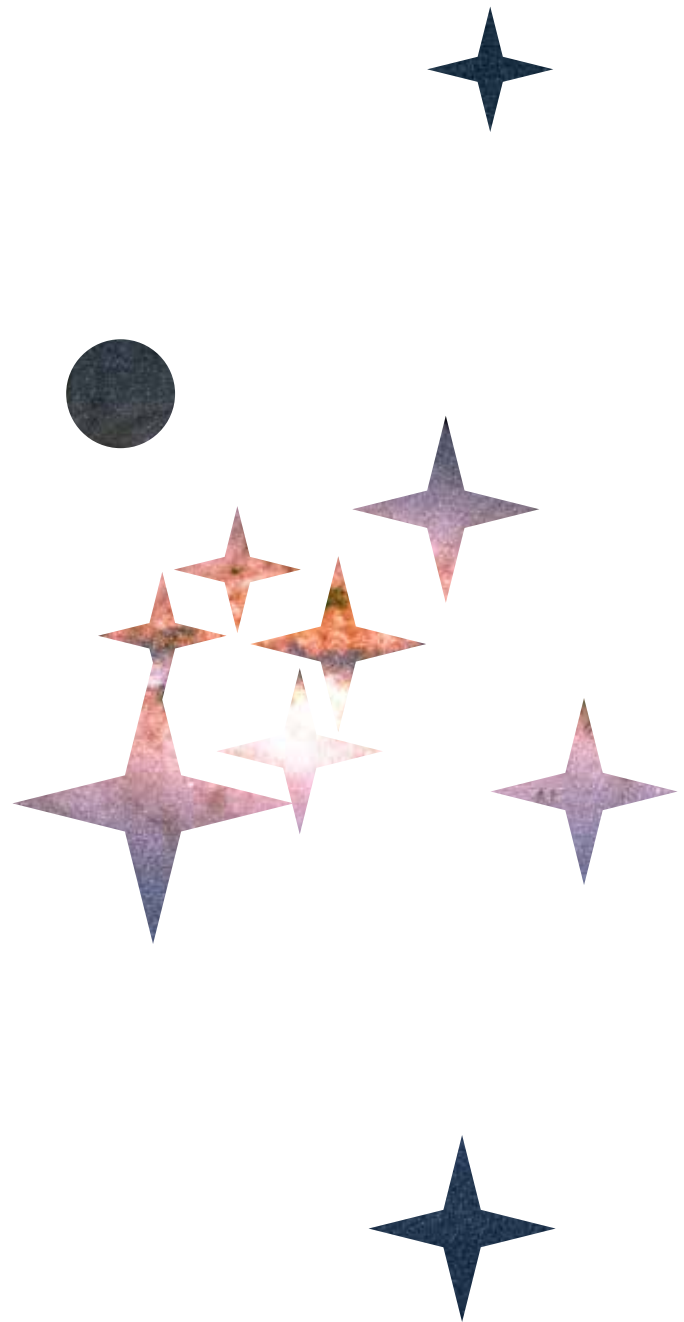




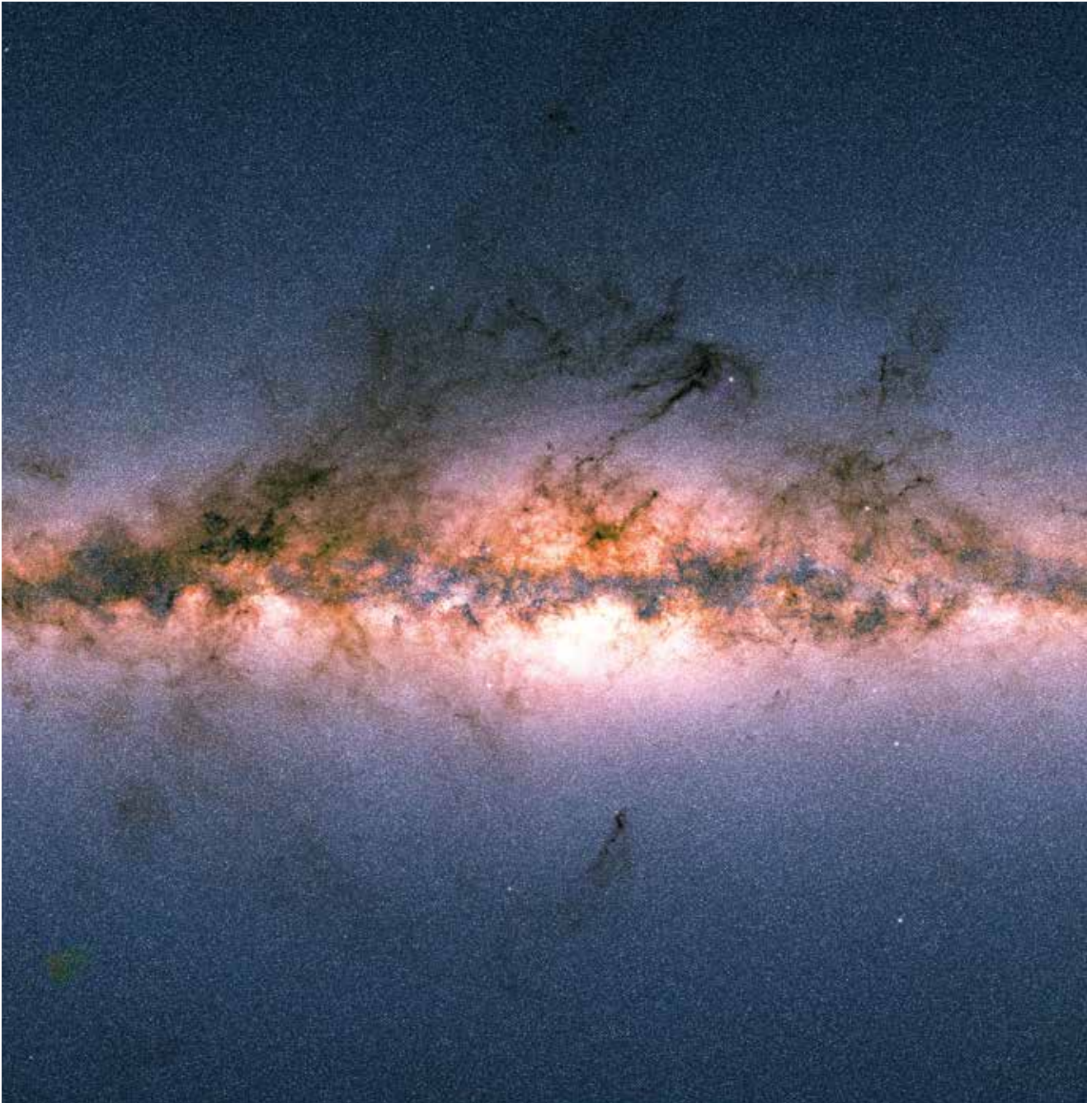
Leibniz-Institut für
Astrophysik Potsdam



BIENNIAL REPORT

2016 – 2017

Ausschnitt aus der Sternkonstellation, in der Johann Gottfried Galle am 23. September 1846 an der Berliner Sternwarte den Planeten Neptun entdeckte. Das AIP ist Nachfolgeeinrichtung der Berliner Sternwarte. Das Institutslogo zeigt die Sternkonstellation, in der die damalige Position des Neptuns durch ein Kreissymbol veranschaulicht ist. Im Jahr 2016 feierte das AIP mit einem Tag der offenen Tür das **170. Jubiläum der Neptunentdeckung**. Excerpt from the star constellation in which Johann Gottfried Galle discovered the planet Neptune at the Berlin observatory on 23 September 1846. The AIP is successor to the Berlin Observatory. The institute's logo shows the constellation of stars, within which the former position of Neptune is illustrated by a circle symbol. In 2016, AIP celebrated the 170th anniversary of the Neptune discovery with an open house.



Gaia-Aufnahme unserer Milchstraße und benachbarter Galaxien. Die Karte zeigt die Gesamthelligkeit und die Farbe der Sterne, die von dem ESA-Satelliten in jedem Teil des Himmels zwischen Juli 2014 und Mai 2016 beobachtet wurden. Das AIP ist eines von vier Datenzentren, die die Gaia-Daten der Forschergemeinde und einem breiteren Publikum über eine intuitiv erfassbare Benutzeroberfläche zur Verfügung stellen.

Gaia's all-sky view of our Milky Way and neighbouring galaxies. The map shows the total brightness and colour of stars observed by the ESA satellite in each portion of the sky between July 2014 and May 2016. AIP serves as one of four data centres that provide Gaia data to the scientific community and wider audiences and offers an intuitive interface for browsing the data.

(Credit: ESA/Gaia/DPAC)

VORWORT

PREFACE



Matthias Winker, Prof. Dr. Klaus G. Strassmeier, Prof. Dr. Matthias Steinmetz

Der Weltraum, unendliche Weiten! So beginnt eine der bekanntesten Science-Fiction-Serien. Am AIP schreiben wir zwar erst das Jahr 2018 – das Ziel, in Welten vorzudringen, die noch nie ein Mensch zuvor gesehen hat, ist aber auch Fokus unserer Forschung und den nunmehr fast 200 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern Ansporn für die tägliche Arbeit.

Für unsere Reisen in die Tiefen des Kosmos brauchen wir modernste Instrumentierung an den größten Teleskopen der Welt, neuartige Analyseverfahren mit großen Datenmengen und ausgeklügelte Simulations- und Modellierungsmethoden. Und natürlich heraus-

ragende Köpfe: Sie kommen aus aller Welt ans AIP, um im Team ambitionierte Vorhaben auf den Weg zu bringen.

Der vorliegende Zweijahresbericht stellt einige der spannendsten Projekte der Jahre 2016 und 2017 vor. Nach mehr als einem Jahrzehnt Entwicklungsarbeit hilft nun der hochauflösende Spektrograph PEPSI, auch die seltensten Elemente und Isotope in anderen Sternen aufzuspüren. Mit dem 3D-Spektrographen MUSE versuchen wir, das Leuchten des Gases um und zwischen Galaxien zu erfassen. Das AIP beteiligt sich daran, neue Satellitenobservatorien wie eRosita oder Solar Orbiter auf den Weg zu bringen. Und auch die

nächste Generation an Projekten ist bereits in Vorbereitung: Mit dem Bau des Multi-Objektspektrografen 4MOST für die Europäische Südsternwarte ESO übernimmt das AIP erstmals die Leitung eines Großprojekts dieser Organisation und ihrer europäischen Trägerstaaten. Das Forschungsprogramm von 4MOST wird weit über das nächste Jahrzehnt hinauswirken.

All dies ist nur möglich durch den unermüdlichen Einsatz unserer Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, hervorragende Partnerschaften mit anderen Forschungseinrichtungen weltweit und, last, but not least, die Unterstützung unserer Förderer aus den Ländern, des Bundes und in der EU.

Wir wünschen Ihnen eine anregende wie erbauliche Lektüre.

Space: the final frontier. This is how one of the most famous science fiction series begins. Although we are writing in the year 2018 at AIP, our goal is also to explore new worlds that no one has seen before. This is the focus of our research and spurs our almost 200 employees in their daily work.

For our journeys into the depths of the cosmos, we need state-of-the-art instrumentation on the largest telescopes in the world, novel analysis methods for large amounts of data, and sophisticated

simulation and modelling techniques. And of course outstanding minds: they come to the AIP from all over the globe to team up with their colleagues and launch ambitious projects.

The present biennial report presents some of the most exciting projects of 2016 and 2017. After more than a decade of development work, the high-resolution spectrograph PEPSI now helps detect even the rarest elements and isotopes in other stars. With the 3D spectrograph MUSE, we try to capture the glow of the gas around and between galaxies. AIP is also involved in launching new satellite observatories such as eRosita or Solar Orbiter. And the next generation of projects is in preparation: With the construction of the multi-object spectrograph 4MOST for the European Southern Observatory ESO, AIP is taking the lead for a major project of this organisation and its European member states for the first time. The 4MOST research programme will be effective well beyond the next decade!

All this is only possible thanks to the tireless dedication of our employees, outstanding partnerships with other research institutions worldwide and, last but not least, the support of our sponsors in the German states, at the German federal government level and in the EU.

We hope you find this an inspiring and enlightening read.



Prof. Dr. Matthias Steinmetz
Wissenschaftlicher Vorstand,
Direktor Forschungsbereich
„Extragalaktische Astrophysik“



Matthias Winker
Administrativer Vorstand



Prof. Dr. Klaus G. Strassmeier
Direktor Forschungsbereich
„Kosmische Magnetfelder“

INHALT

CONTENT

PROFIL	
PROFILE	6
WISSENSCHAFTLICHE HIGHLIGHTS	8
RESEARCH HIGHLIGHTS	8
KOSMISCHE MAGNETFELDER	
COSMIC MAGNETIC FIELDS	10
Magnetohydrodynamik und Turbulenz	
Magnetohydrodynamics and Turbulence	12
Sonnenphysik	
Solar Physics	18
Sternphysik und Sternaktivität	
Stellar Physics and Stellar Activity	26
EXTRAGALAKTISCHE ASTROPHYSIK	
EXTRAGALACTIC ASTROPHYSICS	32
Milchstraße und die lokale Umgebung	
Milky Way and the Local Volume	34
4MOST	
4MOST	40
Zwerggalaxien und der Galaktische Halo	
Dwarf Galaxies and the Galatic Halo	42
Die frühe Milchstraße	
The early Milky Way	46
Galaxien und Quasare	
Galaxies and Quasars	48
Kosmologie und Hochenergie-Astrophysik	
Cosmology and High-Energy Astrophysics	54
ENTWICKLUNG VON FORSCHUNGSTECHNOLOGIE	
UND -INFRASTRUKTUR	
DEVELOPMENT OF RESEARCH TECHNOLOGY	
AND INFRASTRUCTURE	60
Teleskopsteuerung und Robotik	
Telescope Control and Robotics	62
Hochauflösende Spektroskopie und Polarimetrie	
High-resolution Spectroscopy and Polarimetry	68
3D- und Multi-Objekt-Spektroskopie	
3D and Multi-Object Spectroscopy	74
Supercomputing und E-Science	
Supercomputing and E-Science	80
innoFSPEC	
innoFSPEC	86

AIP IM ÜBERBLICK AIP AT A GLANCE _____	94	ANHANG APPENDIX _____	130
DAS LEIBNIZ-INSTITUT FÜR ASTROPHYSIK POTSDAM (AIP) IM ÜBERBLICK THE LEIBNIZ INSTITUTE FOR ASTROPHYSICS POTSDAM (AIP) AT A GLANCE _____	96	INSTITUTSSTRUKTUR INSTITUTE STRUCTURE _____	132
CAMPUS POTSDAM-BABELSBERG CAMPUS POTSDAM-BABELSBERG _____	98	ANREISE HOW TO GET TO AIP _____	136
GESCHICHTE DES AIP HISTORY OF AIP _____	106	Impressum Imprint _____	139
PREISE UND FELLOWS AWARDS AND FELLOWS _____	108		
TAGUNGEN CONFERENCES _____	110		
ARBEITEN AM AIP WORKING AT THE AIP _____	112		
VEREINBARKEIT VON BERUF UND FAMILIE BALANCING FAMILY AND CAREER _____	115		
STANDORTE SITES _____	116		
Potsdamer Telegrafenberg Potsdam Telegrafenberg _____	117		
Potsdam-Bornim Potsdam Bornim _____	119		
Teneriffa Tenerife _____	120		
Arizona Arizona _____	122		
PRESSE- UND ÖFFENTLICHKEITSARBEIT PUBLIC OUTREACH _____	124		

PROFIL

PROFILE



Schwarzschildhaus auf dem Campus Babelsberg. Schwarzschild building in Babelsberg.

Das Leibniz-Institut für Astrophysik Potsdam (AIP) ist ein wichtiges Zentrum der astrophysikalischen Forschung in Deutschland und die größte astronomische Einrichtung in den neuen Bundesländern. Aufbauend auf einer über 300-jährigen Tradition in Berlin und Brandenburg ist das Institut in den internationalen Wettbewerb auf dem Gebiet der astrophysikalischen Grundlagenforschung eingebunden.

Bereits im Jahr 1700 empfahl Gottfried Wilhelm Leibniz dem damaligen Kurfürsten, die Gründung der Kurfürstlich-Brandenburgischen Societät der Wissenschaften mit dem Bau einer Sternwarte zu verbinden. Gut 200 Jahre später zog die Berliner Sternwarte nach Potsdam um, wo schon seit 1874 das Astrophysikalische Observatorium ansiedelte. Gegen Ende eines bewegten 20. Jahrhunderts wurde das AIP 1992 Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft.

Zwei zentrale Forschungsbereiche zeichnen das wissenschaftliche Profil des Instituts aus: In den Forschungsbereichen „Kosmische Magnetfelder“ und „Extragalaktische Astrophysik“ untersuchen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des AIP Fragestellungen rund um Magnetohydrodynamik, Sonnen- und Sternphysik, die Milchstraße und weit entfernte Galaxien bis hin zur Entwicklung des Kosmos. Zudem ist das AIP durch einen weiteren, technologischen Schwerpunkt geprägt. Hier werden astronomische Instrumente entwickelt, projiziert und integriert, bevor sie sich auf ihre Reise zu großen Teleskopen begeben oder als Teil einer Weltraummission die Erde verlassen. Auch der Bereitstellung und Auswertung der großen Datenmengen, die bei großen Himmelsdurchmusterungen gesammelt werden, widmet sich ein Arbeitsbereich des Instituts.

Durch mehrere gemeinsame Berufungen mit der Universität Potsdam sowie Lehraufträge an den Universitäten in Potsdam und Berlin ist das AIP eng mit der universitären Forschungslandschaft vernetzt. Zum Wintersemester 2016/2017 startete der neue englischsprachige Masterstudiengang „Astrophysics“ an der Universität Potsdam, den das AIP zusammen mit der Astrophysik der Universität Potsdam, dem Deutschen Elektronen-Synchrotron (DESY) und dem Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik gestaltet. Ein gemeinsam ins Leben gerufenes Webportal spricht Studierende an und informiert zur Astrophysik in und um Potsdam.

The Leibniz Institute for Astrophysics Potsdam (AIP) is an important centre for astrophysical research in Germany and the largest astronomical institution in the new federal states. Building on more than 300 years of tradition in Berlin and Brandenburg, the institute is internationally competitive in the field of astrophysical basic research.

As early as 1700, Gottfried Wilhelm Leibniz recommended that the Elector at that time associate the founding of the Electoral-Brandenburg Societät der Wissenschaften (Electoral Brandenburg Society of Sciences) with the construction of an observatory. About 200 years later, the Berlin Observatory relocated to Potsdam, where the Astrophysical Observatory had been located since 1874. Towards the end of a turbulent 20th century, AIP became a member of the Leibniz Association in 1992.

Two central areas of research characterise the institute's scientific profile. In the research fields "Cosmic Magnetic Fields" and "Extragalactic Astrophysics", AIP scientists investigate issues ranging from magnetohydrodynamics, solar and stellar physics, the Milky Way and distant galaxies to their development of the cosmos. AIP is also distinguished by a further technological focus: Here, astronomical instruments are being developed, projected and integrated before embarking on their journey to large telescopes or leaving Earth as part of a space mission. Another work division at the institute is dedicated to the provision and evaluation of the large amounts of data collected in large sky surveys.

Through several joint appointments with the University of Potsdam and teaching assignments at the universities in Potsdam and Berlin, AIP is closely linked to the university's research landscape. For the winter semester 2016/2017, the new English-language master's programme "Astrophysics" at the University of Potsdam was launched, which AIP is designing together with the Institute for Astrophysics at the University of Potsdam, the Deutsches Elektronen-Synchrotron (DESY) and the Max Planck Institute for Gravitational Physics. A jointly-launched web portal appeals to students and offers information about astrophysics in and around Potsdam.

DENKSCHRIFT 2017: PERSPEKTIVEN DER ASTROPHYSIK IN DEUTSCHLAND 2017–2030

Im September 2017 stellte der Rat deutscher Sternwarten (RDS) die Denkschrift 2017 „Perspektiven der Astrophysik in Deutschland 2017 – 2030 – Von den Anfängen des Kosmos bis zu Lebensspuren auf extrasolaren Planeten“ vor, in der – basierend auf dem hohen Stand der astrophysikalischen Forschung in Deutschland – Handlungsempfehlungen für das kommende Jahrzehnt formuliert sind.

Als Vorsitzender des RDS und Präsident der Astronomischen Gesellschaft initiierte AIP-Vorstand Prof. Dr. Matthias Steinmetz die Denkschrift und entwickelte die darin enthaltene gemeinsame Forschungsstrategie der astronomischen Einrichtungen in Deutschland maßgeblich.

Die Kernaussage der Denkschrift bilden die Empfehlungen zur Beteiligung an den wichtigsten internationalen Teleskopprojekten und Beobachtungseinrichtungen auf der Erde und im Weltraum. Dies sind in erster Linie die großen internationalen Observatorien wie das Extremely Large Telescope der ESO, das mit einem Spiegeldurchmesser von 39 Metern das „Biggest Eye on the Sky“ sein wird, und die geplanten Einrichtungen auf der europäischen Infrastructure Roadmap, wie etwa das Radio-Antennenfeld Square Kilometre Array (SKA) und das European Solar Telescope. In der Weltraumforschung sind Missionen des Cosmic Vision Programms der Europäischen Weltraumagentur ESA von besonderer Bedeutung. An allen diesen Vorhaben sind Astronominnen und Astronomen in Deutschland entscheidend beteiligt, oft in leitender Position. Die Mitgestaltung der astrophysikalischen Forschungslandschaft in Deutschland, Europa und weltweit ist auch in Zukunft handlungsleitend für das AIP.

PERSPECTIVES OF ASTROPHYSICS IN GERMANY FROM 2017 TO 2030

In September 2017, the Council of German Observatories (RDS) presented the 2017 memorandum “Perspectives of Astrophysics in Germany 2017 – 2030 – From the beginnings of the cosmos to traces of life on extrasolar planets”, in which – based on the high level of astrophysical research in Germany – recommendations for action for the coming decade are formulated.

As Chairman of the RDS and President of the Astronomical Society, AIP Board member Prof Dr Matthias Steinmetz initiated the memorandum’s writing and developed significantly contributed to the joint research strategy it describes.

The core message of the memorandum is the recommendations for participation in the most important international telescope projects and observatories on Earth and in space. These are first and foremost the large international observatories such as ESO’s Extremely Large Telescope, which will be the “biggest eye on the sky” with a mirror diameter of 39 metres, and planned facilities on the European Infrastructure Roadmap, such as the Square Kilometre Array multi-radio telescope project and the European Solar Telescope. Missions of the European Space Agency (ESA)’s Cosmic Vision Program are of particular importance to space research. Astronomers in Germany are decisively involved in all of these projects, often in leading positions. Participation and co-shaping the astrophysical research landscape in Germany, Europe and around the world will continue to guide AIP’s actions in the future.



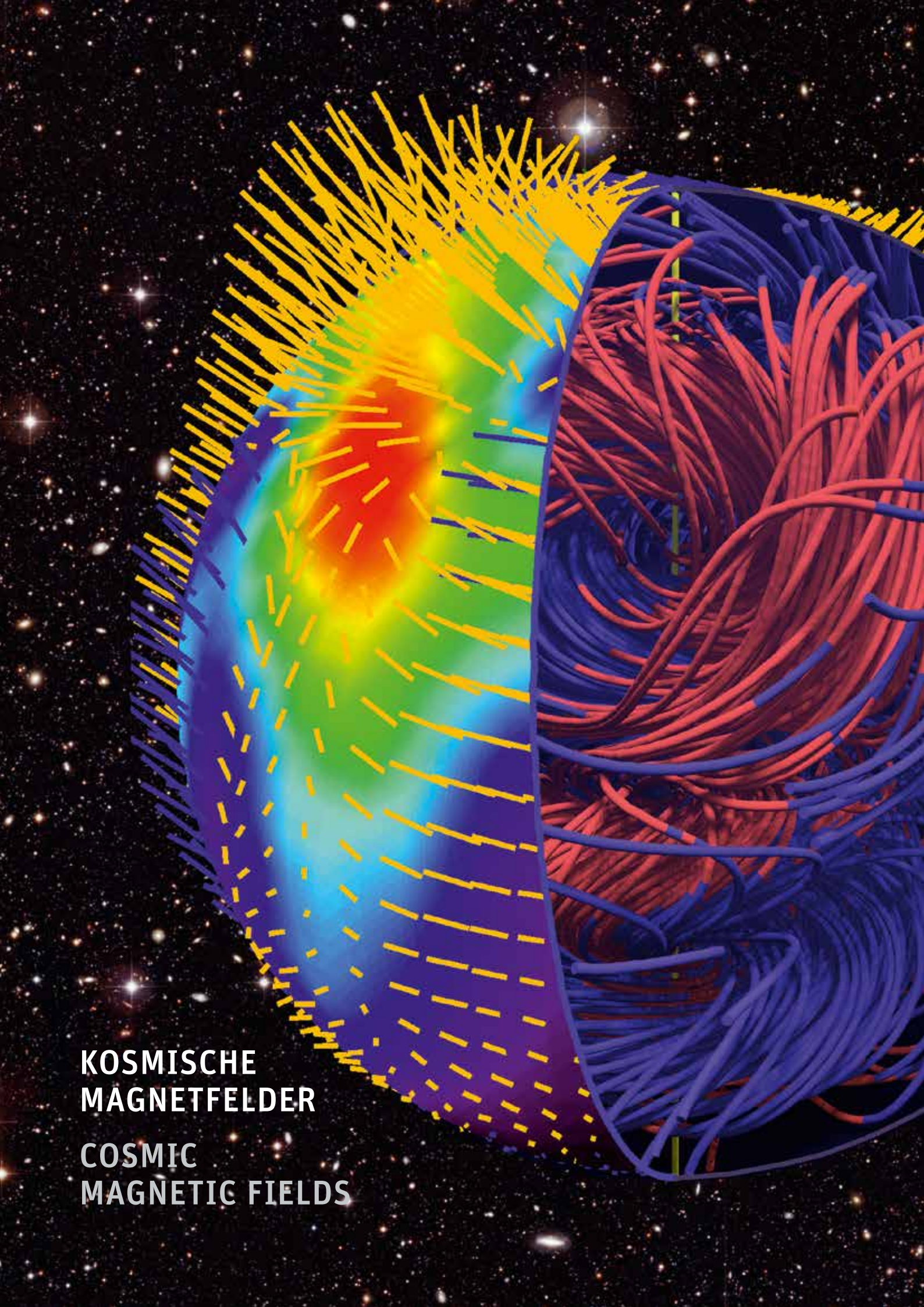
Vorstellung der Denkschrift bei der Tagung der Astronomischen Gesellschaft. Presentation of the memorandum at the meeting of the Astronomical Society. (Credit: Thomas Klawunn)



**WISSEN-
SCHAFTLICHE
HIGHLIGHTS**


**RESEARCH
HIGHLIGHTS**





**KOSMISCHE
MAGNETFELDER**

**COSMIC
MAGNETIC FIELDS**



Ausgedehnter stellarer Dynamo in einem schnell rotierenden Riesenstern. Die stellare Oberfläche zeigt eine reale Beobachtung des magnetisch aktiven Sterns II Pegasi, die Innenansicht zeigt die Magnetfeldlinien einer nicht achsensymmetrischen Dynamosimulation.

