen, Arto Järvinen, Ronald Materne (bis 03/2008), Jens Paschke, Emil Popow, Klaus Strassmeier, Michael Weber (head), Manfred Woche, Dieter Wolter.

Left: The first science-grade 10k STA1600D CCD mounted in its dewar at the Imaging Technology Laboratory of the University of Arizona.

STELLA Echelle Spektrograph

Auf dem STELLA Echelle Spektrographen (SES) läuft ein Beobachtungsprogramm zum Testen der Fähigkeiten des Spektrographen, des Teleskops und der Robotiksoftware. Er hat seit seiner Inbetriebnahme im Juni 2006 mehr als 20.000 wissenschaftliche Spektren aufgezeichnet.

Es handelt sich um einen modernen Weißpupillen-Spektrographen mit einer moderat hohen spektralen Auflösung von 55.000 und einem festen Wellenlängenbereich von 390 nm bis 880 nm. Dies wird mit einer einzigen Belichtung erhalten. Der Spektrograph ist auf einem optischen Tisch in einem Temperatur-stabilisierten Raum aufgebaut und mit dem Teleskop mittels einer 22m langen Lichtleitfaser verbunden. Die Faser hat einen Kerndurchmesser von 50µm mit einer Mikrolinse auf der Einkopplenseite, welche eine freie Apertur am Himmel von 2,0" ergibt.

Nachdem bis Ende 2009 das STELLA-I Teleskop verwendet wurde, wird nun das STELLA-II Teleskop verwendet, um mit einem Newton-Korrektor ausgestattet das Licht im f/8,4 Primärfokus in die Lichtleitfaser einzukoppeln.

In der Wintersaison 2010/11 wird der SES mit einem neuen Quer-Zerleger Prisma ausgestattet. Eine neue optische Kameraoptik mit besserer Effizienz wird eingebaut und ein neues 16 Megapixel CCD-Detektorsystem, ähnlich dem bei WiFSIP verwendeten, wird zum Einsatz kommen. Diese Verbesserungen werden auch in den roten spektralen Ordnungen Aufnahmen ohne Lücken ermöglichen und Platz für simultane Kalibrationsaufnahmen schaffen.



Prototype of the Solar Disk Integrated (SDI) telescope, pointed at the Sun over the Babelsberg campus.

STELLA Echelle Spectrograph

The STELLA Echelle Spectrograph (SES) is in science demonstration mode and has been producing over 20,000 scientific spectra since it has been put into operation in June 2006.

It is a modern white pupil spectrograph with a moderately high spectral resolution of 55,000 and a fixed wavelength format of 390nm to 880 nm which is obtained in a single exposure. The spectrograph is bench mounted in a temperature stabilized environment, and connected to the telescope with a 22m long optical fiber. This fiber has a core diameter of 50µm with a microlens attached to the entrance side, which yields an entrance aperture of 2.0" on the sky.

After being used with the STELLA-I telescope until the end of 2009, we now use it together with the STELLA-II telescope, which is equipped with a Newtonian corrector, and the light is being fed into the fiber in the f/8.4 prime focus of the system.

The Potsdam Echelle Polarimetric and Spectroscopic Instrument (PEPSI)

PEPSI is an Echelle spectrograph for the LBT, which can be fed either by its two polarimeters or by its Permanent Fiber Focus Units (PFU). The PFUs are always available and make the change-over from any other instrument a matter of minutes, but they provide integral light only. PEPSI will be capable to cover the full wavelength range from 383 to 907nm with three exposures in one of three resolution modes: 40,000, 120,000 or 300,000. In order to achieve this high resolution, the spectrograph is mounted in its own temperature and pressure stabilized chamber within the LBT.

Der Potsdam Echelle Polarimeter und Spektrograph (PEPSI)

PEPSI ist ein Echelle Spektrograph für das LBT, das entweder von seinen zwei Polarimetern oder von seinen Permanent Fiber Focus Units (PFU) mit Licht gefüttert wird. Die PFUs sind immer verfügbar und ermöglichen jederzeit einen schnellen Wechsel mit anderen Instrumenten, stellen aber nur Integrallicht zur Verfügung. PEPSI deckt den gesamten Spektralbereich von 383 nm bis 907 nm mittels dreier Einzelbelichtungen ab und bietet drei spektrale Auflösungen an: 40.000, 120.000 und 300.000. Um diese hohe Auflösung zu erreichen, ist der Spektrograph in einer druck- und temperaturstabilisierten Einhausung untergebracht.

Die Einhausung ist fertiggestellt und die Temperatur- und Druckregelung funktioniert. Die Systemarchitektur für die Instrumentenkontrolle wurde festgelegt, deren Komponenten wurden beschafft, und das graphische Benutzer-Interface (GUI) ist fertig. Der Faser-Logistik-Plan wurde fertiggestellt, die Fasern gefertigt und zur Zeit werden Mikrolinsen und Endhülsen auf die Faser-Enden aufgebracht. Der Aufbau des Spektrographs kommt gut voran, und die meisten der 18 CCDs wurden bereits geliefert und werden im Laufe des nächsten Jahres in Betrieb genommen.

Wenn PEPSI fertiggestellt ist, wird es Magnetfeldstudien auf Sternoberflächen ermöglichen, die mit dem Sonnenmagnetfeld verglichen werden können. Wir erhoffen uns ein besseres Verständnis der Entstehung unserer Sonne und anderer Sterne und der Rolle des Planetensystems dabei.

Das PEPSI Solar Disk Integrated Teleskop

Das Solar Disk Integrated (SDI) Teleskop ist ein kleines Doppelteleskop, das das Licht der räumlich unauflösten Sonnenscheibe mittels einer Glasfaser in den PEPSI Spektrographen füttert. Dies dient einerseits als



Collimators: Mounting the PEPSI mirrors in the AIP optical lab.

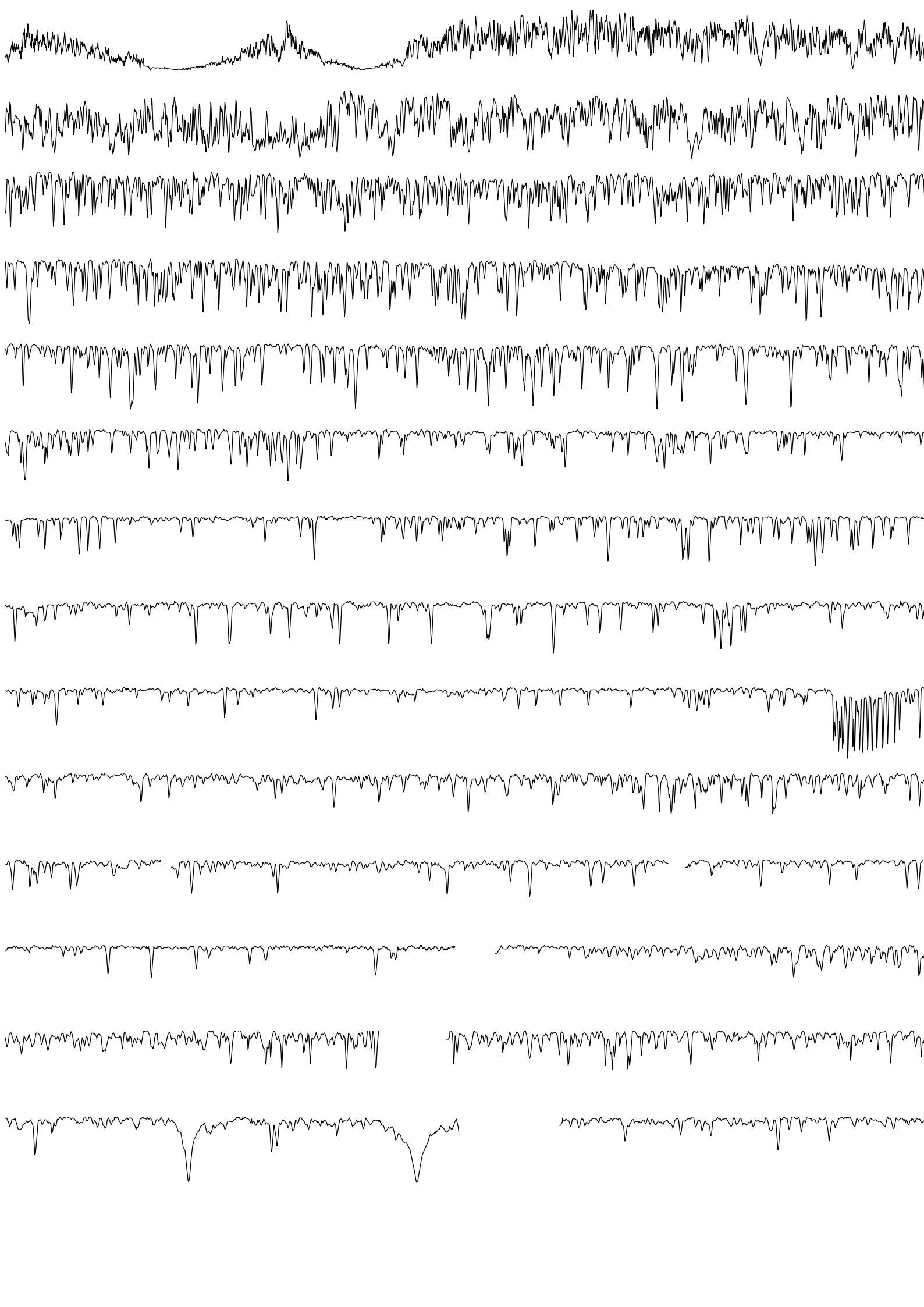
The chamber and cover have been finished and the temperature and pressure control is working. The system architecture for the instrument control has been finalized, the components have been procured, and the graphical user interface for the instrument is ready. The fiber logistics plan has been fixed and the fibers have been manufactured. The fiber-ends are currently being fitted with microlenses and ferrules. The spectrograph itself is making good progress, and most of the 18 CCD detectors are there and will pass final tests beginning next year.

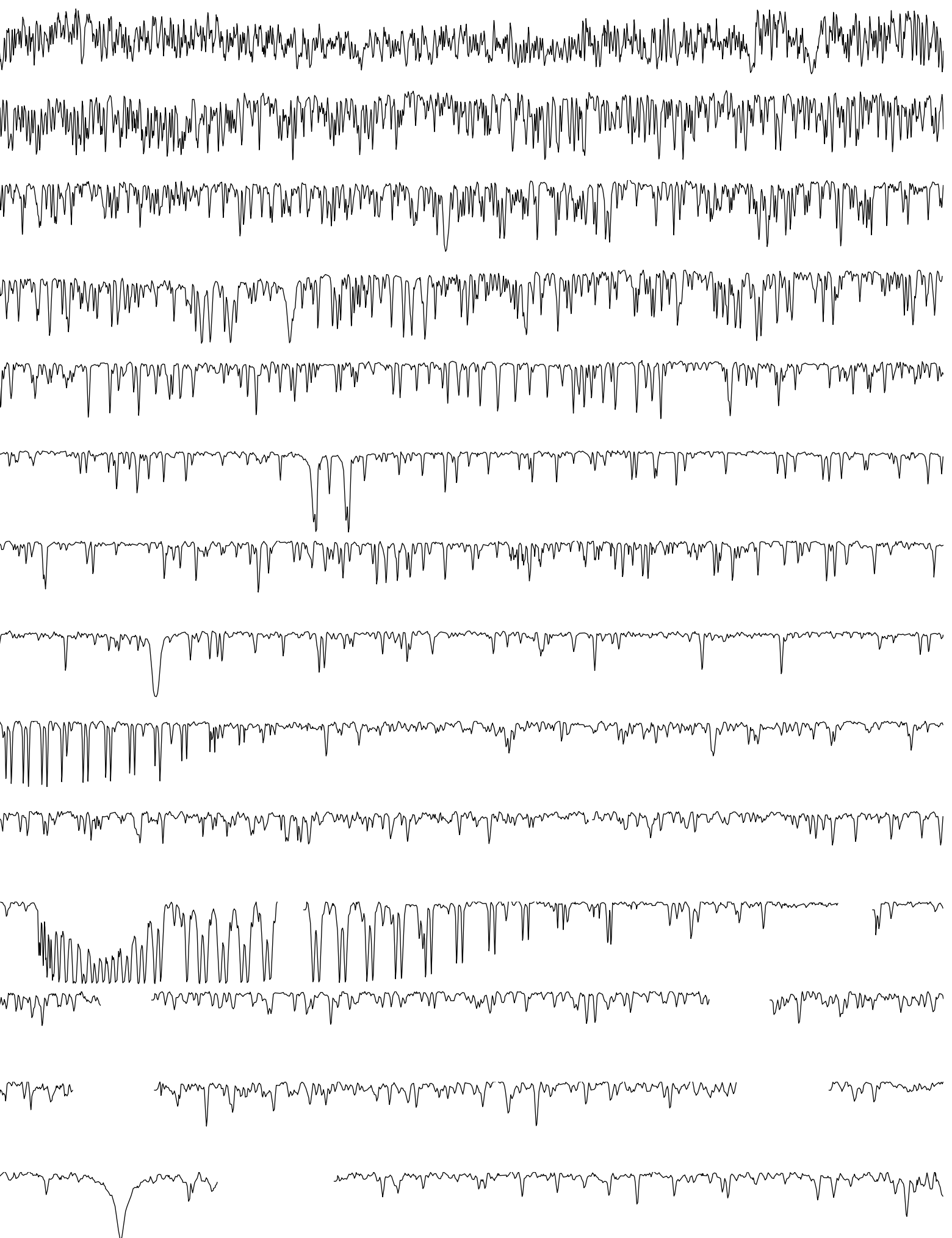
Once PEPSI is ready, it will be possible to study magnetic fields on the surfaces of stars and compare them to the solar magnetic fields. We can then hope to understand how our Sun and other stars were formed and which role the planetary system plays in this.

PEPSI Solar Disk Integrated Telescope

The SDI telescope is a small binocular telescope at LBT, that feeds the full-disk Sun light into the PEPSI spectrograph. It provides a comparison spectrum for the ultra high resolution mode of PEPSI and allows long term solar studies. Its whole disk integrated spectra will be used to study the solar activity over a complete solar cycle.

The SDI-prototype is fully working and the components of the final product are being acquired. It will also serve as a test light source for PEPSI during the integration phase.





Normalized visual spectrum of the star HD 1, recorded with the STELLA Échelle spectrograph.

Vergleichsspektrum für den höchsten Auflösungsmodus von PEPSI, andererseits wird damit die Sonnenaktivität über einen kompletten Aktivitätszyklus untersucht.

Der Prototyp des SDI Teleskops wurde in Betrieb genommen, Komponenten für die finale Version werden gerade beschafft. Es wird auch beim Aufbau von PEPSI als Test-Lichtquelle dienen.

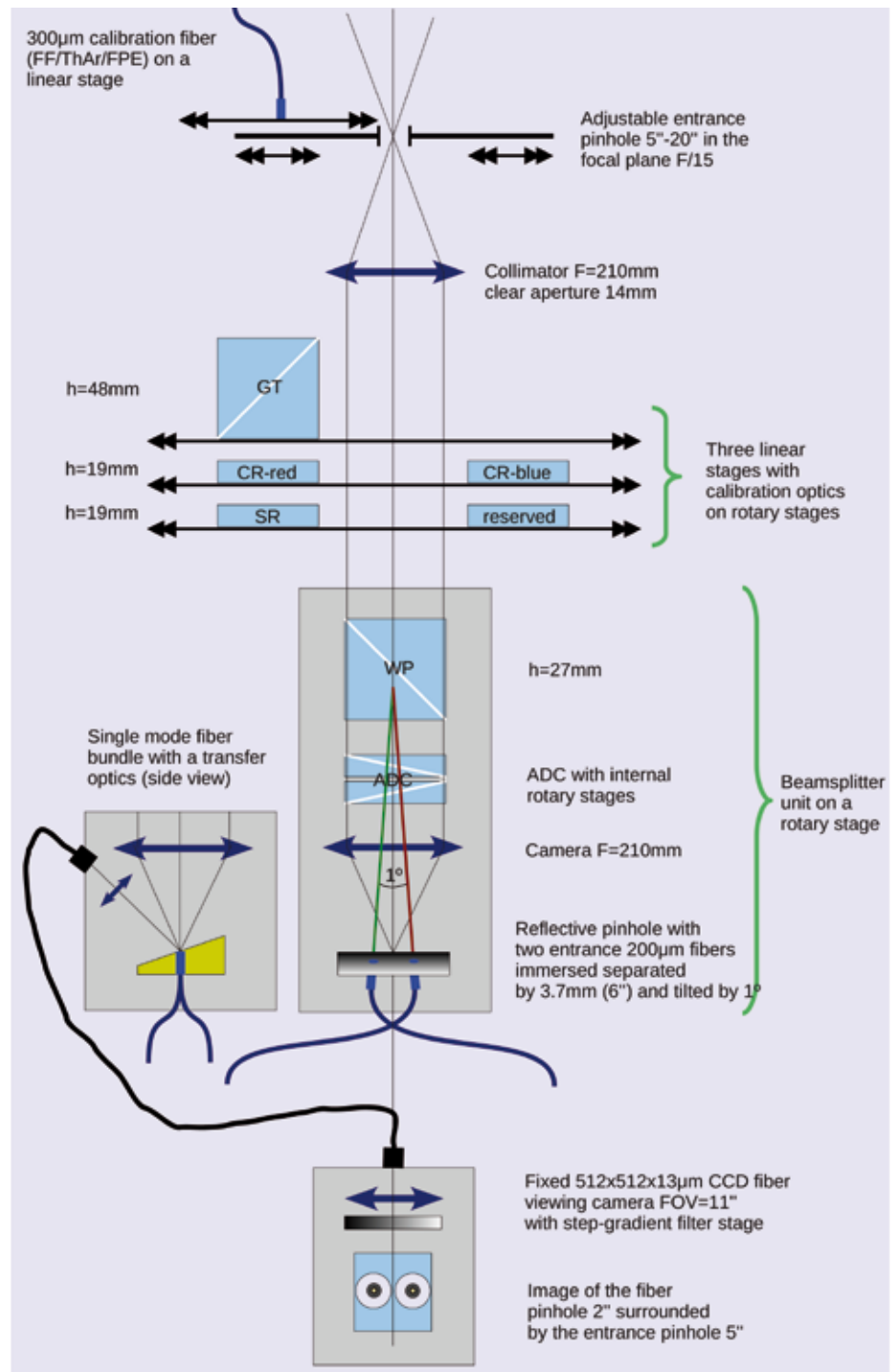
Das PEPSI Polarimeter

Die PEPSI Spektropolarimeter wurden entwickelt, um den kompletten Stokes-Vektor aufzuzeichnen, der bei der Strahlung von Sternoberflächen mit vorhandenen Magnetfeldern entsteht. Die Polarimeter werden direkt an den Gregorianischen Foki des LBT angebracht und eröffnen die einzigartige Möglichkeit, die Magnetfelder auf Sternen, ihre Entwicklung und ihre Ursprünge im Detail zu studieren. Die Kalibrationsgenauigkeit und die Signalqualität der Stokes-Spektren ist mit der Genauigkeit von solarer Spektropolarimetrie vergleichbar.

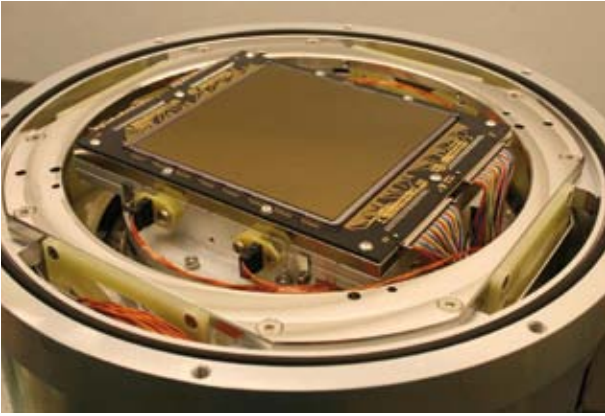
Die PEPSI Polarimeter ermöglichen erstmalig die detaillierte Untersuchung stellarer Magnetfelder. Sie eröffnen ein neues Forschungsgebiet der Beobachtung von Magnetfeldtopologien auf Sternen. Die Polarimeter füttern den Spektrographen im Modus mit der Auflösung 120.000. Der Entwurf der Polarimeter wird in Kürze fertiggestellt, zur Zeit wird die thermische Analyse der optischen Komponenten ausgewertet.

PEPSI Polarimeter

The PEPSI spectropolarimeters are designed to obtain the full Stokes vector of the radiation emerging from stellar photospheres in the presence of the magnetic field. Attached to the Gregorian focus of the LBT 2x8.4m telescopes, the polarimeter will provide a unique opportunity to study in detail the magnetic field of stars, their evolution, and their origin. Accurate calibration and high



Polarimeter: Schematics of the PEPSI polarimeter.



Dewar: First tests of the PEPSI 10k dewar vessel with a mechanical sample of the STA1600D CCD in the AIP detector lab.

Ein Polarimeter für das ELT

Da nur ein kleiner Anteil des Lichts von stellaren Objekten polarisiert ist, können selbst mit den größten zur Verfügung stehenden Teleskopen, wie dem LBT nur vergleichsweise wenige, helle Objekte beobachtet werden. Dies würde sich natürlich mit der nächsten Teleskopgeneration, wie dem europäischen Extremely Large Telescope (E-ELT) stark verbessern. Darüber hinaus würden sich neue Möglichkeiten eröffnen, wie zum Beispiel der Detektion von reflektiertem Licht extrasolarer Planeten.

Hierzu wurde an der Erstellung der Spezifikationen der wissenschaftlichen Anwendungen und am Konzept eines Mehrzweck-Polarimeters auf Basis des PEPSI Polarimeters gearbeitet.

Ausgewählte Publikationen *Selected Publications*

Beckert, E., Strassmeier, K.G., Woche, M., Eberhardt, R., Tünnermann, A., Andersen, M. (2008): **Waveguide image-slicers for ultrahigh resolution spectroscopy**, SPIE 7018, 2J-1 - 2J-8

Ilyin, I., Strassmeier, K.G., Woche, M., Hofmann, A. (2009): **Spectropolarimetry with PEPSI at the LBT: accuracy vs. precision in magnetic field measurements**, IAU Symp. 259, 663-664

Strassmeier, K.G., Ilyin, I. V. (2009): **The E-ELT: A Chance to Measure Cosmic Magnetic Fields, in Science with the VLT in the ELT Era**, ApSS Proceedings, 255-259

signal-to-noise of the Stokes spectra will be comparable with the accuracy obtained in solar spectropolarimetry.

The PEPSI Polarimeters will offer the opportunity to study stellar magnetic fields in detail for the first time. It opens up a whole field of research for observational studies on magnetic field topology on stars. The polarimeters feed the light to the spectrograph in the 120,000 resolution mode. The design of the polarimeters is in the process of being finalized, currently the thermal analysis for the optical components is being evaluated.

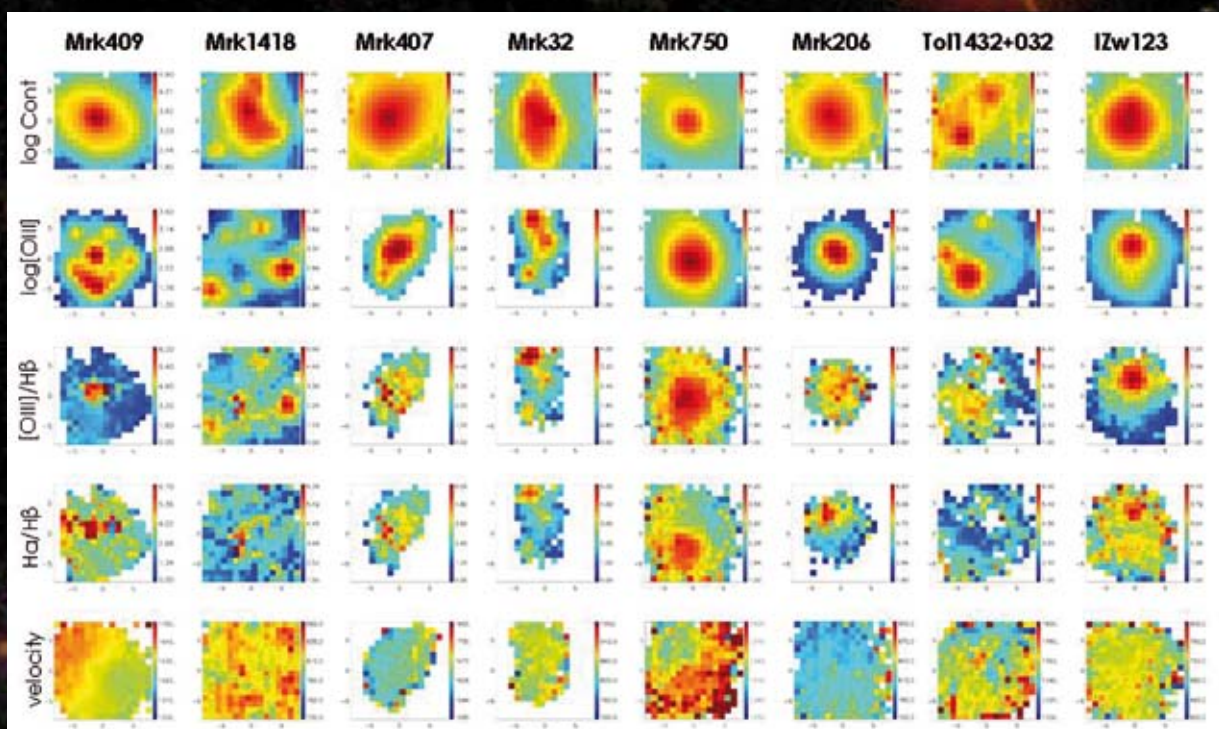
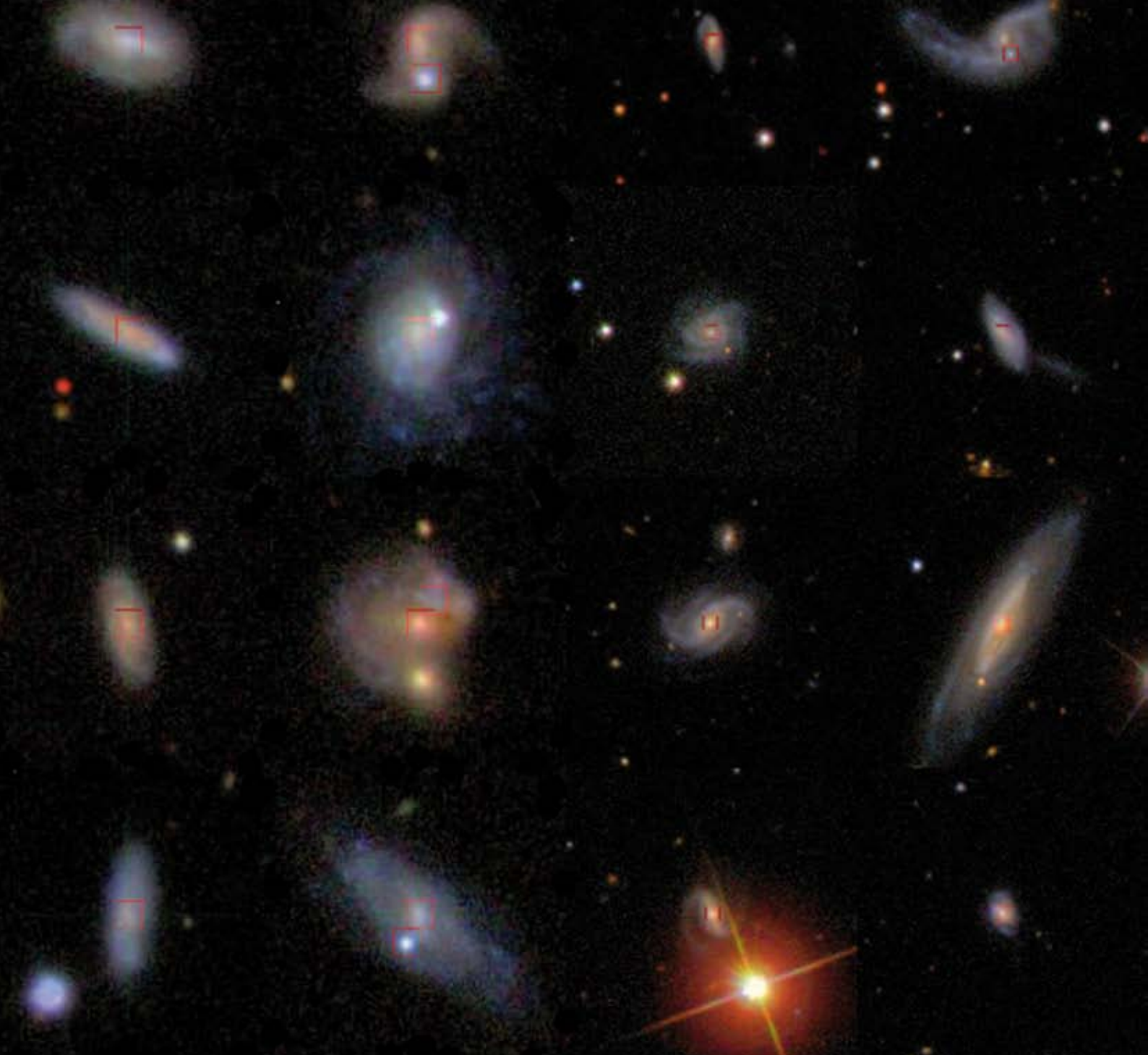
A Polarimeter for the E-ELT

Since only a small fraction of the light from stellar objects is polarized, even with the largest telescope facilities like the LBT only a small number of relatively bright objects can be observed. This would of course greatly improve by using larger telescopes like the proposed European Extremely Large Telescope (E-ELT). Furthermore, this would open new opportunities like the detection of back-reflected light from extra-solar planets.

Work has been done on the science-case specifications and a basic concept for a general-purpose polarimeter based on the design of the PEPSI polarimeters.

Strassmeier, K.G., Woche, M., Ilyin, I., ... (2008): **PEPSI: The Potsdam Echelle Polarimetric and Spectroscopic Instrument for the Large Binocular Telescope**, SPIE 7014, 0N-1 - 0N-12

Weber, M., Granzer, T., Strassmeier, K.G. (2008): **The STELLA robotic observatory: first two years of high-resolution spectroscopy**, SPIE 7019, 0L-1 - 0L-12



3D-Spektroskopie

3D spectroscopy

Seit mehr als einer Dekade betreibt das AIP Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der 3D-Spektroskopie. Die Aktivitäten umfassen sowohl den Bau neuer Instrumente, insbesondere unter Verwendung von Faseroptiken, das Entwickeln von 3D-Datenreduktions-Software, wie auch die wissenschaftliche Nutzung der 3D- oder Integralfeld-Spektroskopie (IFS).

Zurzeit ist das AIP in der Entwicklung der beiden größten 3D-Spektrographen ihrer Art involviert – MUSE, für das VLT der ESO in Chile und VIRUS für das HET am McDonald Observatorium in Texas. Des Weiteren betreibt es PMAS am Calar Alto Observatorium in Spanien.

Die Hauptaktivitäten des 3D-Spektroskopie Programms umfassen:

- Wissenschaft mit 3D-Spektroskopie
- Entwicklung von Integral-Feld Spektrographen (MUSE & VIRUS)
- Betrieb und Nutzung von PMAS
- Datenreduktions- & Analyse Software
- Faser-Spektroskopie & Astrophotonik
- Netzwerke: D3Dnet (BMBF-finanziert) und APE (EU-FP7)

For more than a decade, the AIP has undertaken research and development in the area of 3D spectroscopy. The main activities include the design and manufacture of new instrumentation, with a particular emphasis on fiber-optics, the development of 3D data reduction and analysis software, and scientific research using 3D- or integral-field spectroscopic (IFS) techniques.

Currently, the AIP is involved in the development of the two largest 3D spectrographs of its kind – MUSE, for the ESO-VLT in Chile, and VIRUS, for the HET at McDonald Observatory, Texas. In addition, it operates PMAS at the Calar Alto Observatory in Spain.

The major activities of the 3D spectroscopy Programme include:

- *Science with 3D spectroscopy*
- *Development of large Integral-Field Spectrographs (MUSE & VIRUS)*
- *Support and Development of PMAS*
- *Data reduction and analysis software*
- *Fiber-Spectroscopy & Astrophotonics*
- *Network activities: D3Dnet (BMBF-funded) and APE (EU-FP7)*



*Team 2008 / 2009:
Petra Böhm, Indraneil Biswas, Luzma Cairos-Barreto, Thomas Jahn, Katja Janßen, Carolina Kehrig, Andreas Kelz, Jean-Christophe Olaya, Yazmin Padilla, Anna-Luisa Rämisch, Martin Roth (head), Christer Sandin, Ole Streicher, Peter Weilbacher, Alena Zwanzig.*

Left: Mosaic of galaxy images from the Sloan Digital Sky Survey. Insert: Intensity, line ratio and velocity maps of Blue Compact Dwarf Galaxies, resulting from 3D spectroscopy.

Wissenschaftliche Höhepunkte mit 3D-Spektroskopie

3D-Spektroskopie von kompakten blauen Zwerggalaxien

„Blue Compact Dwarf“ Galaxien (BCD) sind leuchtschwache Galaxien mit geringer Metallhäufigkeit. In diesen Galaxien findet eine Phase massiver Sternentstehung statt („Starburst“). Als lokale Gegenstücke der Zwerggalaxien des frühen Universums stellen sie Bausteine der heutigen großen Systeme dar. Die Untersuchung dieser Systeme ist daher wichtig für das Verständnis von Galaxienentstehung und -entwicklung.

Unser ambitioniertes Projekt: Wir untersuchen erstmals eine große und repräsentative Stichprobe von BCDs mit der Methode der 3D-Spektroskopie. Mehr als 60 Objekte wurden ausgewählt und 80% der Daten wurden in den letzten Jahren an vier verschiedenen 3D-Spektrographen weltweit beobachtet (u.a. mit PMAS und VIRUS-P) und analysiert (siehe Bild S. 86).

Das Wechselspiel von ionisiertem Gas und massereichen Sternen in der HII Galaxie IIZw70

Mittels einer 3D-spektroskopischen Studie der HII Galaxie IIZw70 wurde das Wechselspiel von ionisiertem Interstellarem Medium (ISM) und der Geburt von massereichen Sternen untersucht. Aus Beobachtungsdaten, aufgenommen mit PMAS am Calar Alto Observatorium, wurde die räumliche Verteilung von Emissionslinien, Kontinuums-Strahlung und Eigenschaften des ionisierten ISM in Beziehung zur räumlichen Verteilung und den Entwicklungsstufen von massereichen Sternen analysiert. Mit Hilfe der 3D-Spektroskopie konnten die relativ kurzlebigen Wolf-Rayet (WR) Sterne erstmalig in dieser HII Galaxie nachgewiesen werden. Die Nebelemission in $\text{H}\alpha$ 4686 in der Nachbarschaft der WR-Sterne ist vermutlich durch deren harte Ionisierungsstrahlung verursacht (Fig. 1).

Science Highlights using 3D spectroscopy

Integral Field Spectroscopy of a large sample of Blue Compact Galaxies

Blue Compact Dwarf Galaxies (BCDs) are low luminosity galaxies with low metal abundance. They are currently forming a lot of stars (a “starburst”). As local counterparts of the dwarf galaxies in the early universe they are the building blocks of today’s massive systems. Their study is therefore important to the understanding of the high-redshift universe and to galaxy formation and evolution.

Our ambitious project: to map a large and representative sample of BCDs by means of Integral Field Spectroscopy. More than 60 objects were selected and 80% of them were observed and analyzed over the last years with four different integral field spectrographs (including PMAS and VIRUS-P, see Figure on p. 86 for an example of the data).

The interplay between ionized gas and massive stars in the HII galaxy IIZw70

We performed an integral field spectroscopic study for the HII galaxy IIZw70 to investigate the interplay between its ionized interstellar medium (ISM) and the massive star formation. The data were taken with PMAS at Calar Alto

Observatory. We created and analyzed maps of spatially distributed emission-lines, continuum emission, and properties of the ionized ISM and investigated the relation of these properties to the spatial distribution and evolutionary stage of the massive stars. For the first time, Wolf-Rayet (WR) stars were detected in this HII galaxy, demonstrating the power of integral field spectroscopy to catch this kind of stars that are extremely rare due to their short lifetimes. The region occupied by the WR stars is associated to the nebular emission in $\text{H}\alpha$ 4686 that is caused by the hard ionizing radiation (Fig. 1).

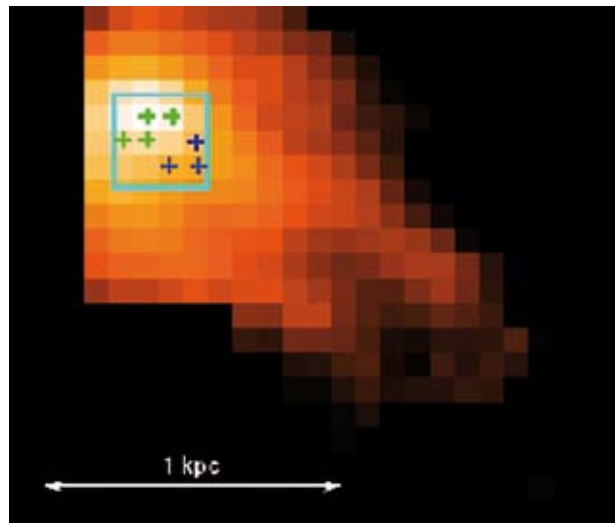


Fig. 1: $\text{H}\alpha$ flux map (size: $25'' \times 21''$) from 3D spectroscopy data of the galaxy IIZw70, marking the detection of WR-stars (green crosses) and the nebular emission $\text{H}\alpha$ 4686 (blue crosses).

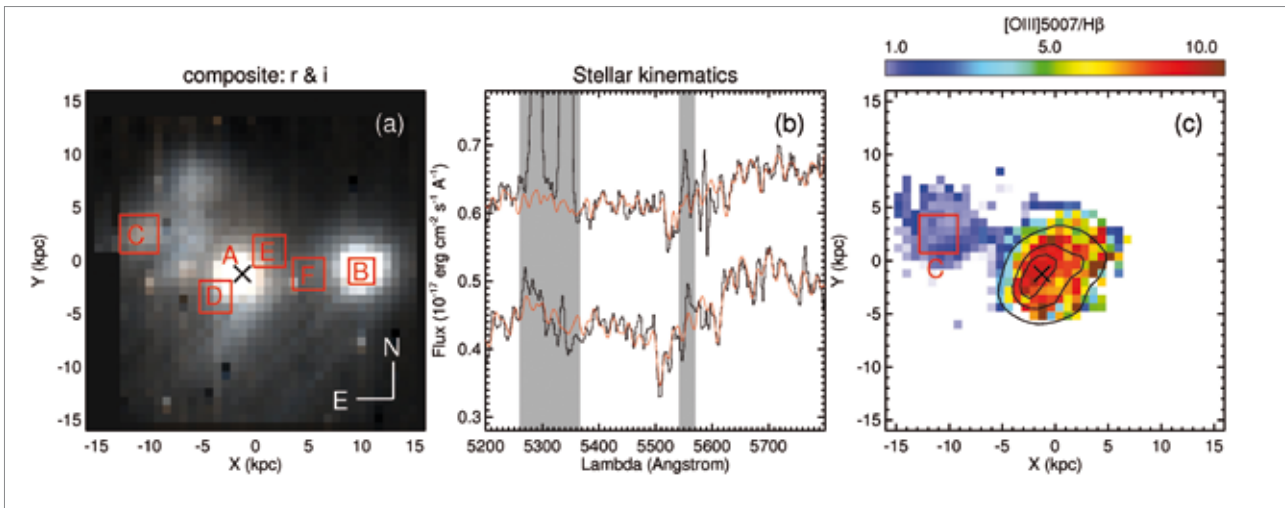


Fig. 2: Our IFU data reveals a wealth of information about the merging AGN system LEDA 135736. The panels demonstrate that we can simultaneously extract morphology information, stellar absorption line kinematics and gas emission maps from our IFU data-cube.

Kartierung von AGN-Aktivität in einer Galaxien-Verschmelzung

Wir haben das VIMOS-Instrument benutzt, um die Eigenschaften der Seyfert 1.9 Galaxie LEDA 135736 abzubilden. Diese Karten (Fig.2) spiegeln eine Vielzahl von interessanten Einzelheiten wider, z.B. eine bis zu 9 kpc ausgedehnte Region mit schmalen Emissionslinien (Extended Narrow Line Region ENLR), ein Gebiet intensiver Sternentstehung in einer projizierten Distanz von 12 kpc vom Zentrum, eine elliptische Begleit-Galaxie, und ein Radiojet entlang der langen Achse der ENLR. Unsere Karten deuten darauf hin, dass die ENLR von, durch den AGN ionisiertes, Gas erzeugt wird, und dass der AGN wiederum durch die Wechselwirkung mit der Begleitgalaxie angetrieben wird, was auch den explosionsartigen Anstieg der Sternentstehung und die morphologischen Eigenschaften erklären würde. Da sich nur ca. 2% der Energie der ENLR im Masseausstoß findet, schließen wir, dass der Großteil der mechanischen Energie des Jets für die Erhitzung des Gases verbraucht wird.

Mapping AGN activity in a merger

We have used the VIMOS IFU to map the properties of the Seyfert 1.9 galaxy LEDA 135736. These maps (Fig. 2) reveal a number of interesting features including: an Extended Narrow Line Region (ENLR) detectable out to 9 kpc, an area of intense star formation located at a projected distance of 12 kpc from the centre, an elliptical companion galaxy, and kinematic features, aligned along the long-axis of the ENLR, that are consistent with radio jet-driven mass outflow. Our maps suggests that the ENLR results from extraplanar gas ionized by the AGN, and that the AGN in turn might be triggered by interaction with the companion galaxy, which can also explain the burst of star formation and morphological features. As only about two percent of the ENLR's kinetic energy is in the mass outflow, we infer that the bulk of mechanical energy imparted by the jet is used to heat this gas.

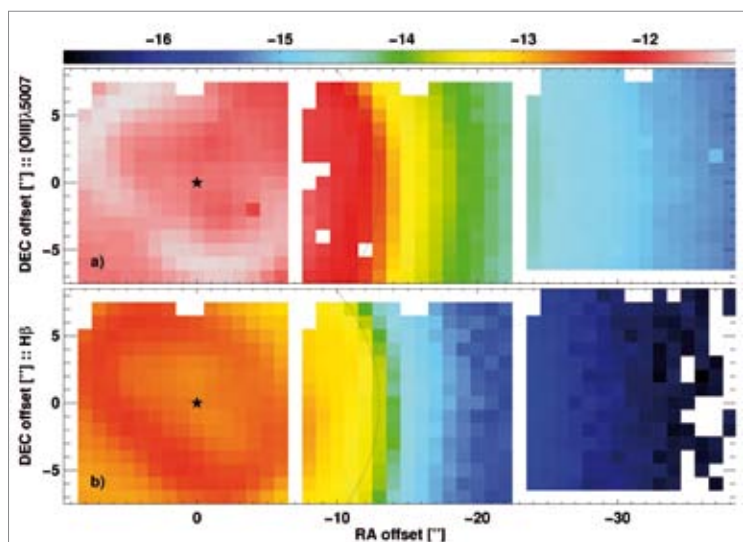


Fig. 3: This two-dimensional intensity map of two emission lines illustrates the strong intensity gradient between the central nebula (left-hand side) and the halo (right-hand side) of NGC 7662.

Eigenschaften des Masseverlustes bei kühlen Sternen

Mit PMAS wurden mehrere schwache Halos observiert, welche einige Planetarische Nebel (PN) umgeben, um die radiale Gasdichte und die Temperaturstrukturen im Zentralnebel und im Halo zu bestimmen (Fig. 3) und damit die Eigenschaften der Sternenwinde zu untersuchen. Der Masseverlust jedes Objektes steigt in den letzten Entwicklungsstadien auf dem asymptotischen Riesenast (AGB) stark an. Die Masseverlustraten erhöhen sich um einen Faktor von 4 bis 7 während 10-20.000 Jahren und erreichen Werte von 25 Erdmassen pro Jahr. Im Vergleich zu anderen Methoden der Bestimmung von Masseverlustraten bei AGB-Sternen messen wir die Dichteverteilung des Gases direkt. Die Veröffentlichung der Ergebnisse in *Astronomy & Astrophysics* wurde als Highlight besonders herausgehoben.

Determining properties of the final mass-loss episode of cool stars

We used PMAS to observe a number of weak halos, which surround some Planetary Nebulae (PNe), to derive both radial gas-density and temperature structures, from the central nebula and out into the halo (Fig. 3) in order to measure properties of the stellar winds. The resulting mass loss evolution of each object increases strongly during the final stages of evolution on the preceding asymptotic giant branch (AGB). Mass loss rates increase by a factor 4-7 during 10-20,000 years and reach values of about 25 Earth masses per year. In comparison to other methods to measure mass loss from AGB stars, our method measures the gas directly. The published study was distinguished as a highlight in *Astronomy & Astrophysics*.

Entwicklung von 3D-Spektrographen

MUSE

MUSE (Multi Unit Spectroscopic Explorer), ein neuer 3D-Spektrograph für das ESO-VLT, ist in der Lage, innerhalb eines eine Bogenminute großen Gesichtsfeldes 90.000 Spektren über einen Wellenlängenbereich von 465-930nm in einer Belichtung zu erfassen. MUSE soll hoch-rotverschobene Galaxien entdecken. Um die dazu nötigen langen Belichtungszeiten zu ermöglichen, braucht MUSE eine hohe Effizienz und gute opto-mechanische Stabilität. Die große Anzahl der spektralen Bildpunkte wird durch ein modulares Design (Fig. 4) von 24 identischen Integral-Feld Einheiten (IFU) erreicht.

MUSE wird von einem Konsortium aus 7 europäischen Partnern entwickelt und gebaut, unter Führung von CRAL in Lyon. Die Arbeitspakete des AIP beinhalten die Entwicklung der Datenreduktions-Software, das Design und den Bau der MUSE Kalibriereinheit und die Abnahmetests der 24 Detektoren-Systeme. Durch mehrere

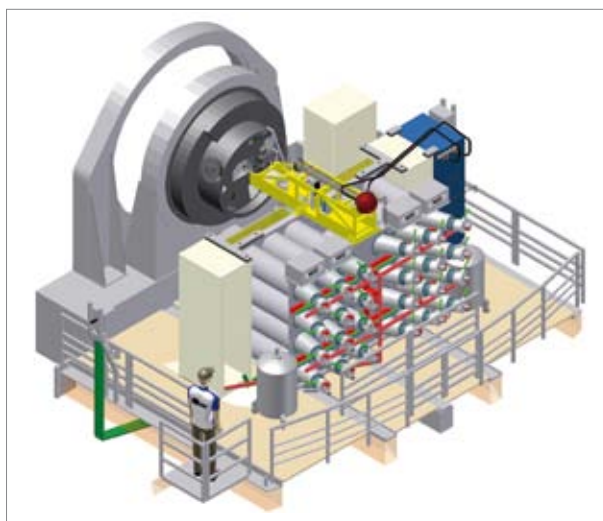


Fig. 4: Computer-aided design of MUSE on the Nasmyth platform of the ESO VLT. AIP builds the calibration unit and tests the 24 detector systems.

Developments of 3D-Spectrographs

MUSE

MUSE (Multi Unit Spectroscopic Explorer) is an adaptive optics assisted 3D-spectrograph for the ESO-VLT, with the capacity to record 90,000 spectra with a wavelength coverage of 465-930nm, across a 1 arc-min square field-of-view in one exposure. MUSE is designed to discover high-red-shift galaxies. In order to obtain spectra of these faint

targets, long integration times, high instrumental throughput, and very good opto-mechanical stability are required. The large number of spatial and spectral resolution elements is realized through a modular layout of the instrument (Fig. 4), featuring a total of 24 identical integral field unit (IFU) subsystems.

MUSE is designed and built by a European consortium of 7 partners, led by CRAL (Lyon). AIP's work packages include the development of the data reduction pipeline, the design and manufacture of the MUSE calibration unit, and the acceptance tests of the 24 detector subsystems. With

Vertreter im Science Team und mit Lutz Wisotzki als MUSE Instrument Scientist stellt das AIP seine wichtige Rolle bei der zukünftigen Nutzung von MUSE sicher. Das MUSE Projekt hat 2009 die Final Design Review bei der ESO bestanden und befindet sich nunmehr in der Bauphase. Die Inbetriebnahme am ESO Very Large Telescope ist für 2012 vorgesehen.