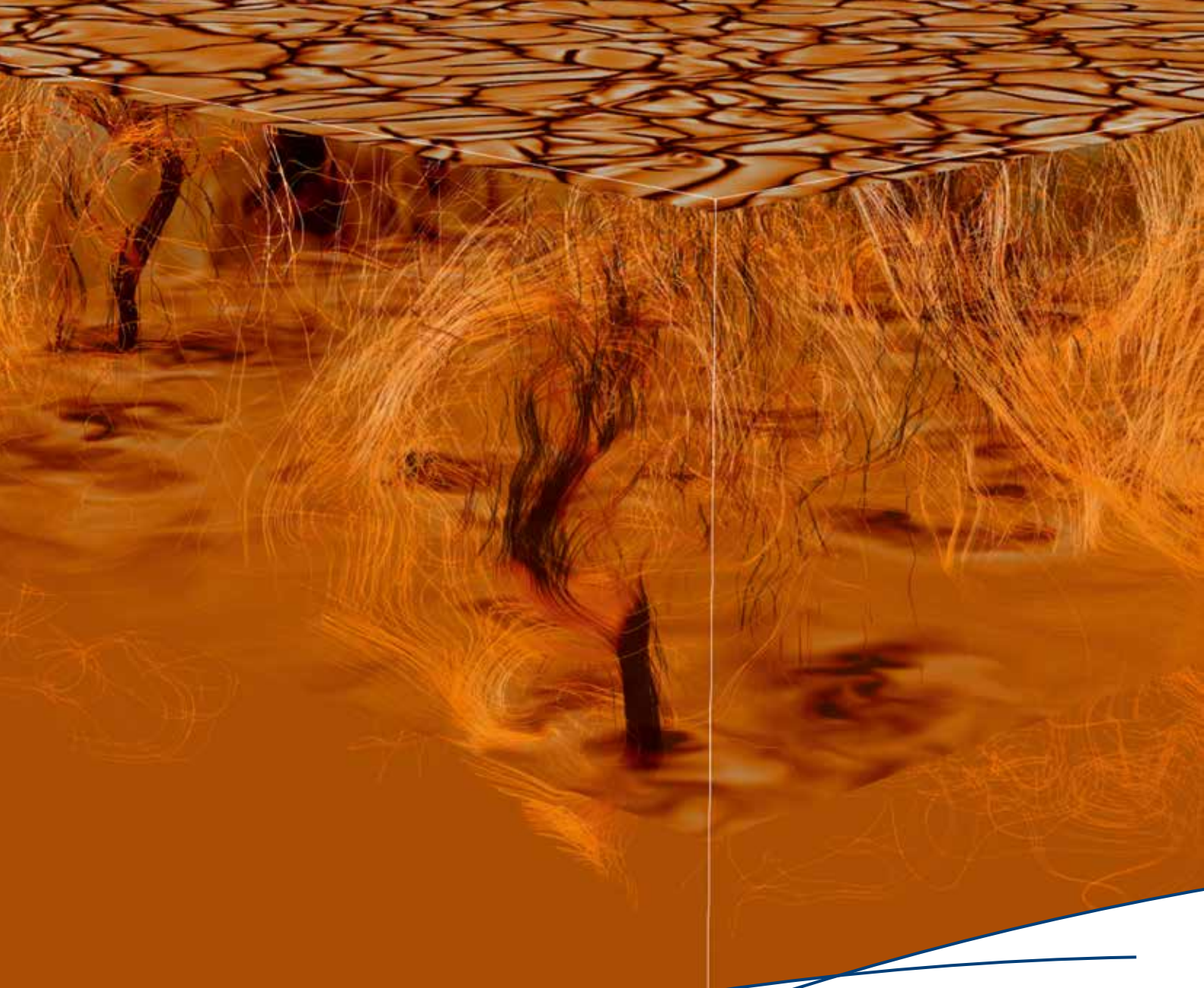
Large-scale stellar dynamo in a rapidly-rotating giant star. The stellar surface shows a real observation of the magnetic-active star II Pegasi; the insert shows the magnetic field lines of a non-axisymmetric dynamo simulation.

Solare, stellare und galaktische Magnetfelder, sowie die magnetohydrodynamischen (MHD) Mechanismen, welche sie erzeugen, sind Forschungsgegenstand im Bereich „Kosmische Magnetfelder“. Ziel ist das Verständnis der komplexen Zusammenspiele zwischen der Struktur der Materie, der Geometrie und Stärke von Magnetfeldern sowie deren Rückkopplung mit dem umgebenden astrophysikalischen Plasma. Diese Thematiken werden durch die „solar-stellar connection“ miteinander verbunden und fokussiert. Erkenntnisse über die Sonne und Heliosphäre werden auf Sterne in unterschiedlichen Größen und Entwicklungsstadien angewendet. Die maßgebenden Prozesse sind Konvektion, Rotation, Turbulenz, Magnetfelderzeugung und Verstärkung sowie Teilchenbeschleunigung. Stellare und planetare Magnetfelder schirmen die hochenergetische kosmische Strahlung ab und sichern so die Entstehung und Entwicklung von Zivilisationen wie der unsrigen.

Zum Einsatz kommen Supercomputer für MHD-Simulationen, Großteleskope wie das LBT und das VLT für hochauflösende Spektroskopie und Spektralpolarimetrie und kleinere robotische Teleskope. Technologische Projekte sind Design, Konstruktion und Betrieb von PEPsi, STELLA und RoboTel sowie GREGOR mit dessen Fabry-Perot Interferometer GFPI und dem Nachtspektrograph GANS, die „Radiosonne“ mit LOFAR, das Röntgenteleskop STIX für ESA's Solar Orbiter, der HIRES Spektrograph für das 39-Meter-ESO ELT (mit Polarimeter) sowie die bodengebundene Unterstützung der ESA Mission PLATO mit dem Projekt BMK10k.

The exploration of solar, stellar, and galactic magnetic fields, along with the magnetohydrodynamic (MHD) mechanisms that generate them, are the focus of the research area “Cosmic Magnetic Fields”. The goal is to understand the complex relationship between the structure of matter and the geometry and strength of magnetic fields and their recoupling with the surrounding astrophysical plasma. These topics are intermingled within the solar-stellar connection. It links the Sun and its heliosphere, seen in great detail, to that of other stars and their diversity and evolution. The underlying processes of convection and rotation, turbulence, magnetic field generation and amplification, and particle acceleration are the key research drivers. The existence of stellar and planetary magnetic fields is a decisive factor for the formation and evolution of life on planets, as magnetic fields shield against high-energy cosmic rays.

Supercomputers are used for MHD simulations; large telescopes like the LBT and the VLT are employed, along with smaller robotic telescopes, for high-resolution spectroscopy and spectropolarimetry. Technical projects include the design, construction, and operation of PEPsi, STELLA and RoboTel as well as GREGOR and its Fabry-Perot Interferometer GFPI and night-time spectrograph GANS, the “Radio Sun” with LOFAR, the X-ray imaging telescope STIX for ESA's Solar Orbiter, the HIRES spectrograph for ESO's 39m ELT (with polarimeter) as well as the ground-based support for ESA's PLATO mission with project BMK10k.

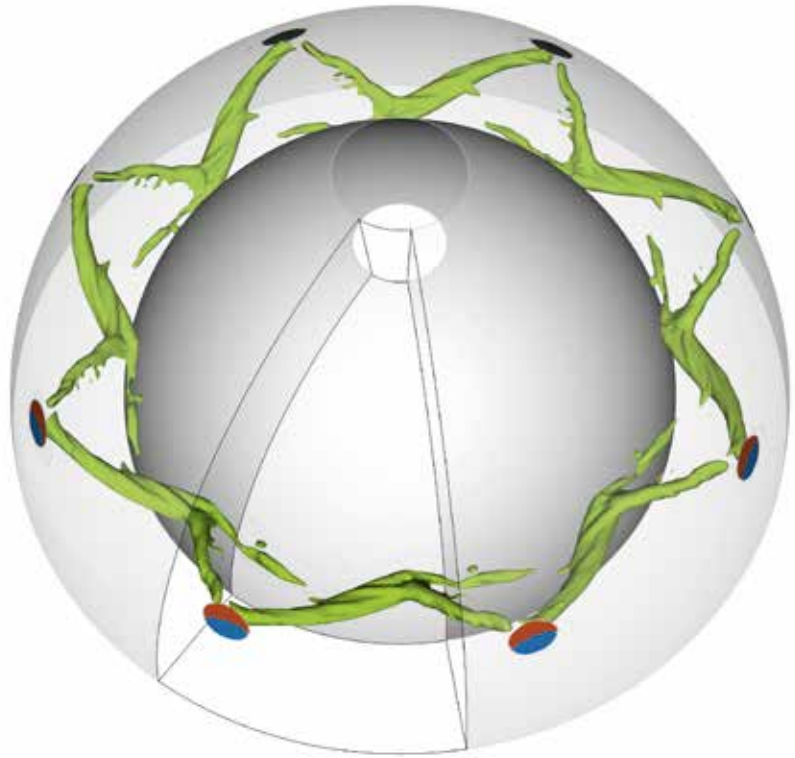


Vertikale Geschwindigkeit am oberen und unteren Teil der Konvektionszone der Sonne (farbige Ebenen) und Feldlinien in starken Abwärtsströmungen (Linien). Vertical velocity near the top and bottom of the solar convection zone (coloured planes) and stream lines associated with strong downflows (lines).

MAGNETOHYDRODYNAMIK UND TURBULENZ

MAGNETOHYDRODYNAMICS AND TURBULENCE

Fig. 1: Aufsteigende Flussröhren in numerischen Simulationen bilden den Hauptbestandteil des Flusstransport-Dynamos.
Rising flux tubes from numerical simulations as main ingredient for the flux transport.



Im Universum findet man viele Magnetfelder. Der größte Teil der baryonischen Materie befindet sich im Plasmazustand. Turbulente Plasmaströmungen ermöglichen die Verstärkung von Magnetfeldern durch die Umwandlung von kinetischer in magnetische Energie ähnlich zu den aus der Technik bekannten Generatoren oder Dynamos. Diese Prozesse wirken in der Erde, anderen Planeten, der Sonne, Sternen, Galaxien und Galaxienhaufen. Die Erklärung dieses Phänomens ist eine Herausforderung. Dazu werden solare und stellare Konvektion und interstellare Turbulenz mit numerischen Simulationen unter Verwendung von komplexen Rechenprogrammen wie PENCIL oder dem am AIP entwickelten NIRVANA Code untersucht.

DYNAMOS IN SONNE UND STERNEN

Sonnenähnliche Sterne zeigen an ihrer Oberfläche verschiedene Anzeichen von magnetischer Aktivität. Das Niveau der Aktivität wird durch einen Dynamoprozess aufrechterhalten. Der unter der Oberfläche wirkende Dynamo zeigt auf unterschiedliche Weise zyklische Aktivität an der Oberfläche.

Die Details des Dynamoprozesses sind aber noch verborgen. Zwei Theorien versuchen hier Erklärungen zu geben: Die Flusstransporttheorie nimmt an, dass die Flecken auf der Sonnenoberfläche aktiv am Dynamo beteiligt sind. Dagegen stellt die turbulente Theorie die Aussage, dass Sonnenflecken nur ein Anzeichen für den Dynamo sind.

Mit globalen numerischen Simulationen, die auf dem AIP-Rechencluster ausgeführt wurden, konnte ein nichtlineares Dynamomodel auf Basis von aufsteigenden Flussröhren (Fig. 1) entwickelt werden. Damit ließ sich die solare Aktivität zum ersten Mal quantitativ reproduzieren (Fig. 2). Sollte das nichtlineare Modell die magnetische Aktivität von jüngeren und weniger massereichen Sternen auch korrekt beschreiben, so wäre das ein Hinweis auf die aktive Rolle von Magnetfeldern in Sternenflecken.

NEUE FORM DER KONVEKTION

Die Energie aus dem Sterninnern kann bis zu einem gewissen Maß durch Strahlung in Richtung Sternoberfläche transportiert werden. Bei massearmen Sternen wie der Sonne fallen aber Temperatur und Druck in den äußeren Schichten so stark ab, dass der Strahlungstransport nicht mehr ausreicht und Konvektion einsetzt. Die Energie wird dann durch Aufsteigen des Gases transportiert. In der Sonne macht diese Konvektionsschicht die äußeren 30 Prozent des Radius aus. In Computersimulationen kann diese Konvektion untersucht werden, doch zeigen sich dabei deutlich größere Geschwindigkeiten als man mit seismischen Methoden in der Sonne misst. Wir haben daher ein Phänomen untersucht, bei dem nicht die gesamten 30 Prozent des Radius konvektiv instabil sind, sondern nur wenige Prozent nahe der Oberfläche. Die sich an der Oberfläche abkühlenden Gasballen sinken in der Folge nach unten, und zwar viel tiefer als die dünne Schicht reicht, die das Kriterium für Konvektion erfüllt. Dabei wird dort in

TEAM 2016/2017

Rainer Arlt, Detlef Elstner (head), Yori Fournier, Hans-Erich Fröhlich, Phillipp Gast, Marcus Gellert, Petri Käpylä, Manfred Küker, Alejandro Paredes, Günther Rüdiger, Manfred Schultz, Federico Spada, Senthamizh Pavaí Valliappan, Udo Ziegler

größerer Tiefe warmes Gas verdrängt und nach oben gedrückt, so dass als Nettoeffekt ein Energietransport durch Gasbewegungen nach oben stattfindet, obwohl das Kriterium für Konvektion nicht erfüllt ist. Die effektive Konvektionszone vergrößert sich also von wenigen Prozent des Sonnenradius auf eine deutlich dickere Schale. Wie groß diese Schale werden kann, ist noch unklar und wird derzeit untersucht.

Insgesamt bilden sich vier Schichten: Die oberste ist konvektiv instabil (in Fig. 3 ganz rechts), die darunter ist konvektiv stabil, transportiert jedoch durch die Gasgeschwindigkeiten Wärme nach oben, während in der noch darunter liegenden Schicht diese Geschwindigkeiten nicht mehr ausreichen, um Wärme durch Bewegung nach oben zu transportieren. Die mittlere Schicht haben wir nach dem Strömungsmechaniker Deardorff benannt, der den zusätzlichen Transporteffekt entdeckte. In der untersten Schicht (ganz links im Bild) treten auch nahezu keine Gasbewegungen mehr auf; Wärme wird allein durch Strahlung transportiert.

INTERSTELLARE WOLKEN

Unter dem Stichwort „getriggerte Sternentstehung“ wird die Wechselwirkung von Schockwellen mit interstellaren Wolken untersucht. Wegen den großen Wechselwirkungsradien von Supernovae und der Möglichkeit zu regelrechten Kettenreaktionen der Sternentstehung kann dieser Prozess potentiell auch Einfluss auf die Entwicklung ganzer Galaxien, wie z. B. deren Massenverteilung, Sternentstehungseffizienz und -rate haben. Um diese quantifizieren zu können, müssen die zugrundeliegenden physikalischen Prozesse der Wechselwirkung einer Schockwelle mit einer Gaswolke detailliert verstanden werden.

Die Komplexität liegt in der Vielfalt der zu betrachtenden physikalischen Prozesse auf mehreren räumlichen Skalen. Die Flüsse von Plasmen und ihre magnetische Wechselwirkung müssen genauso in Betracht gezogen werden, wie ihre gravitative Interaktion, chemische Umwandlung und Wärmekopplung. Die numerische Modellierung erfordert also komplexe Algorithmen mit sehr hoher räumlicher Auflösung, die nur auf Hochleistungsrechnern bearbeitet werden können.

Mit dem am AIP kontinuierlich weiterentwickelten NIRVANA Code werden unter anderem die Auswirkungen der von der Magnetfeldrichtung abhängigen Wärmeleitung auf die Verdichtung von Wolkenkernen durch auftreffende Schockwellen untersucht. Zwei häufig getroffene Vereinfachungen kommen nicht zum Tragen: Es wird nicht von einer metastabilen Ausgangskonfiguration der Wolke ausgegangen, und die Schockwelle wird nicht als eben, sondern mit einer realistischen Krümmung angenommen. Zusammengefasst erlaubt dies eine realistischere Untersuchung welchen Einfluss der Abstand zwischen Supernova-Ursprung und Wolkenkern auf die Sternentstehung nimmt.

Unter bestimmten Konfigurationen des Magnetfeldes kann sich zwischen verdichtetem Kern und dem umgebenden heißen post-schock Gas eine isolierende Schicht bilden, die den Kern vor der thermischen Evaporation seines Gases schützt (siehe Fig. 4). Weiterhin können das Magnetfeld und die Wärmeleitung Instabilitäten unterdrücken und den Wolkenkern so vor der Zerstörung bewahren, beziehungsweise dem verdichteten Gas im Inneren des Wolkenkerns die Zeit verschaffen, über filamentäre Strukturen prästellare Kerne zu bilden.

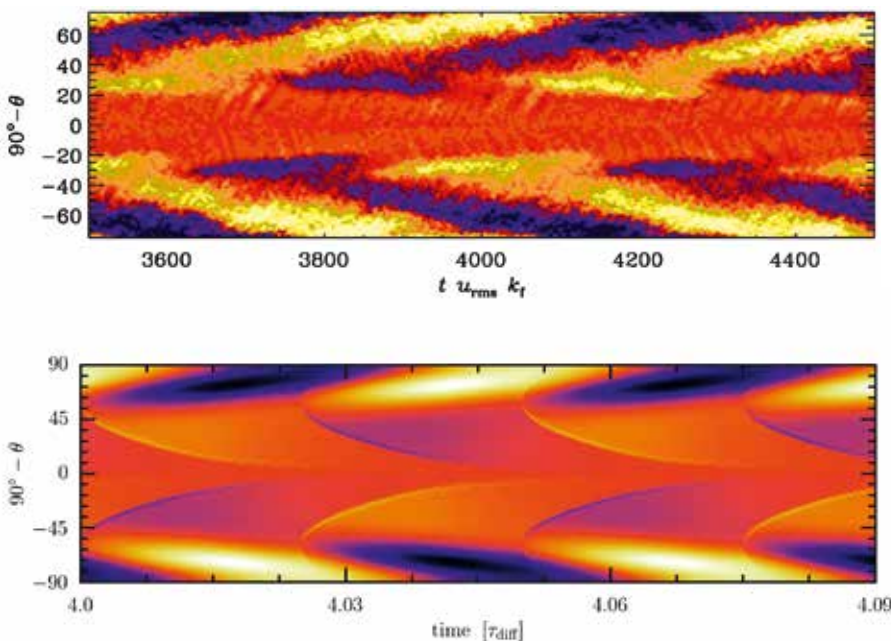


Fig. 2: Schmetterlingsdiagramme des radialen Magnetfeldes auf der Oberfläche für den turbulenten Dynamo (oben) und den Flusstransport (unten). Butterfly diagrams for the surface radial magnetic field. Turbulent dynamo (top, Credit: Käpylä et al. (2013), *Apl*, 778, 41) and flux transport (bottom).

Nearly all parts of the universe contain magnetic fields. Most of the baryonic matter is in a plasma state. Turbulent plasma motions are able to amplify magnetic fields by transfer of kinetic into magnetic energy, similar to well-known technical generators or dynamos. These processes are at work in the Earth, other planets, the Sun, other stars and probably whole galaxies and even clusters of galaxies. Finding out the details of this phenomenon is a challenging problem. Solar and stellar convection and the turbulent interstellar medium are analysed by numerical simulations with complex computer codes such as PENCIL or the NIRVANA code, which was developed at AIP.

SOLAR AND STELLAR DYNAMOS

Observations of Sun-like stars show various signs of magnetic activity at their surface. The level of magnetic activity is maintained by a mechanism, called the dynamo. The dynamo acts below the surface resulting in cyclic activity, which appears at various latitudes.

Details of the dynamo process have yet to be clarified. Two competing theories attempt to pierce this unsolved issue: *the flux transport theory* suggests that the spots seen at the solar surface are actively participating in the dynamo mechanism, whereas the *turbulent theory* suggests that spots are only a signature of the underlying dynamo.

With global numerical simulations (cf. Fig. 1), carried out at the institute's cluster, a non-linear model could be built for the *flux transport theory* which, for the first time, reproduces solar activity quantitatively (cf. Fig. 2). If such a non-linear model correctly

describes the magnetic activities of further younger and less massive stars, it would be a hint that stellar spots do indeed play an active role in the dynamo mechanism.

CHANGING THE CONVECTION PARADIGM

The energy released in the core of a star is transported by radiation towards the stellar surface, but only under certain physical conditions. In low-mass stars, temperature and pressure drop very rapidly in the envelope, and radiation is not sufficient to transport the energy further out. Gas motions set in which help the transport of energy enormously by lifting up entire gas parcels together with their heat content; we call these motions "convection". The regime where convection takes place comprises the outer 30 per cent of the Sun's radius. Computer simulations can reproduce solar convection, but the velocities in such simulations are much higher than those inferred from seismic methods in the Sun. We therefore studied a situation where only a thinner, top layer near the surface was convectively unstable, rather than 30 per cent of the radius. Gas parcels cool at the surface and – as a consequence – sink downward. The motions overshoot the bottom of the unstable layer and the parcels continue to move much deeper. There they displace hotter gas, which has to move up. The surprising result of the simulations is that there is a net effect of outward transport of energy by motions, even though the layer is convectively stable. We named the latter layer after James Deardorff, the scientist who discovered the additional contribution to convective transport simulated here. The effective convective layer is thus enlarged significantly. Just how thick this layer can become in the Sun is still unclear and will be studied further.

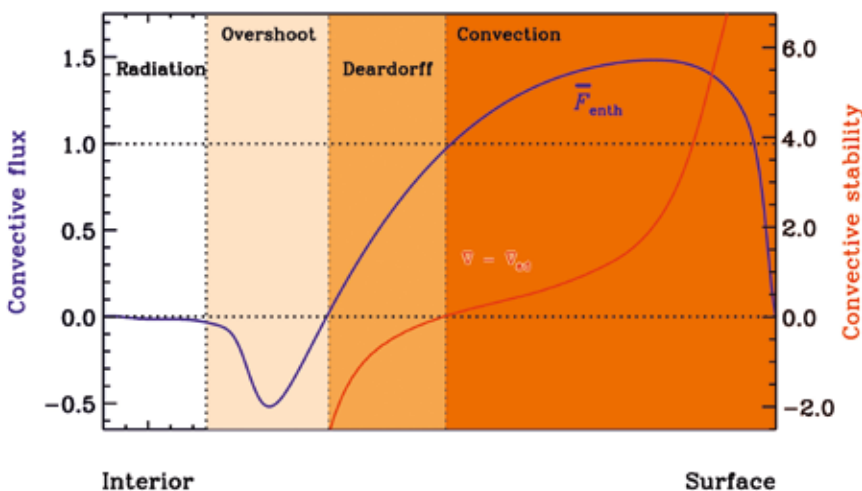
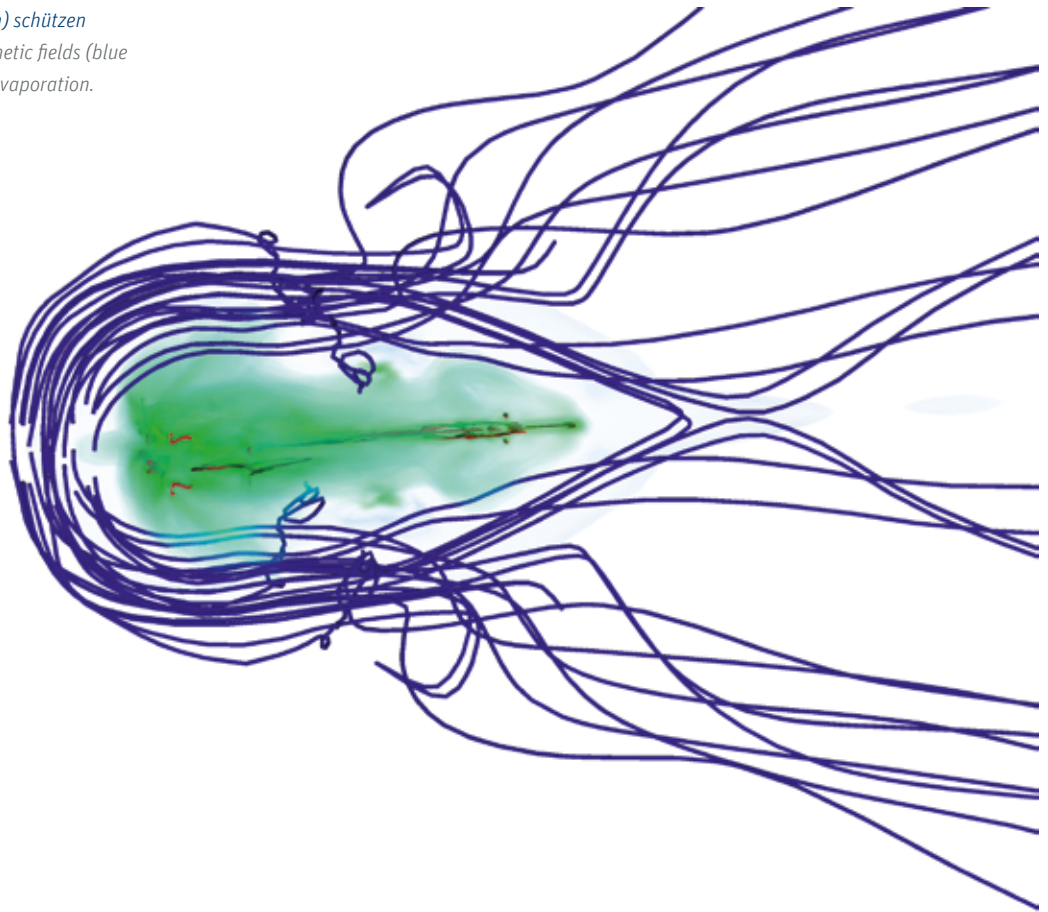


Fig. 3: Konvektiver Wärmetransport (blaue Linie) in verschiedenen Schichten und Abweichung vom Adiabatengradient (rote Linie). Convective heat transport (blue line) in different layers and superadiabaticity (red line).

Fig. 4: Magnetfelder (blaue Linien) schützen die Wolke vor Verdampfung. Magnetic fields (blue lines) shield the cloud inhibiting evaporation.



In total, there will be four layers: the top layer is convectively unstable (right-most in the Fig. 3), the one below is convectively stable, but where overshooting cold gas displacing warmer fluid leads to an energy transport similar to classical convection. Further down is a layer in which the overshooting is not strong enough to maintain upward transport of heat, while in the lowest layer (left-most in the figure), motions are essentially zero and all heat is transported by radiation.

INTERSTELLAR CLOUDS

Under the heading “triggered star formation” the violent aspects of shockwaves running through interstellar clouds are investigated. Because of the large interaction range and the possibility of star formation chain reactions, this process has the ability to influence important characteristic quantities of entire galaxies such as their star formation rate, – efficiency or stellar mass distribution.

A great range of physical processes over several spatial scales has to be included to study the interaction of shock waves with an interstellar cloud. The hydrodynamic flow of plasma and its magnetic and gravitational interaction has to be followed at the same time as chemical transformation processes and thermal coupling. Numerical modeling thus needs complex algorithms allowing for very high spatial resolution, which requires huge computational resources only available at high performance

computing centres. With the NIRVANA code, it is possible to investigate previously sparsely studied aspects of the interaction of a supernova shock front with an interstellar cloud like a magnetic field dependent thermal conduction. Here the investigation relaxes two typical restrictions; First, the cloud that is subject to the shock impact is not assumed to be in a marginally stable configuration and, second, the curved shock front is not approximated as a planar wave. Together this setup allows a realistic investigation of the distance dependence between supernova and cloud centre. Under certain configurations of the magnetic field an insulating layer can form between the cloud and the surrounding postshock gas, which prevents thermal evaporation of large fractions of the cloud (cf. Fig. 4). Furthermore, thermal conduction and magnetic fields can suppress hydrodynamic instabilities and therefore protect the cloud from destruction while giving the cold, dense gas in the interior of the cloud time to form stellar precursors via filamentary accretion structures.