VIRUS

Unter der Federführung der Universität von Texas in Austin ist das AIP Team an der Entwicklung von VIRUS, einer Batterie von bis zu 96 Integralfeld-Spektrographen für das Hobby-Eberly Teleskop (HET), beteiligt. Das damit angestrebte Dark Energy Experiment (HETDEX) soll bis zu 800.000 Lyman- α Galaxien in einem Volumen von ca. 9 Kubik-Gpc, (d.h. mit Rotverschiebungen zwischen 2 und 4) aufspüren und wird teilweise aus Mitteln des Leibniz Exzellenzwettbewerbs gefördert. Das AIP hat drei Glasfaserbündel gebaut, welche seit August 2006 am 2,7 m-Teleskop des McDonald Observatoriums und seit März 2008 am HET für die Pilot-Studie eingesetzt werden. Das VIRUS Instrument und die Faserbündel haben 2008 die Preliminary Design Review bestanden. Im Rahmen des Technologietransfer-Programms des AIP und des Zentrums für Innovationskompetenz



Fig. 5: VIRUS-P spectrograph mounted at the prime focus of the Hobby-Eberly Telescope.

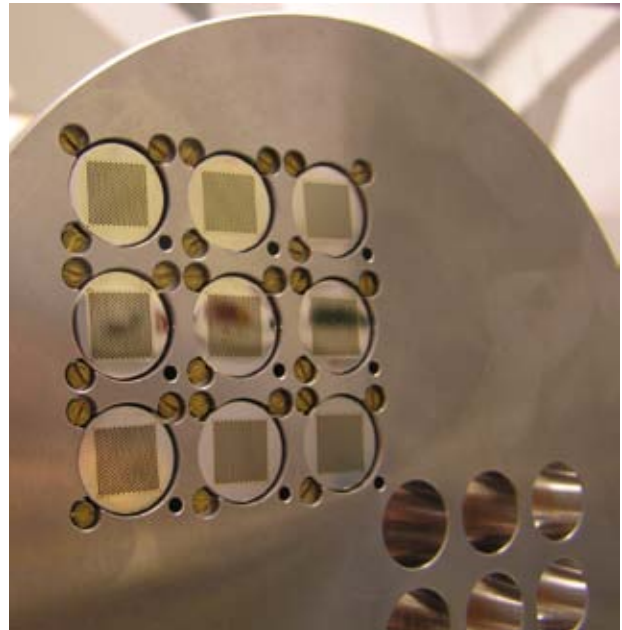


Fig. 6: Assembly of a 3x3 VIRUS IFU-array, featuring over 4000 fibers, which is 1/10th of the final instrument configuration.

several members in the science team and Lutz Wisotzki as MUSE Instrument Scientist, AIP also takes a significant role in the future scientific use of the instrument. In 2009, the MUSE project has passed successfully the Final Design Review at ESO and is now in its manufacture and assembly phase. The instrument is scheduled for commissioning at the ESO-VLT observatory in 2012.

VIRUS

The AIP team is significantly involved in the development of VIRUS, a huge integral field spectrograph for the Hobby-Eberly Telescope (HET). The project is led by the University of Texas at Austin. The related Dark Energy Experiment (HETDEX) to detect up to 800,000 Lyman- α galaxies in a volume of ~ 9 cubic Gpc, (corresponding to redshifts between 2 and 4) is partly funded from the Leibniz competition 2007. Within the partnership, the AIP team has built and delivered three optical fiber bundle prototypes, commissioned in August 2006 at the 2.7m telescope and in March 2008 at HET, which are used for the pilot survey at McDonald Observatory. In March 2008, VIRUS and the Integral Field Unit (IFU) subsystem successfully passed the preliminary design review. AIP is engaged in technology transfer and has, together with industrial partners, built a first set of fiber bundles in a small series production run. In exchange for the IFU developments, AIP receives access to observing time over the operational lifetime of VIRUS and is scientifically involved in the HETDEX survey.

innoFSPEC wurde in Zusammenarbeit mit lokalen Industriepartnern die weitere Serienfertigung von Faserbündeln vorangetrieben. Als Ausgleich für seine Entwicklungsleistung erhält das AIP Zugang zur Beobachtungszeit während der Lebensdauer von VIRUS und ist wissenschaftlich in HETDEX involviert.

PMAS

PMAS, der am AIP entwickelte Potsdam Multi-Aperture Spektrophotometer, ist seit 2001 im Einsatz am Calar Alto 3,5m Teleskop. Dort ist PMAS eines der nachgefragtesten Instrumente der internationalen Nutzergemeinschaft. PMAS ist ein Spektrograph mit zwei Integral-Feldeinheiten und einer optimierten Optik für den Wellenlängenbereich zwischen 350 und 900 nm. PMAS wurde kontinuierlich verbessert und als Experimentierplattform für neue Technologien benutzt.

Im Jahr 2008 wurde ein Polarimeter eingebaut, zur erstmaligen Beobachtung von 3D-Spektropolarimetrie. Im Herbst 2009 wurde der Detektor des Spektrographen ausgetauscht. Der neue, größere CCD-Chip enthält 16 Millionen Pixel und hat verschiedene Leistungsverbesserungen zur Folge, zum Beispiel einen größeren Wellenlängenbereich, eine höhere Quanteneffizienz, reduziertes Rauschen und kürzere Auslesezeiten. Somit konnte die Empfindlichkeit von PMAS nochmals gesteigert werden, ein Effizienzgewinn für alle wissenschaftlichen Beobachtungsprogramme, speziell für großräumige spektroskopische Durchmusterungen.

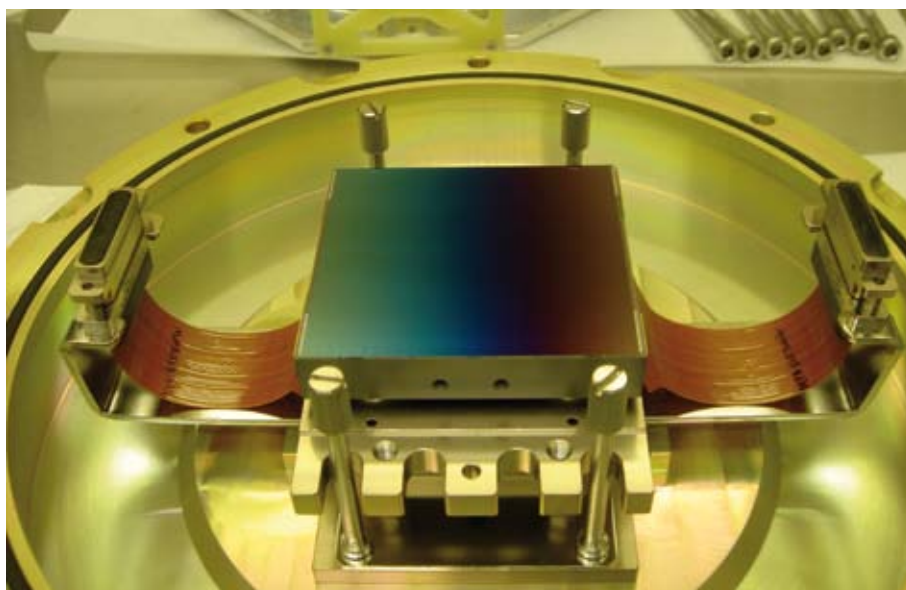


Fig. 7: The 4k x 4k CCD chip during integration into the new PMAS detector head at AIP.

PMAS

Since its commissioning in 2001, PMAS, the Potsdam Multi-Aperture Spectrophotometer, which was developed and built at AIP, is in regular operation at the Calar Alto 3.5m telescope, where it is one of the most used instruments by the community. PMAS is a dedicated integral field spectrograph, with optimized optics to cover the wavelength regime between 350 and 900 nm. Over the years, PMAS was continuously upgraded and also used as a technological test-bench.

In 2008, a polarimetric observing mode was added and commissioned, to allow for the first time the detection of 3D-spectropolarimetry. In autumn 2009, the CCD detector was upgraded using a chip with 16 million pixels. The new detector yielded various efficiency gains, such as a wider wavelength coverage, increased quantum efficiency, reduced noise, and shorter read-out times. This allowed a further improvement of the PMAS performance and efficiency, for the benefit of all scientific observing programmes, in particular for large integral-field surveys.

Astrophotonics

The AIP participates in Astrophotonica Europa, an EU FP7 funded joint research activity, led by the University of Durham. It involves a network of institutes in Europe and Australia with an interest in the novel technologies in photonics and their application to astronomical instruments of the future. In parallel, an Astrophotonics Instrument Consortium (ASPIC) was

established in 2009, including the Anglo-Australian Observatory, the University of Sydney, the University of Potsdam and AIP to work on fibre-based photonics R&D projects.

Within the ARENA network, the team made contributions to the astrophysical science case for an Antarctic observatory involving fiber-based spectroscopy. AIP is coordinator of the German network "D3Dnet" with funding from BMBF, which trains young researchers and develops the future scientific use of MUSE.

Astrofotonik

Das AIP ist Partner von Astrophotonica Europa, eine von der EU geförderte Forschungsinitiative unter Leitung der Universität Durham. Das Netzwerk verbindet Forschungsinstitute in Europa und Australien mit einem gemeinsamen Interesse in neuartigen photonischen Technologien und ihre Anwendung in astronomischer Instrumentierung. Zu diesem Thema gründeten im Jahr 2009 das Anglo-Australische Observatorium, die Universität in Sydney, die Universität Potsdam und das AIP das Astrophotonics Instrument Consortium (ASPIC). Innerhalb des ARENA Netzwerks hat das Team wissenschaftliche Beiträge für die astrophysikalische Forschung und Faser-Spektroskopie in der Antarktis geliefert.

Das AIP ist Koordinator des vom BMBF geförderten deutschen „D3D“ Netzwerks, welches junge Forscher für die zukünftige Nutzung von 3D-Spektroskopen, insbesondere von MUSE, ausbildet. Des Weiteren wurde eine Konzeptstudie zu ERASMUS-F begonnen, einem möglichen 3D-Instrument für das European Extremely Large Telescope (E-ELT).

Im Rahmen einer Auftragsforschung für EADS-Astrium hat das AIP die IQLAC Software für die Tieftemperatur-Abnahmetests von NIRSpec an Bord des James-Webb-Space-Telescopes entwickelt.



Fig. 8: Martin Roth, Thomas Fechner and Emil Popow (from left to right) install the new CCD detector at the PMAS instrument.

A concept design study for ERASMUS-F, a possible pathfinder 3D-instrument for the E-ELT is under way.

Under contract with EADS-Astrium, AIP has developed the IQLAC software for the cryogenic ground-based acceptance tests of NIRSpec on board of the James-Webb-Space-Telescope.

Ausgewählte Publikationen

Selected Publications

Cairos L.M., Caon N., Zurita C., Kehrig C., Weilbacher P., Roth M. (2009): **Mapping the starburst in Blue Compact Dwarf Galaxies. PMAS Integral Field Spectroscopy of Mrk 1418**, *Astronomy & Astrophysics* 507, 1291

Gerssen J., Wilman D.J., Christensen L., Bower R.G., Wild V. (2009): **Highly ionized gas on galaxy scales: mapping the interacting Seyfert galaxy LEDA 135736**, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society Letters* 393, L45

Hill G.J., Gebhardt K., ..., Roth M.M., Kelz A., et al. (2008): **The Hobby-Eberly Telescope Dark Energy Experiment (HETDEX): Description and Early Pilot Survey Results**, *Astronomical Society of the Pacific Conference Series* 399, 115

Kehrig et al. (2008): **The interplay between ionized gas and massive stars in the HII galaxy IIZw70: integral field spectroscopy with PMAS**, *Astronomy & Astrophysics* 477, 813

Kelz A., Roth M., Bauer S., Gerssen J., Hahn T., Weilbacher P., Laux U., Loupias M., Kosmalki J., McDermid R., Bacon R. (2008): **Calibration issues for MUSE**, *Proceedings of SPIE* 7014, 701458

Lemke U., Kelz A., Bauer S., Hahn T., Popow E., Roth M.M. (2008): **Commissioning of an integral-field spectro-polarimeter for PMAS**, *Proceedings of SPIE* 7014, 701456

Roth M.M., Löhmannsröben H., Kelz A., Kumke M. (2008): **innoFSPEC: fiber optical spectroscopy and sensing**, *Proceedings of SPIE* 7014, 701418

Roth M.M., Monreal-Ibero A., Christensen L., Becker T., Gerssen J., Weilbacher P. (2008): **Integral Field Spectroscopy with VIMOS**, in *ESO Astrophysics Symposia*, 301

Sandin C., Schönberner D., Roth M.M., Steffen M., Böhm P., Monreal-Ibero A. (2008): **Spatially resolved spectroscopy of planetary nebulae and their halos I. Five galactic disk objects**, *Astronomy & Astrophysics* 486, 545

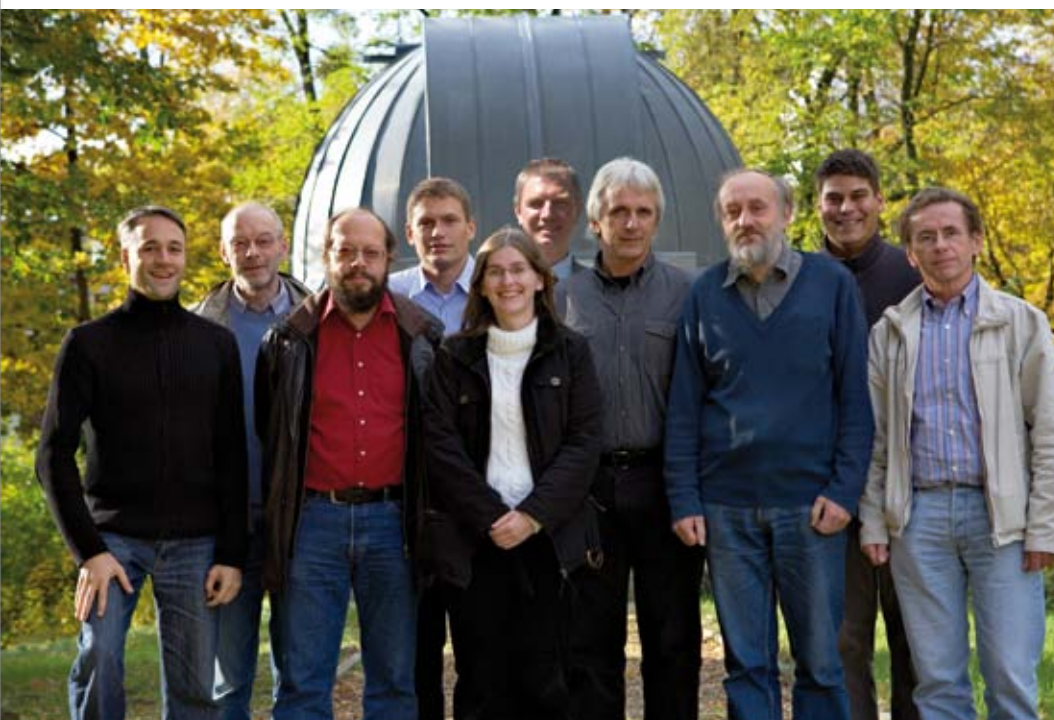
Weilbacher P.M., Gerssen J., Roth M.M., Böhm P., Pécontal-Rousset A., for the MUSE Team (2008): **Advanced Data Reduction Techniques for MUSE**, *Proceedings of ADASS, ASP Conf. Ser.* 411, 159

Supercomputing und E-Science

Supercomputing und E-Science

Unter dem Begriff E-Science wird jede Form der computergestützten, kooperativen Forschung verstanden. Für das AIP liegen die Schwerpunkte bei der Software- und Dienstentwicklung für die kooperative Verarbeitung astronomischer Daten, der Steuerung von robotischen Teleskopen und der Entwicklung komplexer numerischer Simulationsprogramme. Das AIP betreibt Hochleistungsrechner mit über 1.000 CPU-Kernen und Datenserver mit insgesamt 800 TB Speichervolumen. Numerische Simulationen kosmischer Prozesse mit modernen Supercomputern sind heute ein wesentlicher Bestandteil astrophysikalischer Forschung. Am AIP werden Simulationsprogramme entwickelt, die effizient auf massiv parallelen Supercomputern ausgeführt werden. So ist NIRVANA ein Code mit adaptiver Gitterverfeinerung (AMR) zur Simulation magnetischer Prozesse. Gemeinsam mit anderen Instituten werden weitere Programmprojekte entwickelt, wie zum Beispiel CO5BOLD für die Modellierung von Sternen oder ART zur Simulationen großräumiger Strukturen im Universum. Die Simulationen sind die Experimente in der Astrophysik, die große Datenmengen erzeugen, deren Auswertung erfordert eine komplexe IT-Infrastruktur, die es ermöglicht, diese Daten zu verwalten und Wissenschaftlern an unterschiedlichen Orten zugänglich zu machen. Ähnliche Anforderungen stellt das Datenaufkommen der modernen Großteleskope. Insbesondere LOFAR, das LOw Frequency ARray,

E-Science is any form of computer assisted cooperative research. The main focus at AIP is on software and service development for cooperative processing of astronomical data, controlling of robotic telescopes and the development of complex numerical simulation codes. The AIP hosts supercomputers with more than 1,000 CPU-cores and data server with 800TB disk space. Numerical simulations of cosmic processes with modern supercomputers are now a fundamental part of astrophysical research. Simulation codes developed at AIP run efficiently on massive parallel supercomputers. For instance, NIRVANA is an AMR code (adaptive mesh refinement) for simulating magnetic processes. Together with scientists from other institutes, further code projects are in progress. For example, CO5BOLD is applied to stellar convection and with ART, simulations of the large scale structure in the universe are performed. Simulations are the experiments of astrophysics, producing huge amounts of data. The analysis of simulations requires a complex IT infrastructure, for the management of the data and providing scientists from different locations and institutes the possibility to access the data. Similar requirements come from data products of modern telescopes. In particular, the software telescope LOw FRequency ARray requires cutting edge IT technology in terms of parallel data storage technology like massive parallel compute clusters.



Team 2008 / 2009:

Karl-Heinz Böning, Frank Breitling, Detlef Elstner (head), Harry Enke, Michael Grützmann, Iliya Nickelt-Czycykowski, Kristin Riebe, André Saar, Manfred Schultz, Matthias Steinmetz, Stevan White.

Left: The storage cluster Almagest @ AIP, built in collaboration with JHU, is based on the new GrayWulf hardware concept for balanced I/O with Amdahl numbers of ~ 0.5 , whereas most Supercomputers show < 0.01 .

ist als ein Software-Teleskop ein technologisch äußerst anspruchsvolles Vorhaben. Es erfordert modernste Datenspeicher, die auch, wie bei den heutigen Compute-Clustern mit tausenden CPUs, eine parallele Datenspeichertechnologie verwenden.

Für die Einrichtung kollaborativer Arbeitsumgebungen nutzen wir unter anderem Softwaretechnologie aus der Grid-Entwicklung und des Internationalen Virtuellen Observatoriums. Im AstroGrid-D sind Rechencluster und Datenarchive verschiedener nationaler Institute und Universitäten in einer globalen Infrastruktur vernetzt. In diesem Rahmen werden nicht nur Datenarchive und Rechner kooperativ genutzt. Ein Softwarepaket zur Integration robotischer Teleskope in das Grid wurde vom AIP entwickelt. Das AIP ist auch an WissGrid beteiligt, das die weitere Festigung und Verbreiterung des Grid in der Wissenschaft fördert.

Im Rahmen des GAVO-Projekts (German Astrophysical Virtual Observatory) unterstützen wir die weltweiten Bemühungen, funktionsfähige Verknüpfungen der astronomischen Datenarchive durch die Standardisierung der International Virtual Observatory Alliance (IVOA) herzustellen.

Mit dem Aufbau von Virtuellen Forschungsumgebungen werden auch internationale Projekte wie das CLUES-Projekt (Constrained Local UniversE Simulations) unterstützt, welche die Auswertungen großer Simulationen durch Konzentrierung der Daten an einem Ort mit verteilten Tools gestatten.

Nutzung paralleler Dateisysteme am AIP

Moderne Teleskope liefern heute im gesamten Beobachtungsspektrum Datenraten bis zu 500Gbit/s. Das erfordert einerseits eine gewaltige Rechenleistung für die Echtzeit-Datenanalyse – andererseits ist eine extrem hohe Kapazität notwendig. Ähnliche Anforderungen kommen auch aus Computersimulationen mit mehreren Milliarden Teilchen oder entsprechend vielen Gitterzellen. Die Nachbearbeitung der synthetischen Modelle sowie der echten Beobachtungsdaten erfordert ein effektives Datenspeicherungssystem. Neben der Kapazität stehen Eigenschaften, wie schnelles Lesen oder Schreiben von einzelnen Datenströmen oder die gleichzeitige Ein- und Ausgabe durch viele Prozesse, wie sie bei einem parallelen Algorithmus vorkommen.

For providing collaborative working environments we use software technology from the Grid and the International Virtual Observatory. Compute cluster and data archives of different national institutes and universities are connected in a global infrastructure within the AstroGrid-D. The framework includes computers and data archives and also robotic telescopes. A software package for the integration of robotic telescopes into the Grid was developed at the AIP. The AIP participates in WissGrid, a DGrid-project promoting the consolidation and expansion of the Grid usage in science.

Within the framework German Astrophysical Virtual Observatory (GAVO) we support the worldwide efforts to establish operational connections to astronomical data archives by using tools, standardizations and protocols of the International Virtual Observatory Alliance (IVOA).

International projects, e.g. the CLUES-project (Constrained Local UniversE Simulations) are supported by providing a virtual research environment, which allows the post processing of huge amounts of simulation data by concentrating the data at one location and access with distributed tools.

Utilisation of parallel file systems at AIP

Data rates up to 500Gbit/s are delivered by modern telescopes, covering the whole observational spectrum. On the one hand this needs huge computing power for the real time data analysis, on the other hand highly efficient data storage with extremely high capacity is required. Similar demands come from computer simulations with several billion particles or a similar number of Grid cells. The post processing of synthetic models and of real observational data require efficient data storage systems. Additionally to the storage capacity, fast read or write operations on single data streams or simultaneous in- and output streams of many processes for parallel programs are required. For this purpose distributed parallel file-systems are used. Several servers store data with locally attached RAID systems and the clients access the data through a fast network in parallel streams. In order to keep the system transparent for the client/user, the file system takes care of the data distribution to the different servers. There are different concepts, either with metadata servers or by using a distributed organization between the servers. At AIP, we tested several systems and first chose to optimize the data storage for the cluster environment (many parallel running IO-operations).

Hierfür verwendet man heute verteilte parallele Dateisysteme. Mehrere Server speichern die Daten auf lokalen Plattensystemen, und über ein schnelles Netzwerk können Klienten auf die Daten parallel zugreifen. Um das System für den Nutzer transparent zu halten, muss das Dateisystem selbst für die Datenorganisation auf den verschiedenen Servern sorgen.

For our compute cluster Babel we use a Lustre file system with a capacity of 36 TB and Infiniband network in a high availability environment. We use 5 RAID systems (OST) attached with 4GBit FibreChannel to 5 dedicated servers (OSS) and one metadata server (MDS) with a separate MDT.

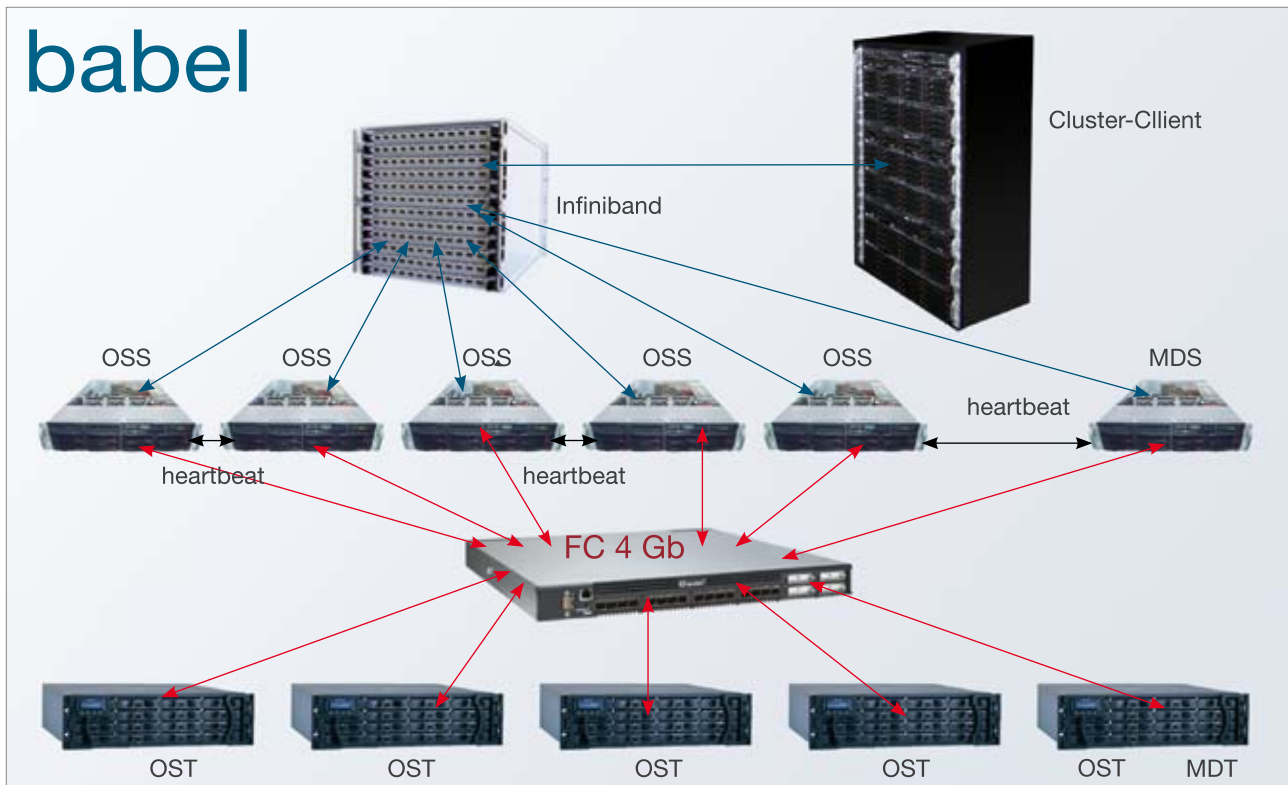


Fig. 1: Lustre file system in a FC-SAN. Servers are protected in pairs against failure. The compute nodes are connected to the file system by Infiniband.

Hierzu gibt es verschiedene Ansätze mit Metadatenservern oder einer verteilten Organisation auf den Datenservern selbst. Am AIP haben wir verschiedene Systeme getestet und zunächst für die Datenspeicherung im Clusterbetrieb optimiert (viele parallel laufende IO-Operationen). Für unseren Rechencluster Babel benutzen wir ein Lustre-Dateisystem mit einer Kapazität von 36TB. Die Server sind in einer Hochverfügbarkeitsumgebung über ein Infiniband-Netzwerk von den Clients erreichbar. Alle Server sind redundant ausgelegt. Es sind 5 RAID6-Systeme (OST) mit 5 dedizierten Servern (OSS) und ein Metadatenserver (MDS) mit separatem MDT im Einsatz. Die Datenrate für das Schreiben einer einzelnen Datei beträgt 383MB/s. Gleichzeitiges Schreiben von 15 Prozessen ergab einen Durchsatz von 1.350MB/s. Für Datennachbearbeitung benutzen wir ein 65TB Lustre-Dateisystem mit 6 Servern, die über ein SAS-Interface mit den RAID-Systemen verbunden sind. Hier erzielten wir eine Spitzenschreibrate von 2,4GB/s. Der Durch-

The data rate for writing to a single file is 383MB/s. Simultaneous writing of 15 processes yielded a throughput of 1,350MB/s. For data post processing, another 65TB Lustre file system with 6 servers is available, which are connected via SAS-interfaces to the RAIDs. Here we achieve peak writing rates of 2.4GB/s. The throughput yielded 1330MB/s and writing to a single file performed with 775MB/s (=6.2Gbit/s). This file server could continuously store data from our LOFAR-station (3Gbit/s data rate) for two days.

For higher data throughput the concept of a transparent global file system is not optimal anymore. In this case, the application has to organise the data distribution on the servers. Thereby it is feasible to improve the data rate again by a factor of two. This concept is used for Almagest, a cluster with GrayWolf architecture, providing, e.g., a mirror of the SDSS catalogue server. Here we can achieve peak data rates (writing) of 28GB/s with

satz ergab 1.330MB/s und beim Schreiben einer einzelnen Datei erreichten wir 775MB/s (=6,2Gbit/s). Damit kann der Server 2 Tage ununterbrochen Daten (bei 3Gbit/s) von unserer LOFAR-Station abspeichern.

Für höhere Datendurchsätze ist das Konzept eines transparenten, globalen Dateisystems nicht mehr optimal. Hier muss die Anwendung selbst die Datenverteilung auf die einzelnen Speicherknoten organisieren. Dadurch kann die Datenrate nochmals um einen Faktor 2 gesteigert werden. Dieses Konzept wird z.B. bei der Konfiguration von Almagest angewendet, einem Cluster mit GrayWulf-Architektur, der vor allem für Datenbank-Applikationen, wie einem Mirror des SDSS-Catalog-Servers, optimiert ist. Hier wollen wir Spitzendatenraten bis 28GB/s mit 40 RAIDS erreichen. Die RAID-Systeme sind mit schnellen SAS-Platten ausgestattet, die RAID-Controller sind in das Server-Mainboard integriert und über Infiniband (jeweils mit 20Gbit/s) untereinander verbunden. Für den SDSS-Mirror ist die Programmierung der Datenbank-Software (MS-SQL Server) und des Interfaces für Parallelzugriffe auf mehrere Replika der Katalogdatenbank (CAS) optimiert.

AstroGrid-D: Ressourcenintegration und Unterstützung Virtueller Organisationen

Ziel des Grid ist die Nutzung von verteilten Ressourcen für wissenschaftliches Arbeiten. Ressourcen bezeichnen dabei alle Formen an informationstechnischer Infrastruktur, also Cluster, Workstations, Daten-Server und robotische Teleskope. Größere wissenschaftliche Projekte sind heutzutage nahezu immer institutsübergreifend, oft sogar international. Diese Kollaborationen sollen durch die Grid-Technologie unterstützt werden, insbesondere bei neuen Großinstrumenten wie z.B. LOFAR mit hohem Datenvolumen im Terabyte-Bereich. Die LOFAR-Daten werden über einen Grid-basierten Speichermechanismus zur Verfügung gestellt.

Das AIP hat im Rahmen des AstroGrid-D Projekts, welches im Frühjahr 2009 abgeschlossen wurde, ein Konzept für das Management von Virtuellen Organisationen



Fig. 2: Part of the GrayWulf cluster Almagest with Infiniband switch and main server *erebos.aip.de* for the CLUES project.

40 RAIDs involved. The RAID systems are equipped with fast SAS-disks, the RAID-controllers are integrated into the server mainboard. The servers are connected by Infiniband (20Gbit/s). For the SDSS mirror the programming of the database software (MS-SQL server) is optimised for parallel access to several replica of the catalogue database (CAS).

AstroGrid-D: Resource integration and support for Virtual Organisations

The main purpose of the Grid is sharing resources across traditional boundaries for scientific work. Resources are all kind of IT related infrastructure as workstations, clusters, storage servers or instruments like robotic telescopes. Almost all scientific projects are nowadays collaborative endeavours of many institutions from different countries. These collaborations need new infrastructures as provided by the Grid technology, especially with instruments as LOFAR, delivering daily data volumes in the Terabyte range. LOFAR data will be managed by Grid based methods.

The AstroGrid-D has been successfully finished in spring 2009. The concept and implementation of Virtual Organisation Management from AIP group is used by the whole DGrid. All security of the Grid is based on certificates. Each resource and each user of a Grid needs a certificate, identifying them to each other and to the middleware

entwickelt, das vom gesamten D-Grid eingesetzt wird. Alle Teilnehmer eines Grids, ob Rechner oder menschliche Nutzer, benötigen Zertifikate, also die Ausweise für ihre Identifizierung. Auf Zertifikaten basiert die gesamte Sicherheit der Grid-Software: Der Nutzer kann mit ihrer Hilfe auf Grid-Ressourcen zugreifen, ohne jeweils erneut seine Identität überprüfen lassen zu müssen. So ist auch die Bildung und Unterstützung von Virtuellen Organisationen (VO) möglich, eine der Kernfähigkeiten eines Grids. Durch VOs können Kollaborationen und Ressourcen schnell aufeinander abgestimmt werden, insbesondere für Virtuelle Forschungsumgebungen eine sehr wichtige Komponente.

Die Ressourcen des AstroGrid-D, nach vom AIP entwickelten standardisierten Verfahren mit Grid-Middleware integriert, die auch Zugang zu den Ressourcen des ganzen D-Grid bieten, werden von verschiedenen wissenschaftlichen Arbeitsgruppen des AIP genutzt. Insbesondere die vom AIP angebotene Grid-Speicherressource (mit einer Kapazität von 100TB) wird von Wissenschaftlern des AIP, des Max-Planck-Instituts für Gravitationsphysik (Albert-Einstein-Institut) und der Universität Potsdam genutzt. Der Almagest-Cluster mit über 600 Terabyte wird insbesondere für astronomische Daten, wie den SDSS-Mirror, RAVE und andere Durchmusterungen, wie auch als Datenserver für das LOFAR Key-Science Projekt Solar Radio Astronomy ausgebaut. Ein weiterer Schwerpunkt ist die Unterstützung der effizienten Auswertung von Simulationsdaten. Selbstverständlich werden hier auch die Grid-basierten Zugänge angeboten.

Ein weiteres Arbeitsgebiet der E-Science-Gruppe des AIP ist das Erheben von Informationen über die Nutzung des Grid, das so genannte Job-Monitoring. Ein Resultat dieser Arbeiten ist die „Timeline“, die den Benutzern ermöglicht, ihre Jobs im Grid zu beobachten, sowie den Grid-Administratoren hilft, Probleme im Grid-Betrieb schnell zu lokalisieren. Das AstroGrid-D als Zusammenschluss von Grid-Ressourcen-Providern in der Astronomie und als Virtuelle Organisation wird über das Projektende hinaus fortgesetzt.

security layer. Certificates are the passports of the Grid. Supporting and managing Virtual Organisations (VOs) is one of the core concepts of the Grid. Resources and their users are easily connected by VOs. They are an important component of Virtual Research environments.

Beside the compute and storage resources of AstroGrid-D, the Grid integration provides access to the DGrid resources as well. The resources are employed by several scientific groups of AIP. Especially the 100TB storage resource hosted by AIP is in high demand from Max Planck Institute for Gravitational Physics (Albert Einstein Insti-

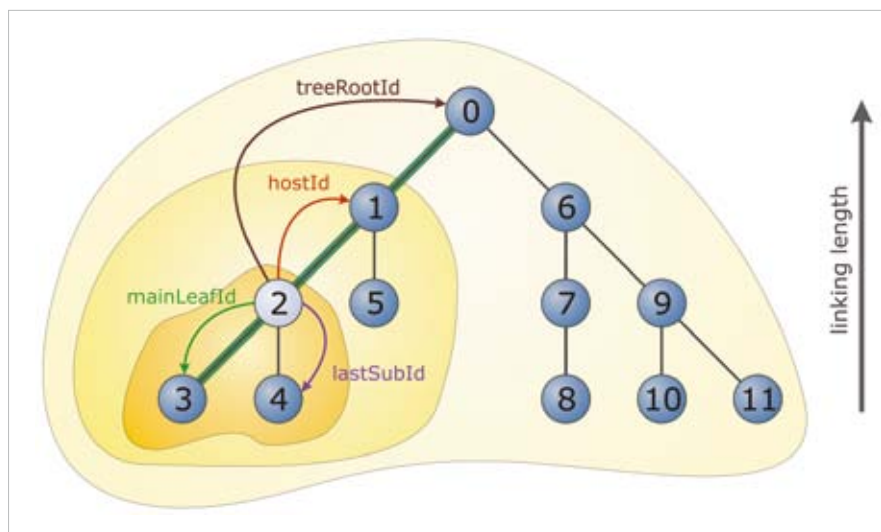


Fig. 3: Database structure for the CLUES halo catalogues. The objects of a simulation (e.g. galaxies or galaxy clusters) contain progressively smaller substructures. In order to make this substructure information quickly available, the objects are sorted into a tree and numbered according to depth-first ordering. Foreign keys pointing to the host object, last substructure etc. facilitate the search for members of a particular tree branch.

tute) and University of Potsdam as well. The Almagest Cluster, with more than 600TB storage capacity, has been funded from DGrid funding and serves as mirror of SDSS data, hosting and processing RAVE data and other astronomical survey data. It will also serve partially for the LOFAR Solar Science Data Center. Then, it is utilized for postprocessing of simulation data in a Virtual Research Environment by the CLUES project. Several Almagest resources are accessible via Grid middleware.

Another area, where the AIP group contributed to the development of the AstroGrid software is the job monitoring, where information is collected about the usage of the Grid. One of the results is the "Timeline", enabling a user to get information about the Grid jobs he is running. AstroGrid-D as a Grid integrated network by the project institutes and the VO AstroGrid is continued after termination of funding.

GAVO: Surveys und Archive

Die E-Science-Arbeitsgruppe des AIP integriert die Grid-basierten Entwicklungen und die Arbeit an GAVO, dem „German Astrophysical Virtual Observatory“. Der RAVE-Survey wurde gemäß den Standards der IVOA (International Virtual Observatory Alliance) publiziert. Zusammen mit dem am Zentrum für Astronomie der Universität Heidelberg (ZAH) betriebenen GAVO-Datacenter wurde eine VO-basierte Publikation des digitalisierten CDC-Archivs realisiert, dessen Daten am AIP gehalten werden und auch Bestandteil des Spiegels des WPDFB-Plattenarchivs für astronomische Photoplaten sind, der in Zusammenarbeit mit dem bulgarischen Virtuellen Observatorium am AIP eingerichtet wurde. Mit HALO-Tracer, einer Software, die Materieansammlungen bei kosmologischen Simulationen verfolgt und SteckMap, einem webbasierten „Galaxy Spectrum Analyzer“ wurden VO-Services publiziert. Weitere Services, wie z.B. ein Katalog von Cepheiden, sind in Vorbereitung. Andere Aufgaben umfassen die Entwicklung von Software-Bibliotheken zur Nutzung des weltweiten Virtuellen Observatoriums und die Schulung in der Anwendung der bestehenden Programme. Das AIP administriert auch die Webseiten des deutschlandweiten GAVO-Projektes.

CLUES-Projekt

Im Rahmen des CLUES-Projektes werden numerische Simulationen durchgeführt und analysiert, die das lokale

GAVO: Surveys and Archives

In close cooperation with AstroGrid-D the E-Science group of AIP works for the German Astrophysical Virtual Observatory (GAVO). The RAVE survey was published according to the standards of IVOA. Together with the GAVO datacenter operated by the Centre for Astronomy of Heidelberg University (ZAH), a Virtual Observatory compliant publication of the digitized CDC archives has been achieved. This data is also made part of a mirror of the WPDFB archive of photometric plates at AIP in collaboration with the Bulgarian Virtual Observatory. Then, HALO-tracer, a web-based software for tracing the development of clumps of matter in cosmological simulations, and SteckMap, a web-based “Galaxy Spectrum Analyzer”, are VO services published by AIP. Further tasks are the development of software libraries for enabling scientists to use the standards of the international Virtual Observatory and introducing them to the existing software. The AIP is maintaining the website of GAVO.

CLUES-Project

The CLUES (Constrained Local Universe Simulations) project works on analysis of simulations which aim at reproducing the local Universe by choosing proper initial conditions based on observations of our extragalactic environment. Such simulations help to improve the accuracy of our picture of the evolution history of the Local Group, yet they generate Terabytes of data. The raw

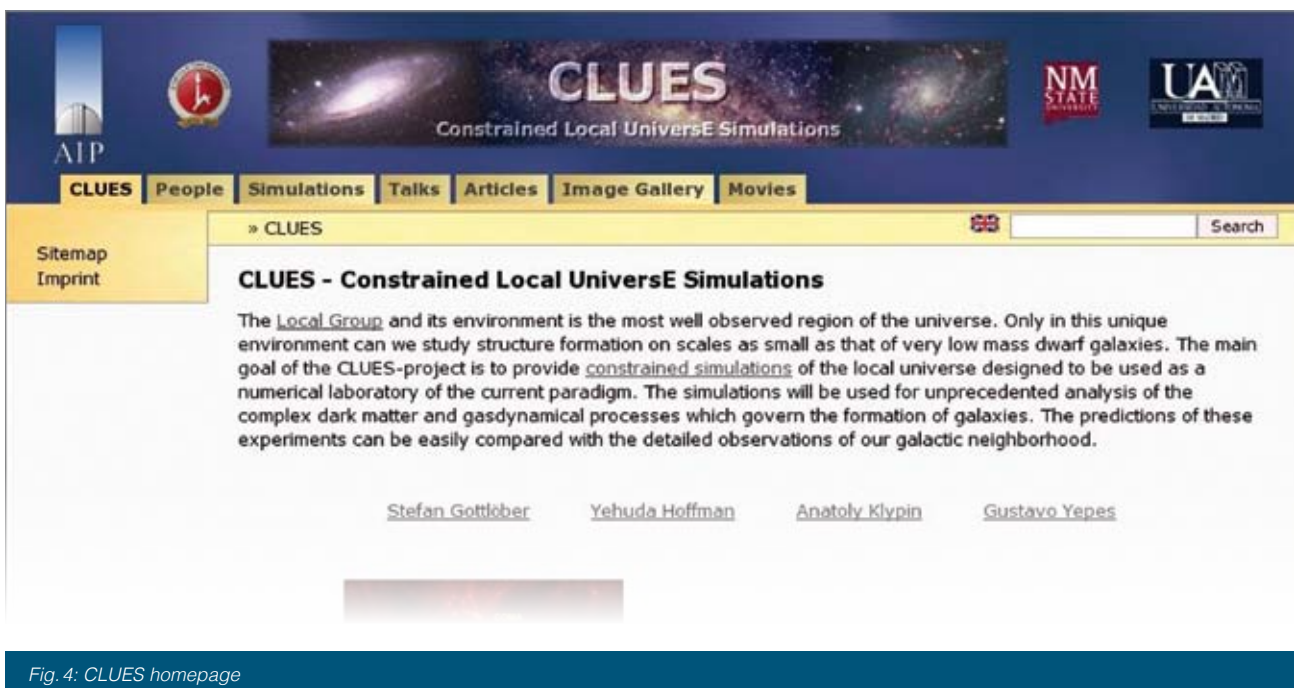


Fig. 4: CLUES homepage

Universum reproduzieren sollen. Dies gelingt durch eine geschickte Wahl der Anfangsbedingungen basierend auf Beobachtungen unserer extragalaktischen Umgebung. Solche Simulationen helfen, ein genaueres Bild der Entstehungsgeschichte der Lokalen Gruppe zu erhalten, produzieren jedoch Datenmengen im Terabyte-Bereich. Diese Simulationsdaten, die in Höchstleistungsrechenzentren auf der ganzen Welt verteilt erzeugt werden, sind zusammengeführt worden und werden in einer Virtuellen Umgebung der Kollaboration zur weiteren Bearbeitung zur Verfügung gestellt.

Um weitergehende Auswertungen der Simulationen zu ermöglichen, ist es von besonderer Wichtigkeit, den Überblick über die Daten nicht zu verlieren und sie für alle Interessenten zugänglich zu machen. Als Beispiel wurde eine Webseite (<http://www.clues-project.org>) erstellt, die die bisher verfügbaren Daten mit Speicherort (Rechenzentrum, Maschine, Pfadname) strukturiert auflistet und neue Möglichkeiten für die Kollaboration eröffnet. Datenbanken zur effizienten Verwaltung und zur erweiterten Nutzung, ähnlich der Millenium-Simulation, sind im Aufbau.

Weiterhin werden Bilder und Filme der Simulationen publiziert. Besonders eindrucksvoll kann man darin die detaillierten Gasstrukturen der hochauflösenden Simulationen betrachten und damit einen Blick auf die kosmische Nachbarschaft der Milchstraße werfen.

data were produced on supercomputing centres all over the world. In order to facilitate further exploration of the data, they are consolidated into one location and made accessible to the collaboration within a Virtual Research Environment.

For enabling more efficient methods of data mining and analysis of the simulations, it is of fundamental importance to maintain an easy to use access to the data. For this purpose, we, e.g., have set up a webpage (<http://www.clues-project.org>) for the collaboration. It lists the available data in a structured way, accompanied by ample Metadata, e.g. the computing centre, machine and path where it is currently stored.

Furthermore, the webpage provides images and movies of the simulations, which are of great value for public outreach. Especially images of the detailed gas structure in the high resolution simulations are very impressive and allow to have a glance at the cosmic neighbourhood of the Milky Way.

Fig. 5: STECKMAP - a tool for analyzing galaxy spectra. A part of the web-interface is shown (left) and an extract of the result page (right) with plots of stellar age distribution, age-metallicity relation and the line-of-sight velocity distribution of the galaxy derived from the given spectrum.

Ausgewählte Publikationen

Selected Publications

Breitling, F. (2009): **A standard transformation from XML to RDF via XSLT**, *Astronomische Nachrichten* 330, 755

Breitling, F., Granzer, T., Enke, H. (2009): **Grid Integration of Robotic Telescopes**, *Astronomische Nachrichten* 329, 343

<http://nirvana-code.aip.de/>
<http://www.astrogrid-d.org/>
<http://www.g-vo.org/portal/>



Standorte und Infrastruktur

Sites and Infrastructure



Forschungscampus Potsdam-Babelsberg und Außenstellen

The Potsdam-Babelsberg Research Campus and associated facilities

Die Forschungsaktivitäten des AIP verteilen sich geografisch auf verschiedene Standorte in und um Potsdam, in den USA und auf Teneriffa, wobei kein Personal des AIP dauerhaft an den Außenstellen angesiedelt ist. Hauptstandort ist der Campus Babelsberg auf dem rund 145 Mitarbeiter des AIP untergebracht sind.

The research activities of the AIP are geographically 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 145 workers.