AUSGEWÄHLTE PUBLIKATIONEN

SELECTED PUBLICATIONS

Arlt, R.; Senthamizh Pavai, V.; Schmiel, C.; Spada, F. (2016): **Sunspot positions, areas, and group tilt angles for 1611–1631 from observations by Christoph Scheiner**, *Astronomy & Astrophysics* 595, A104

Fournier, Y.; Arlt, R.; Ziegler, U.; Strassmeier, K. G. (2017): **3D simulations of rising magnetic flux tubes in a compressible rotating interior: The effect of magnetic tension**, *Astronomy & Astrophysics* 607, A1

Gellert, M.; Rüdiger, G.; Schultz, M.; Guseva, A.; Hollerbach, R. (2016): **Nonaxisymmetric MHD Instabilities of Chandrasekhar States in Taylor-Couette Geometry**, *The Astrophysical Journal* 823, 99

Inceoglu, F.; Arlt, R.; Rempel, M. (2017): **The Nature of Grand Minima and Maxima from Fully Nonlinear Flux Transport Dynamos**, *The Astrophysical Journal* 848, 93

Käpylä, P. J.; Käpylä, M. J.; Olsper, N.; Warnecke, J.; Brandenburg, A. (2017): **Convection-driven spherical shell dynamos at varying Prandtl numbers**, *Astronomy & Astrophysics* 599, A4

Käpylä, P. J.; Rheinhardt, M.; Brandenburg, A.; Arlt, R.; Käpylä, M. J.; Lagg, A.; Olsper, N.; Warnecke, J. (2017): **Extended Subadiabatic Layer in Simulations of Overshooting Convection**, *The Astrophysical Journal Letters* 845, L23

Küker, M. (2017): **Mass loss and magnetospheres of massive stars**, *Astronomische Nachrichten* 338, 868

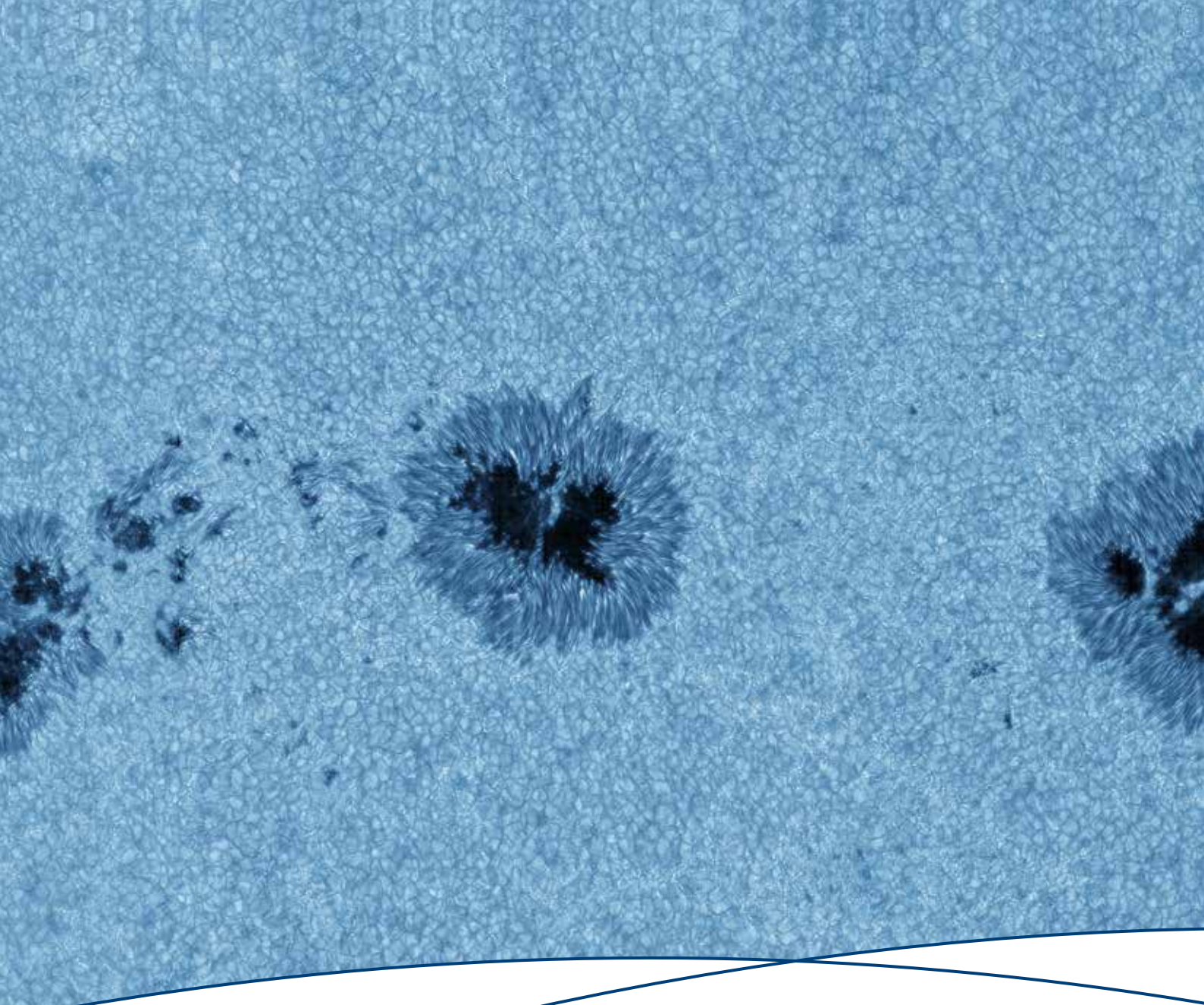
Paredes, A.; Gellert, M.; Rüdiger, G. (2016): **Mixing of a passive scalar by the instability of a differentially rotating axial pinch**, *Astronomy & Astrophysics* 588, A147

Spada, F.; Gellert, M.; Arlt, R.; Deheuvels, S. (2016): **Angular momentum transport efficiency in post-main sequence low-mass stars**, *Astronomy & Astrophysics* 589, A23

Ziegler, U. (2016): **A chemical reaction network solver for the astrophysics code NIRVANA**, *Astronomy & Astrophysics* 586, A82



Philipp Gast, Rainer Arlt, Petri Käpylä, Senthamizh Pavai Valliappan, Yori Fournier, Udo Ziegler, Detlef Elstner, Manfred Küker



Aktive Gebiete NOAA 12565/67, die im blauen Kontinuum bei 450.8 nm am 19. Juli 2016 mit dem High-resolution Fast Imager (HiFI) am Vakuum Turm Teleskop (VTT) am Teide Observatorium auf Teneriffa in Spanien aufgenommen wurden. Active regions NOAA 12565/67 observed in a blue continuum window at 450.8 nm on 19 July 2016 with the High-resolution Fast Imager (HiFI) at the Vacuum Tower Telescope (VTT), Teide Observatory, Tenerife, Spain. (Credit: Carsten Denker, Andrea Diercke, and Meetu Verma/AIP)

SONNENPHYSIK

SOLAR PHYSICS

Die Erforschung der Sonne spielt eine wichtige Rolle für uns Menschen, denn sie gibt uns Licht und Wärme. Wegen ihrer Nähe kann die Sonne wie kein anderer Stern umfassend mit großer räumlicher und zeitlicher Auflösung beobachtet werden. So ist die Sonne für die Astrophysik von großem Interesse, da sich durch sie die Prozesse in einem Stern am besten studieren lassen. Das wird als „solar-stellare Beziehung“ bezeichnet.

Die Sonne ist ein aktiver Stern. Das macht sich nicht nur durch den 11-jährigen Fleckenzyklus bemerkbar, sondern auch durch Eruptionen, Strahlungsausbrüche und Sonnenstürme. Die Sonnenaktivität ist durch das Magnetfeld bestimmt. Deshalb fokussiert sich die Forschung am AIP auf die Prozesse, die mit dem Magnetfeld der Sonne von großen bis zu kleinen zeitlichen und räumlichen Skalen verbunden sind. Das sind ihrer Natur nach Plasmaprozesse. Da auf der Sonne Bedingungen herrschen, die auf der Erde nicht hergestellt werden können, sind die Aktivitätsprozesse auf der Sonne auch für die Plasmaphysik, wie z. B. die Tokamak-Physik, von speziellem Interesse.

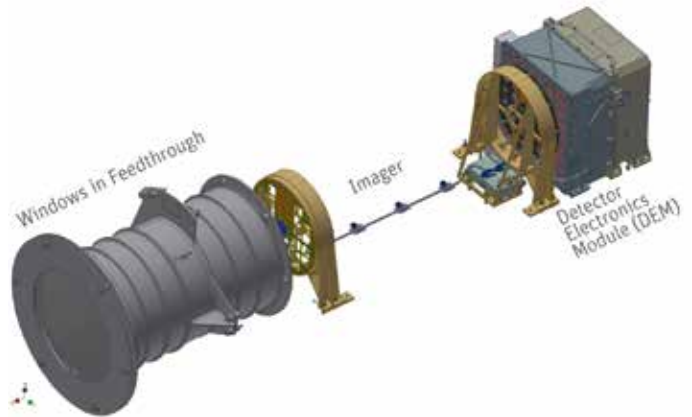
Die Sonnenaktivität hat einen unmittelbaren Einfluss auf unsere Erde, z. B. auf das Klima. Durch Sonnenstürme können elektronische Geräte in ihrer Funktion gestört werden. Deshalb ist das Verständnis des Einflusses der Sonne auf unsere Erde – auch Weltraumwetter genannt – von gesamtgesellschaftlicher Bedeutung.

In der letzten Dekade hat das AIP in Kooperation mit in- und ausländischen Instituten mit dem Radiointerferometer LOFAR (Low Frequency ARray) und dem optischen Sonnenteleskop GREGOR eine neue Beobachtungsbasis geschaffen. Damit können die Prozesse in der Sonnenaktivität mit sehr viel besserer räumlicher, zeitlicher und spektraler Auflösung beobachtet werden. Im Berichtszeitraum 2016/17 wurden mit beiden Instrumenten wichtige wissenschaftliche Ergebnisse erzielt. Darüber hinaus ist das AIP an der NASA-Mission RHESSI durch finanzielle Unterstützung des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) eingebunden und untersucht damit Prozesse der Hochenergie-Sonnenphysik.

TEAM 2016/2017

Horst Balthasar, Felicitas Böhm, Norman Brackmann, Frank Breitling, Malte Bröse, Carsten Denker (head), Andrea Diercke, Ekaterina Dineva, Sergio Javier González Manrique, Constanze Heibel, Robert Kamlah, Christoph Kuckein, Philipp Kummerow, Doris Lehmann, Linh Le Phuong, Adriane Liermann, Rohan Eugene Louis, Gottfried Mann (head), Hakan Önel, Jürgen Rendtel, Meetu Verma, Christian Vocks, Alexander Warmuth

Fig. 1: Computermodell des gesamten STIX-Instruments bestehend aus den Fenstern und dem Feedthrough durch das Hitzeschild von „Solar Orbiter“, sowie dem Imager und Detector Electronics Modul Einheiten. Model of the complete STIX instrument consisting of windows in the feedthrough embedded in the heat shield of Solar Orbiter and the Imager and Detector Electronics Module. (Credit: AIP/FHNW)



SOLAR ORBITER

Solar Orbiter ist eine Weltraum-Mission der Europäischen Weltraumorganisation (ESA), die 2020 startet und das Ziel hat, die Sonne und den sie umgebenden Raum aus nächster Nähe genau zu untersuchen. Dafür ist Solar Orbiter mit einer Reihe von Fernerkundungs- und in situ-Instrumenten ausgestattet und wird sich der Sonne auf bis zu 42 Millionen Kilometer annähern. Die Inklination der Umlaufbahn von Solar Orbiter gegenüber dem Sonnenäquator wird im weiteren Missionsverlauf auf ca. 34° anwachsen und es somit ermöglichen, die Prozesse an den Sonnenpolen zu beobachten.

Das AIP nimmt mit finanzieller Unterstützung des DLR durch die Bereitstellung von Hardware-Komponenten für das Röntgenteleskop STIX (Spectrometer/Telescope for Imaging X-rays) und dem Energetic Particle Detector (EPD) an der Mission teil.

STIX ist ein Röntgenteleskop, das harte Röntgenstrahlung im Energiebereich von 4 keV bis 150 keV von der Sonne messen soll. Hier hat sich das AIP wesentlich am Design, an der Fertigung, an der Integration und dem Test des STIX-Imagers beteiligt. Das führte zur termingerechten Ablieferung des Flugmodells des Instruments an Airbus Defence and Space (UK). Dort werden die Instrumente in das Raumfahrzeug integriert und der Start der Sonde vorbereitet. Während des Missionsbetriebs von Solar Orbiter hat das AIP die Aufgabe, Aspect System Daten von STIX für die Solar-Orbiter-Community zur Verfügung zu stellen.

Solar Orbiter ist die wichtigste Sonnenmission der ESA in der nächsten Dekade. Die wissenschaftliche Phase ist für den Zeitraum 2022–2029 geplant. Mit STIX und EPT werden die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler am AIP in Zukunft Prozesse im Zusammenhang mit Strahlungsausbrüchen, insbesondere die Rolle der hochenergetischen Elektronen, genauer studieren.

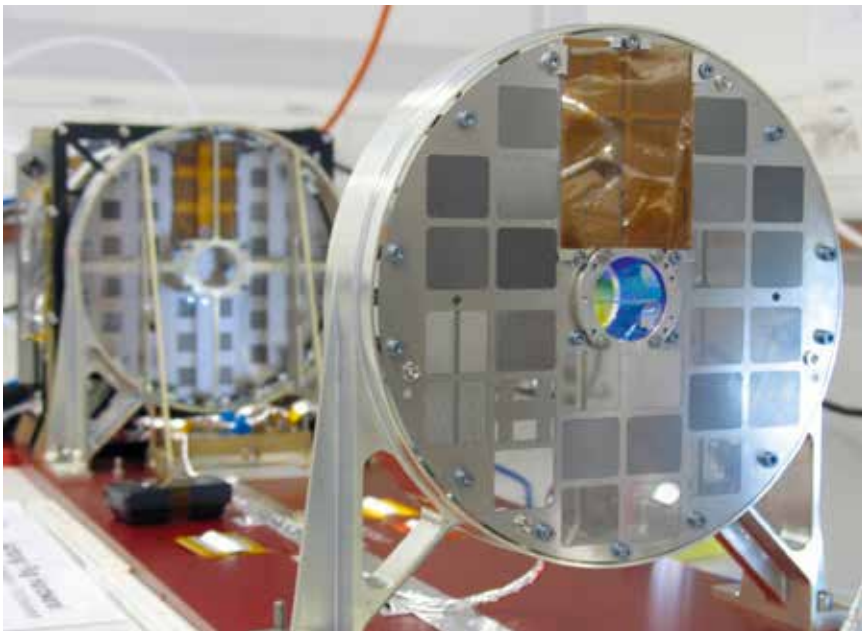


Fig. 2: (Proto-)Flugmodell des Imagers und der Detector Electronics Module Einheit des Instruments STIX unmittelbar vor seiner Lieferung an Airbus Defense and Space (UK). (Proto-)Flight model of STIX's Imager und Detector Electronics Module units right before delivery to Airbus Defense and Space (UK). (Credit: H. Önel)

GREGOR FABRY-PÉROT INTERFEROMETER (GFPI)/ HIGH-RESOLUTION FAST IMAGER (HIFI)

Viele Prozesse in der Photosphäre und Chromosphäre der Sonne sind sehr dynamisch und die beobachtete Szene ändert sich auf Zeitskalen von wenigen Minuten oder gar Sekunden. Bildgebende Spektroskopie mit dem GREGOR Fabry-Pérot Interferometer (GFPI) kann diese schnellen Prozesse verfolgen und liefert Karten des Magnet- und Geschwindigkeitsfelds in 3D. Der neu installierte High-Resolution Fast Imager (HIFI) ergänzt das GFPI, indem er Kontextinformationen mit einer zeitlichen Abfolge von 10–20 Sekunden im blauen Spektralbereich mit einer räumlichen Auflösung liefert, die sich der Beugungsgrenze des Teleskops annähert. Großformatige und sehr schnelle Detektoren werden in der Sonnenbeobachtung zur Erfassung schneller Prozesse eingesetzt. Kurze Belichtungszeiten sind notwendig, um das atmosphärische Sehen „einzufrieren“, um damit Bildrekonstruktion zu ermöglichen. Basierend auf unseren Erfahrungen in der „Early Science“-Phase mit dem 1,5-Meter-Sonnenteleskop GREGOR (2014–2015) und dem anschließenden Übergang zu Routinebeobachtungen im Jahr 2016 haben wir eine auf Bildrekonstruktion und bildgebende Spektroskopie zugeschnittene Struktur für die Datenerfassung und das Datenmanagement entwickelt. Die Heterogenität und Komplexität multidimensionaler Daten, die aus hochaufgelösten Sonnenbeobachtungen stammen, ist ein faszinierendes, aber auch herausforderndes Beispiel für Big Data in der Astronomie.

LOFAR

LOFAR ist ein neuartiges Radiointerferometer im Frequenzbereich 10–250 MHz. Die Radiostrahlung der Sonne wird in diesem Frequenzbereich von der Sonnenkorona, der äußersten Hülle der Sonne, emittiert. Deshalb kann LOFAR die Prozesse in der

Sonnenkorona mit großer räumlicher, zeitlicher und spektraler Auflösung beobachten. Mit LOFAR wurde im Berichtszeitraum die Dichtestruktur der Korona untersucht. Hierzu wurde eine Reihe von Bildern der ruhigen Sonne auf verschiedenen Frequenzen im Bereich 10–90 MHz aufgenommen.

Die Radiostrahlung stammt aus der Korona, die weit über den Rand der optischen Sonne hinausreicht (siehe Fig. 7). Die Helligkeit fällt kontinuierlich von der Sonnenmitte nach außen hin ab. Da die Radiostrahlung mit niedrigerer Frequenz aus größerer Höhe in der Korona stammt, erscheint die Sonne mit abnehmender Frequenz größer. Bei der quantitativen Analyse dieser Aufnahmen ist jedoch nicht nur die Emission und Absorption von Radiostrahlung in der ruhigen Korona zu berücksichtigen, sondern auch die durch Brechungseffekte dominierte Ausbreitung der Radiowellen.

Ray-tracing-Simulationen können die Erzeugung und Ausbreitung von Radiostrahlung nachvollziehen und den radialen Helligkeitsabfall vorhersagen. Durch die Variation von Modellparametern, wie die zu einer bestimmten Plasmadichte gehörende koronale Höhe oder Temperatur, ist es möglich, die errechneten Helligkeitsprofile mit den Beobachtungen in Übereinstimmung zu bringen.

Die Ergebnisse für alle beobachteten Frequenzen können dann zu einem Dichteprofil (Fig. 8) als Funktion des Abstands vom Sonnenzentrum zusammengefügt werden. Die durchgezogene Linie stellt ein hydrostatisches Profil dar, während die gestrichelte Linie einem Dichteprofil im Sonnenwind entspricht. Die Daten deuten den Übergang von der hydrostatischen Korona in den Sonnenwind bei etwa 1,5 Sonnenradien an.

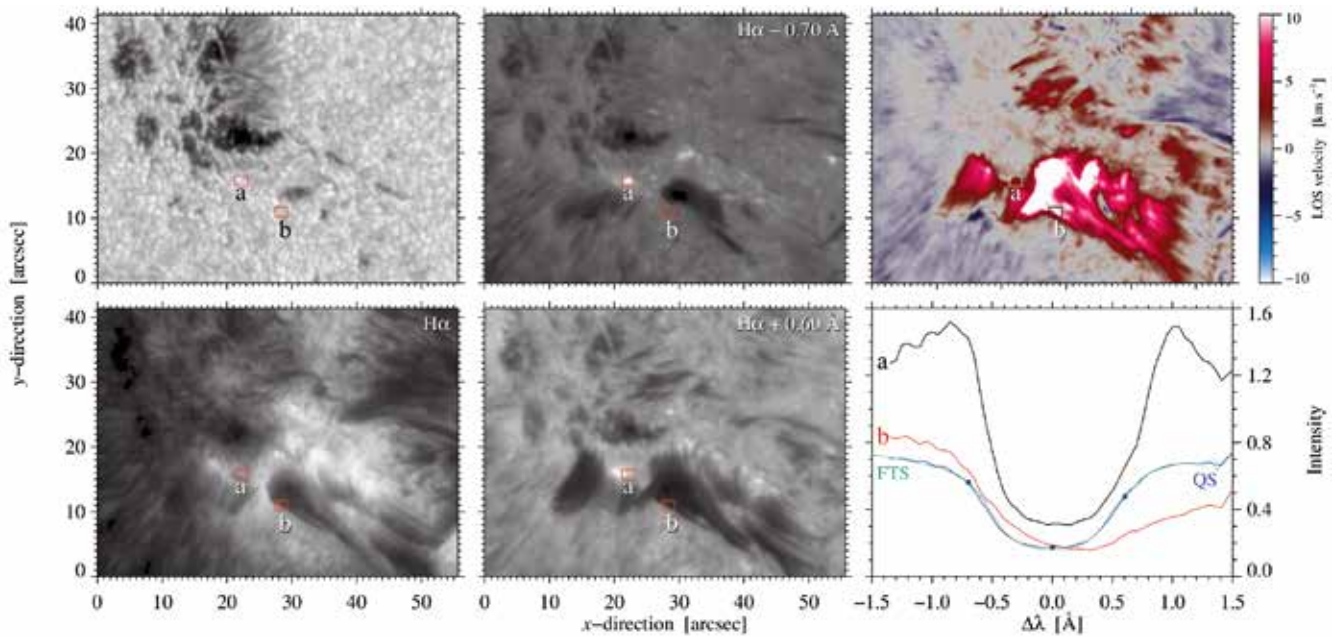


Fig. 3: Bildgebende Spektroskopie der aktiven Region NOAA 12139 beobachtet am 14. August 2014 mit dem GFPI in der starken chromosphärischen Absorptionslinie $H\alpha$ $\lambda 6562.8 \text{ \AA}$: Breitbandbild (oben-links) in der Nähe des $H\alpha$ Spektralbereichs, Linienkernintensitätsbild (unten-links), blauer Linienflügel (oben-mitte), roter Linienflügel (unten-mitte) und chromosphärische Doppler-Geschwindigkeit (oben-rechts), wobei blaue und rote Farben Auf- bzw. Abströmungen darstellen. Beispiele von Spektralprofilen (unten-rechts) sind für die Bereiche „a“ (schwarz), „b“ (rot), ruhige Sonne „QS“ (blau) und Fourier-Transformationsspektrometer (FTS) Spektralatlas (grün) dargestellt. Imaging spectroscopy of active region NOAA 12139 observed on 14 August 2014 with the GFPI in the strong chromospheric absorption line $H\alpha$ $\lambda 6562.8 \text{ \AA}$: broad-band image (top-left) near the $H\alpha$ spectral region, line-core intensity image (bottom-left), blue line-wing image (top-middle), red line-wing image (bottom-middle), and chromospheric Doppler velocity (top-right), where blue and red colors represent up- and downflows, respectively. Samples of spectral profiles (bottom-right) are shown for areas “a” (black), “b” (red), quiet-Sun “QS” (blue), and Fourier Transform Spectrometer (FTS) spectral atlas (green).

RESÜMEE

Die in der Abteilung Sonnenphysik gewonnenen Forschungsergebnisse stellen einen wichtigen Beitrag zur Astro- und Plasmaphysik dar. Daraus ergibt sich auf natürliche Weise eine enge Beziehung zu den Abteilungen „Magnetohydrodynamik und Turbulenz“ und „Sternphysik und Sternaktivität“ am AIP.

Mit der Beteiligung am Solar Orbiter und dem Sonnenteleskop EST (European Solar Telescope) sichert sich das AIP die Grundlage für eine erfolgreiche Fortsetzung der Forschungen auf dem Gebiet der Sonnenphysik für die kommende Dekade.

Durch das Verständnis der Prozesse auf der Sonne kann man den Einfluss der Sonne auf unsere Erde besser nachvollziehen, so dass damit ein Beitrag zum „Weltraumwetter“ geliefert wird.

The exploration of the Sun is important, because the Sun provides the Earth and its inhabitants with light and heat. Because of its proximity, the Sun can be observed as comprehensively as no other star with both high spatial and temporal resolution. Thus, the Sun is of great interest for astrophysics, as the processes in a star can best be studied there. This is referred to as “solar-stellar connection”.

The Sun is an active star. This is evident not only from the 11-year solar cycle, but also from eruptions, flares, and solar storms. Solar activity is determined by the magnetic field. For this reason, AIP focuses on processes associated with the magnetic field of the Sun from large to small temporal and spatial scales. These are plasma processes by their very nature. Since conditions prevail on the Sun that cannot be produced on Earth, the activity processes there are of special interest for plasma physics, e.g., Tokamak physics.

Solar activity has a direct influence on our planet, such as the climate. Solar storms can disrupt the functioning of electronic devices. Therefore, understanding the influence of the Sun on our Earth – also known as space weather – is of interest to society as a whole.

In the last decade, AIP's "Physics of the Sun" section has established a new observation base in cooperation with German and foreign institutes, the LOFAR (LOW Frequency ARray) radio interferometer and the GREGOR optical solar telescope. Thus, the processes in solar activity can be observed with much better spatial, temporal, and spectral resolution. In the reporting period 2016/17, important scientific results were achieved with both instruments, as reported below. AIP is also involved in the NASA RHESSI mission through financial support from the German Aerospace Center (DLR). Therefore, AIP is investigating processes of high-energy solar physics.

SOLAR ORBITER

Solar Orbiter is a space mission led by the European Space Agency (ESA). It is currently scheduled for launch in 2020, with the aim of investigating the Sun and the surrounding space at close range. For this purpose, Solar Orbiter is equipped with a series of remote sensing and in-situ instruments and will approach the Sun as close as 42 million kilometres. The inclination of Solar Orbiter's path in relation to the solar equator will increase to

about 34° over the course of the mission and thus make it possible to observe the processes at the solar poles.

AIP participates in this mission with financial support from DLR. AIP contributed to hardware components for the X-ray telescope STIX (Spectrometer/Telescope for Imaging X-rays) and the Energetic Particle Detector (EPD).

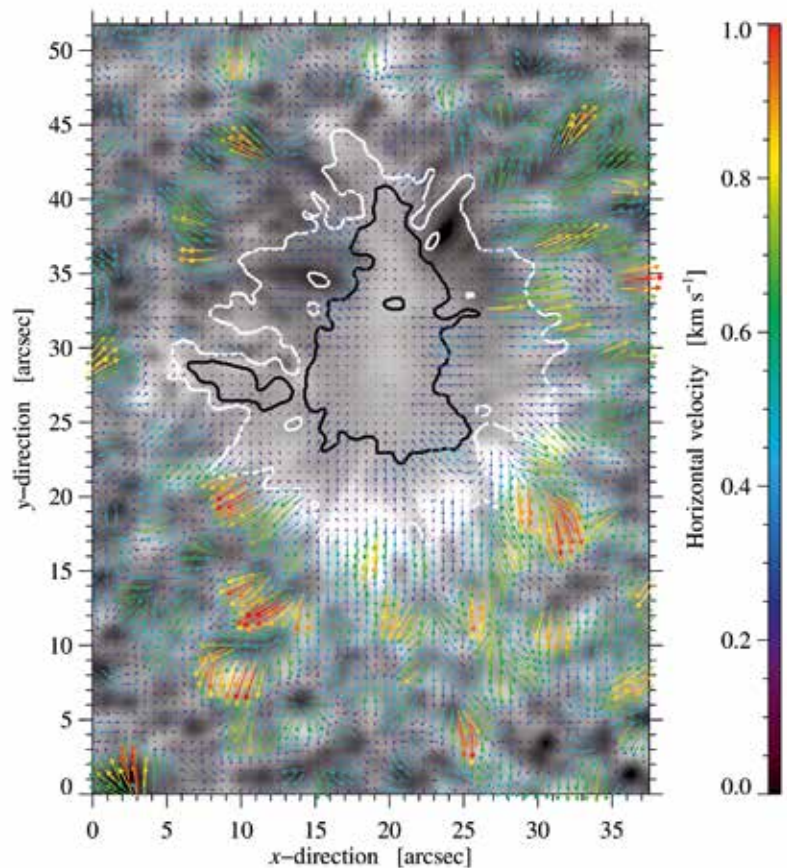
STIX is an X-ray telescope designed to measure hard X-rays in the energy range between 4 keV to 150 keV from the Sun. Here, AIP has made major contributions to the telescope's design, production, integration, and testing. In the period under review, the STIX flight model was manufactured, integrated, tested and delivered to Airbus Defense and Space (UK) on schedule. There, the instruments are integrated into the spacecraft and the launch of the probe is prepared. During Solar Orbiter's mission operation, AIP is responsible for providing STIX Aspect System data to the solar orbiter community.