Ein Rundgang über den Campus: Gebäude und Teleskope heute

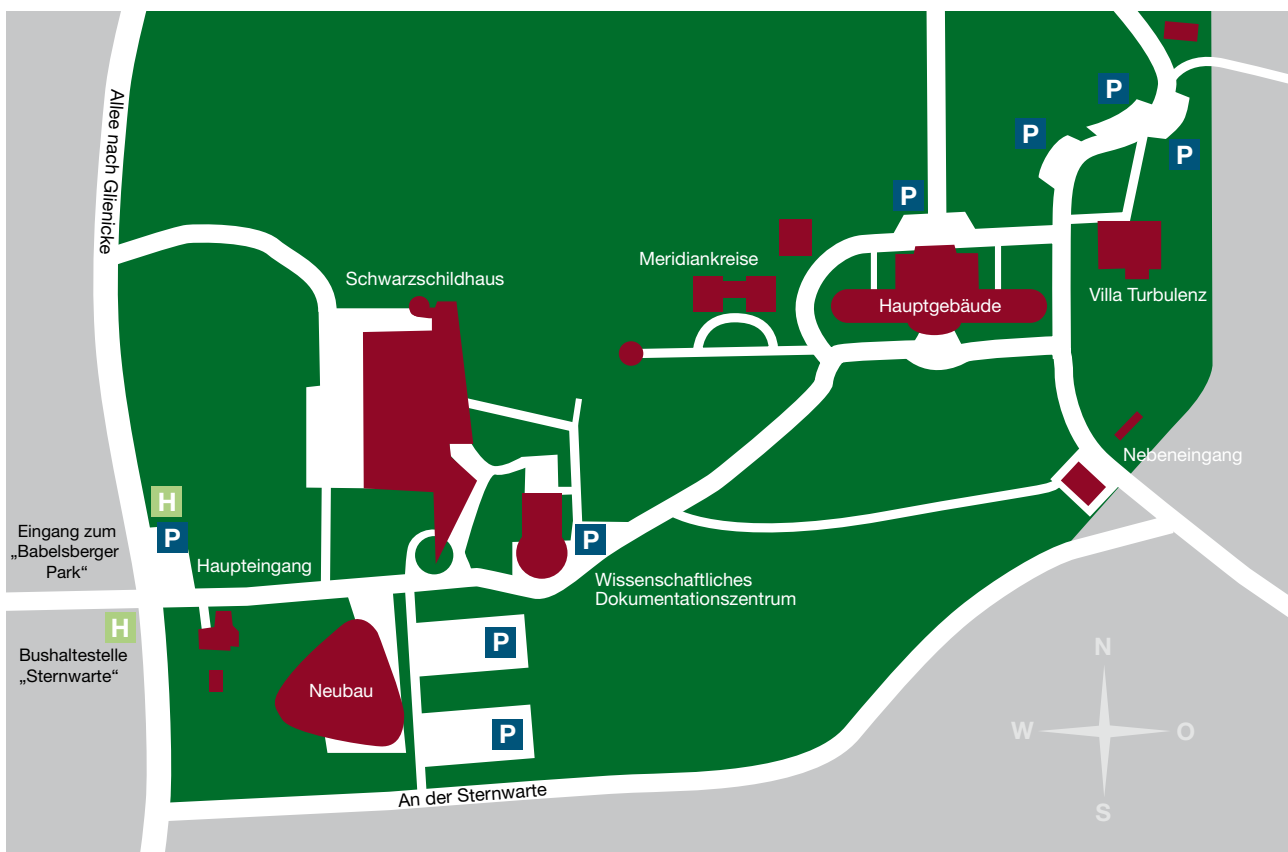
A campus tour: buildings and telescopes today

Auf dem Potsdamer Babelsberg gelegen, schließt das Gelände, einst als Geschenk durch Kaiser Wilhelm II. den Astronomen zum Erbau einer Sternwarte übergeben, direkt an den Park Babelsberg an. Heute ist das gesamte historische Ensemble der Sternwarte Babelsberg Teil des UNESCO Welterbes.

Located on the Babelsberg hill, the area, once given to the astronomers by Kaiser Wilhelm II for the construction of an observatory, directly connects to the Babelsberg Park. The whole historic ensemble of the Babelsberg Observatory forms part of the UNESCO world heritage site.

Das 1913 am Rande des Park Babelsberg errichtete Hauptgebäude der historischen Babelsberger Sternwarte bietet heute Platz für Forschergruppen des Forschungs-

The historic main observatory building from 1913 today accommodates research groups belonging to the focus area "Cosmic Magnetic Fields" as well as the administration. Its large central dome holds the historic Babelsberg





schwerpunkts „Kosmische Magnetfelder“ und die Administration. In der großen Kuppel befindet sich der historische Refraktor von Zeiss. Die 50-cm- und 70-cm-Spiegelteleskope in den kleineren Seitenkuppeln werden auch heute noch genutzt. Das Schwarzschildhaus beherbergt die Forschergruppen des Forschungsschwerpunkts „Extragalaktische Astrophysik“. Seit seiner Einweihung im Jahre 2000 dient es dem AIP gleichzeitig als Technologiegebäude mit Labors und Werkstätten für die Entwicklung von Forschungstechnologie und -infrastruktur. In der auf das Schwarzschildhaus aufgesetzten 4-m-Kuppel ist seit 2005 das 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.

Das Bürogebäude neben der Bibliothek wird von den Arbeitsgruppen Solare Radioastronomie, Kosmologie und E-Science genutzt. Es wird 2010 durch einen Forschungsneubau ersetzt werden. Zwischen Sternwartengebäude, Bibliothek und Schwarzschildhaus befindet sich in den restaurierten ehemaligen Meridianhäusern das Medien- und Kommunikationszentrum (MCC), in denen heute Datenströme der robotischen Teleskope und ferngesteuerten Instrumente zusammenlaufen und in dem Besucher 3D-Simulationen der Galaxienentstehung bestaunen 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“ wird dem Architekten Reinhold Ernst Ludwig Persius (1835-1912) zugeschrieben. Heute dient es als Cafeteria für die Mitarbeiter des Instituts.

Zeiss refractor. 50 cm and 70 cm reflector telescopes located in the smaller domes at both sides are in use to this day.

The “Extragalactic Astrophysics” research group is located in the Schwarzschildhaus. Inaugurated in 2000, this modern building also serves as technology building, hosting laboratories and workshops for the “Development of Research Infrastructure and Technology”. The small 4m dome on the Schwarzschildhaus has held the school telescope “RoboTel” since 2005.

Until 1945, the dome of today’s library building also held a 122 cm reflector telescope. The dome was renovated as part of a heritage protected ensemble, and has been used as a library since 2002. A temporary building next to the library is used by the research groups Solar Radio Astronomy, Cosmology and E-Science. It will be replaced by a new modern research building in 2010.

In between the observatory building, the library and the Schwarzschildhaus, one finds the Media and Communication Centre (MCC) 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 in 3D projection.

The director’s residence, “Villa Turbulence”, the “Persiushaus” and the “Merz Refractor-building” are smaller buildings from historic observatory times. The “Villa Turbulence” was originally built for the director of the 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 is now the cafeteria for the institute staff.

Außenstellen

Zusätzlich zu den Einrichtungen in Babelsberg betreibt das AIP südlich von Potsdam, bei Tremsdorf, ein solares Observatorium für Radioastronomie und ist kurz vor Fertigstellung eines neuen Antennenfeldes für das europäische LOFAR Radioteleskopprojekt. LOFAR ist ein Radioteleskop der neuen Generation, das aus vielen geografisch verteilten Stationen besteht. Es öffnet ein neues Fenster für astronomische Beobachtungen bei niedrigen Wellenlängen. Das gesamte LOFAR-Array wurde von ASTRON in den Niederlanden geplant. Das AIP beteiligt sich mit einer Station in Potsdam-Bornim und koordiniert eines der „Key Science“ Projekte von LOFAR: „Sonnenphysik und Weltraumwetter“. Im Dezember 2009 meldete die Potsdamer LOFAR Station erstes Licht und produzierte das erste Bild des Radiohimmels über Potsdam.

Administration und Technische Infrastruktur

Die kaufmännischen Belange des Institutes werden von den Mitarbeitern der Verwaltung in den Bereichen „Zentrale Dienste“, „Finanzen“ und „Personal und Recht“ wahrgenommen. Weitere Organisationseinheiten sind „Forschungstechnik“, „IT-Service“ und „Wissenschaftliches Dokumentationszentrum“.

Zusammen mit den anderen astrophysikalisch orientierten Forschungseinrichtungen in der Region, hier sind insbesondere die Universität Potsdam und das Albert-Einstein-Institut zu nennen (aber auch DESY-Zeuthen und AWI, GFZ und PIK auf dem Telegrafenberg), bildet Astrophysik einen Forschungsschwerpunkt in der Region mit umfassender Aktivität im FuE-Bereich. Wie das Zentrum für Innovationskompetenz „innoFSPEC“ exemplarisch belegt, bieten sich damit auch zahlreiche Kooperationsmöglichkeiten mit Industriepartnern in der Region.

Von der Forschungstechnik, bestehend aus 13 Mitarbeitern, werden die instrumentellen Voraussetzungen für die astronomische Forschung und den Technologietransfer geschaffen. Haupteinsatzgebiet 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

Associated facilities

In addition to its facilities in Babelsberg, the AIP operates a solar observatory for radio astronomy in Tremsdorf, south of Potsdam, and is currently completing a new antenna array for the LOFAR radio telescope project in Potsdam-Bornim. LOFAR is a new generation radio telescope encompassing numerous geographically spread stations. It opens a new window for astronomical observations at low frequencies. The whole LOFAR array was designed and is being built by ASTRON in the Netherlands. The AIP contributes with a station in Potsdam-Bornim and coordinates one of the key science projects of LOFAR, “Solar Physics and Space Weather”. In December 2009, the LOFAR station had “first light” and produced its first image of the radio sky above Potsdam.

Administration and technical infrastructure

The administrative staff in the areas of Personnel and legal affairs, Finances and Services attends to the institute’s commercial issues. Further central facilities are Research Technology, IT Service and Scientific Documentation Centre.



Team administration 2008/2009: Annegret Bochan, Christine Haase, Oliver Heyn, Herbert Klein, Petra Knoblauch, Torsten Krüger, Manuela Kuhl, Maike Lisinski, Dennis Nagel, Markus Randig, Gernot Rosenkranz, Ingo Schiller, Peter A. Stolz (administrative chairman), Uta Witte.

Along with other astrophysically oriented research institutions in the region – in particular the University of Potsdam and the Albert-Einstein Institute (but also AWI, GFZ and PIK on the Telegrafenberg) – astrophysics constitutes a research focus of the region with broad activity in the R&D area. As exemplified by the “innoFSPEC” centre (see latter), there are numerous possibilities for cooperation with industry partners of the region.

(PMAS, STELLA) zu der Arbeit der Forschungstechnik. Ebenso ist die Pflege historischer Instrumente (Großer Refraktor Potsdam) Aufgabe der Forschungstechnik. Moderne CAD-Arbeitsplätze für die Entwicklung optischer Systeme, für Schaltungsentwicklung des Elektronikbereiches sowie für die mechanische Konstruktion ermöglichen eine hohe Effizienz und erlauben eine moderne Qualitätssicherung. Die feinmechanische Werkstatt mit 4 Mitarbeitern, in der auch Lehrlingsausbildung erfolgt, besitzt einen modernen Bohr-, Dreh- und Fräsmaschinenpark. Zur Forschungstechnik gehören weiter Optik- und Elektroniklabore, ein Reinraum der Klasse IV, eine Faradaykabinen sowie 2 Integrationshallen mit einem Teleskopsimulator.

Dank Erfahrungen in der Fasertechnik bestehen weltweite Zusammenarbeiten mit mehreren Universitäten und Instituten (z.B. McDonald Observatory in Texas, Anglo-Australian-Observatory).

Ende 2008 wurde der Grundstein für ein weiteres Technologiegebäude gelegt, das die vorhandene Infrastruktur ergänzt, insbesondere im Bereich der Faseroptik und der Entwicklung für Instrumente, die unter extremen Bedingungen wie z.B. im Weltraum oder in der Antarktis betrieben werden. Im August 2009 wurde Richtfest gefeiert, 2010 soll das neue Gebäude eingeweiht werden.

Durch diesen Forschungsneubau soll der technologische Entwicklungsschwerpunkt des AIP auch in Zukunft weiter gestärkt und die Kooperation mit weiteren Forschungseinrichtungen sowie Unternehmen (KMU) der Region Berlin-Brandenburg stimuliert werden. Dies erstreckt sich insbesondere auf Technologien im Bereich Optik/Photonik und Informationstechnologie.



The research technology team, comprising 13 people, establishes the instrumental prerequisites for astronomical research and technology transfer. Main tasks are the development, the construction and the test 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 improvement of instruments which are already in operation (PMAS, STELLA). Fostering and maintaining the historic instruments (Great Refractor, Potsdam) also forms part of their responsibilities. Modern CAD working places for the development of optical systems, for circuit design of the electronics and for mechanic construction allow for a high efficiency and modern quality assurance. The fine mechanical workshop with 4 employees, and apprentices in training, contains a modern boring, turning and milling machine park. The research technology department fur-

thermore encompasses an optics and an electronics laboratory, a class 4 clean room, a Faraday cabin, two integration halls and a telescope simulator.

Thanks to AIPs experience in fibre technology, world-wide cooperations exist with several universities and institutes (e.g. McDonald Observatory in Texas, Anglo-Australian Observatory in Australia).

The construction of a new technology building started at the end



The Research Technology Team 2008/2009:
Svend-Marian Bauer, Wilbert Bittner, Frank Dionies, Daniel Döscher, Thomas Fechner, Dietrich Feuerstein, Thomas Hahn, Patrick Leugner, Sergej Pankratow, Jens Paschke, Volker Plank, Emil Popow (head), Stefan Rodegast, Manfred Woche, Dieter Wolter.

innoFSPEC-Potsdam – ein Kompetenzzentrum für innovative Faserspektroskopie und Sensorik

innoFSPEC ist ein Gemeinschaftsvorhaben des AIP und der Physikalischen Chemie der Universität Potsdam und widmet sich der faseroptischen Spektroskopie und Sensorik. 2008 konnte sich die Initiative im BMBF-Programm „Unternehmen Region“ als eines von 8 erfolgreichen Zentren in Ostdeutschland für eine fünfjährige Förderung durchsetzen. Das Zentrum beheimatet zwei Forschergruppen, die sich mit Grundlagenforschung auf den Gebieten der chemischen Sensorik und der Vielka-



The innoFSPEC team 2008/2009: Katja Felgenträger, Roger Haynes, Dionne Haynes, Katja Janssen, Ingo Kapp, Andreas Kelz, Michael Kumke (UP), Steffen Lau, Hans-Gerd Löhmannsröben (UP), Oliver Reich (UP), Martin Roth.

nalspektroskopie befassen – letztere mit hoher Relevanz für astrophysikalische Anwendungen. Der Leiter der Forschergruppe Vielkanalspektroskopie, Dr. Roger Haynes (zuvor AAO, Sydney), begann seine Arbeit in innoFSPEC im Oktober 2009. Neben Grundlagenforschung befasst sich innoFSPEC auch aktiv mit Technologietransfer und beheimatet das „Leibniz Applikationslabor für faseroptische Spektroskopie und Sensorik“ (gefördert durch das WtW-Programm der Bundesregierung).

Wissenschaftliches Dokumentationszentrum

Das Jahr der Astronomie bot der Institutsbibliothek des AIP die Möglichkeit, neben dem Angebot aller modernen Serviceleistungen (siehe auch <http://www.aip.de/groups/bib/lib.html>) einmal die historische Seite einer über 300

of 2008, in order to complement the existing infrastructure (see perspectives), in particular in the areas of fibre optics and the development of instruments which are operated under extreme conditions (in space or in Antarctica). The inauguration of the building is planned for 2010.

With this new technology building, the positioning for technology transfer shall be further strengthened, and more interdisciplinary applications and cooperations between AIP and other research institutions and enterprises (SME) of the Berlin-Brandenburg region shall be stimulated. This in particular is the case for technologies in the fields of optics/photonics and information technology.

innoFSPEC Potsdam – a specialist centre for innovative fibre spectroscopy and sensing

innoFSPEC is a joint initiative of AIP and the Physical Chemistry Department at the University of Potsdam for research in the area of fibre-optical spectroscopy and sensing. In 2008, the initiative was awarded one of the total of eight 5-year grants throughout eastern Germany from the competitive BMBF-Program „Unternehmen Region“. The centre hosts two research groups, focussing on fundamental research in the areas of fibre-optical chemical sensing and multi-channel-spectroscopy – the latter with highly relevant applications for astrophysics. The team leader of the multi-channel spectroscopy group, Dr. Roger Haynes (formerly AAO, Sydney) has started his appointment at AIP in October 2009. Next to basic research, the centre also engages actively in technology transfer and hosts the „Leibniz Application Lab for fibre-optical Spectroscopy and Sensing“, with funding from the WtW Program of the German Government.

Scientific documentation centre

The International Year of Astronomy 2009 offered the opportunity for the AIP library to present the historic face of a more than 300 year-old library, in addition to all the modern services that it provides (see also <http://www.aip.de/groups/bib/lib.html>). From June 18 to 26, 2009, a week of exhibitions under the motto „Historic observatories open their doors“ took place at seven historic observatories all over Germany. The AIP library, with its archive and historic instruments, presented its treasures to a larger audience during this week. Several presentations and guided tours

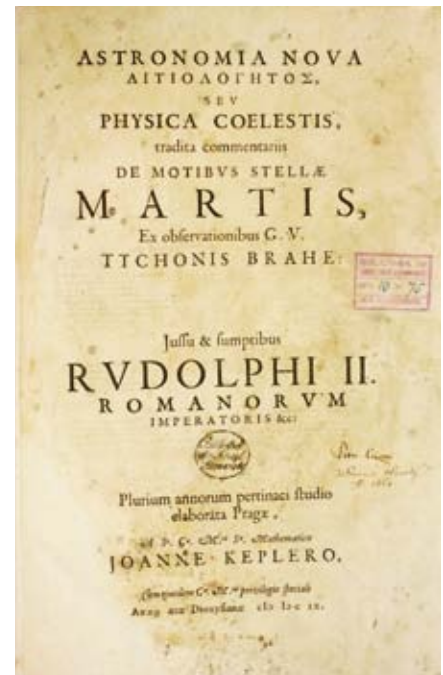


Jahre alten Bibliothek zu zeigen. Vom 18. bis 26. Juni 2009 fand innerhalb des Internationalen Jahres der Astronomie 2009 eine Ausstellungswoche „Historische Sternwarten stellen aus“ statt, an der sich Einrichtungen in ganz Deutschland beteiligten. Auch die Bibliothek des AIP mit ihrem Archiv und ihrer Sammlung historischer Instrumente nahm diese Ausstellungswoche zum Anlass, ihre Schätze einem breiten Publikum zu präsentieren. Unter dem Titel „Vom Kalenderprivileg zur modernen Astrophysik: 300 Jahre Astronomie in Berlin und Potsdam“ wurde in Vorträgen und Führungen der Öffentlichkeit und besonders auch den Institutsmitarbeitern die Geschichte und Entwicklung des Instituts auf dem Babelsberg und dem Telegrafenberg an Schätzen aus Bibliothek und Archiv bis hin zur modernen Forschungstechnik gezeigt. Dabei nahm die Erstausgabe von Keplers „Astronomia Nova“ (1609) einen zentralen Punkt ein.

Auch während der 82. Herbsttagung der Astronomischen Gesellschaft im September 2009 wurden Führungen durch die Ausstellungen auf dem Babelsberg und dem Telegrafenberg für die Tagungsteilnehmer und besonders auch für den Arbeitskreis Astronomiegeschichte der Astronomischen Gesellschaft angeboten. Hier bot sich die Gelegenheit, einem internationalen astronomischen Publikum die Geschichte des AIP nahezubringen.

Astronomische Nachrichten (AN)

2009 war ein besonderes Jahr für alle von uns. Es war das Internationale Jahr der Astronomie mit seinen unzähligen Öffentlichkeitsprojekten und wissenschaftlichen Symposien vor allem in Bezug zur Geschichte der Astronomie. Einige von uns haben auch an der JENAM Festveranstaltung „400 Jahre Teleskop“ teilgenommen, die 2008 gemeinsam mit der AG Herbsttagung in Wien ver-



for the public and the institute staff illustrated the history and development of the institute at Babelsberg and at Telegrafenberg, showing treasures from the library and the archive along with modern research technology. The first edition of Kepler's "Astronomia nova" (1609) was a central feature. During the conference of the German Astronomical Society in September 2009 in Potsdam, guided tours were given for the exhibitions at Babelsberg and at Telegrafenberg for the participants of the conference, in particular for the working group "History of Astronomy" of the Astronomical Society. This was an opportunity to show AIP's history to an international astronomical audience.

The library team 2008 / 2009: Regina v. Berlepsch (head), Peter Hans, Ludmilla Kurth

Astronomical Notes (AN)

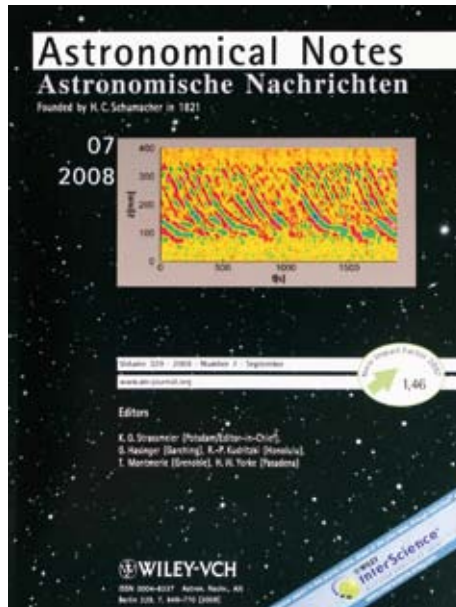
2009 was a special year for all of us. It was the International Year of Astronomy with its countless outreach projects, scientific symposia and many worldwide events related to the history of astronomy. Some of us took part in JENAM's historical "400 Years of Telescopes" celebration organized jointly within the Astronomische Gesellschaft (AG) fall meeting in 2008 in Vienna. As a small contribution to the meeting we summarized the history of scientific publishing in Astronomische Nachrichten/Astronomical Notes. Our contribution "From Gauß to Biermann – Highlights from the first 117 years of publications in Astronomische Nachrichten" in AN 330, Number 6, highlighted some of the journal's history and impact. It features facsimiles of

anstaltet wurde. Als kleinen Beitrag hierzu haben wir einen Artikel zur Geschichte der Publikationen in *Astronomische Nachrichten/Astronomical Notes* verfasst. „From Gauß to Biermann – Highlights from the first 117 years of publications in *Astronomische Nachrichten*“ in AN 330, Heft 6, fasst den Impact des Journals in den ersten 117 Jahren zusammen. Darin werden Faksimiles einiger der bedeutendsten Artikel der Astronomie aus AN wiedergegeben, zum Beispiel die erste Messung einer Stern-Parallaxe durch Friedrich Wilhelm Bessel, die Entdeckung des 11-jährigen Sonnenfleckenzyklus durch Christoph Scheiner, oder die Lösung des „Nova“ Problems durch Johannes Hartmann im kürzesten jemals erschienen wissenschaftlichen Artikel.

2008-2009 haben aber auch weitreichende Veränderungen gebracht. Nachdem Wiley und Blackwell Publishing zu Wiley-Blackwell verschmolzen sind, wurden das älteste und das zweitälteste immer noch regulär erscheinende astronomische Journal nun „Schwestern“ – AN und MNRAS. Weiters führte die engere Beziehung mit der AG nun zur Publikation der Karl Schwarzschild- und der Ludwig Biermann-lecture durch Rashid Sunyaev bzw. Andreas Koch in AN 330, Heft 7. Die Herbsttagung 2009 fand im Oktober in Potsdam statt und wir erwarten die preisgekrönten Vorträge nun für 2010 in AN 331, Heft 5. Der gewichtige Karl Schwarzschild-Preis ging dieses Jahr übrigens an ein Mitglied des AN Editorenteams, an den Direktor des Institute for Astronomy der University of Hawaii in Honolulu, Professor Rolf-Peter Kudritzki, dem wir an dieser Stelle nochmals herzlich gratulieren.

Auch beim Personal hat es Veränderungen gegeben. Professor Nigel Weiss vom Institut für Astronomie der Universität Cambridge, UK, ist 2004 in den Ruhestand getreten und hat mit 2008 aus Altersgründen auch seine Mitarbeit als Ko-Editor bei AN eingestellt. Sein Nachfolger ist seit 2008 Professor Thierry Montmerle vom Laboratoire d’Astrophysique de Grenoble in Frankreich. Thierry ist einer der einflussreichsten Forscher auf den Gebieten der Sternentstehung und molekularer Astrophysik, insbesondere bei Röntgen- und Laborapplikationen.

selected original articles from AN, for example the measurement of the first stellar parallax by Friedrich Wilhelm Bessel, the discovery of the 11-year sunspot cycle by Christoph Scheiner, or the solution of the “nova” problem by Johannes Hartmann in the shortest ever published scientific article.



Cover AN issue 7 of volume 329 (2008).

*In 2008-2009 we have also seen more far-reaching developments. After the merger of Wiley and Blackwell Publishing into Wiley-Blackwell, the “oldest” and the “second oldest” still regularly published astronomical journals in the world are now “sisters” – *Astronomische Nachrichten/Astronomical Notes (AN)* and *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society (MNRAS)*. Also, our close collaboration with the AG resulted in the publication of the Karl Schwarzschild award lecture by Rashid Sunyaev and the Ludwig Biermann award lecture by Andreas Koch, in AN 330, Number 7. The annual AG fall meeting was held in Potsdam in October 2009 and we*

expect its award lectures to appear in 2010 in AN 331, Number 5. The prestigious Karl Schwarzschild award for 2009 went to one of our AN editorial board members, the director of the Institute for Astronomy of the University of Hawaii in Honolulu, Professor Rolf-Peter Kudritzki, whom we congratulate in this way once again.