The EPT is a particle detector that can measure fast, in-situ electrons with energies from 20 keV to 400 keV.

GREGOR FABRY-PÉROT INTERFEROMETER (GFPI)/ HIGH-RESOLUTION FAST IMAGER (HIFI)

Many processes in the photosphere and chromosphere of the Sun are very dynamic and the observed features change on time-

Fig. 4: *Dreidimensionales Strömungsfeld beobachtet in der aktiven Region NOAA 12597 am 24. September 2016. Die horizontalen Strömungen wurden aus einer Zeitreihe rekonstruierter GFPI-Breitbandbilder bei $\lambda 6122.7 \text{ \AA}$ abgeleitet, während die Dopplergeschwindigkeiten aus einem rekonstruierten Scan von schmalbandigen Filtergrammen der photosphärischen Fe I Linie bei $\lambda 6173.3 \text{ \AA}$ ermittelt wurden. Three-dimensional flow field observed in active region NOAA 12597 on 24 September 2016. The horizontal flows were derived from a time-series of restored GFPI broad-band images at $\lambda 6122.7 \text{ \AA}$, whereas the Doppler velocities were determined from a restored narrow-band scan of the photospheric Fe I $\lambda 6173.3 \text{ \AA}$ line.*



scales of a few minutes or even seconds. Imaging spectroscopy with the GREGOR Fabry-Pérot Interferometer (GFPI) is able to follow these fast processes and provides maps of the magnetic and velocity field in 3D. The newly installed High-Resolution Fast Imager (HiFI) complements the GFPI by providing context information at a 10–20 second cadence in the blue spectral region with a spatial resolution approaching the telescope's diffraction limit. Large-format and high-cadence detectors are used in solar observations to capture fast processes, and are driven by the need for short exposure times to “freeze” the atmospheric seeing, thus enabling post-facto image restoration. Based on our experience with the 1.5-metre GREGOR solar telescope (2014–2015) during the early science phase and the subsequent transition to routine

observations in 2016, we developed a framework for data collection and data management tailored towards image restoration and imaging spectroscopy. The heterogeneous and complex nature of multi-dimensional data arising from high-resolution solar observations sets an intriguing but also challenging example for big data in astronomy.

LOFAR

LOFAR is a novel radio interferometer operating in the frequency range of 10–250 MHz. Solar radio emission at these frequencies originates from the solar corona, the outer atmosphere of the Sun. Thus, LOFAR is capable of studying the physical processes in the solar corona with high spatial, temporal, and spectral resolution.

Fig. 5: Am 26. August 2014 wurde ein Mikroflare mit dem GFPI im Ca II $\lambda 8542$ Å Linienkern (unten links) entdeckt. Der Mikroflare wird in allen Panels durch die Konturen 2–4 hervorgehoben. Die obere Reihe zeigt die chromosphärische (He II $\lambda 304$ Å) und koronale (Fe VIII, XX, XXIII $\lambda 131$ Å) Emission des Mikroflares, wie sie mit der weltraumgestützten Atmospheric Imaging Assembly (AIA) an Bord des Solar Dynamics Observatory (SDO) zu sehen ist. Die roten (positiven) und blauen (negativen) Konturen, die auf dem Magnetogramm von SDOs Helioseismic and Magnetic Imager (HMI) überlagert sind, entsprechen ± 350 G. A micro-flare was detected in GFPI Ca II $\lambda 8542$ Å line-core images (bottom-left) on 26 August 2014. The micro-flare is highlighted in all panels by contours 2–4. The top row shows the chromospheric (He II $\lambda 304$ Å) and coronal (Fe VIII, XX, XXIII $\lambda 131$ Å) response to the micro-flare as seen with the space-borne Atmospheric Imaging Assembly (AIA) on-board the Solar Dynamics Observatory (SDO). The red (positive) and blue (negative) contours superposed on the magnetogram from SDO's Helioseismic and Magnetic Imager (HMI) on-board SDO refer to ± 350 G.

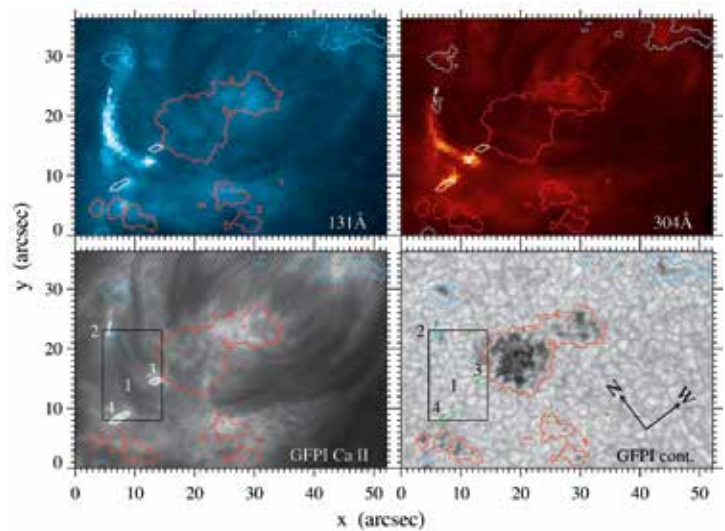
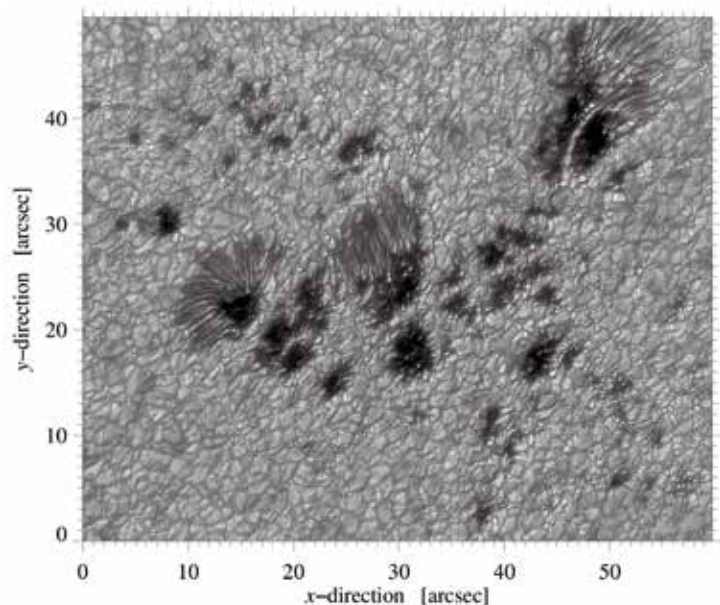


Fig. 6: Blaues Kontinuum Bild bei $\lambda 4505.5$ Å der aktiven Region NOAA 12529 aufgenommen mit HiFI am 11. April 2016. Das Bild wurde aus einer Zeitreihe von 100 kurz belichteten Bildern mit der in KISIP implementierten Speckle-Masking-Methode rekonstruiert. Blue continuum image at $\lambda 4505.5$ Å of active region NOAA 12529, obtained with HiFI on 11 April 2016. The image was restored from a time-series of 100 short-exposure images with the speckle masking method implemented in KISIP.



LOFAR has been used in the reporting period to study the density structure of the corona. A sequence of quiet Sun images has been recorded in the frequency range 10–90 MHz. Fig. 7 shows an example.

It is evident that the solar radio emission originates from the corona, which extends far beyond the limb of the optical Sun (see white circle in Fig. 7). Since radio waves with lower frequencies originate from larger coronal height, the Sun appears bigger with decreasing frequency. A quantitative analysis of such pictures requires consideration of not only radio wave emission and absorption, but also refraction effects.

Ray-tracing simulations can be used to understand coronal radio wave generation and propagation, and to predict radial intensity profiles. Through the variation of model parameters, like the coronal height corresponding to a given plasma density, or coronal temperature, it is possible to fit model profiles to observations. The results for all observed frequencies then can be combined

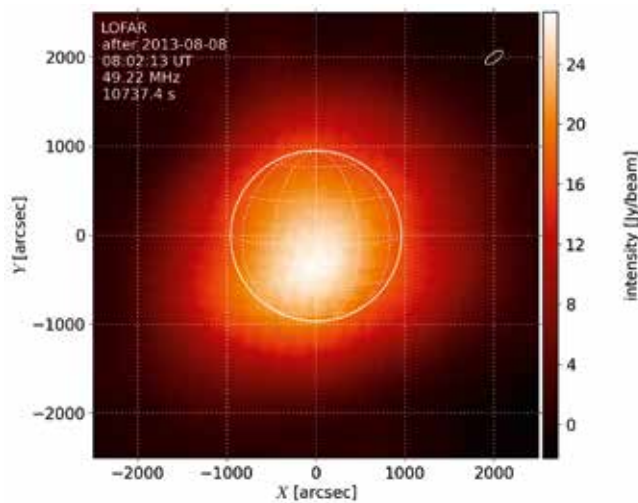


Fig. 7: LOFAR-Bild der ruhigen Sonne auf einer Frequenz von 49 MHz. Der weiße Kreis deutet die Größe der optischen Sonne an. LOFAR image of the quiet Sun at a frequency of 49 MHz. The white circle denotes the optical Sun.

into a coronal density profile (Fig. 8) as function of radial distance from the solar centre. The solid line denotes a hydrostatic density profile, while the dotted line corresponds to a solar wind profile. The data indicates the transition from a hydrostatic corona into the solar wind at about 1.5 solar radii.

RESUME

Scientific results from the “Physics of the Sun” section are an important contribution in astro- and plasma physics, leading to close collaborations with the sections “Magnetohydrodynamics” and “Stellar Physics and Stellar Activity”.

With its participation in Solar Orbiter and the ground-based European Solar Telescope (EST), AIP secures the basis for a successful continuation of research in solar physics for the next decade.

The study of the processes on the Sun and its influence on our Earth is an important contribution to “Space Weather”.

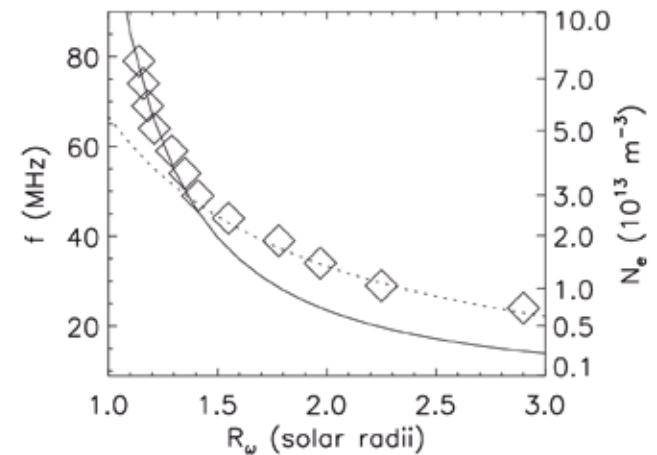


Fig. 8: Aus den LOFAR-Daten gewonnenes koronales Dichteprofil, mit hydrostatischem (durchgezogene Linie) und Sonnenwindprofil (gestrichelte Linie). Coronal density profile derived from LOFAR data, with hydrostatic (solid line) and solar wind profile (dotted line).

AUSGEWÄHLTE PUBLIKATIONEN

SELECTED PUBLICATIONS

Balthasar, H. et al.; GREGOR collaboration (2016): **Spectropolarimetric observations of an arch filament system with the GREGOR solar telescope**, *Astronomische Nachrichten* 337, 1050

González Manrique, S. J.; Bello González, N.; Denker, C. (2017): **High-resolution imaging spectroscopy of two micro-pores and an arch filament system in a small emerging-flux region**, *Astronomy & Astrophysics* 600, A38

Kuckein, C.; Diercke, A.; González Manrique, S. J.; Verma, M.; Löhner-Böttcher, J.; Socas-Navarro, H.; Balthasar, H.; Sobotka, M.; Denker, C. (2017): **Ca II 8542 Å brightenings induced by a solar microflare**, *Astronomy & Astrophysics* 608, A117

Louis, R.E. (2016): **Chromospheric activity in sunspot light bridges**, *Astronomische Nachrichten* 327, 1033

Morosan, D.E. et al. (2017): **The association of a J-burst with a solar jet**, *Astronomy & Astrophysics* 606, A81

Rouillard, A.P. et al. (2016): **Deriving the properties of coronal pressure fronts in 3D: Application to the 2012 May 17 ground level enhancement**, *The Astrophysical Journal* 833, 45

Verma, M. et al. (2016): **Horizontal flow fields in and around a small active region. The transition period between flux emergence and decay**, *Astronomy & Astrophysics* 596, A3


Vocks, C.; Dzifčáková, E.; Mann, G. (2016): **Suprathermal electron distributions in the solar transition region**, *Astronomy & Astrophysics* 596, A41

Warmuth, A.; Mann, G. (2016): **Constraints on energy release in solar flares from RHESSI and GOES X-ray observations, I. Physical parameters and scalings**, *Astronomy & Astrophysics* 588, A115

Warmuth, A.; Mann, G. (2016): **Constraints on energy release in solar flares from RHESSI and GOES X-ray observations, II. Energetics and energy partition**, *Astronomy & Astrophysics* 588, A116



Christoph Kuckein, Ekaterina Dineva, Meetu Verma, Robert Kamlah, Carsten Denker, Horst Balthasar, Jürgen Rendtel, Christian Vocks, Andrea Diercke, Alexander Warmuth, Gottfried Mann, Hakan Önel



*Der offene Sternhaufen M67 hat etwa das gleiche Alter
wie die Sonne (Aufnahme STELLA/WIFSIP, Teneriffa).
The open cluster M67 is about the same age as the Sun
(image STELLA/WIFSIP, Tenerife).*

STERNPHYSIK UND STERNAKTIVITÄT

STELLAR PHYSICS AND STELLAR ACTIVITY

Die Bereitstellung einer empirisch und theoretisch fundierten Basis für die Entwicklung der Sonne und ihrer Umgebung sowie das Verständnis der komplexen Zusammenhänge zwischen Konvektion, Turbulenz, differentieller Rotation und magnetischer Aktivität sind die primären Ziele des Programmbereichs. Letztendlich soll die Frage beantwortet werden, wie sich sonnenähnliche Sterne unter dem Einfluss von Magnetfeldern entwickeln und welche Auswirkungen stellare Aktivität auf die Habitabilität von Exoplaneten hat.

M67 UND DIE SOLAR-STELLARE VERBINDUNG

Unsere Sonne ist der Archetyp für die überwiegende Mehrheit der aktiven Sterne in unserer Galaxie. Die Idee, dass die Sonne ein Stern ist und dass die Sterne Sonnen sind, geht zurück ins alte Griechenland und wird „solar-stellare Verbindung“ genannt. Die Untersuchung des offenen Sternhaufens M67 hat diese wichtige Idee bestätigt: Die Rotationsperiode der Sterne im 4 Milliarden alten offenen Sternhaufen M67 entspricht ziemlich genau derjenigen der 4,6 Milliarden alten Sonne (Fig. 1).

M67 ist der einzige Sternhaufen mit einem sonnenähnlichen Alter, der einer detaillierten Studie zugänglich ist.

KLEINSKALIGER MAGNETISMUS

Mit Hilfe des Strahlungs-Magnetohydrodynamik-Codes CO5BOLD wurden detaillierte numerische Simulationen durchgeführt, um die Auswirkungen kleinskaliger Magnetfelder auf die Struktur und den Energiehaushalt von Sternatmosphären zu studieren. Es zeigte sich, dass ein anfänglich homogenes Magnetfeld nach kurzer Zeit durch die konvektiven Strömungen zu einzelnen kleinen Flussröhren konzentriert wird. In synthetischen Intensitätsbildern (Fig. 2) erscheinen diese als helle Punkte bzw. Bänder wie auf der Sonne tatsächlich beobachtet. Die magnetischen Elemente sind für eine Erhöhung der Netto-Strahlungsleistung verantwortlich, im Einklang mit der gemessenen Variation der „Solarkonstante“ über den Aktivitätszyklus.

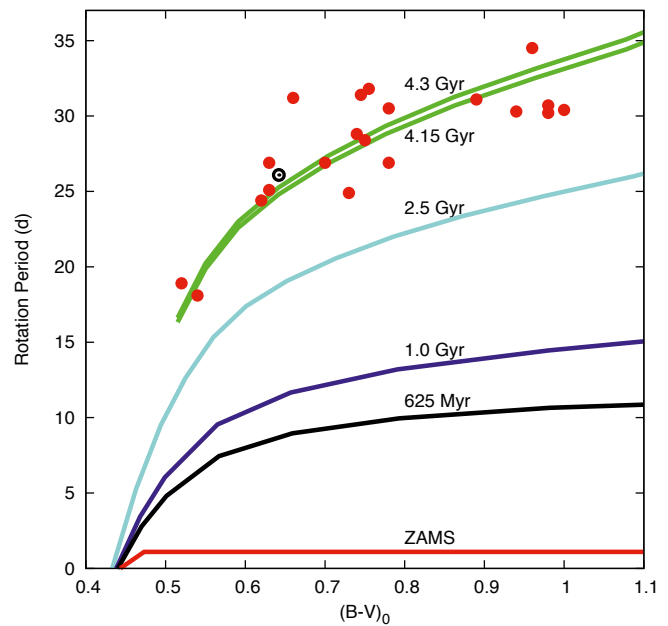


Fig. 1: Die gemessenen Rotationsperioden von Sternen in M67 (rote Punkte) definieren eine Sequenz in Abhängigkeit ihrer Farbe (eine Näherung für ihre Masse). Die Sonne befindet sich in diesem Diagramm ganz in der Nähe der M67 Sterne. Die Linien sind Vorhersagen aus Modellen für andere jüngere Sternhaufen. The rotation periods measured for stars in M67 (red circles) define a sequence when plotted against colour (a proxy for stellar mass). The Sun (black bull's eye) is located very close to stars of similar mass and age in M67. The solid lines indicate prior predictions for other (younger) star clusters.

ZEEMAN-DOPPLER IMAGING UND GRENZEN FÜR SONNENÄHNLICHE STERNE

Zeeman-Doppler Imaging (ZDI) erlaubt die Rekonstruktion der Temperatur- und Magnetfeldverteilung auf der Oberfläche eines Sterns anhand von beobachteten Stokesprofilen, unterliegt jedoch einigen fundamentalen Limitierungen. So kann die detaillierte Struktur von solaren Magnetogrammen nicht korrekt wiedergegeben werden (Fig. 3), obwohl die beobachteten Daten durch die Modellierung gut angepasst werden. Um das Magnetfeld langsam rotierender sonnenähnlicher Sterne zu rekonstruieren, müssen daher neue Strategien entwickelt werden, die den ganzen Stokes-Vektor nutzen. Dies kann durch den neuen Spektrographen PEPSI erreicht werden.

ANTISOLARE DIFFERENTIELLE ROTATION

Differentielle Oberflächenrotation ist einer der Schlüsselmechanismen der magnetischen Dynamoaktivität von Sternen mit konvektiven Hüllen. Vier Monate kontinuierlicher Spektroskopie des aktiven Unterriesen HU Virginis mit STELLA SES brachte eine Oberflächenrotation zu Tage, die genau entgegengerichtet zu der der Sonne ist: auf HU Vir rotieren die polaren Regionen schneller als der Äquator. Die Oberfläche des Sternes wurde mit Hilfe der Doppler-Imaging-Technik indirekt räumlich aufgelöst. Die entdeckten dunklen Sternflecken wurden dann verwendet, um die Oberflächenrotation als Funktion der stellaren Breite zu kartieren.

TEAM 2016/17

Xanthippi Alexoudi, Sydney A. Barnes, Gabriel Bihain, Thorsten A. Carroll, Manuel Flores-Soriano, Dario J. Fritzewski, Gohar Harutyunyan, Swetlana Hubrig (head), Ekaterina Ilin, Silva Jaervinen, Engin Keles, Andreas Kuenstler, Adriane Liermann, Claude T. Mack III, Matthias Mallonn, Alessandro Mott, Sara J. Schmidt, Matthias Steffen, Klaus G. Strassmeier, Juana Wendt.

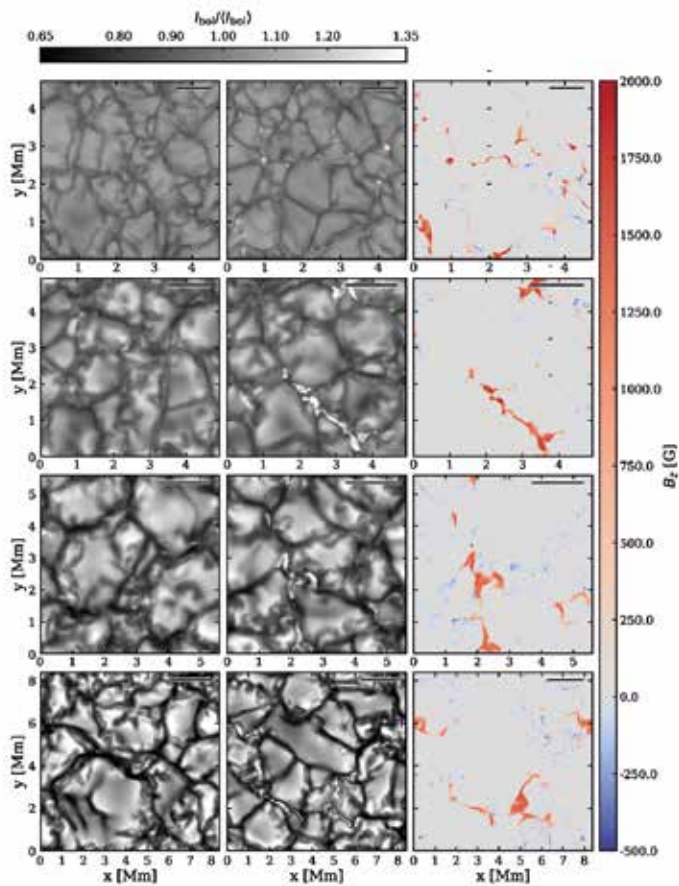


Fig. 2: Numerische Simulationen der Oberflächenkonvektion in sonnenähnlichen Sternen verschiedener Temperatur (von oben nach unten $T_{\text{eff}}=4000$, 5000, 5770, 6500 K). In den Intensitätsbildern der magnetischen Simulationen (Mitte) zeigen sich Magnetfeldkonzentrationen als Gebiete erhöhter Helligkeit (zugehörige Magnetfeldkarten rechts). In magnetfeldfreien Simulationen (links) fehlen solche Aufhellungen. Synthetic maps of emergent intensity (middle) and magnetic field strength at the stellar surface (right) from CO5BOLD magnetohydrodynamical simulations of convection in stars of different spectral types ($T_{\text{eff}}=4000$, 5000, 5770, 6500 K, from top to bottom). For comparison, the left column shows the intensity maps of non-magnetic reference simulations.

PHOTOSPHÄRISCHE UND CHROMOSPHERISCHE AKTIVITÄT AUF LQ HYDRAE

Junge sonnenähnliche Sterne zeigen starke chromosphärische Emissionen und Veränderungen in ihren Lichtkurven auf Zeitskalen von mehreren Monaten. Um den Zusammenhang zwischen photosphärischer und chromosphärischer Aktivität herstellen zu können, erfolgen vier Monate kontinuierlicher Beobachtungen des jungen Sterns LQ Hydrae mit STELLA und dem SES-Spektrografen. Die photosphärischen Veränderungen werden durch Eigenbewegungen der Flecken und nicht durch Veränderungen ihrer Größe oder Temperatur verursacht. Der Vergleich der Oberflächenkarten mit dem H α -Linienprofil zeigt eine eindeutige räumliche Korre-

lation zwischen aktiven Regionen in der Chromosphäre und den kühlen Flecken in der Photosphäre.

NACHWEIS VON ${}^6\text{Li}$ AUF EINEM AKTIVEN UNTERRIESEN

Der Stern HD123351 ist ein magnetisch aktiver KO „Unterriese“, d. h. ein kühler Stern, der gerade begonnen hat, sich zu einem roten Riesen zu entwickeln. Die Standardtheorie der Sternentwicklung sagt voraus, dass in Sternen dieser Entwicklungsphase das Lithium Isotop ${}^6\text{Li}$ bereits vollständig zerstört und das stabilere Isotop ${}^7\text{Li}$ deutlich gegenüber dem interstellaren Ausgangswert verringert sein sollte. Eine detaillierte spektroskopische Analyse von HD123351 mit Hilfe von 3D-Modellatmosphären unter Berücksichtigung von non-LTE Effekten ergab stattdessen eine relativ hohe ${}^7\text{Li}$ Häufigkeit (4-fach solar) und einen unerwartet deutlichen Nachweis von ${}^6\text{Li}$.

TRANSMISSIONSPEKTROSKOPIE VON EXOPLANETEN

Frühere Beobachtungen des heißen Jupiter-ähnlichen Exoplaneten HAT-P-32b wiesen Anzeichen einer Nebelschicht aus kondensiertem Material in der Planetenatmosphäre auf. Neue Folgebeobachtungen mit dem LBT ergaben die derzeit beste UV-Transitlichtkurve eines extrasolaren Planeten (Fig. 4) und zeigen, dass die Nebelschicht aus Silikat-Aerosolen besteht und eine vertikale Ausdehnung von zwei atmosphärischen Skalenhöhen hat. Die Aerosole verursachen Mie-Streuung und somit einen blauen Himmel auf dem Planeten ähnlich wie auf der Erde. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass Streuung des Sternenlichtes bei kurzen Wellenlängen ein verbreitetes Phänomen bei heißen Jupitern ist.

KOLLIDIERENDE STERNWINDE IM γ^2 VELORUM SYSTEM

In ihrem kurzen Sternleben beeinflussen massereiche Sterne ihre Umgebung durch schnelle Sternwinde, Massenauswurf und starke Strahlung. In Doppelsternen kollidieren die Winde der Sterne und lösen so Helligkeitsschwankungen des Sternsystems, die Beschleunigung von energetischen Teilchen und die Bildung von Staub aus. Das bekannte Sternsystem γ^2 Velorum, bestehend aus einem Wolf-Rayet und einem O Stern, wurde mit dem Very Large Telescope Interferometer der Europäischen Südsternwarte beobachtet, um die Komponenten des Sternsystems zu studieren und um zum ersten Mal eine räumlich aufgelöste Windkollisionszone mit 3D-hydrodynamischen Modellen zu analysieren.

SUPERFLARES BEI DEN KÜHLSTEN STERNEN

Der Supernovae Survey ASAS-SN durchmustert jede Nacht den gesamten Himmel auf der Suche nach variablen Objekten, auch nach Flare-Sternen. In diesem Zuge wurde für wenige Minuten eine 10.000-fache Helligkeitszunahme bei einem der kleinsten bekannten Sterne detektiert, die sehr wahrscheinlich durch Rekonexion von dessen Oberflächenmagnetfeld verursacht wurde. Obwohl Flares bei kühlen Sternen häufig auftreten können, wurde bis jetzt angenommen, dass die masseärmsten Sterne zu kühl sind, um dramatische Flares zu erzeugen. Die vorliegende Detektion eines Superflares auf einem kühlen massearmen Stern gibt Anlass, unsere Vorstellungen von Flare-Sternen zu revidieren.

The main objectives for this programme area are to provide an empirical basis for the history and future of the Sun and its environment, and to understand the complex interplay of convection, turbulence, differential rotation and magnetic activity. Ultimately, the question shall be answered as to how solar-type stars develop under the influence of magnetic fields and how stellar activity affects the habitability of exoplanets.

M67 AND THE SOLAR-STELLAR CONNECTION

Our Sun is the archetype for the vast majority of stars in our galaxy, especially those of low mass that are known to possess surface convection zones. The idea that the Sun is a star and that the stars are suns goes back to ancient Greece, and is called the “solar-stellar connection”. Detailed work on the 4 Gyr-old open star cluster M67 (Fig. 1) using the Kepler/K2 satellite has confirmed this important idea. It was shown that the Sun’s rotation period matches those of the stars in the 4 billion-year-old open cluster M67, the only star cluster close to solar age that is amenable to detailed study.

SMALL-SCALE MAGNETISM

To study the effect of small-scale magnetic fields on the energy balance of stellar atmospheres, detailed numerical simulations were carried out using the magneto-radiation-hydrodynamics code CO5BOLD. The simulations confirmed that the convective flows channel an initially homogeneous magnetic field into small flux concentrations that appear as bright points in the synthetic intensity maps (Fig. 2). The presence of small-scale magnetic fields leads to a slightly enhanced flux of radiative energy emerging from the model atmosphere, in agreement with the measured variation of the solar “constant” with the solar cycle.

ZEEMAN-DOPPLER IMAGING AND LIMITS FOR SUN-LIKE STARS

Although Zeeman-Doppler Imaging (ZDI) is a powerful technique for reconstructing the magnetic field distribution on stellar surfaces from an observed sequence of Stokes profiles, it encounters fundamental limits when applied to slowly rotating, Sun-like stars. The detailed structure of solar magnetograms cannot be adequately reconstructed (Fig. 3) although the observed line profiles are well reproduced by the model calculations. This calls for new inversion techniques using the full Stokes vector as provided by PEPSI.

ANTI-SOLAR DIFFERENTIAL ROTATION

Differential surface rotation is among the key mechanisms for the magnetic dynamo action of stars with convective envelopes. Four months of continuous spectroscopic monitoring of the active subgiant HU Virginis with STELLA SES revealed a surface rotation pattern that is opposite to what is known from the Sun. On HU Virginis, the regions near the poles spin faster than the equator. The result was obtained by applying a technique called Doppler imaging that indirectly resolves the stellar surface from a series of high-resolution spectral line profiles. The dark starspots detected on these images are used to track the stellar rotation as a function of latitude.

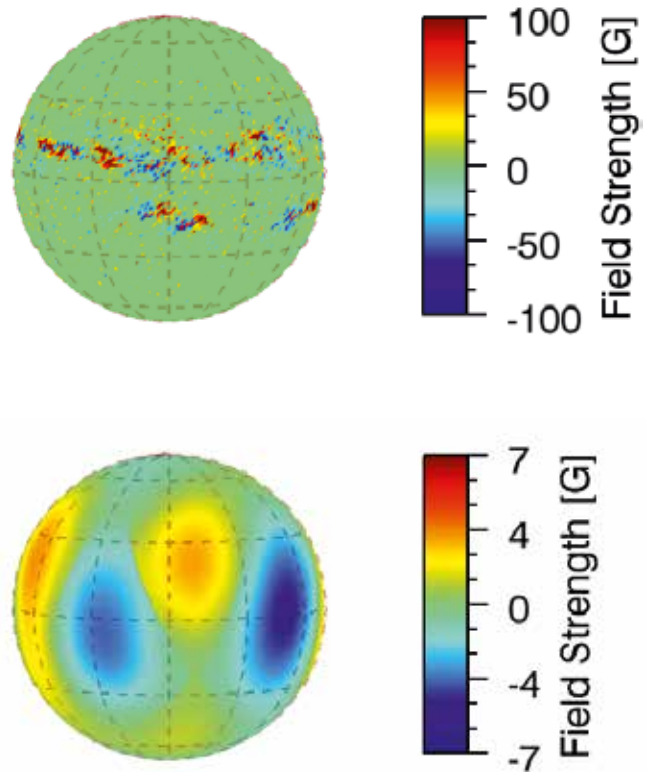


Fig. 3: Oben: Beobachtetes Magnetogramm der solaren Oberfläche. Die Farben zeigen die Magnetfeldintensität in Gauss. Unten: Die Rekonstruktion der obigen Magnetfeldkarte anhand einer Serie von Stokes-Profilen. Die Rechnungen basieren auf dem AIP-eigenen ZDI-Code iMap. Top: Observed magnetogram of the solar surface. Colour indicates magnetic field density in Gauss. Bottom: Reconstruction of the magnetogram above using a series of line profiles computed from a series of Stokes profiles. Based on AIP’s ZDI inversion software iMap.

PHOTOSPHERIC AND CHROMOSPHERIC ACTIVITY ON LQ HYDRAE

Young Sun-like stars exhibit strong chromospheric emission and significant changes in their photometric light curve on time scales of a few months. In order to find the source of these changes and assess the degree of spatial association between photospheric and chromospheric active regions, the STELLA/SES spectrograph observed one of these stars, LQ Hydrae, over four consecutive months. The results show that photospheric changes were dominated by the motion of the spots and not by changes in their size or temperature. Comparison of the spot maps and the H α line as the star rotates also reveals the spatial coexistence of chromospheric active regions and photospheric cool spots.

DETECTION OF ${}^6\text{Li}$ IN AN ACTIVE SUBGIANT

The star HD123351 is a magnetically active K0 subgiant on its first ascent on the red giant branch. In the framework of standard stellar evolution theory, ${}^7\text{Li}$ should be strongly depleted with respect to the initial, interstellar abundance, while the more fragile ${}^6\text{Li}$ should be completely destroyed. Our detailed determination

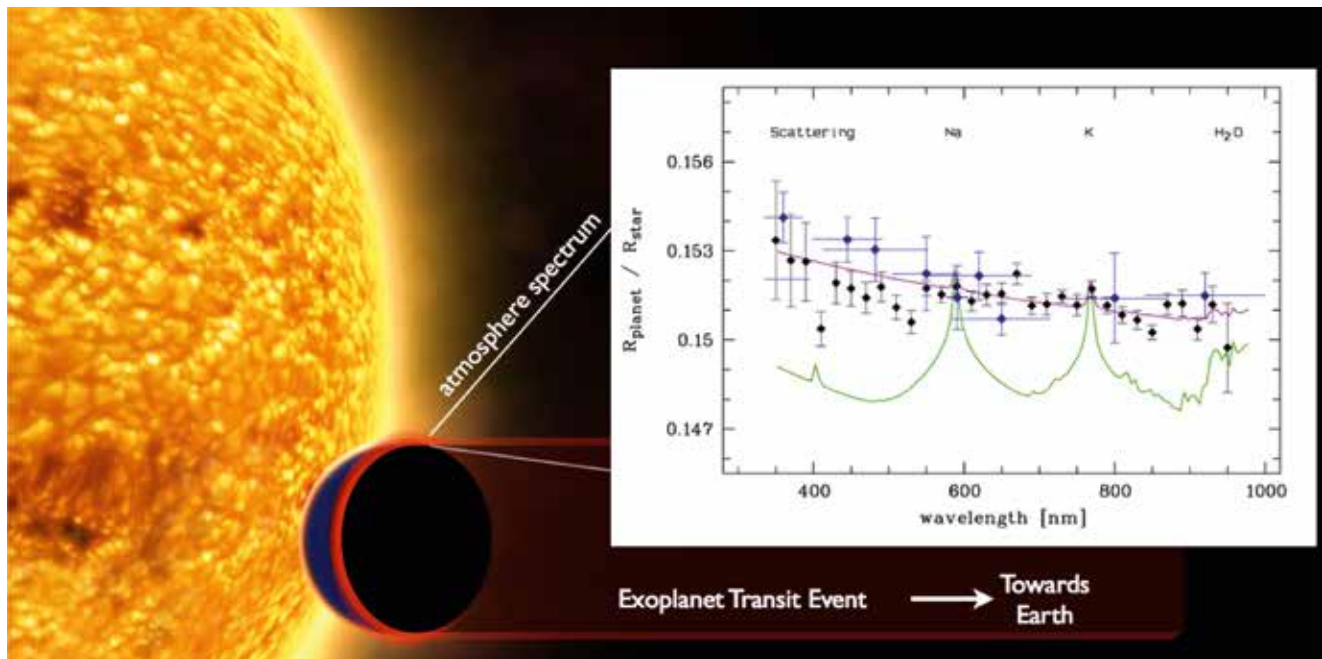


Fig. 4: Transmissionsspektroskopie eines extrasolaren Planeten. Die Grafik zeigt das Transmissionsspektrum des heißen Jupiters HAT-P-32b, beobachtet mit Spektroskopie am LBT und GTC (schwarze Punkte) und in Mehrfarben-Photometrie mit dem LBT und STELLA (blaue Punkte). Ebenso dargestellt ist ein Mie-Streuungs-Modell (lila Linie) und ein Modell einer aerosolfreien Atmosphäre (grüne Linie). Exoplanet transmission spectroscopy. The insert shows the transmission spectrum of the hot Jupiter HAT-P-32b observed in spectroscopy with the LBT and GTC (black dots), and in multi-colour photometry with the LBT and STELLA (blue dots). Also shown is a Mie-scattering model (purple line) and a model of an aerosol-free atmosphere (green line). (Credit background image: ESA, Insert: AIP)

of the lithium abundance and isotopic ratio utilised 3D hydrodynamic model atmospheres and non-LTE spectrum synthesis and revealed instead a lithium content in this star that is four times larger than that in the Sun, and a remarkably high ${}^6\text{Li}/{}^7\text{Li}$ isotopic ratio.

EXOPLANET TRANSMISSION SPECTROSCOPY

Previous observations of the close-in gas planet HAT-P-32b gave indications for a haze layer of condensed material in the planetary atmosphere. A new follow-up with the best ever near-UV transit light curve taken with the LBT provided new details (Fig. 4). The haze layer is formed by silicate aerosols and ranges over two atmospheric pressure scale heights in vertical extend. The aerosols cause Mie-scattering and a blue sky similar to planet Earth. Scattering dominating the blue part of the spectra seems to be common for extrasolar, close-in gas planets.

COLLIDING STELLAR WINDS OF γ^2 VELORUM

In their short lifetimes, high-mass stars crucially impact the ambient environment with fast stellar winds, mass ejection events

and strong radiation. In binary stars, the winds of components can collide and trigger effects such as brightness variations, particle acceleration, and dust condensation. The prominent star system γ^2 Velorum, consisting of a Wolf-Rayet and an O star, has been observed using the Very Large Telescope Interferometer of the European Southern Observatory with the aim of studying the individual stars and analysing the (for the first time) spatially resolved wind collision region of the system with 3D hydrodynamical models.

SUPERFLARES ON THE COOLEST STARS

The supernova survey ASAS-SN scans the entire sky every other night for evidence of variable objects in the sky, including flare stars. For a few minutes, one of the smallest stars in the sky increased its brightness by over 10,000 times in an energetic outburst likely caused by the re-connection of its surface magnetic field lines. While flares are frequent occurrences on cool stars, the very lowest mass stars were thought to be too cool to have dramatic flares. This first detection of a superflare on one of the smallest stars calls for a revision of our ideas about where we can expect stellar flares to occur.

AUSGEWÄHLTE PUBLIKATIONEN

SELECTED PUBLICATIONS

Barnes, S. A.; Spada, F.; Weingrill, J. (2016): **Some aspects of cool main sequence star ages derived from stellar rotation (gyrochronology)**, *Astronomische Nachrichten* 337, 810

Barnes, S. A.; Weingrill, J.; Fritzewski, D.; Strassmeier, K. G.; Platais, I. (2016): **Rotation period for cool stars in the 4 Gyr old open cluster M67, the solar-stellar connection, and the applicability of gyrochronology to at least solar age**, *The Astrophysical Journal* 823, 16

Flores-Soriano, M.; Strassmeier, K. G. (2017): **Short-term evolution and coexistence of spots, plagues and flare activity on LQ Hydrae**, *Astronomy & Astrophysics* 597, A101

Harutyunyan, G.; Strassmeier, K. G.; Künstler, A.; Carroll, T. A.; Weber, M. (2016): **Anti-solar differential rotation on the active sub-giant HU Virginis**, *Astronomy & Astrophysics* 592, A117

Hubrig, S.; Mikulášek, Z.; Kholtygin, A. F.; Ilyin, I.; Schöller, M.; Järvinen, S. P.; Scholz, R.-D.; Zejda, M. (2017): **Rotationally modulated variability and pulsations of the He-rich star CPD -62°2124 with an extraordinarily strong magnetic field**, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 472, 400

Järvinen, S. P.; Hubrig, S.; Ilyin, I.; Schöller, M.; Briquet, M. (2017): **The challenge of measuring magnetic fields in strongly pulsating stars: the case of HD 96446**, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 464, L85

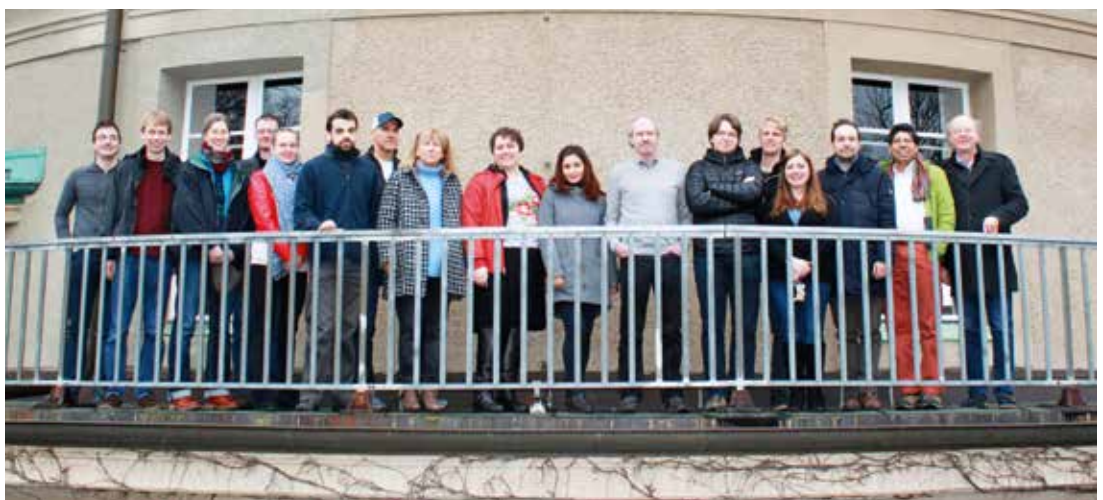
Mallonn, M.; Wakeford, H. R. (2017): **Near-ultraviolet transit photometry of HAT-P-32 b with the Large Binocular Telescope: Silicate aerosols in the planetary atmosphere**, *Astronomische Nachrichten* 338, 773

Mott, A.; Steffen, M.; Caffau, E.; Spada, F.; Strassmeier, K. G. (2017): **Lithium abundance and 6Li/7Li ratio in the active giant HD 123351. I. A comparative analysis of 3D and 1D NLTE line-profile fits**, *Astronomy & Astrophysics* 604, A44

Schmidt, S. J. et al. (2017): **ASASSN-16ae: A Powerful White-light Flare on an Early-L Dwarf**, *The Astrophysical Journal* 828, L22

Spada, F.; Demarque, P.; Kim, Y.-C.; Boyajian, T. S.; Brewer, J. M. (2017): **The Yale-Potsdam Stellar Isochrones**, *The Astrophysical Journal* 838, 161


Strassmeier, K. G.; Granzer, T.; Mallonn, M.; Weber, M.; Weingrill, J. (2017): **CoRoT photometry and STELLA spectroscopy of an eccentric, eclipsing, and spotted HgMn binary with sub-synchronized rotation**, *Astronomy & Astrophysics* 597, A55



Engin Keles, Dario Fritzewski, Adriane Liermann, Daniel Sablowski, Silva Järvinen, Manuel Flores Soriano, Thorsten Carroll, Swetlana Hubrig, Sarah Schmidt, Gohar Harutyunyan, Matthias Steffen, Alessandro Mott, Matthias Mallonn, Xanthippi Alexoudi, Igor Di Varano, Sydney Barnes, Klaus Strassmeier

EXTRAGALAKTISCHE ASTROPHYSIK
EXTRAGALACTIC ASTROPHYSICS





Der Forschungsbereich Extragalaktische Astrophysik widmet sich den großen stellaren Systemen, den Galaxien und den in ihnen ablaufenden physikalischen Prozessen wie zum Beispiel Sternentstehung, Quasar-Aktivität oder die chemischen Entwicklungen. Galaxien bilden damit die Brücke zwischen dem frühen Kosmos und der heutigen Epoche und legen Zeugnis ab über die kosmische Entwicklung von mehr als 13 Milliarden Jahren. Die verschiedenen Abteilungen im Forschungsbereich betrachten dabei die Entwicklung solcher Galaxiensysteme auf verschiedenen Skalen und mit verschiedener Auflösung: Für die Milchstraße, ihren Halo und benachbarte Zwerggalaxien lassen sich Galaxien noch in einzelne Sterne auflösen und in Populationen verschiedener Kinematik und chemischer Häufigkeiten zerlegen. Bei Entfernungen von einigen zehn bis einigen hundert Millionen Lichtjahren lassen sich Galaxien zumindest räumlich auflösen und in verschiedene Komponenten zerlegen – die Methode der 3D-Spektroskopie kommt hier zum Tragen, einer der Stützpfeiler des Technologieprogramms am AIP. Auf den größten Skalen schließlich dienen Galaxien und Quasare als Leuchttürme, um die Struktur des Kosmos und die Verteilung des intergalaktischen Gases auszuloten. Mittels moderner Instrumentierung an Großteleskopen (z. B. MUSE und 4MOST) sowie Satellitenmissionen (z. B. Gaia und eRosita), verbunden durch hochauflösende Computersimulationen an internationalen Supercomputern, werden so die verschiedenen Epochen des Kosmos zu einer gemeinsamen Entstehungsgeschichte verknüpft und vereinigt.

The research area of Extragalactic Astrophysics is dedicated to the study of large stellar systems and galaxies, and specifically their physical processes such as star formation, quasar activity and chemical evolution. Galaxies form the bridge between the early cosmos and the present epoch, and bear witness to the cosmic evolution of more than 13 billion years. The various sections in Extragalactic Astrophysics study the evolution of such galactic systems of different sizes and at different spatial resolutions. In the Milky Way, for example, its halo and neighbouring dwarf galaxies can be resolved into individual stars and thus divided into different subpopulations based on shared kinematic and chemical signatures. At distances of a few tens to a few hundred million light years, galaxies can be at least spatially resolved and decomposed into various components; the method of 3D spectroscopy comes into play here, one of the pillars of the technology program at AIP. Finally, on the largest scales, galaxies and quasars serve as lighthouses to explore the structure of the cosmos and the distribution of the intergalactic gas. Using modern instrumentation on large telescopes (e.g. MUSE and 4MOST) and satellite missions (e.g. Gaia and eRosita), connected by high-resolution computer simulations on international supercomputers, different epochs of the cosmos are combined and unified into a common origin.



*Milchstraße und Magellansche Wolken. The Milky Way and its neighbouring Magellanic Clouds.
(Credit: ESA/Gaia)*

MILCHSTRASSE UND DIE LOKALE UMGEBUNG

MILKY WAY AND THE LOCAL VOLUME

Galaxien sind komplexe Systeme aus Sternen, Gas, Staub und anderen Komponenten – wie der geheimnisvollen „Dunklen Materie“. Die Forschungsabteilung „Milchstraße und die lokale Umgebung“ untersucht unsere Heimatgalaxie und ihre nächstgelegenen Nachbargalaxien. Diese galaktischen Sternsysteme sind nahe genug, um im Detail, d. h. Stern für Stern, und in drei Dimensionen untersucht zu werden.

Die größten spektroskopischen, astrometrischen und asteroseismologischen Durchmusterungen helfen uns, die Struktur und Entstehungsgeschichte der Milchstraße zu verstehen. Umfangreiche abbildende Durchmusterungen naher Scheibengalaxien lösen die Randzonen der Galaxien in Einzelsterne auf und erlauben uns, die stellare Akkretionsgeschichte der jeweiligen Galaxie abzuleiten. Zur Analyse dieser Beobachtungen werden die neuesten chemischen, dynamischen und kosmologischen Evolutionsmodelle herangezogen.

Diese Wissenschaft wird Galaktische Archäologie oder Nahfeldkosmologie genannt, d. h. das Studium der Entstehung und Entwicklung galaktischer Systeme mittels Untersuchungen ihrer aufgelösten Sternpopulationen und deren chemischer Zusammensetzung und Dynamik aus kosmologischer Sicht. Wenn auch einzelne Sterne und stellare Systeme oft detailliert untersucht werden, so sind diese Einzeluntersuchungen doch nur ein Hilfsmittel, um den Galaxienentstehungsprozess als Ganzes zu verstehen.

DIE STRUKTUR DER MILCHSTRASSE

Umfangreiche spektroskopische Durchmusterungen ermöglichen, die Kinematik, die Entfernungen und die chemische Zusammensetzung von Milchstraßensternen zu bestimmen. Das Projekt RAVE (Radial Velocity Experiment) ist eine vom AIP geleitete, spektroskopische Durchmusterung von hellen Sternen am südlichen Himmel, die etwa eine halbe Million Spektren von Sternen erfasst hat.

TEAM 2016/17

Friedrich Anders, Anke Arentsen, Samuel Barden, Cameron Bell, Olga Bellido, Dorothee Brauer, Joar Brynnel, Ismael Carrillo, Cristina Chiappini, Maria-Rosa Cioni, Claudia Conrad, Roelof de Jong (head), Dalal El Yousoufi, Steffen Frey, Joris Gerssen, Guillaume Guiglion, In Sung Jang, Katja Janssen, Diana Johl, Georges Kordopatis, Andrea Kunder, Ivan Minchev, Giacomo Monari, Florian Niederhofer, Kawa Noman, Lydia Pangsy, Daniel Phillips, Jan Ruppert, Allar Saviauk, Thomas Schmidt, Olivier Schnurr, Ralf-Dieter Scholz, Else Starkenburg, Matthias Steinmetz, Jesper Storm, Marica Valentini, Roland Winkler, Jennifer Wojno, Kris Youakim

Rund 50 Prozent der Sterne des fünften RAVE-Datenreleases (DR5) weisen Parallaxen und Eigenbewegungen nach der astrometrischen Lösung „Tycho-Gaia“ der ersten Gaia-Datenveröffentlichung auf. Die stellaren Parameter im DR5 wurden unter Benutzung der ursprünglichen RAVE DR4 Pipeline errechnet, aber mit Sternen kalibriert, deren Schwerkraft durch aktuelle seismische Messungen der K2-Mission bestimmt wurde, sowie mit Gaia-Benchmark-Sternen und Sternen mit Ergebnissen aus hochauflösenden Studien.

Im Bereich der hochpräzisen chemischen Häufigkeitsanalyse sind seismische Informationen ausschlaggebend. Mit einem neuen Ansatz, in dem atmosphärische Parameter durch das Fixieren der Schwerebeschleunigung $\log(g)$ an den seismischen Wert unter iterativer Ableitung der Oberflächentemperatur und der Metallizität errechnet werden (was eine hohe Konsistenz der Sternparameter sicherstellt), ließ sich demonstrieren, dass höhere Genauigkeit der Häufigkeiten sogar in moderat aufgelösten Spektren erzielt werden kann.

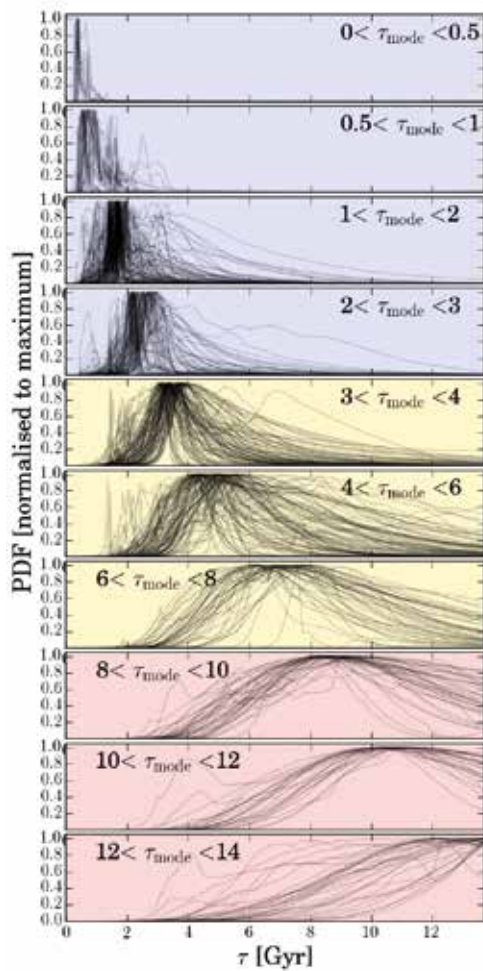
Ein Bayes'scher Parameterschätzungscode wurde auf eine Kombination asteroseismologischer Daten der Raummission CoRoT und die spektroskopischen Daten der APOGEE-Durchmusterung angewendet, um genaue Entfernungen, Extinktionen, Massen und Alter von 606 Roten Riesen über eine Spanne von galaktischen Distanzen (Fig. 1) zu berechnen. Während die Daten gut mit modernen chemo-dynamischen Modellen übereinstimmen, wird eine stärkere radiale Migration als erwartet benötigt, um Sterne mit höherer Metallizität in der äußeren Milchstraße zu erklären. Darüber hinaus könnte die beobachtete Altersspanne im Inneren der Galaxie eine verlängerte Sternentstehung im Bulge bzw. der dicken Scheibe offenlegen (Fig. 2).

Neue Radialgeschwindigkeiten für fast 1000 RR-Lyrae-Sterne, einige der ältesten Sterne der Milchstraße, wurden gemessen. Die RR-Lyrae-Sterne weisen eine heiße Kinematik, d. h. hohe zufällige Geschwindigkeiten und eine geringfügige Rotation auf.

Diese RR-Lyrae-Sterne sind somit Bestandteile der separaten Population des Balkens/Pseudobalkens, die momentan die Masse und Leuchtkraft der inneren Galaxie dominiert und eine geordnete Rotation zeigt. Die RR-Lyrae-Sterne weisen Metallizitäten, eine Kinematik und eine räumliche Verteilung auf, die mit einem „klassischen“ Bulge, der früh in der Entstehungsgeschichte der Milchstraße in einer turbulenten Phase der Akkretion und Sternentstehung auftrat, konsistent sind.

MODELLIERUNG MILCHSTRASSENÄHNLICHER GALAXIEN

Computersimulationen der Galaxienentstehung sind ein mächtiges Werkzeug, um die dominanten Prozesse zu verstehen, welche die Natur der Galaxien bestimmen. Es wird angenommen, dass Sterne mit schmalen Häufigkeitsintervallen von Eisen und α -Elementen, d. h. Mono-Häufigkeiten-Populationen (MAPs), einen leistungsfähigen Weg eröffnen, um die Scheibenstruktur der Milchstraße zu studieren, weil man davon ausgeht, dass die Sterne in den MAPs zur gleichen Zeit entstanden sind.



Mit Hilfe eines detaillierten Milchstraßenentstehungs- und entwicklungsmodells konnte gezeigt werden, dass diese MAPs nur im Ende der Verteilung, wo Sterne eine hohe Häufigkeit von α -Elementen aufweisen, mit gleichaltrigen Populationen äquivalent sind. Bei niedrigeren α -Element-Werten ist eine MAP aus verschiedenen alten Sternen zusammengesetzt, was eine simple Übersetzung von Häufigkeitsmustern in Altersmuster ausschließt.