There was also a change in personnel at AN. Professor Nigel Weiss of the Institute of Astronomy in Cambridge, UK, and former president of the Royal Astronomical Society, retired as one of our international expert editors in 2004, and in 2008 decided it was also time to retire from his management obligations at AN. As of 2008 we welcomed Professor Thierry Montmerle of the Laboratoire d’Astrophysique de Grenoble, France. Thierry is one of the most influential leaders in the topics of star formation and molecular astrophysics, particularly by means of X-ray and laboratory applications

The AN team 2008 / 2009: Klaus G. Strassmeier (Editor-in-Chief), Günther Rüdiger (Managing Editor), Matthias Steffen (Scientific Secretary), Detlef Schönberner (Assistant Managing Editor).

Wissenschaftshistorischer Standort Potsdam-Telegrafenberg

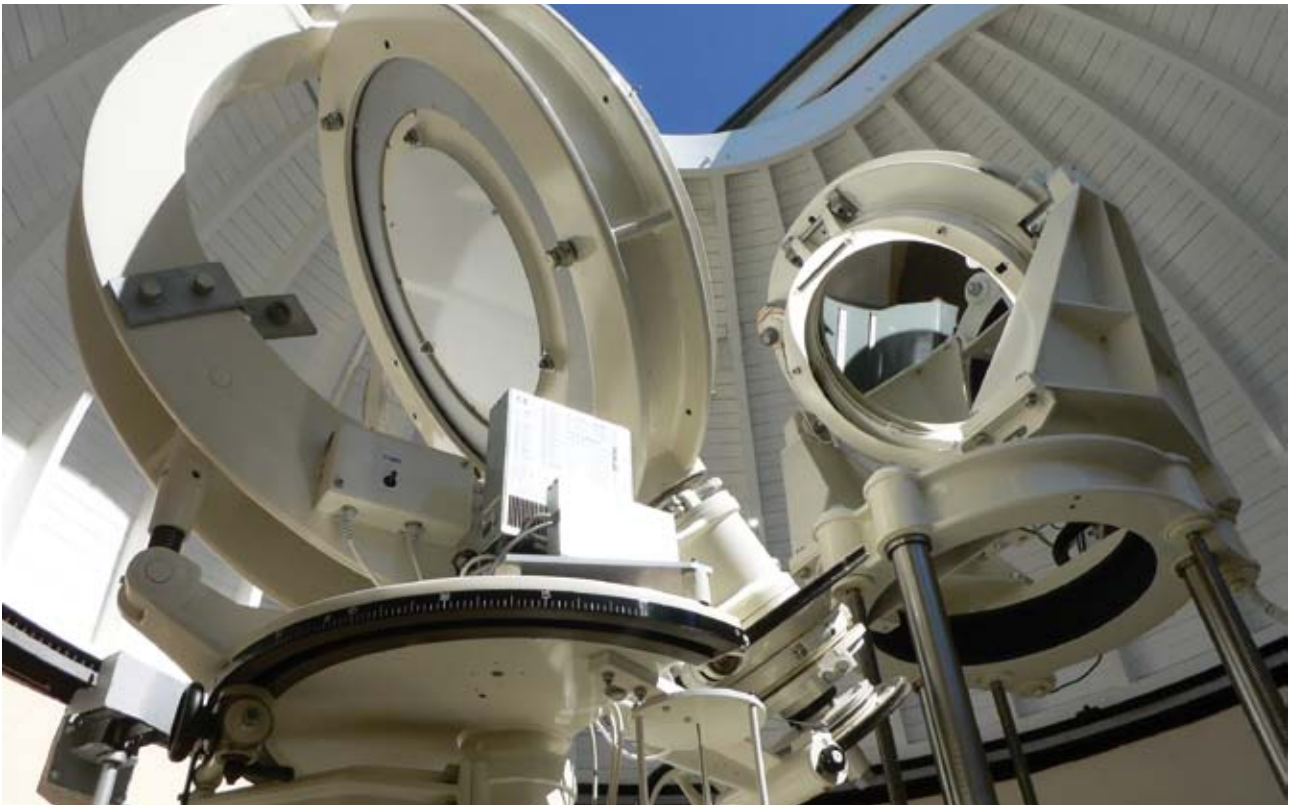
The Potsdam-Telegrafenberg Historical Site

Auf dem Telegrafenberg, einer 96 Meter hohen Erhebung in Potsdam, befindet sich der „Wissenschaftspark Albert Einstein“. Schon bei Baubeginn 1874, als Wissenschaftspark im Stil eines englischen Landschaftgartens angelegt, sind dort heute neben dem AIP, mit seinem Sonnenobservatorium Einsteinturm und dem Großen Refraktor, 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) angesiedelt. Das Astrophysikalische Observatorium Potsdam (AOP), neben der Berliner Sternwarte eine der Vorgängereinrichtungen des AIP, war die erste For-

On the Telegrafenberg, a 96 meter high elevation in Potsdam, the “Science Park Albert Einstein“, so named since 1992, hosts a conglomerate of major scientific institutions. The original site was designed to be a science park in the style of an English garden landscape. Today, in addition to the AIP with its solar observatory Einstein Tower and the Great Refractor, the Helmholtz Centre Potsdam GFZ German Research Centre for Geosciences, 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. 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 of the world having “astrophysics” in its name and as a research programme.

The buildings on the Telegrafenberg were constructed in the period of 1874 to 1899. In 1876, the main building of the AOP (today called “Michelson House”) was finished as the first building of the park, and in 1899, the Great Refractor was completed. Important personages like Karl Schwarzschild, since 1909 director of the AOP, and Albert Abraham Michelson, who performed a precursor experiment of the famous Michelson-Morley experiment in the basement of the Michelson building, worked and conducted research at the Telegrafenberg over the years. With the operation of the Einstein tower from 1924 onward, the era of modern solar research in Potsdam and Germany began. After more than 80 years in use, the Einstein Tower remains the largest solar telescope in Germany and solar physics remains a research focus of the AIP.





schungseinrichtung auf dem Telegrafenberg und gleichzeitig das erste astronomische Institut der Welt, das den Begriff „Astrophysik“ im Institutsnamen und im Arbeitsprogramm führte.

Die Bauten auf dem Telegrafenberg entstanden in den Jahren 1874 bis 1899. 1876 entstand als erstes Gebäude das Hauptgebäude des AOP (heute: „Michelson-Haus“) und 1899 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. Mit der Inbetriebnahme des Einsteinturms 1924 begann in Potsdam und in Deutschland eine neue Ära moderner Sonnenforschung. Noch heute, nach über 80-jähriger Nutzung, ist der Einsteinturm das größte Sonnenteleskop in Deutschland. Sonnenphysik gehört weiterhin zu den Forschungsschwerpunkten des AIP.

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

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

Among the historical stations at the Telegrafenberg, in particular the buildings of the AIP, namely the solar observatory Einstein Tower and the historic Great Refractor, attract the public due to their unique historical tradition and architecture.

Solar Observatory Einstein Tower – A laboratory for spectro-polarimetry

The Einstein Tower (“Einsteinturm”) was the first important work of the famous architect Erich Mendelsohn. It was designed and built during the years 1919 to 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 was scientifically Europe’s most important solar telescope until the Second World War. It was originally built in order to prove the redshift of solar spectral

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

Sonnenobservatorium Einsteinturm – Ein Labor für Spektralpolarimetrie

Der Einsteinturm ist das erste bedeutende Bauwerk des bekannten Architekten Erich Mendelsohn. Er entstand in den Jahren 1919 bis 1924 in Zusammenarbeit mit dem Physiker Albert Einstein und dem Astronomen Erwin Finlay Freundlich. Der Einsteinturm ist ein Zweckbau, ein Sonnenobservatorium, das bis zum zweiten Weltkrieg das wissenschaftlich bedeutendste Sonnenteleskop in Europa war.

Ziel des Observatoriums war ursprünglich der Nachweis der durch Einsteins Relativitätstheorie vorhergesagten Rotverschiebung von Spektrallinien im Schwerefeld der Sonne. Dieses Vorhaben erwies sich allerdings später als undurchführbar. Der Einsteinturm wurde 1999 mit Unterstützung der Wüstenrot Stiftung umfassend renoviert.

Im Einsteinturm befindet sich auch heute noch eine leistungsfähige Sonnenforschungsanlage, bestehend aus dem Turmteleskop mit 63 cm Öffnung und einem langbrennweitigen Spektrografen. 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 Oberfläche der Sonne.

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



lines, as predicted by Einstein's theory of relativity. However, without a proper understanding of solar convection at the time, the observations remained inconclusive. The building underwent major renovation works during the years 1997 to 1999, which were in large part funded by the Wüstenrot Foundation.

The Einstein Tower houses to this day a very efficient 63cm telescope combined with a long-focus spectrograph. Under favorable conditions the instrument reaches a spatial resolution of $1''$ - $2''$. The modernized mechanical and optical equipment allows a spectral resolving power of 10^6 . Observations focus on spectropolarimetric measurements in solar active regions. The analysis of the polarization of the light permits the determination of the 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 the development and testing of new spectro-polarimetric 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.

Großer Refraktor

Der 1899 eingeweihte Potsdamer Große Refraktor ist ein Doppelfernrohr auf dem Gelände des ehemaligen Astrophysikalischen Observatoriums Potsdam.

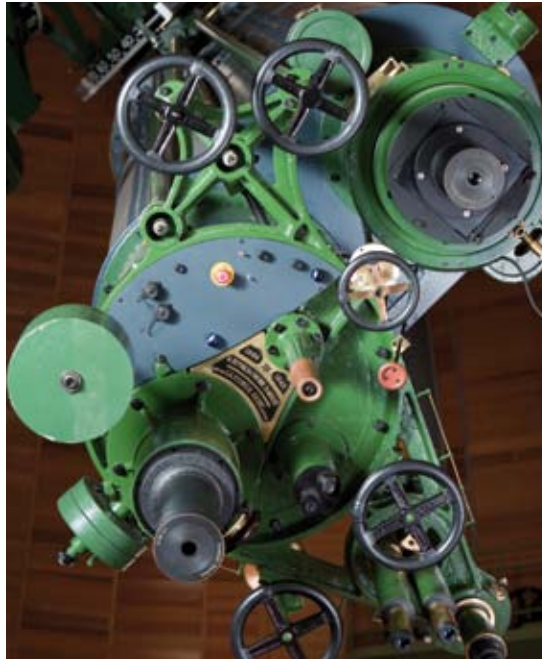
Als viertgrößtes Linsenteleskop der Welt ist der Große Refraktor bedeutender Zeuge der feinmechanisch-optischen Fertigung der frühen astrophysikalischen Forschung an der Wende vom 19. zum 20. Jahrhundert.

Mit Hilfe des eigens gegründeten „Förderverein Großer Refraktor Potsdam e.V.“ und dank großzügiger Spenden konnte das unter Denkmalschutz stehende Teleskop in den letzten Jahren umfassend renoviert werden. Seit der feierlichen Wiedereinweihung 2006 ist der Große Refraktor regelmäßig Besuchern zugänglich und soll so in seiner Funktionalität und Bedeutung für die Potsdamer Astrophysik einer breiten Öffentlichkeit bekannt gemacht werden.

Ein wissenschaftlicher Höhepunkt in der Geschichte des Großen Refraktors war sicherlich die Entdeckung des diffusen Interstellaren Mediums 1904 durch Johannes Hartmann anhand von stationären Kalziumlinien in spektroskopischen Doppelsternen.

Great Refractor

The Potsdam Great Refractor is a double-refractor telescope of the former Astrophysical Observatory Potsdam. It was inaugurated in 1899.



Being the world's fourth largest lens telescope, the Great Refractor is an important witness of the fine mechanical and optical manufacturing of the early astrophysical research at the turn of the 19th to the 20th century.

Greatly aided by the specially founded association "Förderverein Großer Refraktor Potsdam e.V." and thanks to generous donations, the heritage-protected telescope was extensively renovated during the last years. Since its ceremonial re-inauguration in 2006, the Great Refractor is frequently opened to

visitors, and thereby shall be advertised in its functionality and importance for astrophysics in Potsdam to a broad public.

A scientific highlight in the history of the Great Refractor surely was the discovery of the Interstellar Medium 1904 by Johannes Hartmann through observations of stationary calcium lines in spectroscopic binary stars.



Das AIP am Observatorio del Teide auf Teneriffa

AIP facilities at the Observatory del Teide on Tenerife

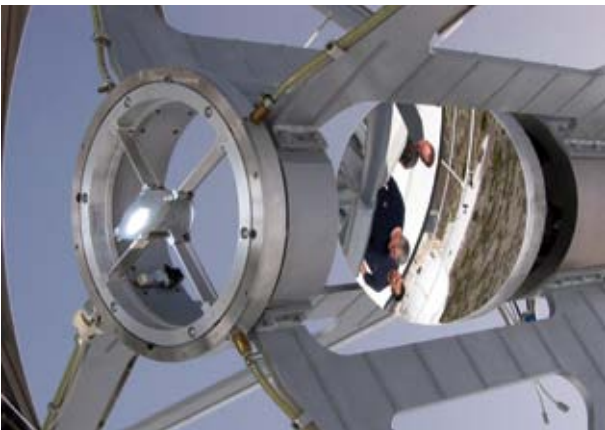
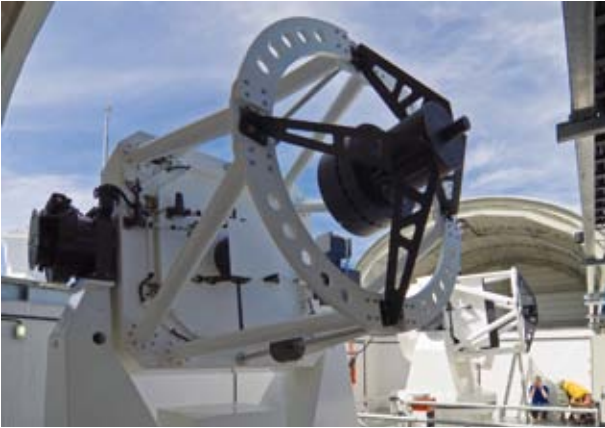


Die Europäische Nordsternwarte besteht aus dem Observatorio del Teide auf Teneriffa und dem Observatorio del Roque de los Muchachos auf La Palma. Beide gehören zu den internationalen Zentren für Sonnen- und Sternbeobachtungen. Hoch auf vulkanischen Bergen liegend und umgeben vom Atlantischen Ozean, bieten die Beobachtungsorte auf den Kanarischen Inseln Zugang zu einem klaren Himmel und ermöglichen Beobachtungen mit der höchsten Auflösung. Das AIP beteiligt sich am Observatorio del Teide zurzeit am Betrieb von drei Teleskopen: STELLA, das Vakuum Turm Teleskop (VTT) und GREGOR.

STELLA wiederum ist rein für den Nachtbetrieb konzipiert. Als robotische Einrichtung benötigt es keinen Nacht-astronomen vor Ort, sämtliche Daten werden zur Analyse an das Institut transferiert. Beide Teleskope haben einen Durchmesser von 1,2m und sind mit je einem wissenschaftlichen Instrument ausgestattet. STELLA-I ist für CCD-Photometrie in 17 Filtern in einem Nasmyth-Fokus optimiert (Instrument WIFSIP), STELLA-II für Glasfaserunterstützte hochauflösende optische Spektroskopie mittels eines Echelle-Spektrografen (Instrument SES). Das erste der beiden STELLA-Teleskope ist seit 2006 in Betrieb und hat bis Ende 2009 21.000 Echelle Spektren aufgenommen. Das zweite Teleskop wird Anfang 2010 in Betrieb gehen. Die wissenschaftlichen Kernprojekte für

The Observatorio del Teide (Tenerife) and the Observatorio del Roque de los Muchachos (La Palma) both constitute the European Northern Observatory (ENO), which has become an international leader in solar and stellar astronomy. Located high atop volcanic mountains and surrounded by the Atlantic Ocean, the sites offer access to clear skies and observations with high resolution. AIP is currently involved in the operation of three telescopes at Observatorio del Teide, i.e., STELLA, the Vacuum Tower Telescope (VTT) and GREGOR.

STELLA itself is a pure night-time installation. It is operated in fully robotic mode with no personnel needed to guard the operation. Data is transferred back to the home institute for analysis. Both telescopes have a main mirror of 1.2 meter and are equipped with one scientific instrument each. STELLA-I is optimized for doing CCD-photometry using 17 different filters in one Nasmyth focus (WIFSIP), STELLA-II is optimized for fiber-feeding a high-resolution Échelle spectrograph (SES). The first telescope is operational since 2006, and has collected 21,000 Échelle spectra by the end of 2009. The second telescope will go into operation early 2010. STELLA's core science projects are the study of stellar surfaces and the rotational properties of solar-type stars in open clusters.



STELLA sind die Untersuchung von Sternoberflächen und die Rotationseigenschaften von sonnenähnlichen Sternen in offenen Sternhaufen.

GREGOR ist ein Sonnenteleskop mit 1,5m Öffnung. Seine offene Konstruktion und ein leichtgewichteter Hauptspiegel aus Zerodur, der auf der Rückseite mit kalter Luft gekühlt wird, verhindern eine Aufheizung der Teleskopstruktur und vermindern somit störende Einflüsse turbulenter Luft entlang des Strahlengangs. Außerdem sind zwei weitere Spiegel aus Siliziumkarbid (Cesic) gefertigt – einem neuartigen Material mit hoher Wärmeleitfähigkeit. Adaptive Optik (AO) und moderne Bildverarbeitungsverfahren ermöglichen beugungsbegrenzte Beobachtungen mit einem großen Bildfeld. Die Gregory Konfiguration erreicht mit drei abbildenden Spiegeln eine effektive Fokallänge von 55,6 Metern (F/38) und ein nominelles Bildfeld von 150 Bogensekunden. Weitere Spiegel für AO und Korrektur der Bildrotation leiten das Sonnenlicht in ein optisches Labor mit spezialisierten post-Fokus Instrumenten. Dazu gehören ein hochauflösender Infrarotspektrograph und das vom AIP betreute GREGOR Fabry-Pérot Interferometer (GFPI). Das GFPI ist ein bildgebendes Spektropolarimeter zur Beobachtung der Sonne im sichtbaren Wellenlängenbereich, das speziell zur Untersuchung von dynamischen Prozessen der solaren Feinstruktur geeignet ist.

GREGOR is a solar telescope with an aperture of 1.5 meters. Its open structure and a lightweight and air-cooled primary mirror prevent heating of the telescope structure and limit the detrimental influence of turbulent air along the optical path. Furthermore, the secondary and tertiary mirrors are based on advanced silicon-carbide (Cesic) materials. Adaptive optics (AO) and modern image reconstruction techniques pave the way for diffraction-limited observations across wide fields of view. Three mirrors in a modified Gregory configuration achieve a focal length of 55.6 meters (F/38) and a nominal field of view of 150 seconds of arc. The sunlight is then passed through a system of mirrors, which include the AO and image derotation systems to an optical laboratory, where it is fed to a system of dedicated post-focus instruments. A high-resolution spectrograph will be used to analyze polarized light in the near infrared and the GREGOR Fabry-Pérot Interferometer (GFPI) will be employed to obtain diffraction-limited observations at visible wavelengths. AIP is in charge of the GFPI, which is the prime instrument to observe the dynamic solar fine structure.



Das AIP am Mt. Graham International Observatory in Arizona

AIP facilities at the Mt Graham International Observatory in Arizona

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

On Mt Graham (3,200 m altitude) in south-western Arizona, operates currently the most powerful optical telescope, the Large Binocular Telescope (LBT). By combining the light from the two monolithic 8.4 meter diameter main mirrors, each of which is the largest in the world, the telescope has a light gathering power equivalent to a telescope with an 11.8 m diameter mirror. Furthermore, using adaptive optics to compensate for the atmospheric distortions and combining the light in a clever way (interferometrically), the resolving power of the telescope becomes equivalent to that of a telescope with a diameter of 22.8m, or ten times better than that of the Hubble Space Telescope.

The LBT is being built and 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 composed 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 analyze star light, which passes through the telescope and provide the signals to control the precise movement of the telescope and to control the optimum shape of the main mirrors.





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 des unter deutscher Leitung entwickelten Infrarot-Multiobjekt-Spektrografen LUCIFER, der im Dezember 2009 abgeschlossen werden konnte. Wissenschaftlicher Höhepunkt war die optische Identifizierung des massereichsten Galaxienhaufens im frühen Universum. Ebenfalls in Arizona, im Washington Camp, etwa 100km südöstlich von Tucson, betreibt das AIP in Zusammenarbeit mit der Universität Wien die beiden automatisierten photometrischen Teleskope Wolfgang und Amadeus.

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 on 15 October 2004 the telescope was inaugurated. "First Light" with one main mirror was achieved a year later on 12 October 2005. One cornerstone during the work at LBT in the last two years was the successful commissioning of LUCIFER, the near-infrared imager and spectrograph, which is a German construction and was completed in December 2009. One highlight in science was the optical identification of the most high-mass galaxy cluster in the early universe. Also in Arizona, at Washington Camp, some 100km south-east of Tucson the AIP operates the two automatized photometric telescopes Wolfgang and Amadeus in a collaboration with the University of Vienna.



Three-colour image of NGC2770 spiral galaxy in the z-SLOAN, Y-FAN+V-BESSEL and U-BESSEL filters. This is one of the first images to be taken in the "binocular" mode by the LBC Team during the commissioning of the Red Channel.



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. Außerdem bietet das Institut verschiedene Ausbildungsplätze in den Werkstätten und Labors sowie in der Verwaltung an. In den Jahren 2008 und 2009 haben 13 Diplomanden und 17 Doktoranden ihre Arbeiten am AIP fertig gestellt, und vier Auszubildende haben einen Teil ihrer Ausbildung am AIP absolviert. Die Doktorandenausbildung wird von Prof. Dr. Lutz Wisotzki geleitet.

Das AIP bietet auch Schülerinnen und Schülern, die im Rahmen ihrer Schulausbildung ein mehrwöchiges Betriebspraktikum absolvieren möchten, ein breites Spektrum an Praktikumsplätzen an. Ca. 15 Praktikanten jährlich sammeln erste Eindrücke und Erfahrungen in der astrophysikalischen Forschung und Forschungstechnik. Im Berichtszeitraum übernahm Dr. Volker Müller die Koordination der Schülerpraktika.

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.



In collaboration with the universities, the AIP supervises diploma and doctoral students in the course of their careers in science. The institute also offers opportunities for apprenticeships in the laboratories and in the administration. During the years 2008-2009, 13 diploma students and 17 doctoral students have completed their projects at the AIP; Four apprentices absolved part of their formation. The doctoral education programme is headed by Prof. Dr. Lutz Wisotzki.

A broad spectrum of internship placements is offered to students who apply for an internship of several weeks at AIP as part of their school education. About 15 student interns per year experience for the first time work in astrophysical research and research technology. During the time covered by this report, Dr. Volker Müller coordinated the school internship programme.

In addition to this programme, scientists from AIP frequently visit regional schools and give school lectures. Visits for groups of students from all over Germany are organized, and once every year the institute participates in the national "Girls' Day" activities as a special offer for girls to visit technical workplaces.