DIE UNMITTELBARE NACHBARSCHAFT DER SONNE

Bei der Studie aller bekannten Braunen Zwerge und Sterne in unmittelbarer Nachbarschaft zur Sonne ($d < 6,5$ pc) fand sich eine sehr ungleichmäßige Verteilung der Braunen Zwerge am Himmel, die sich durch eine bisher unvollständige Durchmusterung nach solchen Braunen Zwergen in der nördlichen Hemisphäre erklären lässt (Fig. 3). Bei der Durchmusterung von etwa 550 nahen ($d < 50$ pc) F-Sternen, bei der nach Objekten mit Winkelabständen von 6–120 arcsec und gemeinsamen Eigenbewegungen gesucht wurde, konnten neben 100 bereits bekannten Begleitern 50 neue Komponenten identifiziert werden. Dabei wurden vorwiegend M- und wenige L-Zwerge sowie einige Weiße Zwerge aufgespürt.

Fig. 1: Die Verteilungsfunktion der Alterswahrscheinlichkeiten für Rote Riesen wird anhand asteroseismologischer Daten der CoRoT-Weltraummission und spektroskopischer Daten der APOGEE-Durchmusterung berechnet. Kombiniert man asteroseismologische und spektroskopische Messungen, erhält man eine bessere Altersbestimmung für Feldsterne als mit den jeweiligen Datensätzen allein. The age probability distribution functions calculated for red giant stars using both asteroseismology data from space mission CoRoT and spectroscopic data from the APOGEE survey. Combining asteroseismology and spectroscopic measurements allows better age determination for field stars than possible by either alone. (Credit: Friedrich Anders)

ENTDECKUNGEN IN BENACHBARTEN GALAXIEN

Eine Durchmusterung der Außenbereiche von neun Nachbargalaxien mit dem Hubble-Weltraumteleskop für den GHOSTS-Survey legte eine große Bandbreite der Eigenschaften, wie Masse, Metallizitäten und radiale Häufigkeitsgradienten der stellaren Halos bei milchstraßenähnlichen Galaxien offen.

Dabei ergab sich, dass eine starke Korrelation zwischen der Masse und der Metallizität der stellaren Halos besteht. Dies lässt sich durch ein Modell erklären, in dem die Halos aus akkretierten und zerrissenen Zwerggalaxien entstanden sind, wobei Galaxien mit schwereren Halos masse- und metallreichere Zwerggalaxien akkretiert haben (Fig. 4).

Überraschend ist, dass diese Eigenschaften der Halos nicht mit den Haupteigenschaften der Galaxien wie etwa der Masse des zentralen Bulge und des Schwarzen Lochs korrelieren. Die höheren Akkretionsraten scheinen keinen Einfluss auf die Hauptgalaxieneigenschaften zu haben, so wie es in den meisten Galaxienentstehungsmodellen vorausgesagt wird.

Galaxies are complex systems made of stars, gas, dust, and other components (such as the mysterious “Dark Matter”). The “Milky Way and the Local Volume” research section studies the Milky Way and its neighbouring galaxies. These nearby galactic stellar systems are close enough to be studied in great detail, star by star. Of prime importance is the study of the Milky Way, the only galaxy we can fully map in three dimensions.

The largest spectroscopic, astrometric, and asteroseismology surveys of the Milky Way help us understand the structure and formation history of the Milky Way. Extensive imaging surveys of nearby disk galaxies allow us to resolve their stellar outskirts and deduce their stellar accretion history. These observations are analysed with the latest chemical, dynamical, and cosmological galaxy evolution models.

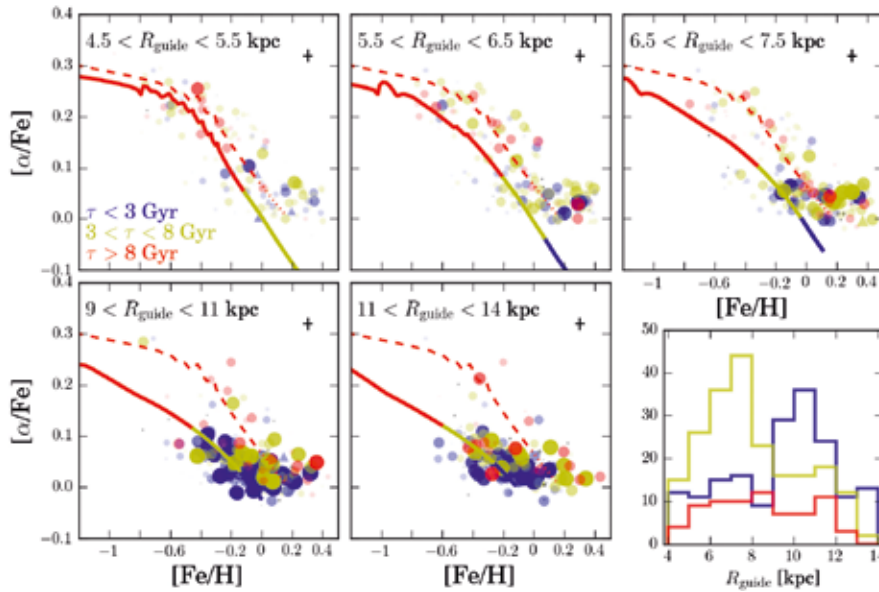


Fig. 2: Die Häufigkeit von α -Elementen und Eisen für fünf verschiedene Intervalle für den galaktocentrischen Radius, R_{guide} . Die Farbe repräsentiert Schätzungen des Sternalters, wie auf der ersten Tafel angezeigt: Blau zeigt Sterne jünger als 3 Milliarden Jahre, rot zeigt Sterne älter als 8 Milliarden Jahre, und gelb zeigt mittelalte Sterne. Die Linien stellen Modelle von Chiappini (2009) für die dünne (gerade Linie) und dicke (gestrichelte Linie) Scheibe dar. Die untere rechte Tafel zeigt die Verteilung R_{Guide} , sortiert nach den drei Alterseinteilungen. The α -element vs. iron chemical abundance plane for five different bins in Galactocentric guiding-centre radius, R_{guide} . The colour represents stellar age estimates, as indicated in the first panel: blue indicates stars younger than 3 billion years, red stars older than 8 billion years, and yellow intermediate ages. The lines show model predictions of Chiappini (2009) for the thin (solid) and the thick (dashed) disks. The lower right panel displays the overall R_{Guide} distributions of our sample split into the three age bins. (Credit: Friedrich Anders)

This research field is sometimes called Galactic Archaeology and Near-field Cosmology, i.e. the study of the formation and evolution of galactic systems through investigations of resolved stellar populations and their chemistry and dynamics within a cosmological framework.

Even though individual stars and stellar systems are often studied in quite some detail, they remain a tool and in the end the ultimate goal here is not to understand these individual elements of galactic systems, but to understand the galaxy formation process as a whole.

THE STRUCTURE OF THE MILKY WAY

Massive spectroscopic surveys enable us to determine the kinematics, the distances, and the chemical composition of Milky Way stars. The RAVE (Radial Velocity Experiment) project is an AIP-led, spectroscopic census of bright stars in the Southern sky that has obtained spectra of nearly half a million stars.

About 50 per cent of the stars in the fifth Data Release (DR5) of RAVE have parallaxes and proper motions from the Tycho-Gaia astrometric solution in Gaia DR1. Stellar parameters in DR5 are computed using the RAVE DR4 stellar pipeline, but calibrated using recent K2 Campaign 1 seismic gravities and Gaia benchmark stars, as well as results obtained from high-resolution studies.

Seismic information has become critical in the era of high-precision chemical abundance determination analyses. In a new approach, where atmospheric parameters are computed by fixing

$\log(g)$ to the seismic value, and iteratively deriving the surface temperature and overall metal abundance (thus ensuring high consistency among all stellar parameters), we demonstrated that it is possible to obtain higher accuracy in abundances, even in moderate-resolution spectra.

A Bayesian parameter estimation code was applied to a combination of asteroseismology data of the space mission CoRoT and spectroscopy data from the APOGEE survey to calculate accurate distances, extinctions, masses, and ages for 606 red giant stars over a range of Galactic distances (Fig. 1). While the data are fairly consistent with modern chemo-dynamical models, stronger radial migration than expected is needed to explain higher metallicity stars in the outer Milky Way. Furthermore, the observed age spread in the inner-Galaxy may reveal a prolonged star formation in the bulge/thick disk component (see Fig. 2).

We have obtained new radial velocities of nearly 1000 RR Lyrae stars, some of the oldest stars in the Milky Way. The RR Lyrae stars were found to exhibit hot kinematics (high random velocities) and negligible rotation.

These RR Lyrae stars are therefore members of a separate population from the bar/pseudobulge that currently dominates the mass and luminosity of the inner galaxy and which shows ordered rotation. The RR Lyrae stars have metal abundances, kinematics, and a spatial distribution that are consistent with a “classical” bulge created early in the formation of the Milky Way in a turbulent phase of accretion and star formation.

MODELLING MILKY WAY TYPE GALAXIES

Computer simulations of galaxy formation are a powerful tool for understanding the dominant processes that determine the nature of galaxies. Stars in narrow bins of iron and α -element abundance, i.e., mono-abundance populations (MAPs), are assumed to provide a powerful way to study the Milky Way disk structure, because stars in MAPs were thought to have been formed at the same time.

Using a detailed Milky Way formation and evolution model, we showed that these MAPs are only equivalent to coeval, or mono-age, populations in the tail of the distribution where stars have high α -element abundances. At lower α -element values, a MAP is composed of stars with a range in ages, which precludes simple interpretation of abundance patterns into age patterns.

THE IMMEDIATE SOLAR NEIGHBOURHOOD

Analysing all known brown dwarf and normal stars in the immediate solar neighbourhood ($d < 6.5$ pc), a very uneven distribution of brown dwarf stars on the sky was discovered (Fig. 3). An incomplete search for such nearby brown dwarfs in the northern hemisphere seems the most likely explanation. A study of all 550

nearby ($d < 50$ pc) F-stars to search for objects with common proper motion within angular distances of 6–120 arcsec revealed 50 new companions, next to the 100 already known companions. The new companions consist mostly of M-dwarfs, with some L-dwarf stars and a few white dwarfs.

DISCOVERIES IN NEIGHBOURING GALAXIES

Our Hubble Space Telescope imaging of the outskirts of 9 nearby galaxies in the GHOSTS survey revealed that Milky Way sized galaxies show a large range in the properties of their surrounding stellar halos, such as like their mass, metal abundance and radial abundance gradient. We find that there is a strong correlation between the mass and the metal abundance of the stellar halos, which can be explained in a model in which the halos are formed from accreted and disrupted dwarf galaxies, where galaxies with more massive halos have accreted more massive, more metal rich dwarf galaxies (Fig. 4). What is surprising is that these halo properties (mass, metal abundance) do not correlate with the main galaxy properties, such as central bulge and black hole mass. The higher accretion rate does not seem to have influenced the main galaxy properties as predicted by most galaxy formation models.

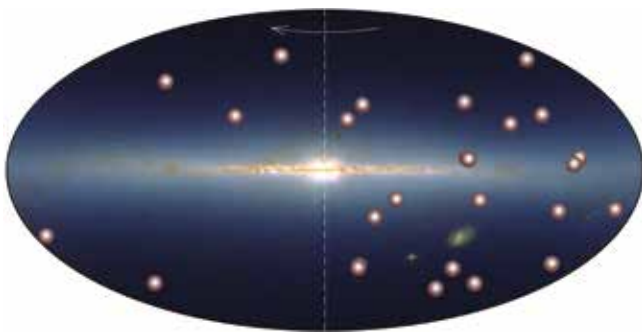


Fig. 3: Die Verteilung von bekannten nahen ($d < 6.5$ pc) Braunen Zwergen (hier dargestellt durch braune Kugeln) vor dem Hintergrund des Himmelspanoramas im Infrarotlicht. Der Pfeil zeigt die Rotationsrichtung der Milchstraße. Die gestrichelte Linie zieht die Grenze zwischen den zwei sehr verschieden besiedelten Hemisphären. The distribution of known nearby ($d < 6.5$ pc) brown dwarfs (depicted as brown spheres) shown against the background of a sky panorama in infrared light. The arrow indicates the direction of the rotation of the Milky Way; the dotted line separates the two very differently populated hemispheres. (Credit: AIP/2MASS)

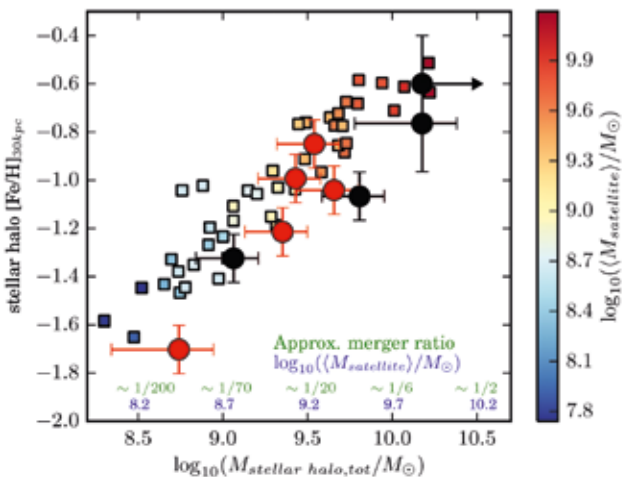


Fig. 4: Die Korrelation zwischen der stellaren Halomasse und der Metallizitäts-häufigkeit der Sterne in den Halos von milchstraßenähnlichen Galaxien. Die Kreise zeigen Messungen der GHOSTS-Durchmusterung mit dem Hubble-Weltraumteleskop. Galaxien mit klassischen Bulges sind schwarz dargestellt, Galaxien mit Pseudobulges rot. Die Quadrate zeigen die simulierten stellaren Halomassenhäufigkeiten des Zwerggalaxienakkretionsmodells von Deason et al. (2016). Die Quadrate sind farbcodiert, entsprechend der Durchschnittsmasse der zum Halo zugehörigen Satelliten. The correlation between stellar halo mass and metal abundance of the stars in the halos of Milky Way size galaxies. The circles indicate Hubble Space Telescope measurements from the GHOSTS survey. Galaxies with classical bulges are shown in black; galaxies with pseudobulges are shown in red. Squares show simulated stellar halo masses and metal abundances from the dwarf galaxy accretion models of Deason et al. (2016). The squares are colour-coded according to the mass weighted mean stellar mass of the contributing satellites to the halo. (Credit: Eric Bell)

AUSGEWÄHLTE PUBLIKATIONEN

SELECTED PUBLICATIONS

Anders, F. et al. (2017): **Red giants observed by CoRoT and APOGEE: The evolution of the Milky Way's radial metallicity gradient**, *Astronomy & Astrophysics* 600, A70

Conrad, C. et al.; RAVE collaboration (2017): **A RAVE investigation on Galactic open clusters . II. Open cluster pairs, groups and complexes**, *Astronomy & Astrophysics* 600, A106

de Jong, R. S. et al.; 4MOST collaboration (2016): **4MOST: the 4-metre Multi-Object Spectroscopic Telescope project at preliminary design review**, *SPIE* 9908, 990810

Kordopatis, G.; Wyse, R. F. G.; Chiappini, C.; Minchev, I.; Anders, F.; Santiago, B. (2017): **Cardinal kinematics – I. Rotation fields of the APOGEE survey**, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 467, 469

Kunder, A. et al.; RAVE collaboration (2016): **The Radial Velocity Experiment (RAVE): Fifth Data Release**, *The Astronomical Journal* 153, 75

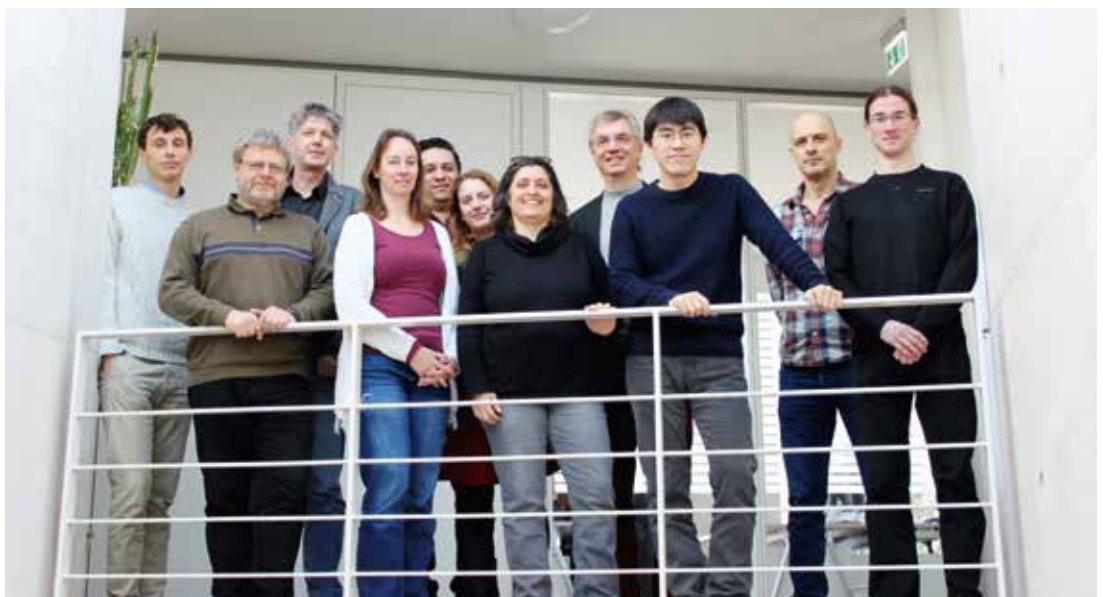
Kunder, A. et al. (2016): **Before the Bar: Kinematic Detection of a Spheroidal Metal-poor Bulge Component**, *The Astrophysical Journal Letters* 821, L25

Miglio, A. et al.; PLATO collaboration (2017): **PLATO as it is: A legacy mission for Galactic archaeology**, *Astronomische Nachrichten* 338, 644

Minchev, I.; Steinmetz, M.; Chiappini, C.; Martig, M.; Anders, F.; Matijevic, G.; de Jong, R. S. (2017): **The Relationship between Mono-abundance and Mono-age Stellar Populations in the Milky Way Disk**, *The Astrophysical Journal* 834, 27

Valentini, M. et al.; RAVE collaboration (2016): **RAVE stars in K2. I. Improving RAVE red giants spectroscopy using asteroseismology from K2 Campaign 1**, *Astronomy & Astrophysics* 600, A66

Wojno, J. et al.; RAVE collaboration (2016): **Chemical separation of disc components using RAVE**, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 461, 4246



Giacomo Monari, Ralf-Dieter Scholz, Roelof de Jong, Katja Weingrill, Ismael Carrillo, Marica Valentini, Cristina Chiappini, Matthias Steinmetz, In Sung Jang, Ivan Minchev, Guillaume Guiglion

4MOST

4MOST

Unterzeichnung der 4MOST-Vereinbarung am 23. August 2016 am AIP. Dr. R. de Jong, A. Martis, Prof. Dr. J. Wanka, Prof. Dr. T. de Zeeuw, Dr. M. Münch, Prof. Dr. M. Steinmetz, M. Winker. Signing of the 4MOST agreement on 23 August 2016 at AIP. Dr. R. de Jong, A. Martis, Prof. Dr. J. Wanka, Prof. Dr. T. de Zeeuw, Dr. M. Münch, Prof. Dr. M. Steinmetz, M. Winker.



DAS 4-METER MULTI-OBJECT SPECTROSCOPIC TELESCOPE

4MOST ist ein Vielkanalspektrograph mit großem Gesichtsfeld, der für die Europäische Südsternwarte (ESO) für VISTA, das 4-Meter-Multi-Objekt-Teleskop der ESO, gebaut wird. Das neue Instrument wird umfangreiche simultane spektroskopische Messungen von Sternen und Galaxien ermöglichen.

Zum einen wird die aus den Messungen resultierende 3D-Karte der Milchstraße die Geheimnisse der Galaxienentstehung entschlüsseln. Zum anderen wird die 3D-Karte von Galaxien und aktiven Galaxienkernen Messungen ermöglichen, um sowohl die Expansionsgeschichte, als auch das Wachstum von Strukturen im Universum nachzuvollziehen.

4MOST wird in naher Zukunft das einzige Weitfeldinstrument für hochmultiplexe Spektroskopie in der südlichen Hemisphäre sein. Als solches wird es aktuelle und zukünftige große bodenbasierte (z. B. VISTA, VST, DES, LSST, SKA) und raumbasierte All-Sky-Surveys (z. B. Gaia, eROSITA, EUCLID, PLATO) ergänzen.

Das 4MOST-Konsortium steht unter der Leitung des AIP und setzt sich aus mehr als 300 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern sowie Ingenieurinnen und Ingenieuren an 19 Instituten in Deutschland, dem Vereinigten Königreich, Frankreich, Schweden, der Schweiz, Australien und den Niederlanden zusammen. Es hat zur Aufgabe, das Instrument zu entwickeln, zu konstruieren, zu betreiben und wissenschaftliche Projekte durchzuführen.

4MOST ist seit 2011 in der Entwicklung und hat bereits den ESO Preliminary Design Review (PDR; Juni, 2016), den Long-Lead-Item Final Design Review (LLI-FDR, Februar 2017) und den Data Flow Design Review (DFDR, März 2017) erfolgreich durchlaufen.

Das Ende der finalen Designphase ist für Mai 2018 geplant, nach der der Bau aller Systeme beginnt. Die konsortiumweiten wissenschaftlichen Projekte (Consortium Survey Science Cases) inklusive der Objektkataloge und Beobachtungsstrategien werden im Jahr 2018 abschließend definiert. Die Beobachtungsanträge für die restlichen 30 Prozent der Beobachtungszeit werden von der ESO Gemeinschaft eingebracht.

Nach Inbetriebnahme wird 4MOST ein weltweit führendes Instrument mit einer einzigartigen Kombination aus großem Gesichtsfeld, Multiplex, spektraler Auflösung und Lichtempfindlichkeit sein. Das Instrument wird über ein 2,5° durchmessendes Gesichtsfeld verfügen, in dem 2.436 Spektren simultan aufgenommen werden können: 1.624 Spektren mit einer mittleren Auflösung ($R > 5000$) und einer Wellenlängenabdeckung von 370–950nm parallel zu 812 hochaufgelösten Spektren ($R > 18.000$) in drei Wellenlängenbändern. Ziel ist es, 4MOST Mitte 2022 am VISTA Teleskop zu installieren und die erste 5-Jahres-Durchmusterung mit einem Umfang von 20 Millionen Spektren zu beginnen.

Die Konstruktion einiger Subsysteme, die längere Zeit in Anspruch nimmt (die sogenannten Long Lead Items) hat bereits begonnen. Die optischen Komponenten für den Weitfeldkorrektor und Spektrographen sowie das Material für den Positionierer und die Glasfaserbündel wurden beschafft. Ein Teleskopsimulator wurde entwickelt, um verschiedene Designentscheidungen zu unterstützen und um wissenschaftliche Anforderungen zu validieren. Ein detaillierter Plan für den 4MOST-Datenfluss ist unter den Partnern beschlossen worden.

THE 4-METRE MULTI-OBJECT SPECTROSCOPIC TELESCOPE

4MOST is a European Southern Observatory (ESO) project to build a wide-field, multi-fibre spectroscopic survey facility for installation on the ESO/VISTA 4-m telescope. The new instrument will enable massively parallel spectroscopic measurements of stars and galaxies.

On one hand, the resulting 3D map of the Milky Way will unravel the mysteries of the formation of our galaxy. Yet the 3D Map of galaxies and active galactic nuclei will also enable measurements charting the expansion history of the universe as well as the growth of structure within it.

4MOST will be the only wide-field, high-multiplex spectroscopic survey facility in the southern hemisphere for the foreseeable future. As such, it will uniquely complement current and projected large, all sky survey facilities on the ground (e.g., VISTA, VST, DES, LSST, SKA) and in space (e.g., Gaia, eROSITA, EUCLID, PLATO).

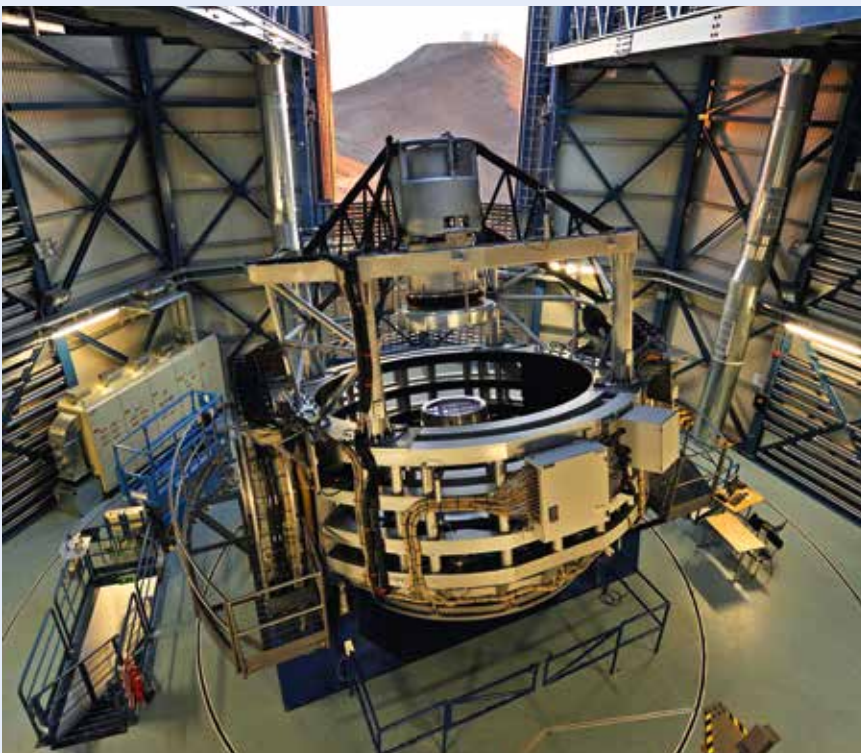
The 4MOST Consortium under AIP leadership consists of more than 300 scientists and engineers from 19 institutes in Germany, the UK, France, Sweden, Switzerland, Australia, and the Netherlands, and is tasked with developing, constructing, commissioning, operating, and scientifically exploiting the facility.

In development since 2011, 4MOST has passed ESO's Preliminary Design Review (PDR; June, 2016) and Long-Lead-Item Final Design Review (LLI-FDR; February, 2017). The project furthermore conducted a Data Flow Design Review (DFDR) in March 2017.

Final design is scheduled for May 2018, after which construction of all systems will commence. Full Consortium Survey science cases, including target catalogues and survey strategies, are being finalised in 2018 and proposals to fill 30% of the observing capability to complement the consortium guaranteed observing time will be solicited from the ESO community in 2019.

Once completed, 4MOST will be a world-leading spectroscopic survey facility that is unique in its combination of wide-field, multiplex, spectral resolution and sensitivity. The instrument will provide a 2.5°-diameter field-of-view in which 2,436 spectra are obtained simultaneously: 1,624 spectra of medium resolution ($R > 5000$) and wavelength coverage from 370–950nm in parallel with 812 high-resolution spectra ($R > 18,000$) in three wavelength bands. The goal is to install 4MOST on VISTA in mid-2022 and initiate the first five-year survey delivering more than 20 million spectra.

Construction of the long lead items has been started; the detector systems, the optical components of the wide field corrector and the spectrographs, and the positioner spine and fibre materials have all been ordered and construction is underway. A full 4MOST facility simulator has been developed to support design trade-offs and to validate the science performance requirements. A detailed plan for 4MOST operations has been developed with ESO and the complex structure of the 4MOST data flow has been agreed between the many parties involved.