Schülerpraktikanten 2008/2009 *Student interns 2008/2009*

Sophie-Charlotte Bolinski (Berlin), Vincent Bremer (Berlin), Dennis Collatz (Berlin), Oliver Groeling (Berlin), Simon Haeringer (Nauen), Sebastian Hofmann (Potsdam), Tobias Hueckstaedt (Michendorf), Marcel Kneppel (Nauen), Konrad Lübeck (Wilhelmshorst), Felix Mackebrandt (Brandenburg), Marvin Petzold (Potsdam), Pedro Angel Villalba Pizarro (Malaga), Phil Reckermann (Falkensee), Alexander Schattenberg (Potsdam), Markus Schleuter (Malaga), Nicolay Schmitt (Mainz), Timo Schimmelbauer (Malaga), Daniel Simanowitsch (Potsdam), Christopher Wilms (Kleinmachnow)

Auszubildende 2008/2009 *Apprentices 2008/2009*

Johannes Kuhle – Feinwerkmechaniker (Ausbildung Juli 2008 abgeschlossen)
 Julian Roy – Feinwerkmechaniker (Ausbildung Januar 2009 abgeschlossen)
 Jennifer Reichert – Bürokauffrau (Ausbildung Juli 2008 abgeschlossen)
 Michael Grützmann – IT-System-Elektroniker
 Stefanie Berndt – Bürokauffrau
 Patrick Leugner – Feinwerkmechaniker
 Stefan Rodegast – Feinwerkmechaniker

Fertig gestellte Diplomarbeiten *Completed Diploma Projects 2008/2009*

2008

Fügner, Daniel: Optimal field selection for ICE-T – Strassmeier
 Fuhrmann, Christian: CCD simulations for ICE-T – Strassmeier
 Guadarrama, Rodrigo: Der Einfluss des stellaren Massenverlustes auf die dynamische Entwicklung
 Planetarischer Nebel – Schönberner, Steffen
 Kamann, Sebastian: Adaptive optics observations of quasar hosts – Wisotzki
 Lemke, Ulrike: Development of a polarimetric mode for the PMAS instrument – Roth, Peters (HUB)
 Meißner, Mirko: Constraining the intergalactic radiation field with quasar absorption lines – Wisotzki

2009

Doumler, Timur: Magnetrohydrodynamic simulations of cosmic structure formation – Knebe
 Goltze, Nicole: Erstellung, Standardisierung und Qualitätssicherung einer Anwenderdokumentation für das Schülerteleskop
 RoboTel am Astrophysikalischen Institut Potsdam – Trundt, Schönherr
 Herenz, Christian: Statistische Eigenschaften von Lyman α -Emittlern bei hoher Rotverschiebung – Wisotzki (Bachelor)
 Meyer, Heike: Galaxy Groups in the Sloan Digital Sky Survey: Tracers of Large-Scale Structure – Müller
 Müller, Matthias: Spectroscopic identification – Schwöpe
 Pfiffel, Tilmann: High Velocity Stars: Simulations and Investigations in the RAVE/SEGUE data sets – Steinmetz
 Recuneco-Muñoz, Antonio: Zweidimensionale Spektroskopie solarer Feinstruktur in der ruhigen Chromosphäre –
 Denker, Strassmeier

Fertig gestellte Doktorarbeiten *Completed Dissertations 2008/2009*

2008

Khalatyan, Arman: The influence of nuclear activity onto the morphology of galaxies – Gottlöber
 Krumpke, Mirko: X-ray and optical properties of X-ray luminous Active Galactic Nuclei – Schwöpe
 Nickelt-Czycykowski, Iliya Peter: Aktive Regionen der Sonnenoberfläche und ihre zeitliche Variation in zweidimensionaler
 Spektro-Polarimetrie – Hofmann, Staude
 Önel, Hakan: Electron acceleration in a flare plasma via coronal circuits – Mann
 Rausche, Gernar: Ein Verfahren zur Bestimmung des Magnetfeldes in aktiven Strukturen der Sonnenkorona – Aurass, Mann
 Vogel, Justus: The spectral energy distribution of polars – Schwöpe
 Williams, Mary: The Arcturus moving group – Freeman
 Worseck, Gabor: The Transverse Proximity Effect in Quasar Spectra – Wisotzki

2009

v. Benda-Beckmann, Alexander: Galaxies and Environment from Voids to Groups – Müller
 Dall'Aglio, Aldo: Constraining the UV background with the proximity effect – Wisotzki
 Gressel, Oliver: Supernova-Driven Turbulence and Magnetic Field Amplification in Disk Galaxies – Ziegler, Rüdiger
 Järvinen, Silva: Magnetic activity on young solar analogues – Berdyugina, Korhonen, Strassmeier
 Knollmann, Steffen: Dark Matter Haloes in Scale-free Cosmologies – Knebe
 Kopf, Markus: Zeeman Doppler imaging of active late-type stars from Stokes IQUV – Strassmeier
 Piontek, Franziska: The formation of disk galaxies: a systematic study – Steinmetz
 Riebe, Kristin: Subhalos and Their Tidal Debris in Cosmological Simulations – Knebe
 Verdoni, Angelo: High-Resolution Solar Observations from First Principles to Applications – Denker

Presse- und Öffentlichkeitsarbeit

Public Outreach

Wer während einer sternklaren Nacht einmal seinen Blick an den Himmel richtet, wird augenblicklich von der Faszination des Universums ergriffen. Die Geheimnisse des Kosmos und seine mit dem menschlichen Auge nicht sichtbaren Phänomene erforschen die Astrophysiker des AIP. Die Presse- und Öffentlichkeitsarbeit am AIP möchte die Allgemeinheit teilhaben lassen an der Faszination, die diese Forschung antreibt.

Im Internationalen Jahr der Astronomie 2009 war es ein besonderes Ziel, vielen Menschen einen Blick durch ein Teleskop zu ermöglichen und sie verstärkt für die Astronomie zu interessieren. Die Vorbereitungen für das Astronomiejahr 2009 am AIP begannen bereits Ende 2007. Seither betreut das AIP die deutschen Webseiten www.astronomie2009.de, wirkte bei der Leitung der deutschen Koordinationsstelle mit, war Pressestelle für das Themenjahr und regionaler Ansprechpartner für die Aktivitäten in der Region Berlin-Brandenburg, zu denen im Jahr 2009 mehrere Netzwerktreffen am AIP stattfanden.

Am AIP wurden die gesteckten Ziele des Astronomiejahres erreicht. Eine große Begeisterung für die Astronomie

Taking a quick glance at the sky during a starlit night, one is touched by fascination with the Universe. Astrophysicists at the AIP study the secrets of the cosmos, and AIP's Public Outreach wants the public to participate in the fascination which moves the science forward.

During the International Year of Astronomy 2009 it was a special aim to allow people a first glance through a tele-



scope and to inspire them with astronomy. The arrangements for the International Year of Astronomy 2009 started at the AIP in the end of 2007. Since that time the AIP hosted the German website www.astronomie2009.de, was involved in managing the German office of coordinati-

*The PR Team 2008 /2009:
Rainer Arlt (Webmaster and photographer), Oliver Gressel (04-06 2008), Madleen Köppen, Mirko Krumpe (01-03 2008), Gabriele Schönherr (head)*





war bei den unzähligen Besuchern während der zahlreichen Veranstaltungen, in Journalistengesprächen, auf vielen Ausstellungen und bei unterschiedlichen Schulkontakten zu spüren. In 43 Pressemitteilungen und 98 Pressenotizen wurden in den Jahren 2008 und 2009 die wissenschaftliche Forschungsarbeit und die Veranstaltungsankündigungen des AIP an die Medien und die Öffentlichkeit verbreitet. Während des Jahres der Astronomie 2009 entstand auch eine Kooperation mit den Potsdamer Neuesten Nachrichten, in deren Rahmen Potsdamer Astrophysiker regelmäßig zu ihrem „liebsten Himmelsobjekt“ berichteten. Auch in überregionalen Medien wie „Frankfurter Allgemeine Zeitung“, „Spiegel“, „DIE ZEIT“, „Sterne und Weltraum“, „GEO“ und „Welt“ wurde über die Forschungsarbeit am AIP berichtet. Für Radio und TV (NTV, ZDF, Arte, RBB) vermittelte das AIP Interviewpartner und betreute Dreharbeiten. Anlässlich des Jahres der Astronomie und der starken Beteiligung des AIP an dem Themenjahr stand das vierte Journal der Leibniz-Gemeinschaft von 2008 ganz im Thema der Astronomie. Außerdem verfasste die Leibniz-Gemeinschaft 2009 einen Zwischenruf zum Thema „Verlust der Nacht“ (Heft 2/2009).

Die regionale Vernetzung innerhalb der Potsdamer Wissenschaft über den Verein ProWissen und die Vernetzung des AIP mit weiteren wissenschaftlichen Einrichtungen der Leibniz-Gemeinschaft über die Arbeitskreistreffen PR konnten in den Jahren 2008 und 2009 noch erweitert werden.

Während verschiedener Veranstaltungen bot das AIP seinen Gästen die Möglichkeit, die Forschungsarbeit und das historische Gelände kennen zu lernen. So verzeichneten die monatlichen Sternennächte, die historischen Führungen, die Lange Nacht der Wissenschaften und die Lange Nacht der Sterne einige Besucherrekorde. Großer Refraktor und Einsteinturm waren wieder besondere Besuchermagnete. Aber auch unterwegs in Schulen und Universitäten wurden mit Vorträgen, Experimenten, Aus-

on, was the press office for the International Year of Astronomy 2009 and was the regional contact for all activities in Berlin-Brandenburg during that year, which contained several network meetings at the AIP.

The AIP achieved their aims for the International Year of Astronomy. A great enthusiasm for astronomy was expressed by innumerable visitors at the many events and exhibitions, and during interactions with schools. The science and events at the AIP were published in the media in 43 press releases and 98 press notes. A collaboration with the PNN, a Potsdam local newspaper, was set up during the Year of Astronomy 2009. Scientists from Potsdam's astrophysical institutions reported periodically about their favourite object in sky. Also national newspapers such as "Frankfurter Allgemeine Zeitung", "Spiegel", "DIE ZEIT", "Sterne und Weltraum", "GEO" and "Welt" carried articles on AIP research projects. Also several radio and TV interviews were given from AIP scientists (NTV, ZDF, Arte, RBB). The Year of Astronomy and the great attendance at the AIP during this special year was the key issue of the fourth "Journal der Leibniz-Gemeinschaft" from 2008. A special "Zwischenruf der Leibniz-Gemeinschaft" (2/2009) to "Verlust der Nacht"





stellungen und Kurzprojekten die vielfältigen Wege in die Astrophysik aufgezeigt. So waren beispielsweise die Teilnahme am SchülerCampus 2008 an der Universität Potsdam und 2009 an der Viadrina Frankfurt/Oder oder auch die Kinderuniversität in Potsdam besondere Momente auch für die AIP Wissenschaftler.

Verschiedene VIPs besuchten in den Jahren 2008 und 2009 den Forschungscampus Babelsberg und das historische Gelände des AIP auf dem Telegrafenberg: eine taiwanische Wissenschaftsdelegation mit Lou-Chuang Lee, der Prinz von Wales, Prinz Charles, Brandenburgs Ministerin für Wissenschaft, Forschung und Kultur, Prof. Dr. Johanna Wanka, und der Potsdamer Oberbürgermeister Jann Jakobs.

**Deutschland
Land der Ideen**



Ausgewählter Ort 2009

<http://www.aip.de/pr/presse.html>

was also printed during the International Year of Astronomy 2009.

In 2008 and 2009 the AIP PR amplified the regional networking with the science in Potsdam at ProWissen and with further Leibniz institutes at the Leibniz-work group for Public Outreach.

Many visitors had the opportunity during several events in 2008 and 2009 to get in touch with AIP science and with the history of the Institute and its locations. There were several record attendances during the monthly starry nights, the historical guided tours, the long night of science and the long night of the stars. Also the Great Refractor and the Einstein Tower attracted a large number of visitors. Outside the Institute, in schools and universities, the different ways to explore astrophysics was shown with talks, experiments, exhibitions and small projects. Students could imagine what it means to be an astrophysicist during the "SchülerCampus" 2008 at Potsdam University, 2009 at the Viadrina in Frankfurt/Oder and during the "Kinderuniversität" in Potsdam.



Several important guests visited the AIP in 2008 and 2009 at Potsdam-Babelsberg and at the Telegrafenberg: Lou-Chuang Lee from Taiwan, the Prince of Wales Prince Charles, Brandenburg's Minister for Science, Research and Culture, Prof. Dr. Johanna Wanka and Lord Mayor of Potsdam, Jann Jakobs.

Das Internationale Jahr der Astronomie 2009

The International Year of Astronomy 2009

Als vor knapp 400 Jahren der italienische Astronom Galilei erstmals das Fernrohr an den Himmel richtete, veränderte dies unser Bild vom Himmel von Grund auf. Teleskope verhalfen den Menschen in den letzten 400 Jahren zu einem ungeahnten Blick in ferne und aufregende Bereiche des Weltalls. Heute können wir fast bis zum Urknall Milliarden Jahre in die Vergangenheit zurückschauen. Ebenfalls im Jahre 1609 veröffentlichte Johannes Kepler seine „Astronomia nova“, ein bahnbrechendes Werk über unser Sonnensystem. Kepler gelang als erstem eine physikalisch korrekte Beschreibung der Planetenbahnen.

In Erinnerung an diesen großen Fortschritt und an die Bedeutung der Astronomie für die Kultur der gesamten Menschheit hat die Vollversammlung der Vereinten Nationen am 20.12.2007 das Jahr 2009 offiziell zum „International Year of Astronomy“ erklärt. Initiiert wurde das Jahr von der „International Astronomical Union“ (IAU) und der UNESCO. Bis Ende 2009 sind 148 Staaten weltweit dem Aufruf gefolgt und haben Aktivitäten zum Astronomiejahr gestartet, mit dem Motto:

„Das Weltall. Du lebst darin – Entdecke es!“



Four hundred years ago in 1609 Galileo Galilei for the first time pointed a telescope upwards, towards the heavens, profoundly changing our view of the cosmos. Telescopes have permitted us views into distant and exciting areas of the universe, views unfathomable in Galileo's day. Today, we use telescopes to look back in time billions of years, back almost to the beginning of time - the Big Bang. In the same year Galileo first used the telescope, Johannes Kepler published his „Astronomia Nova“, an epoch-making book about the Solar System. Kepler was first to correctly describe the motion of the planets on their orbits around the Sun.

In honour of these milestones and the great progress and importance of astronomy for the culture of humanity, the general assembly of the United Nations on the 20th of

December 2007 declared the year 2009 officially to be the „International Year of Astronomy“. The year was instigated by the International Astronomical Union (IAU) and UNESCO. By the end of 2009, 148 countries worldwide had joined this call and started activities within the astronomical year which has the motto:

“The Universe – Yours to discover!”



Deutschland eröffnete das internationale Themenjahr am 20. Januar 2009 mit einer Pressekonferenz und einer feierlichen Abendveranstaltung mit geladenen Gästen aus Wissenschaft, Politik, Gesellschaft und Wirtschaft im Museum für Kommunikation in Berlin. Das AIP koordinierte dieses vom BMBF geförderte zentrale Event mit 20 wissenschaftlichen Partnern im Auftrag des Rats Deutscher Sternwarten. Die Veranstaltung war mit einem Innovationsforum der ESO sowie mit einer sich anschließenden mehrwöchigen öffentlichen Gast-Ausstellung im Museum für Kommunikation zu Großteleskopen, einer internationalen astronomischen Fotoausstellung (TWAN) und einem speziellen regionalen Schülertag gekoppelt.

Germany launched the year on the 20th of January 2009 with a press conference and an evening event with 400 invited guests from the scientific community, politics, society and industry in the Museum for Communication in Berlin. With the mandate of the German Observatory Council, the AIP was responsible for the coordination of this central, BMBF-funded event, in conjunction with 20 scientific partners. The event was coupled with the "ESO innovation forum", a several week-long public exhibition about large telescopes in the Museum for Communication, an international photography exhibition (TWAN) and a dedicated day for regional schools.

Für das gesamte Jahr wurden bundesweit vier Schwerpunkte gesetzt:

Der Blick zum Himmel
Astronomie und Kultur
Weltbilder der Astronomie
Astronomie und Schule



*Looking at the sky
Astronomy and Culture
World views of Astronomy
Astronomy and Schools*

Erstes Highlight waren die weltweiten „100 Stunden Astronomie“ vom 2. bis 5. April, mit dem von der Vereinigung der Sternfreunde ausgerufenen deutschlandweiten „Astronomietag“ am 4. April. Das AIP richtete vom 4. bis 5. April die „Lange Nacht der Sterne“ aus, die mit 1.400 Besuchern einen Besucherrekord erreichte. Gleichzeitig durfte das Institut sich über die Auszeichnung als „Ort 2009“ für seinen „Kosmischen Weitblick“ im Rahmen der Initiative „Deutschland – Land der Ideen“ freuen.

A first highlight was set within the global "100 hours of astronomy" from April 2-5, when the German amateur astronomers' club "Vereinigung der Sternfreunde" called for a national "Day of Astronomy" on April 4th. The AIP scheduled its "Long Night of the Stars" for this date and reached a personal record of 1400 visitors. On the same day the institute was awarded the commendation "Location 2009" for its "Views far into the cosmos" in the framework of the initiative "Germany – Land of ideas".

Weitere Highlights des Astronomiejahres für das AIP waren: die Ausstellungswoche historischer Sternwarten an sieben Orten. Im Juni, die Tagung der Astronomischen Gesellschaft „Das Weltall mit Spektroskopie entschlüsseln“ im September in Potsdam sowie das Potsdamer „Crossover-Konzert: Einmal Urknall und zurück“ als Gemeinschaftsprojekt mit dem Max-Planck-Institut für

Further highlights in the year of astronomy for the AIP were: an exhibition week in June at seven German historic observatories, including the AIP itself, in September the conference of the Astronomical Society "Deciphering the Universe with Spectroscopy" in Potsdam, in December the Potsdam "Crossover Concert: Once to the Big Bang and Back", a joint project with the Max-Planck Institute for Gra-

„09.12.2009. Mehr als 2 Millionen Besucher und 40.000 Veranstaltungen – Deutschland feierte das Internationale Jahr der Astronomie 2009

Die Begeisterung für Astronomie kennt keine Grenzen! Das ist das Resümee, das die Organisatoren der deutschen Aktivitäten zum Internationalen Jahr der Astronomie 2009 (IYA 2009) auf ihrer Abschlusspressekonferenz im Gasometer Oberhausen nach bundesweiten Aktivitäten der letzten 12 Monate ziehen. Amateurastronomen, Wissenschaftler und Lehrer haben gemeinsam in mehr als 2.000 Veranstaltungen im ganzen Land die Himmelskunde den Bürgern nahe gebracht. Besonders engagierten sich die Hobbyastronomen, die ihre Fernrohre an zahlreichen öffentlichen Plätzen aufbauten und so zehntausenden interessierten Bürgern einen Blick an den Sternhimmel durch ein Fernrohr ermöglichten. [...]“ (PM)



Gravitationsphysik (AEI), der Universität Potsdam, der Modeschule ESMOD und dem Nikolaisaal Potsdam als Partner und Gastgeber im Dezember.

Gravitational Physics (AEI), the University of Potsdam, Berlin's fashion college ESMOD and the Nikolaisaal Potsdam as both partner and host

Einige im Astronomiejahr entstandene Projekte werden über 2009 hinaus fortgesetzt. Auch bei der nächsten Tagung der Astronomischen Gesellschaft im September 2010 in Bonn soll das Thema „Wie geht es weiter nach dem Internationalen Jahr der Astronomie 2009?“ eine Rolle spielen. Auf dem neuen, von mehreren astronomischen Dachorganisationen getragenen Internet-Portal **www.astronomie-in-deutschland.de** werden die Seiten des Astronomiejahres archiviert sowie auch zukünftige astronomische Initiativen aus Forschung & Wissenschaft und der Amateurastronomie in einem gemeinschaftlichen Auftritt zu finden sein.

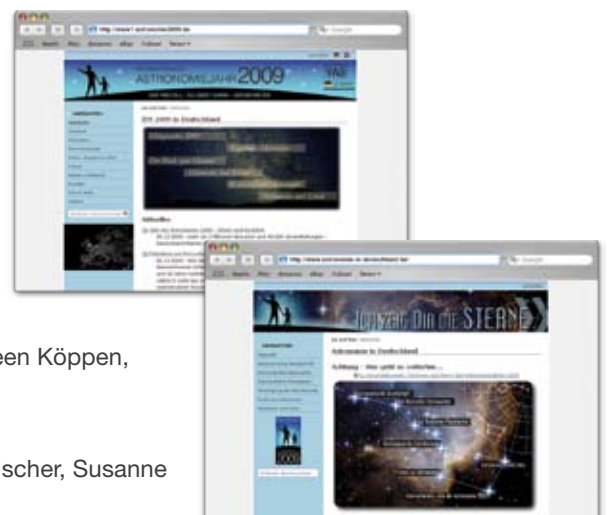
Some projects that originated in the Year of Astronomy will be continued beyond 2009. The next meeting of the Astronomical Society will also discuss the topic "How to proceed after the International Year of Astronomy 2009?" The websites of the Year of Astronomy in Germany are archived on the new web portal www.astronomie-in-deutschland.de, where also future joint initiatives in Science & Research as well as Amateur Astronomy can be found on a common forum.

German National Committee for the International Year of Astronomy:

Contact: Michael Geffert, Univ. Bonn & Gabriele Schönherr, AIP
 Press contact: Madleen Köppen, AIP
 Webmaster: Rainer Arlt, AIP

www.astronomie2009.de editorial: Rainer Arlt, Nicole Goltze, Madleen Köppen, Andre Saar, Gabriele Schönherr, Alena Zwanzig

www.astronomie-in-deutschland.de: Gabriele Schönherr, Daniel Fischer, Susanne Hüttemeister, Madleen Köppen, Andre Saar, Rainer Arlt



Tagung der Astronomischen Gesellschaft in Potsdam

Das AIP und die Universität Potsdam waren Ausrichter der Herbsttagung der Astronomischen Gesellschaft vom 21. bis 25. September 2009, mit dem Titel „Das Universum durch Spektroskopie entschlüsseln“. Mit dem Thema Spektroskopie, das in Potsdam eine mehr als 100-jährige Tradition hat (so wurde u.a. das interstellare Medium durch J. Hartmann 1904 mit dem Potsdamer Großen Refraktor entdeckt), mit 360 Teilnehmern und insgesamt 188 Vorträgen sowohl im Plenum als auch in den neun Splintertreffen, war es eine dem Internationalen Jahr der Astronomie würdige Veranstaltung – bei herrlichem Wetter und nahezu perfekter Logistik auf dem Campus Griebnitzsee.

Die „Karl-Schwarzschild-Medaille“, eine besondere Ehre der Astronomischen Gesellschaft (AG) an Astronominen und Astronomen von hohem wissenschaftlichen Rang, erhielt Rolf Kudritzki, ein gebürtiger Berliner und jetzt Direktor des Instituts für Astronomie der Universität Hawaii, für seine bahnbrechenden, spektroskopischen Studien der leuchtkräftigsten Sterne in anderen Galaxien. Den „Ludwig-Biermann-Förderpreis“ für hervorragende jüngere Wissenschaftler teilten sich Anna Frebel

Meeting of the German Astronomical Society in Potsdam

The AIP and the University of Potsdam hosted the Fall Meeting of the Astronomical Society over September 21-25, 2009 with the title “Deciphering the Universe through Spectroscopy”. Spectroscopy is a more than 100 year old tradition in Potsdam (e.g., J. Hartmann discovered the interstellar medium in 1904 with the Potsdam Great Refractor). With this topic, 360 participants and a total of 188 talks in the plenary and splinter sessions the conference was a worthy event within the International Year of Astronomy – also counting the great weather and nearly perfect logistics at the Griebnitzsee University Campus.

During the meeting Rolf Kudritzki, born in Berlin and currently director of the University of Hawaii, received the “Karl-Schwarzschild medal”, a special award for astronomers of high scientific reputation by the Astronomical Society for his revolutionary spectroscopic studies of the most luminous stars in other galaxies. Anna Frebel (Cambridge, MA) and Sonja Schuh (Göttingen) shared the “Ludwig-Biermann Award” for excellent young researchers. The meeting included 6 invited international overview presentations and 14 highlight presentations by young German researchers. Harald Lesch (München, zdf Science mode-


82nd annual meeting of the astronomische gesellschaft



DECIPHERING THE UNIVERSE THROUGH SPECTROSCOPY

september 21–25 2009 potsdam

SOC steinmetz strassmeier (chairs) büchner burkert dettmar
grebel hensler reimers richter

kontakt regina von berlepsch 0331 · 7499 348 www.aip.de/AG2009



Fig. 1: Ralf-Jürgen Dettmar, president of the AG, congratulates Rolf Kudritzki on receiving the „Karl-Schwarzschild medal“.



Fig. 2: Talk in the lecture hall at Griebnitzsee campus.

(Cambridge) und Sonja Schuh (Göttingen). Daneben gab es sechs eingeladene, internationale Übersichts-vorträge und 14 Highlight-Vorträge von jüngeren deutschen Wissenschaftlern. Den „Bruno-H.-Bürgel“-Preis für öffentlichkeitswirksame Darstellung der Astronomie bekam Harald Lesch (München, zdf-Wissenschaftsmoderator). Zusätzlich trafen sich auch die Arbeitskreise zur Astronomiegeschichte und Astronomiedidaktik. Eröffnet wurde die Tagung vom Potsdamer Oberbürgermeister Jann Jakobs während eines Empfangs auf dem Telegrafenberg. Ein Konferenz-Dinner im Restaurant Prinz Eisenherz auf dem Gelände des Studio Babelsberg war mit Akrobatik und Zauberei gewürzt und fand regen Anklang. Diese Tagung war nach 1921 und 1994 die dritte AG-Tagung, die in Potsdam stattfand.

ator) received the “Bruno-H.-Bürgel Award” for communication of astronomy to the public. In addition the working groups for the History of Astronomy and Astronomy Didactics met. The conference was opened by Potsdam’s mayor Jann Jakobs during a reception at the Telegrafenberg historic site. A conference dinner in a restaurant near the Babelsberg Film Studio, accompanied by acrobatics and magicians, was well received by the participants. This meeting was the third meeting of the Astronomical Society in Potsdam, with the previous meetings being in 1921 and 1994.



Fig. 3: The Local Organizing Committee (Chair: Hans Zinnecker) after their successful work.

2008

Februar



150 Studenten der FU Berlin zu Besuch auf dem Telegrafenberg

März



SchülerCampus an der Universität Potsdam

April



Girls' Day am AIP mit Ministerin Ziegler

Mai



NEON 3D Spectra School

Juni



Ausstellung im Landtag in Potsdam



Lange Nacht der Wissenschaften



September



Lange Nacht der Sterne

Oktober



Grundsteinlegung für den Neubau

November



IAU Symposium 259 „Cosmic Magnetic Fields“ in Teneriffa

Dezember



Verleihung des Johann-Wempe-Preises an Prof. K. C. Freeman

2009

Januar



Eröffnung des Astronomiejahres 2009 in Deutschland

März



SchülerCampus in Frankfurt/Oder

April



Auszeichnung zum Ort im Land der Ideen



Lange Nacht der Sterne am AIP

Mai



Girls' Day am AIP



Prinz Charles zu Besuch am Einsteinurm



„Europa erfahren“-Radtour, Europawoche Brandenburg



Thinkshop am AIP

August



Verleihung des Johann-Wempe-Preises an Dr. Matthias Rempel



Lange Nacht der Wissenschaften

Juli



Potsdamer Wissenschaftsmarkt



Richtfest für den Neubau mit Ministerin Prof. Wanka und Minister Speer

September



AG Tagung in Potsdam

Dezember



Kick-off von ASPIC in Sydney



„Einmal Urknall und Zurück“ im Nikolaisaal Potsdam



Taiwanesisches Delegation am AIP



Astrophysikalisches
Institut Potsdam
9. Oktober 2008



AIP im Überblick

AIP at a glance



Das Astrophysikalische Institut Potsdam (AIP) im Überblick

The AIP at a glance

Das Astrophysikalische Institut Potsdam ist errichtet als Stiftung privaten Rechts des Landes Brandenburg und Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft. Das AIP wird vom Land Brandenburg, der Ländergemeinschaft und vom Bund institutionell gefördert.

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.

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 (WB)

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

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

Managing Board

The Managing Board executes all business of the foundation. It prepares sessions of the Board of Trustees and administers its decisions. The Managing Board accomplishes all tasks which are not explicitly assigned to different supervisory bodies.

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 of the Managing Board.

Scientific Advisory Board (SAC)

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

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 and access of scientific results to the public, and in particular to finance the Johann-Wempe Award.

Personal und Finanzierung (Stichtag: 31.12.2009)

Personnel and Finances (Record date: 31 December 2009)

Grundfinanzierung <i>Basic funding</i>	50 % Länder, 50 % Bund 8,7 Millionen Euro
Drittmittel <i>Grant support</i>	4,3 Millionen Euro
Mitarbeiter gesamt <i>Employees in total</i>	146
davon Wissenschaftler	102

Kuratorium

Board of Trustees

Konstanze Pistor

(Vorsitzende / *Chair*)

Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kultur
des Landes Brandenburg

MinR Dr. Jan Grapentin

(Stellvertretender Vorsitzender / *Vice-chair*)

Bundesministerium für Bildung und Forschung

Prof. Dr. Sabine Kunst

(Präsidentin der Universität Potsdam / *President of the
Potsdam University*)

Prof. Dr. Ralf-Jürgen Dettmar

(Vorsitzender des wiss. Beirats / *Chair of the Scientific
Advisory Board*)

Ruhr-Universität Bochum

Prof. Dr. Günther Hasinger

Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Garching

Prof. Dr. Robert C. Kennicutt

Institute of Astronomy, Cambridge University, UK

Prof. Dr. Oskar von der Lühse

Kiepenheuer-Institut für Sonnenphysik, Freiburg

Prof. Dr. Hans-Walter Rix

Max-Planck-Institut für Astronomie Heidelberg

Prof. Dr. Steve Vogt

University of California Observatories / Lick Observa-
tory, University of California, USA

Johann-Wempe-Stiftung

The Johann-Wempe Foundation

Preisträger 2008 / *Laureate 2008:*

Prof. Dr. Dr. h.c. Kenneth C. Freeman (Australien)

Preisträger 2009 / *Laureate 2009:*

Dr. Matthias Rempel (Colorado, USA)

Vorstand

Executive Board

Prof. Dr. Matthias Steinmetz

Peter A. Stolz

Wissenschaftlicher Beirat (WB)

Scientific Advisory Board (SAC)

Prof. Dr. Ralf-Jürgen Dettmar

(Vorsitzender / *Chair*)

Ruhr-Universität Bochum

Prof. Dr. Peter Schneider

(Stellv. Vorsitzender / *Vice-Chair*)

Argelander-Institut für Astronomie, Bonn

Prof. Dr. Matthew Colless

Anglo-Australian Observatory Sydney, Australien

Dr. Andrea Dupree

Center for Astrophysics, Harvard University, USA

Betriebsrat

Works Council

Dr. Jan Peter Mückel (Vorsitzender / *Chair*)

Katrin Götz (Stellvertr. Vorsitzende / *Vice-chair*)

Regina v. Berlepsch

Wilbert Bittner

Dr. Karl-Heinz Böning

Dr. Detlef Elstner

Dennis Nagel

Gleichstellungsbeauftragte

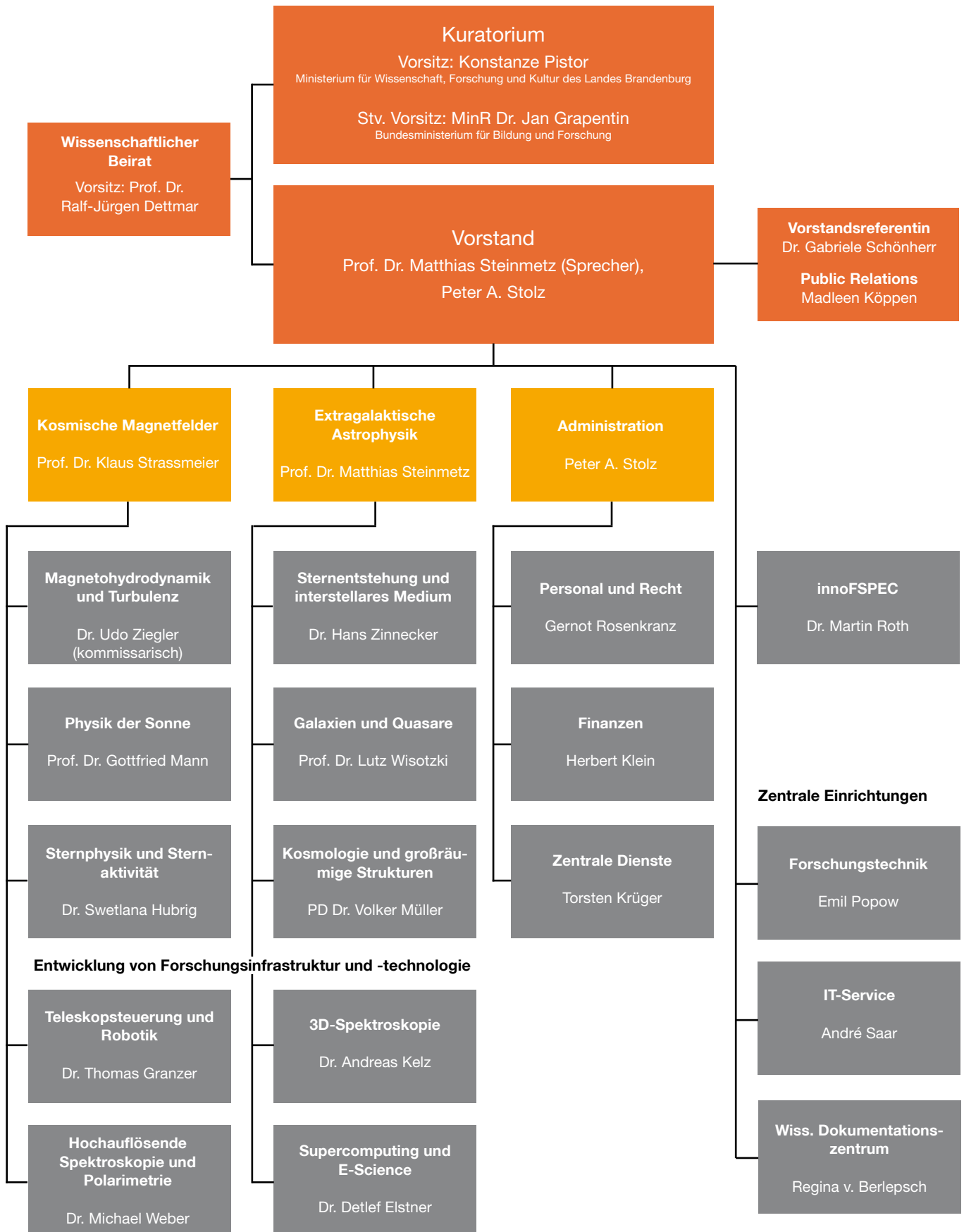
Equal Opportunity Commissioner

Petra Böhm

Swetlana Hubrig (Stellvertreterin / *Alternate*)

Organigramm

Organizational chart



Geschichtstafel

History

1700	Einführung des „Verbesserten Kalenders“ in den protestantischen Staaten Deutschlands	<i>Introduction of the so-called “Improved Calendar” in the Protestant states of Germany</i>
1700-05-10	Erlass des Kalenderpatents für die zu gründende Berliner Sternwarte	<i>Enactment of the calendar patent for the Berlin Observatory</i>
1700-05-18	Berufung Gottfried Kirchs zum Direktor der Sternwarte	<i>Appointment of G. Kirch as director of the observatory</i>
1700-07-11	Gründung der Brandenburgischen Societät	<i>Foundation of the Brandenburg Society</i>
1711	Erstes Sternwartengebäude in Berlin	<i>First observatory in Berlin</i>
1832/35	Neue Berliner Sternwarte, Architekt Karl Friedrich Schinkel	<i>New observatory, architect K.F. Schinkel</i>
1846	Entdeckung des Planeten Neptun durch Johann Gottfried Galle	<i>Discovery of the planet Neptune by J.G. Galle</i>
1874	Gründung des Astronomischen Rechen-Instituts	<i>Foundation of the “Astronomisches Rechen-Institut”</i>
1874	Gründung des Astrophysikalischen Observatoriums Potsdam (AOP)	<i>Foundation of the Astrophysical Observatory Potsdam (AOP)</i>
1881	Erster Michelson-Versuch in Potsdam	<i>First Michelson experiment in Potsdam</i>
1886	Entdeckung der Kanalstrahlen durch Eugen Goldstein	<i>Discovery of canal rays by E. Goldstein</i>
1888	Nachweis der Polhöhenchwankung durch Karl Friedrich Küstner	<i>Discovery of the variation of the Earth's pole altitude by K.F. Küstner</i>
1888	Erste fotografische Radialgeschwindigkeitsmessung durch Heinrich Carl Vogel	<i>First photographic determination of a radial velocity by H.C. Vogel</i>
1896	Versuche zum Nachweis der Radiostrahlung der Sonne durch Johannes Wilsing und Julius Scheiner am AOP	<i>Experiments to find radio emission from the Sun by J. Wilsing and J. Scheiner</i>
1899	Fertigstellung des Potsdamer Großen Refraktors	<i>Completion of the Great Refractor at Potsdam</i>
1904	Entdeckung der interstellaren Materie durch Johannes Hartmann	<i>Discovery of the interstellar matter by Johannes Hartmann</i>
1909	Berufung von Karl Schwarzschild zum Direktor des AOP	<i>Appointment of K. Schwarzschild as director of the AOP</i>
1911/13	Bau der Sternwarte in Babelsberg	<i>Building of the observatory in Babelsberg</i>
1913	Einführung der lichtelektrischen Photometrie durch Paul Guthnick in Babelsberg	<i>First use of photoelectric photometry by P. Guthnick in Babelsberg</i>
1915	Fertigstellung des Babelsberger Großen Refraktors	<i>Completion of the Great Refractor in Babelsberg</i>
1921/24	Bau des Einsteinturmes auf dem Telegrafenberg	<i>Construction of the Einstein Tower on the Telegrafenberg</i>
1924	Fertigstellung des 120cm-Spiegels in Babelsberg	<i>Completion of the 120cm reflector in Babelsberg</i>
1931	Angliederung der Sonneberger Sternwarte an die Sternwarte Babelsberg	<i>Affiliation of the Sonneberg Observatory to the Babelsberg Observatory</i>
1947-01-01	Übernahme von AOP und Sternwarte Babelsberg durch die Deutsche Akademie der Wissenschaften	<i>Takeover of AOP and Babelsberg Observatory by the German Academy of Sciences</i>
1954	Beginn der Radiobeobachtungen in Tremisdorf	<i>Starting of radio observations in Tremisdorf</i>
1960	Fertigstellung des 2m-Spiegels in Tautenburg	<i>Completion of the 2m reflector in Tautenburg</i>
1969	Gründung des Zentralinstituts für Astrophysik	<i>Foundation of the Central Institute of Astrophysics</i>
1992-01-01	Beginn der Tätigkeit des Astrophysikalischen Instituts Potsdam (AIP)	<i>Beginning of the work of the Astrophysical Institute Potsdam (AIP)</i>
2002	Beginn der Arbeit des Potsdamer Multiapertur-Spektrophotometers	<i>First light for the Potsdam Multi-Aperture Spectrophotometer</i>
2005	„First Light“ des LBT	<i>LBT “First Light”</i>
2006	Wiedereröffnung des Großen Refraktors Einweihung von STELLA auf Teneriffa	<i>Re-inauguration of the Great Refractor Inauguration of STELLA on Tenerife</i>

Anreise

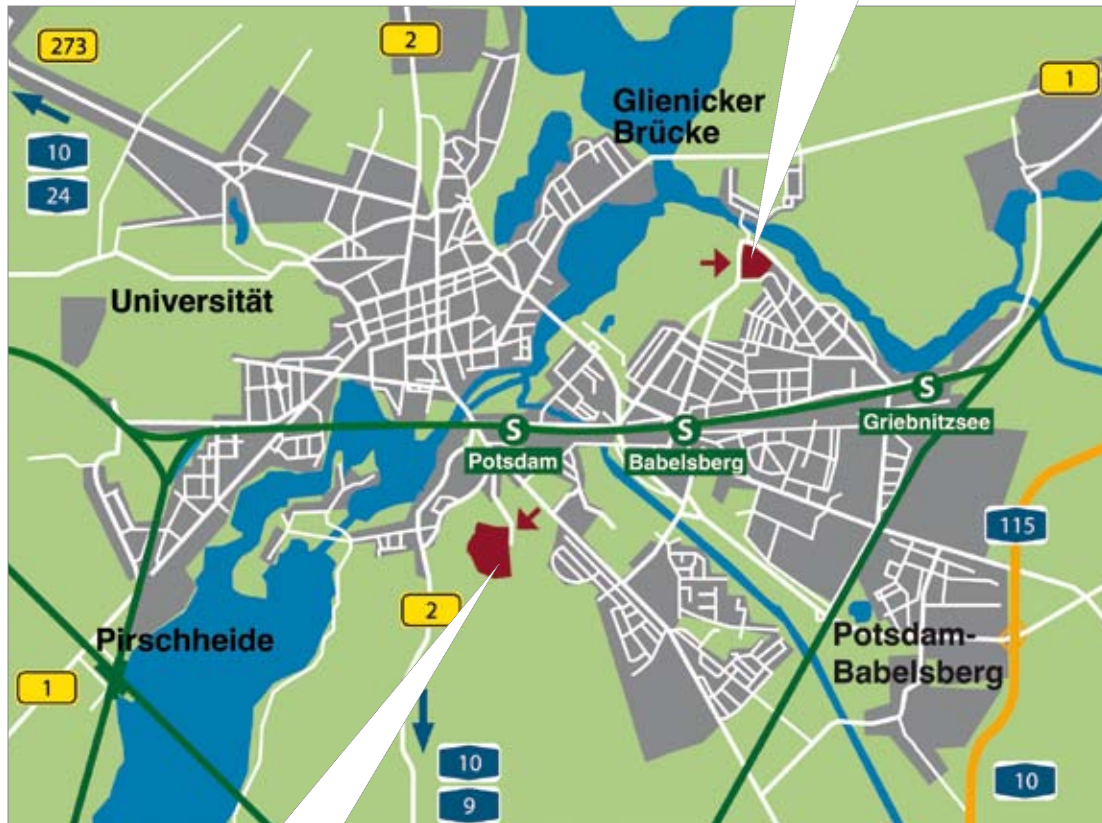
How to get there

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 (Haltestelle „Sternwarte“) zum AIP (ab Hbf oder S-Bahnhof Babelsberg Richtung „Stern Center“).

Research Campus (Observatory) Potsdam-Babelsberg:

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



Großer Refraktor und Einsteinturm, Potsdam-Telegrafenberg:

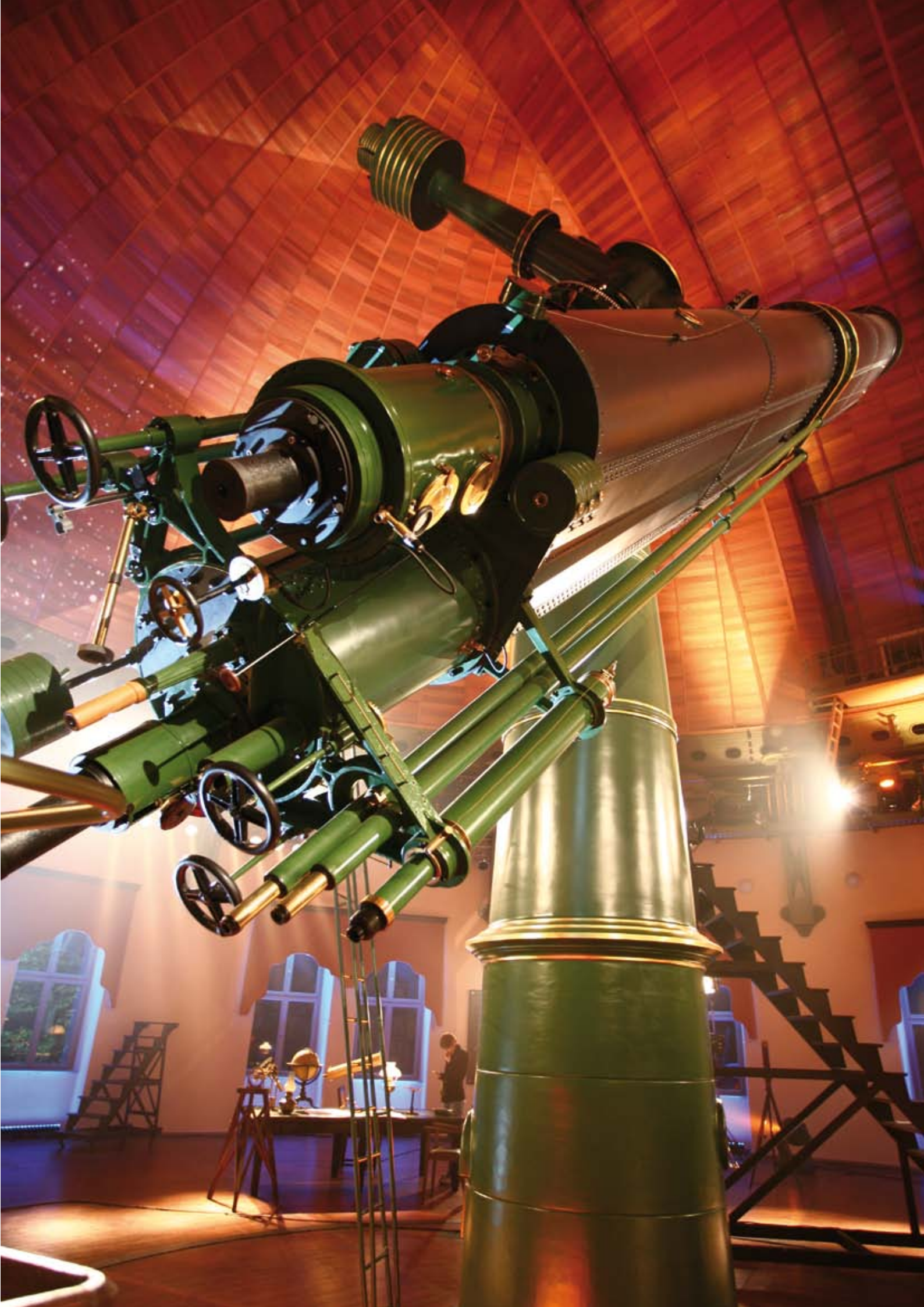
Mit dem Auto von der Nuthe-Schnellstraße den Schildern Richtung Landtag, dann „Wissenschaftspark Albert Einstein“ folgen. Nahe der Pforte an der Straße parken. Vom Potsdamer Hauptbahnhof ist das Gelände fußläufig in ca. 15 Minuten erreichbar. Es gibt keine regelmäßige Busanbindung.

Great Refractor and Einstein Tower, Potsdam-Telegrafenberg:

By car follow first the signs „Landtag“ from the „Nuthestraße“ expressway, then follow the signs to „Wissenschaftspark Albert Einstein“ (Albert Einstein Science Park). Park at the side of the street near the entrance to the campus. There is no frequent bus connection to this site, however, you can reach it by foot from Potsdam main station within 15 minutes.

Besuchen Sie uns auch im Internet.
www.aip.de

Visit us in the internet.
www.aip.de





Bildnachweis

Image Credits

p. 6: The GREGOR telescope at the Observatorio del Teide, Tenerife.

p. 10: The STELLA telescopes at the Observatorio del Teide, Tenerife, observing the sky.

pp. 12/13: GREGOR at night illuminated by LEDs for monitoring the performance of the foldable tent dome.

pp. 40/41: GHOSTS Hubble Space Telescope image of the thousands of halo stars above the main galaxy disk of NGC891 that is seen in the bottom right corner.

p. 27, Fig. 5: The STEREO satellite – Image courtesy: NASA.

pp. 68/69:

Background image: Visible Earth – Credit Data courtesy Marc Imhoff of NASA GSFC and Christopher Elvidge of NOAA NGDC. Image by Craig Mayhew and Robert Simmon, NASA GSFC – <http://visibleearth.nasa.gov>.

Telescope images: International telescope projects with AIP contributions. Image credits: ESA, Fermilab Visual Media Services, LBTC, McDonald Observatory, University of Texas, University of Arizona.

p. 102: Aerial photograph of AIP's research campus in Potsdam-Babelsberg: "Schwarzschildhaus", Library and new technology building.

p. 104: The old Babelsberg Observatory building in Potsdam-Babelsberg.

p. 110: Astronomia Nova, Johannes Kepler.

pp. 118/119: Observatory and astronomical images of the Large Binocular Telescope. Data and Image courtesy: LBTC.

p. 119, top: Large Binocular Telescope, copyright: Stefan Seip – astromeeing.de.

p. 120: An AIP balloon rises to the sky during the roofing ceremony for AIP's new technology building.

p. 134: Ground-breaking ceremony for AIP's new technology building.

p. 141: The Great Refractor at the Potsdam-Telegrafenberg historical site.

p. 142: The old Babelsberg Observatory building at night.