Das VISTA Telescope der ESO mit geöffneter Kuppel und Blick auf das Paranal Observatorium. The VISTA telescope of the ESO with open dome and view of the Paranal Observatory. (Credit: E.G. Hübepohl (atacamaphoto.com)/ESO)



VISTA-Aufnahme der Kleinen Magellanschen Wolke (links) und 47 Tucanae, eines Kugelsternhaufens in unserer Milchstraße (rechts) im Rahmen der VMC Studie. Die drei Farben (Y-blau, J-grün, Ks-rot) zeigen Sterne mit unterschiedlichen Eigenschaften. VISTA image of the Small Magellanic Cloud (left) and the Milky Way globular cluster 47 Tucanae (right) obtained from the VMC survey. The three colours (Y-blue, J-green, Ks-red) indicate stars with different properties. (Credit: ESO/VISTA/VMC)

ZWERGGALAXIEN UND DER GALAKTISCHE HALO

DWARF GALAXIES AND THE GALACTIC HALO

Zwerggalaxien spielen eine wichtige Rolle in der Entstehung und der Evolution des galaktischen Halos. In Bezug auf die Milchstraße stellen diese Systeme typische Beispiele für das Einverleiben kleinerer Galaxien dar, was die Kollision mit Galaxien beschreibt, die mindestens um den Faktor zehn kleiner sind. Dabei sind die Gezeitenkräfte der größeren Galaxie in der Lage, sukzessiv Materie (Dunkle Materie, Sterne und Gas) von der Satellitengalaxie zu entziehen, bis diese nach einigen Umläufen völlig auseinandergerissen ist. Die beste Methode zur Detektion der Überbleibsel kombiniert die Information von Positionen, Bewegungen und der chemischen Zusammensetzung von individuellen Markern. Das Einverleiben kleiner Galaxien geschieht häufig im Universum. Umfangreicheres Wissen wird uns ein besseres Verständnis über die hierarchische Strukturbildung im kosmologischen Kontext erlauben.

DIE MAGELLANSCHEN WOLKEN

Die Magellanschen Wolken sind die größten und leuchtkräftigsten Begleitgalaxien der Milchstraße. Sie näherten sich erst vor wenigen Milliarden Jahren, wahrscheinlich gemeinsam mit ihren assoziierten Satelliten. Infolgedessen stellen sie eine frühe Phase der Einverleibung von kleineren Galaxien dar. Die Große und die Kleine Magellansche Wolke (LMC und SMC) sind ein metallarmes und nahes Zweiersystem mit einer Verbindungsbrücke und einem

Strom aus Gas. Die beiden Galaxien bestehen aus Gas und Sternen, deren Altersspektrum das gesamte Alter des Universums umfasst. Als Labor sind sie erstklassig geeignet für Studien an stellaren Populationen und Messungen der Entfernungsskala.

Die Daten der VMC-Studie (VISTA near-Infrared Survey of the Magellanic System) erlauben uns dank mehrerer Beobachtungsepochen die Messung der Bewegungen von stellaren Populationen. Durch seine projizierte Nähe zur SMC ist auch der Kugelsternhaufen 47 Tucanae (NGC 104), der sich eigentlich in der Milchstraße befindet, in der Studie enthalten. Er diente als Versuchslabor, um eine neue Methode zur Berechnung von stellaren Bewegungen in der Himmelsebene mit der Nutzung der PSF-Photometrie (point-spread function) zu erproben. PSF-Photometrie erlaubt eine bessere Bestimmung der Sternpositionen in Regionen mit hohen Sternendichten. Zur Berechnung der absoluten Bewegung wurden Hintergrundgalaxien als ruhend betrachtet und als unbewegter Referenzrahmen für die Sterne genutzt. Gemittelt über 35.000 individuelle Mitglieder wurde mit VMC-Daten die Gesamtbewegung des Kugelsternhaufens über eine Zeitspanne von 17 Monaten berechnet, welche nahe an den Messungen des Hubble-Weltraumteleskops (Fig. 1) liegen. Die entwickelte Technik wird nun auf alle VMC Felder der SMC angewendet, um neuartige Details in ihrer internen Kinematik zu studieren.

ENTFERNUNGEN UND STRUKTUREN ABGELEITET VON VERÄNDERLICHEN STERNEN

Pulsierende veränderliche Sterne, wie z. B. Cepheiden und RR-Lyrae-Sterne, sind wichtige Indikatoren junger (<200 Millionen Jahre) beziehungsweise sehr alter (>10 Milliarden Jahre) Sternpopulationen. Mit Hilfe dieser Sterne lassen sich Entfernungen genau messen, da sie im nahen Infrarotbereich einer engen Beziehung zwischen Periode, Leuchtkraft und Metallizität folgen. Ein Vergleich der gemessenen Entfernungen zu den Magellanschen Wolken mit bedeckungsveränderlichen Doppelsternen hat ergeben, dass die Metallizität von Cepheiden nur einen sehr geringen Effekt auf deren Leuchtkraft hat. Das hat wiederum direkte Auswirkungen auf die extragalaktische Entfernungsleiter, da diese stark von Cepheiden als Standardkerzen abhängt.

Eine Studie der dreidimensionalen Struktur der Cepheiden in der SMC bestätigt, dass diese stark gestreckt und asymmetrisch ist. Des Weiteren dominieren 200 Millionen Jahre alte Cepheiden die zentralen Bereiche der Galaxie und folgen länglichen Strukturen in den Außenbereichen. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass diese durch Gezeitenkräfte geformt wurden, z. B. durch die Wechselwirkung zwischen LMC und SMC – zur selben Zeit, als auch die Verbindungsbrücke entstand.

Im Gegensatz dazu dominieren 100 Millionen Jahre alte Cepheiden, obwohl sie über die Hauptgalaxie verteilt sind, eine Region im Nordosten. Es ist möglich, dass diese Cepheiden entstanden, nachdem das Gas von der SMC durch die Wechselwirkung mit der LMC abgestreift wurde.

STAUBABSORPTION VON HINTERGRUNDGALAXIEN

Eine neue Methode zur Bestimmung der interstellaren Rötung innerhalb der Magellanschen Wolken macht sich die Farben von Hintergrundgalaxien zu Nutze. Diese sind vor allem wichtig, da sie gleichmäßig hinter den Magellanschen Wolken verteilt sind – verglichen mit anderen Objekten, die typischerweise zur Bestimmung der Rötung verwendet werden (z. B. Sterne des Roten Klumpens). Daher kann mit ihrer Hilfe die gesamte Tiefe der beiden Galaxien untersucht werden, im Gegensatz zur Verwendung von Sternpopulationen, die sich teilweise vor den Galaxien befinden und/oder der allgemeinen Sternverteilung entlang der Sichtlinie folgen.

Hintergrundgalaxien werden zuerst über mehrere Auswahlkriterien in Bezug auf ihre Farbe und Helligkeit, aber auch auf ihre Morphologie identifiziert. Die dafür verwendeten Daten sind eine Kombination von Langzeitaufnahmen der Magellanschen Wolken im Optischen (SMASH) und nahen Infrarotbereich (VMC).

TEAM 2016/17

Anke Arentsen, Cameron Bell, Tim Luis Borck, Maria-Rosa Cioni (head), Dalal El Youssefi, Florian Niederhofer, Lydia Pangsy, Else Starkenburg, Thomas Schmidt, Jesper Storm, Kris Youakim

Danach werden die spektralen Energieverteilungen (SEV) der Hintergrundgalaxien im Wellenlängenbereich von 0,3 bis 2,5 μm erstellt. Zuletzt wird die Rötung entlang der Sichtlinie zu jeder Galaxie mit Hilfe eines Programms, das die SEVs an Modelle anpasst, ermittelt. Die Rötung entlang der Sichtlinie besteht aus mehreren Komponenten:

- i) die Vordergründrötung, verursacht durch die Milchstraße
- ii) die Rötung innerhalb der Magellanschen Wolken
- iii) die Rötung innerhalb der Hintergrundgalaxien selbst, die voneinander getrennt werden müssen.

Die resultierenden großflächigen, hochaufgelösten Karten der Rötung der Magellanschen Wolken werden einen wichtigen Beitrag zur Bestimmung des Alters und der chemischen Zusammensetzung von verschiedenen Sternpopulationen leisten.

Dwarf galaxies play a major role in the formation and evolution of the Galactic halo. These systems, with respect to the Milky Way, illustrate typical examples of minor merging events, the collision of galaxies that differ in mass by at least a factor of ten. In a minor merger, tidal forces from the larger galaxy are capable of gradually stripping material (dark matter, stars and gas) from the satellite galaxy, that after several orbital periods gets fully disrupted. The best methodology to detect the tidal debris of disrupted satellites combines information on the position, motion, and chemical composition of individual tracers. Minor mergers occur frequently in the Universe and a more comprehensive knowledge of such mergers will allow us to better understand hierarchical structure formation in a cosmological context.

THE MAGELLANIC CLOUDS

The Magellanic Clouds are the largest and most luminous dwarf satellite galaxies in the Milky Way. They entered under the influence of Galactic potential only a few billion years ago, perhaps together with their associated satellites, and hence represent an early phase of a minor merger event. The Large and Small Magellanic Cloud (LMC and SMC) are metal poor, nearby and depict an interacting binary system with an associated bridge and stream. They contain gas and stars that span the entire age-range of the Universe. They are a prime laboratory for studies of stellar populations and for measuring the distance scale.

The VISTA near-infrared survey of the Magellanic Clouds (VMC) data allow us to measure the proper motions of stellar populations, thanks to its multi-epoch nature. Owing to its close projected vicinity to the SMC, the galactic globular cluster 47 Tucanae (NGC 104) is also included in the VMC survey. This cluster served as a testbed for developing an updated technique of deriving stellar motions in the plane of the sky using new point-spread function (PSF) photometry. The advantage of using PSF photometry is that it provides better determinations of the stellar centroids, even in regions with high stellar densities. To calculate absolute proper motions, background galaxies that are assumed to be at rest provide a non-moving reference frame for the measurement of stellar motions. Averaged over 35,000 individual cluster

members, the values of the overall motion of the cluster measured with VMC data span a total time baseline of 17 months, and are close to space-based measurements using the Hubble Space Telescope (Fig. 1). The techniques developed in this preparatory study are now being applied to all VMC tiles covering the SMC in order to study with the internal kinematics of this nearby satellite in unprecedented detail.

DISTANCES AND STRUCTURE FROM VARIABLE STARS

Pulsating variable stars like Cepheids and RR Lyrae stars are important tracers of young (<200 million years) and very old (>10 billion years) stellar populations. They can be used to measure precise distances as they follow tight period-luminosity-metallicity relations in the near-infrared. A study of the influence of metallicity on the Cepheid luminosities utilising the new, very accurate eclipsing binary distances to the LMC and SMC found that the effect is very small. This has direct implications for the extra galactic distance scale as it depends critically on the Cepheids as a standard candle.

A study of the three-dimensional structure traced by SMC Cepheids confirms that it is highly elongated and asymmetric. Furthermore, 200 million year old Cepheids dominate the central regions of the galaxy and follow elongated structures in the outskirts indicative of having been subjected to tidal stripping resulting, for example, from the interaction between the LMC and the SMC at the time of the formation of the Bridge. On the contrary, 100 million-year-old Cepheids, although distributed over the main galaxy, dominate an off-centre region to the north-east. It is possible that these Cepheids formed after the gas was stripped from the SMC at the moment of its interaction with the LMC.

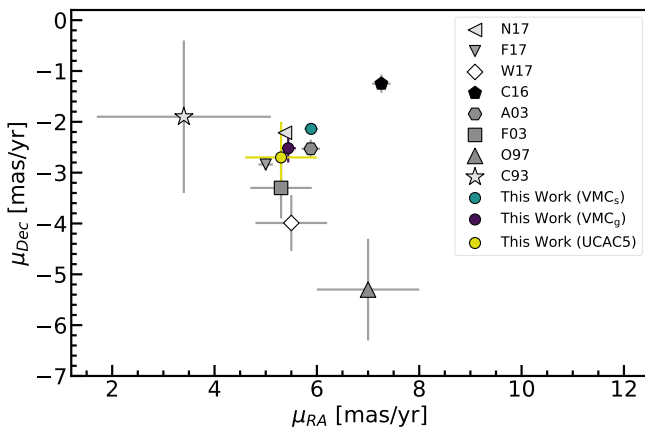


Fig. 1: Eigenbewegungsmessungen des Sternhaufens 47 Tucanae in der Milchstraße. Die verschiedenen Symbole geben Medianwerte an, die unter Verwendung der VMC-Daten mit galaxien- und sternbasierten Transformationen zwischen einzelnen Epochen berechnet wurden, sowie Werte von UCAC5-Sternen im Vergleich zu Literaturstudien. Proper motion measurements of the Milky Way stellar cluster 47 Tucanae. The different symbols indicate median values obtained using the VMC data with galaxy-based and star-based transformations between single epochs, as well as values from the UCAC5 stars compared to values from literature studies.

DUST ABSORPTION FROM BACKGROUND GALAXIES

A novel technique to determine the intrinsic reddening of the Magellanic Clouds uses the colours of background galaxies. The latter are important because, compared to the typically adopted stellar tracers of reddening, e.g. red clump stars, these are homogeneously distributed behind the Clouds. They thus probe their full depth, unlike stellar populations which might be partly in the foreground and/or following the general stellar distribution in depth.

By combining deep optical (from SMASH) and near-infrared photometry (from VMC) across the Magellanic Clouds, background galaxies are first identified using a combination of colour-magnitude and morphological selections. Then their corresponding spectral energy distributions (SEDs) are created which cover the wavelength range from 0.3 to 2.5 micron. Finally, the best-fit line-of-sight reddening to each background galaxy is calculated using a template-based SED fitting code. This line-of-sight reddening, however, comprises several components:

- i) the foreground Milky Way reddening,
 - ii) the intrinsic reddening of the Magellanic Clouds and
 - iii) the intrinsic reddening of the background galaxies themselves,
- that need to be disentangled.

The resultant large-scale, high-resolution reddening maps of the Magellanic Clouds will be extremely useful to investigate the age and metal content of different stellar populations.



Fig. 2: Infrarotbilder unserer Nachbargalaxie, der Kleinen Magellanschen Wolke, und des hellen Sternhaufens 47 Tucanae in der Milchstraße (unten rechts), aufgenommen mit dem VISTA-Teleskop. Infrared images of our neighbouring galaxy, the Small Magellanic Cloud, and the bright Milky Way globular star cluster 47 Tucanae (lower-right panel) taken with the VISTA telescope. (Credit: ESO/VISTA VMC)

AUSGEWÄHLTE PUBLIKATIONEN

SELECTED PUBLICATIONS

Cioni, M.-R. L. et al. (2016): **The VMC survey – XVII. The proper motion of the Small Magellanic Cloud and of the Milky Way globular cluster 47 Tucanae**, *Astronomy & Astrophysics* 586, A77

Kunder, A. et al. (2016): **Before the Bar: The Hidden Bulge of the Milky Way**, *The Astrophysical Journal Letters* 821, 25

Nidever, D. L. et al. (2017): **SMASH: Survey of the Magellanic Stellar History**, *The Astronomical Journal* 154, 199

Niederhofer, F. et al. (2017): **The search for multiple populations in Magellanic Cloud clusters – I. Two stellar populations in the Small Magellanic Cloud globular cluster NGC 121**, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 464, 94

Niederhofer, F. et al. (2017): **The search for multiple populations in Magellanic Cloud clusters – II. The detection of multiple populations in three intermediate-age SMC clusters**, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 465, 4159

Ripepi, V. et al. (2017): **The VMC survey – XXV. The 3D structure of the Small Magellanic Cloud from Classical Cepheids**, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 472, 808

Starkenbourg, E. et al. (2017): **The Pristine survey – I. Mining the Galaxy for the most metal-poor stars**, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 471, 2587

Sun, N. et al. (2017): **The VMC survey – XXVII. Young Stellar Structures in the LMC's Bar Star-forming Complex**, *The Astrophysical Journal* 849, 149

Wielgórski, P.; Pietrzyński, G.; Gieren, W.; Kudritzki, R.-P.; Zgirski, B.; Bresolin, F.; Storm, J.; Matsunaga, N.; Graczyk, D.; Soszyński, I. (2017): **A precision determination of the metallicity effect on Cepheid absolute magnitudes in VIJHK bands from Magellanic Cloud Cepheids**, *The Astrophysical Journal* 842, 116

Youakim, K. et al. (2017): **The Pristine survey – III. Spectroscopic confirmation of an efficient search for extremely metal-poor stars**, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 472, 2963



Dalal El Youssoufi, Else Starkenburg, Maria-Rosa Cioni, Florian Niederhofer, Tim Luis Borck, Anke Arentsen, Jesper Storm, Thomas Schmidt, Cameron Bell, Kris Youakim

DIE FRÜHE MILCHSTRASSE

THE EARLY MILKY WAY

DIE FRÜHE MILCHSTRASSE

Wie sah das Universum aus, als die ersten Sterne ihr Licht in die Dunkelheit strahlten? Viele Hinweise zur Beantwortung dieser Frage finden sich in unserer eigenen Milchstraße, in der die ältesten Sterne Informationen aus dem frühen Universum enthalten. Die ältesten Generationen von Sternen sind geprägt durch die chemischen Bedingungen im frühen Universum. Sie bestehen fast ausschließlich aus den Elementen Wasserstoff, Helium und Lithium. Das detaillierte Studium dieser Sterne ist nur im lokalen Universum möglich. Und selbst dort wird ihre Erforschung durch die Schwierigkeit, sie zu finden, erschwert. Sterne mit weniger als 1/1000 des solaren Metallgehalts (oder „Metallizität“) stellen nur einen Anteil von 0,12 Prozent der Sterne einer typischen Beobachtung dar. Die Arbeitsgruppe konzentriert sich auf die Erforschung der frühesten Geschichte unserer Milchstraße, um diese seltenen metallarmen Sterne zu entdecken und analysieren.

DIE PRISTINE-HIMMELSDURCHMUSTERUNG

Um dieses Ziel zu erreichen, verwendet die Pristine-Himmelsdurchmusterung einen Schmalbandfarbfilter auf dem Weitwinkel-Imager des 4-Meter-Kanada-Frankreich-Hawaii-Teleskops. Dieser Farbfilter ist auf sehr starke Calciumabsorptionslinien in Sternspektren zentriert. Durch Vergleich des Lichts in diesem Wellenlängenbereich mit der Messung in Breitbandfiltern können sehr metallarme Kandidaten mit schmalen Calciumabsorptionslinien isoliert werden. Die nachfolgende Spektroskopie dieser Kandidaten zeigt eine sehr hohe Erfolgsquote bei der Suche nach diesen seltenen Sternen (siehe Fig. 1). Wie in Fig. 2 dargestellt, folgt aus kosmologischen Simulationen, dass diese alten Sterne in den inneren Regionen und Randgebieten der Galaxie am besten auffindbar sind. Die Pristine-Himmelsdurchmusterung untersucht deshalb sowohl den äußeren Halo, als auch die innere Galaxie.

The oldest generations of stars present an imprint of the chemical conditions in the early Universe: they are almost fully made out of the elements hydrogen, helium and lithium. Studying these stars in detail is only possible in the local Universe, and even that research is greatly hampered by the difficulty in finding them. Stars with less than 1/1000 of the solar metal content (or “metallicity”) – of which some will belong to the second generation of stars formed – constitute only 0.12 per cent of the population in a typical observation towards the Galaxy halo. The research group focuses on the study of the earliest history of our Milky Way galaxy by uncovering and analysing these rare metal-deficient stars.

THE PRISTINE SURVEY

To achieve this goal, the Pristine survey data are analysed. The Pristine survey uses a narrow-band colour filter on the wide-field imager of the 4-meter Canada-France-Hawaii Telescope. This colour filter is centred on very strong calcium absorption lines in stellar spectra. By measuring the light in this wavelength region through the narrow-band filter in comparison with broad-band filters, very metal-deficient candidates with small calcium absorption lines can be isolated. Follow-up spectroscopy of these candidates shows a very high success rate of finding these rare types of stars (see Fig. 1). As illustrated in Fig. 2, cosmological simulations predict that the best places in the Galaxy to look for these old stars are the inner regions and the outskirts. The Pristine survey therefore has both a programme surveying the outer halo as well as the inner Galaxy.

THE EARLY MILKY WAY

What was the Universe like just after the Big Bang, when the first stars were forming to shine their light? One way to study this question is to look carefully at our own galaxy where the oldest stars alive today still carry information from the early Universe.

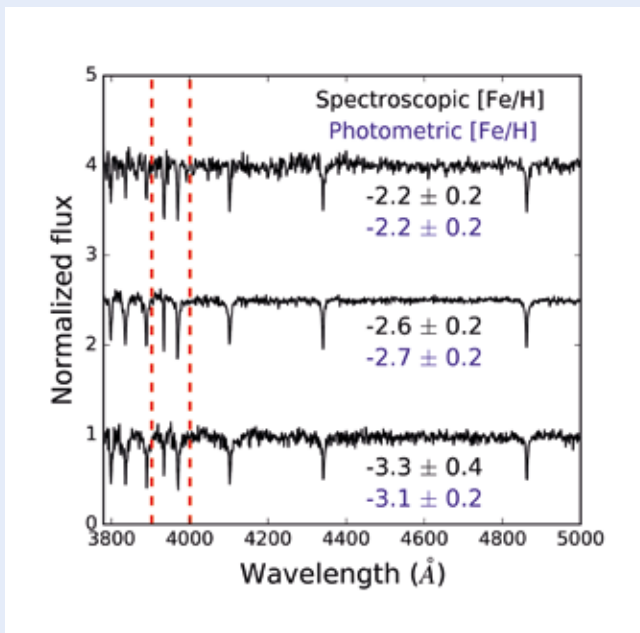


Fig. 1: Die Entdeckung der metallärmsten Sterne in der Milchstraße: Die Abbildung zeigt die Ergebnisse der spektroskopischen Nachbeobachtung des Pristine-Projekts für drei Sterne mit ähnlichen Temperaturen. Die photometrische [Fe/H]-Messung von Pristine stimmt mit der spektroskopischen gut überein. Die Calcium-K-Absorptionslinie (links zwischen den roten Linien) wird deutlich schmaler mit abnehmendem [Fe/H]. Die Ergebnisse von Pristine zeigen eine ~180-fache Erfolgsrate der Entdeckung extrem metallarmer Sterne im Vergleich zu zufälligen Stichproben (Abbildung nach Youakim et al., 2017, MNRAS, 472, 2963). How well can the most metal-deficient stars in the Milky Way be uncovered? This figure shows results from the spectroscopic follow-up campaign of the photometric Pristine survey for three stars with similar temperature. The photometric [Fe/H] estimates from Pristine agree well with the spectroscopic metallicity. The Ca K absorption line (left inside the red lines) becomes smaller with decreasing [Fe/H]. From our overall sample, we conclude that the success rate is approximately 180 times higher than looking for these extremely metal-deficient stars randomly. (Figure adapted from Youakim et al., 2017, MNRAS, 472, 2963).

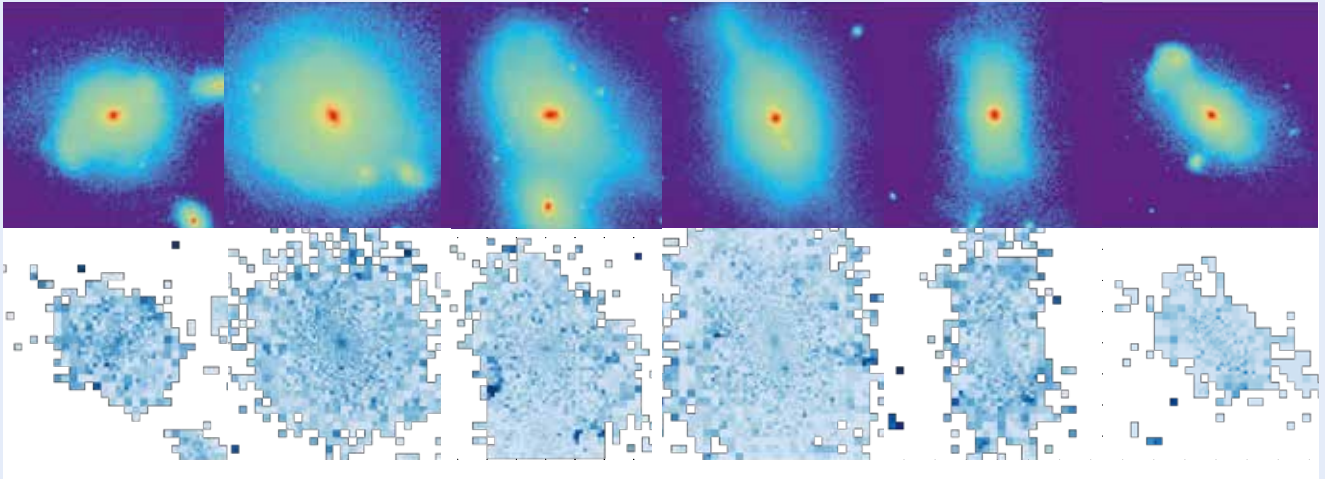
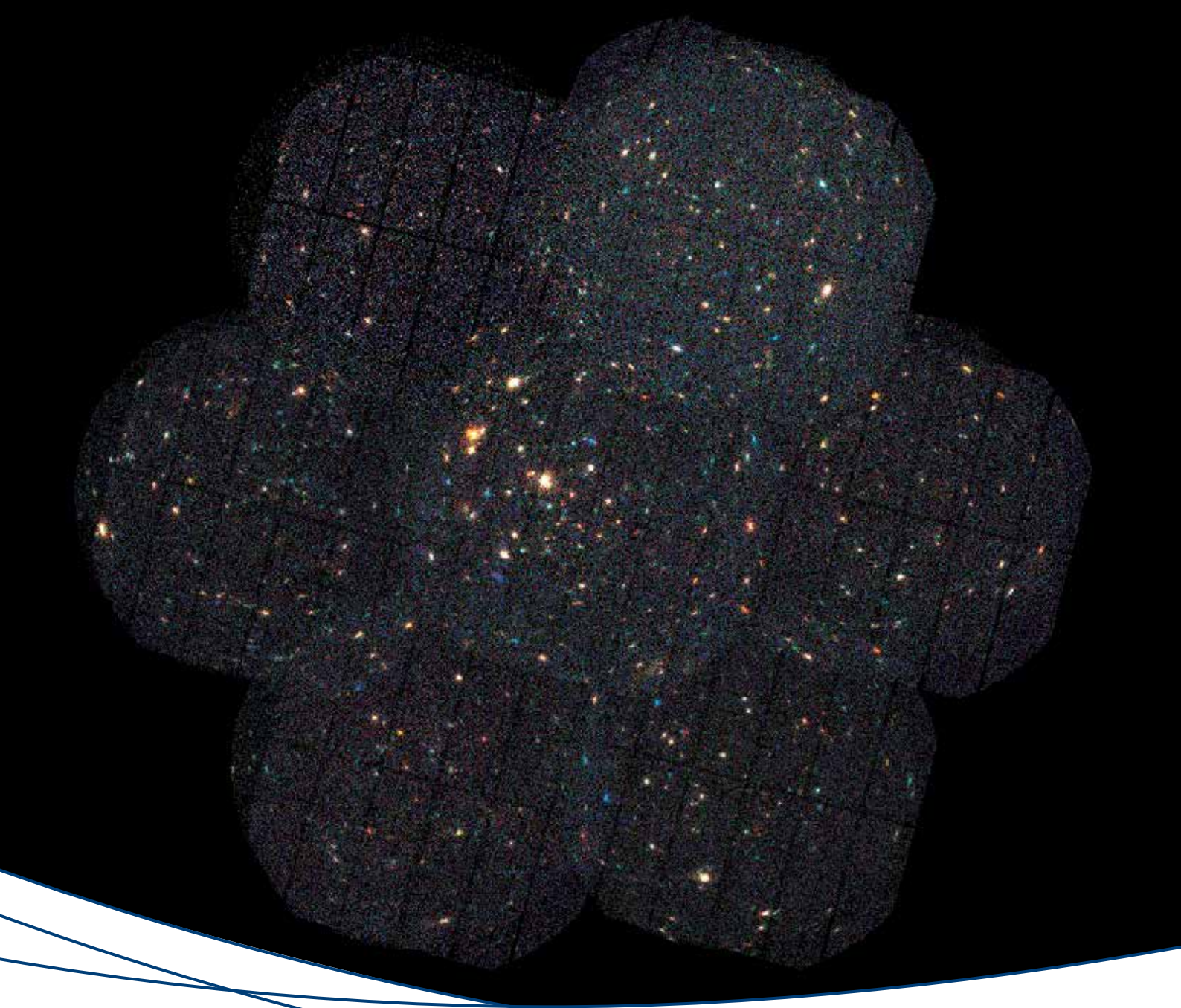


Fig. 2: Wo befinden sich Sterne, die sowohl metallarm als auch alt sind? Die Simulationen des APOSTLE-Projekts (Fattahi et al., 2016, MNRAS, 457, 844) zeigen 6 verschiedene Galaxien mit ähnlicher Größe wie die Milchstraße. Jedes Feld repräsentiert eine dieser Galaxien, die von ihrer Mitte aus bis 70 kpc in der x-z-Ebene abgebildet sind. In den oberen Feldern wird die Dichte der Sterne in jeder Galaxie angezeigt. Im unteren Bereich sind die Galaxien in Pixel unterteilt, deren Färbung den Anteil ihrer metallarmen, also alten Population, zeigt. Aus den dunkleren Flecken folgt, dass sowohl die Zentren der Galaxien, als auch deren Randgebiete, gute Jagdgründe für sehr alte Sterne sind. (Abbildung nach Starkenburg et al., 2017, MNRAS, 465, 2212).

Where to find stars that are both metal-deficient and old? The figure above shows simulations of the APOSTLE project (Fattahi et al., 2016, MNRAS, 457, 844) for 6 different Milky Way-sized galaxies. Each panel represents one of those galaxies mapped from its centre out to 70 kpc in the x-z plane. The top panels show the density of stars in each galaxy. In the bottom panel, the galaxies are divided into pixels coloured by the fraction of their metal-poor population that is really old. Both the centres of galaxies and their outskirts can be inferred from the darker patches, and are presumed to be very good places to search for these very old stars – precisely the regions targeted in the Pristine survey. (Figure adapted from Starkenburg et al., 2017, MNRAS, 465, 2212)



Röntgenbild des SUBARU/XMM-Newton Deep Survey (SXDS), einer tiefen extragalaktischen Durchmusterung. Das Mosaik wurde aus sieben einzelnen Beobachtungen des Röntgenobservatoriums XMM-Newton (ESA) mit einer Gesamtbelichtungszeit von fünf Tagen zusammengesetzt. Die Farbe der rund 1000 Röntgenquellen in diesem Feld indiziert ihre Spektralverteilung. X-ray image of the SUBARU/XMM-Newton Deep Survey (SXDS), a deep extragalactic survey with multi-wavelength coverage. The mosaic was composed from seven individual XMM-Newton (ESA) X-ray observations with a total exposure of about 5 days. The colour of 1000 X-ray sources found therein indicates their spectral hardness.

GALAXIEN UND QUASARE

GALAXIES AND QUASARS

Die Untersuchung der Entstehung von Galaxien in der Frühphase des Kosmos und ihre nachfolgende Entwicklung bis hin zu der heute beobachteten Formen- und Farbenvielfalt stellt eines der zentralen Forschungsfelder der modernen Astrophysik dar. Ist das Erscheinungsbild 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?

SPEKTROSKOPISCHER ZENSUS VON GALAXIEN

Das internationale Großprojekt CALIFA (Calar Alto Legacy Integral Field Area survey), eine spektroskopische Durchmusterung von über 600 repräsentativ ausgewählten Galaxien im lokalen Universum mit dem am AIP entwickelten PMAS-Instrument, wurde mit dem dritten und finalen Datenrelease offiziell abgeschlossen. CALIFA erbrachte eine Vielzahl neuer Erkenntnisse über die Struktur von Galaxien, insbesondere über die räumliche Verteilung fundamentaler Eigenschaften wie den chemischen Elementhäufigkeiten von Sternen und interstellarem Gas, den Sternentstehungsraten und des rekonstruierten Verlaufs der Sternbildung. Aus CALIFA gingen bisher insgesamt 65 referenzierte Publikationen mit über 2.500 Zitationen hervor. Während die Erfassung und Aufbereitung der Daten beendet sind, geht die Analyse der CALIFA-Spektren am AIP nach wie vor weiter. Mit verbesserten Verfahren zur Modellierung der Absorptions- und Emissionslinienspektren konnten fast 100 bisher unbekannte, extrem leuchtschwache aktive Kerne in CALIFA-Galaxien ausfindig gemacht werden. Ferner zeigen viele Galaxien schwache hochangeregte Spektrallinien, deren Intensitäten durch Standardmodelle der Entwicklung massereicher Sterne nicht reproduziert werden können.

ERSTE MESSUNG VON SPEKTROSKOPISCHEN FLÄCHENHELLIGKEITSFLUKTUATIONEN

Mit wachsender Entfernung von Galaxien lassen sich die in ihnen enthaltenen Einzelsterne immer schlechter voneinander unterscheiden. In einem gewissen Übergangsbereich sieht man in Galaxienbildern keine Einzelsterne mehr, aber noch kleinskalige räumliche Variationen der Flächenhelligkeit (*surface brightness fluctuations*, SBF) aufgrund der unterschiedlichen, aber geringen Anzahl von Sternen, die zu einem Bildpixel beitragen. Mit dem MUSE-Instrument konnte in Kooperation mit dem Kompetenzzentrum innoFSPEC zum ersten Mal für eine Galaxie ein Spektrum dieser Fluktuationen bestimmt werden. Da das SBF-Spektrum durch rare leuchtkräftige Sterne in den Spätphasen ihrer Entwicklung dominiert wird, die andererseits zum Gesamtlicht der Sterne kaum beitragen, lassen sich durch die Analyse von SBF-Spektren Rückschlüsse auf die Häufigkeit solcher Sterne gewinnen. Dazu erfolgte die Entwicklung eines neuen Verfahrens zur Modellierung von Sternpopulationen.

KINEMATIK UND DYNAMIK WEIT ENTFERNTER GALAXIEN

Die Bahnen von Sternen in Galaxien werden hauptsächlich durch die jeweiligen Gravitationsfelder bestimmt. Umgekehrt lassen sich aus den beobachteten Bewegungsmustern (Kinematik) der Sterne Erkenntnisse über die wirkenden Kräfte (Dynamik) und daraus die Verteilung der gravitierenden Materie in der jeweiligen Galaxie gewinnen. Bei sehr weit entfernten Galaxien ist das Sternenlicht allerdings in der Regel zu schwach, um es für kinematische Messungen verwenden zu können. Eine bemerkenswerte Ausnahme stellen die spektroskopischen Durchmusterungen des *Hubble Ultra Deep Field* und des *Hubble Deep Field South* mit dem MUSE-Instrument dar, die sich durch ihre einzigartige Kombination aus hoher Empfindlichkeit und räumlicher wie spektraler Auflösung auszeichnen. Diese Daten lieferten die ersten zweidimensionalen, auf der Analyse des Sternlichts beruhenden kinematischen Karten von Galaxien mittlerer Rotverschiebung ($0.2 < z < 0.8$) und zeigten, dass bereits vor vier bis sieben Milliarden Jahren viele Galaxien wohl geordnete rotierende Scheibenstrukturen besaßen. Die Analyse der gewonnenen Spektren ermöglichte überdies die Rekonstruktion des Verlaufs der Sternbildung in diesen Galaxien sowie eine Messung ihrer Gesamtmassen und des Gehalts an Dunkler Materie.

DAS LANGSAME VERHUNGERN EINES SCHWARZEN LOCHS

Manche Galaxien haben sehr helle Kerne, in denen Materie auf ein supermassereiches Schwarzes Loch einströmt und sich dabei so stark aufheizt, dass sie zu leuchten beginnt. Normalerweise ändert sich die Helligkeit eines solchen aktiven Galaxienkerns nur wenig im Laufe der Jahre, aber gelegentlich kommt es aus noch unbekanntenen Gründen zu größeren Schwankungen. Einen besonders interessanten Fall stellt die Galaxie Mrk 1018 dar, deren Helligkeitsabfall in den letzten Jahren von erheblichen Änderungen ihres Spektrums begleitet wurde. Seit 2016 wird mit dem Hubble-Weltraumteleskop, dem Chandra-Röntgenobservatorium und den optischen Großteleskopen der Europäischen Südsternwarte verfolgt, wie dieser aktive Galaxienkern seine Energie-

TEAM 2016/17

Simona Bekeraitė, Joseph Caruana, Javier Casado, Omar Choudhury, Catrina Diener, Christian Herenz, Jana Hundro, Sanja Jonic, Lina Jonsson, Maria Kegeler, Josie Kerutt, Davor Krajnovic, Mirko Krumpe, Georg Lamer, Khadiga Mahmoud, Jens Maruhn, Justus Neumann, Adriana Mancini Pires, Andreas Rabitz, Rikke Saust, Mohammad El Sayed, Kasper Borello Schmidt, Axel Schwoppe, Sabine Thater, Timon Thomas, Antje Timmermann, Iris Traulsen, Tanya Urrutia, Iva Vilovic, Jakob Walcher, Maria Werhahn, Lutz Wisotzki (head), Hauke Wörpel

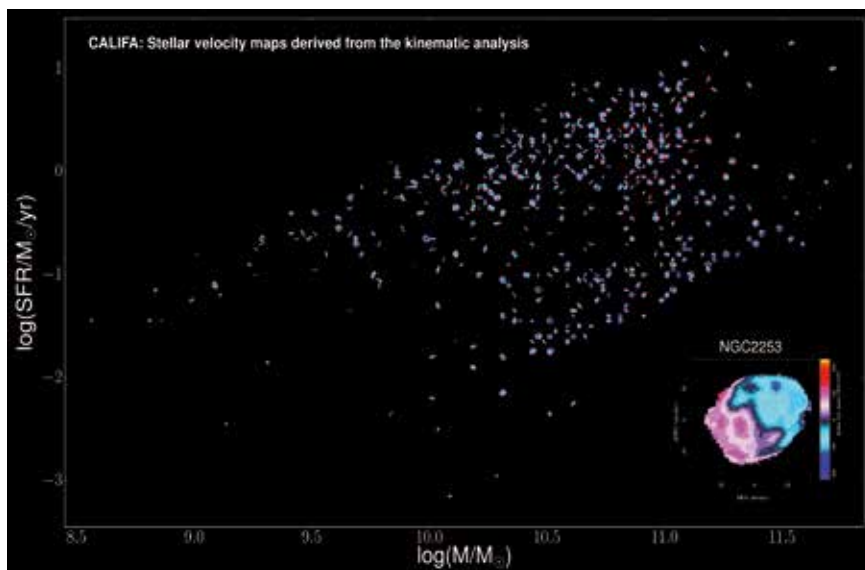


Fig. 1: Alle Galaxien des CALIFA-Projekts, sortiert nach ihren stellaren Massen und Sternentstehungsraten. Jede Galaxie wird durch ihr Geschwindigkeitsfeld repräsentiert, wobei die Farbe Rot eine auf uns zu gerichtete Bewegung darstellt, die Farbe Blau eine von uns weg gerichtete. Diese Daten zeigen, dass die dynamische Struktur einer Galaxie eng mit anderen Eigenschaften verknüpft ist. All galaxies from the CALIFA project, sorted according to their stellar masses and their star formation rates. Each galaxy is represented by its velocity field, with reddish colours showing the receding side of the galaxy and blueish colours showing the approaching side. These data reveal the correlation between the dynamic state of galaxies and other properties. (Credit: CALIFA collaboration/S. Sanchez)

produktion drastisch herunterfährt – vermutlich als Folge einer reduzierten Zufuhr von Materie in Richtung des Schwarzen Lochs. Mehrere alternative Erklärungsmöglichkeiten konnten aufgrund der gewonnenen Daten bereits ausgeschlossen werden, was für das Verständnis der aktiven Galaxienkerne im Allgemeinen von Bedeutung ist. Im Zuge der fortlaufenden Beobachtungen stellte sich allerdings heraus, dass die Leuchtkraft von Mrk 2018 nicht durchgehend zurückgeht; gegen Anfang 2017 erhöhte sie sich kurzzeitig noch einmal merklich. Inzwischen ist aber klar, dass dieses Ereignis nur eine Zwischenepisode im graduellen Aushungerungsprozess des Schwarzen Lochs darstellt.

Understanding the formation of galaxies in the early Universe and their subsequent evolution into the multitude of forms and colours that we observe today is one of the central challenges of modern astrophysics. 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 nucleus of virtually every large galaxy?

A SPECTROSCOPIC CENSUS OF GALAXIES CONCLUDED

The international CALIFA project (Calar Alto Legacy Integral Field Area survey), produced its third and final data release, comprising spectroscopic observations of a representative sample of more than 600 galaxies in the local Universe. The data were obtained with the PMAS instrument developed and built at the AIP. CALIFA has generated many new insights about the structure of galaxies, in particular on the spatial distribution of fundamental properties such as the abundances of chemical elements in stars and in the interstellar medium, star formation rates, and reconstructed star

formation histories. So far, CALIFA has resulted in 65 refereed papers that have generated over 2500 citations. While the data acquisition and processing are finished, exploitation of CALIFA spectra at AIP continues. Improved methods to model both absorption and emission line spectra revealed nearly 100 previously unknown extremely weak Active Galactic Nuclei in CALIFA galaxies. Weak, high-excitation emission lines were detected in many galaxies, though their intensities cannot be reproduced by standard models of massive star evolution.

FIRST MEASUREMENT OF SPECTROSCOPIC SURFACE BRIGHTNESS FLUCTUATIONS

With increasing distance of galaxies, it becomes more and more difficult to distinguish between individual stars within them. At intermediate distances, one no longer sees individual stars in galaxy images, but small-scale spatial variations of the surface brightness (surface brightness fluctuations, SBF), due to the varying but small number of stars contributing to each image pixel. Using the MUSE instrument and in collaboration with innoFSPEC, a spectrum of these fluctuations was obtained for a galaxy for the first time. Since the SBF spectrum is dominated by rare luminous stars in late stages of their evolution (stars that do not contribute much to the integrated stellar light), the analysis of SBF spectra provides constraints on the number density of such stars. A dedicated specific, new method for modelling stellar populations had to be developed to this end.

KINEMATICS AND DYNAMICS OF DISTANT GALAXIES

The orbits of stars in galaxies are mainly governed by gravitation; conversely, the observed patterns of motion (kinematics) can be used to infer the acting forces (dynamics), and hence the distribution of gravitating matter in galaxies. However, detectable signal of stellar light from very distant galaxies is usually too weak

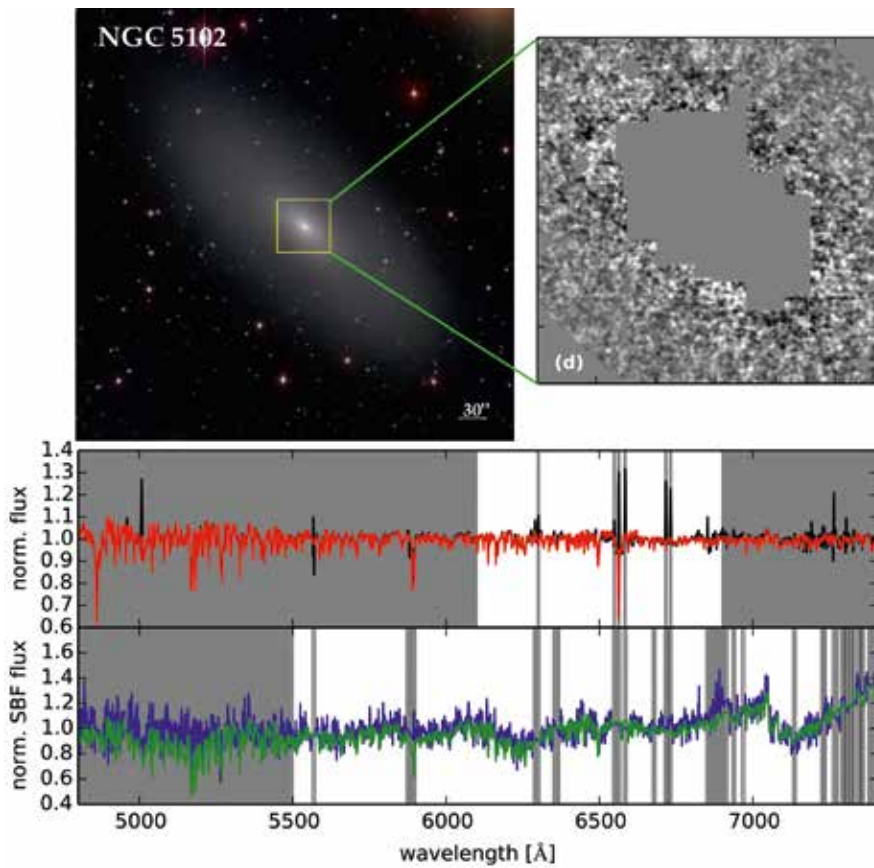


Fig. 2: Die Galaxie NGC 5102 (oben links) und die kleinskaligen Fluktuationen der Flächenhelligkeit (SBF; oben rechts). Darunter ist das Spektrum der Galaxie im integrierten Licht (schwarz) gemeinsam mit einem Modellspektrum (rot) dargestellt. Ganz unten ist das SBF-Spektrum zu sehen (blau), wiederum verglichen mit einem Modellspektrum. The galaxy NGC 5102 (upper left) and the small-scale surface brightness fluctuations (SBF, upper right). Below a spectrum of the galaxy in integrated light is shown in black, together with a model spectrum (red). The bottom panel presents the SBF spectrum as compared with a model. (Credit: Martin Mitzkus)

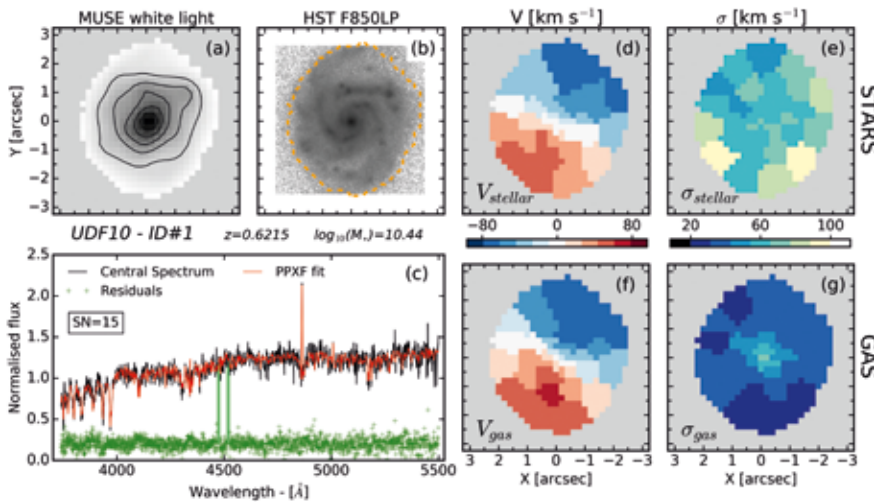


Fig. 3: Kinematische Analyse einer Galaxie bei $z = 0,6$ im Hubble Ultra Deep Field. Oben links: Bilder der Galaxie, aufgenommen mit MUSE (a) und mit dem Hubble-Weltraumteleskop (b). Darunter zeigt (c) beispielhaft eines der extrahierten Spektren (schwarz), das angepasste Modell (rot) sowie das Residuum nach Subtraktion des Modells von den Daten (grün). Rechts sind die kinematischen Karten dargestellt, getrennt für das Licht der Sterne und des leuchtenden Gases, zunächst die mittleren Radialgeschwindigkeiten (d und f) und dann die Spreizung der Geschwindigkeiten (e und g). Aus diesen Karten folgt, dass diese Galaxie hauptsächlich aus einer dünnen, rotierenden Scheibe besteht. Kinematic analysis of a galaxy at $z = 0.6$ in the Hubble Ultra Deep Field. Upper left: Images of the galaxy obtained with MUSE (panel a) and with the Hubble Space Telescope (b). Panel (c) below shows an example spectrum (black), the fitted spectral model (red), and the residuals after subtracting the model from the data (green). The extracted kinematic maps are presented on the right, separately for the starlight and the gas, with panels (d) and (f) showing the mean radial velocities and panels (d) and (g) the velocity dispersion. Considering these maps, it follows that the galaxy consists mainly of a thin, rotating disc. (Credit: Guérou et al. (2017))

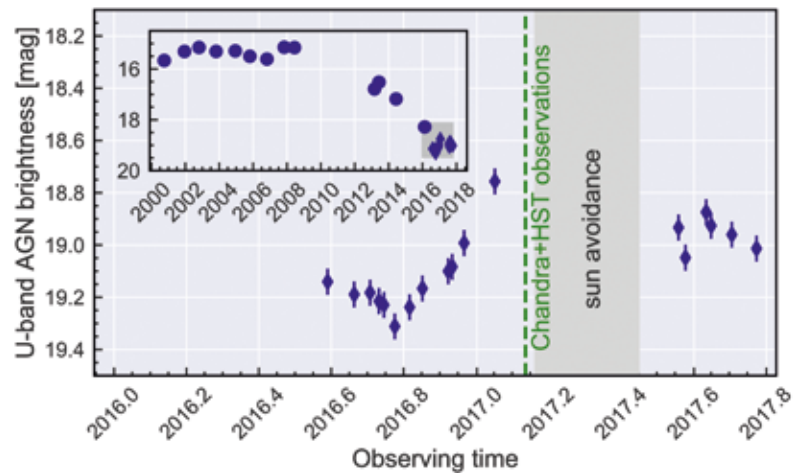
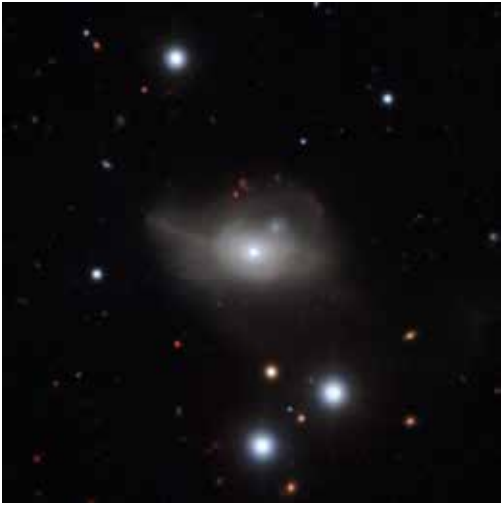


Fig. 4: Links: Optische Aufnahme der Galaxie Mrk 1018. Die helle, punktförmige Quelle im Zentrum ist der aktive Galaxienkern. Rechts: Helligkeitsverlauf des Kerns von Mrk 1018 in den Jahren 2016 und 2017. In dem kleinen Fenster ist der längerfristige Verlauf von 2000 bis 2017 dargestellt. Left: Optical image of Mrk 1018. The bright point source in the centre of the galaxies is the active galactic nucleus. Right: Change in brightness of the nucleus of Mrk 1018 during the years 2016 and 2017. The inset shows the long-term light curve between 2000 and 2017. (Credit: ESO/CARS survey)

to be useful for kinematic analyses. A remarkable exception are the spectroscopic surveys of the *Hubble Ultra Deep Field* and of the *Hubble Deep Field South* with the MUSE instrument, distinguished by their unique combination of high sensitivity as well as spatial and spectral resolution. This data delivered the first two-dimensional kinematic maps of galaxies at intermediate redshifts ($0.2 < z < 0.8$) based on the analysis of starlight, demonstrating that even four-to-seven billion years ago, many galaxies showed well-ordered rotating disc structures. The spectral analysis also facilitated the reconstruction of star formation histories in these galaxies and a measurement of their total masses and dark matter content.

THE SLOW STARVATION OF A BLACK HOLE

Some galaxies have very bright nuclei, due to a central supermassive black hole accreting matter from its surrounding; this material heats up and shines. The brightness of an Active Galactic Nucleus does not usually vary much over the years, although there can occasionally be larger variations (for still poorly understood reasons). A particular interesting decline in brightness happened recently in the galaxy Mrk 1018,

accompanied by a complete change of the optical spectrum of the Active Nucleus. Regular observations of this galaxy since 2016 using the Hubble space telescope, the Chandra X-ray observatory, and the Very Large Telescope of the European Southern Observatory revealed in detail how this Active Nucleus is slowing down its energy production, probably as a consequence of a reduced supply of matter to the central black hole. Several alternative hypotheses to explain this behaviour could already be excluded on the basis of the collected data, which is relevant not just for this particular object but for Active Galactic Nuclei in general. In the course of ongoing observations, it turned out that the luminosity of Mrk 1018 does not decline steadily; in fact the object grew brighter again in early 2017. However, it has meanwhile become clear that this event was just a brief hiccup in the slow starvation of this supermassive black hole.

AUSGEWÄHLTE PUBLIKATIONEN

SELECTED PUBLICATIONS

Bekeraite, S. et al. (2016): **The CALIFA and HIPASS Circular Velocity Function for All Morphological Galaxy Types**, *The Astrophysical Journal Letters* 827, L36

Diener C. et al.; MUSE-Wide collaboration (2017): **The MUSE-Wide survey: detection of a clustering signal from Lyman α emitters in the range $3 < z < 6$** , *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 471, 3186

Guerou, A. et al.; MUSE collaboration (2017): **The MUSE Hubble Ultra Deep Field Survey. V. Spatially resolved stellar kinematics of galaxies at redshift $0.2 \leq z \leq 0.8$** , *Astronomy & Astrophysics* 608, 5

Herenz, E. C. et al.; MUSE-Wide collaboration (2017): **The MUSE-Wide survey: A first catalogue of 831 emission line galaxies**, *Astronomy & Astrophysics* 606, 12

Krumpe, M. et al. (2017): **The Close AGN Reference Survey (CARS). Mrk 1018 halts dimming and experiences strong short-term variability**, *Astronomy & Astrophysics Letters* 607, L9

Pires, A. M.; Schwobe, A. D.; Motch, C. (2017): **Follow-up of isolated neutron star candidates from the eROSITA survey**, *Astronomische Nachrichten* 338, 213

Rosen, S. R. et al.; XMM-Newton collaboration (2016): **The XMM-Newton serendipitous survey. VII. The third XMM-Newton serendipitous source catalogue**, *Astronomy & Astrophysics* 590, 1

Schmidt, K. B. et al. (2016): **The Grism Lens-Amplified Survey from Space (GLASS). III. A Census of Ly α Emission at $z \geq 7$ from HST Spectroscopy**, *The Astrophysical Journal* 818, 38

Wisotzki, L. et al.; MUSE collaboration (2016): **Extended Lyman α haloes around individual high-redshift galaxies revealed by MUSE**, *Astronomy & Astrophysics* 587, 98

Wörpel, H.; Schwobe, A. D.; Granzer, T.; Reinsch, K.; Schwarz, R.; Traulsen, I. (2016): **X-ray and optical observations of four polars**, *Astronomy & Astrophysics* 592, 114



Lutz Wisotzki, Anika Beer, Sanja Jonic, Josie Kerutt, Khalida Mahmoud, Justus Neumann, Nina Kunert, Mirko Krumpe, Tanya Urrutia, Geneveva Micheva, Davor Krajinovic, Jakob Walcher, Rikke Saust, Kasper Schmidt, Sabine Thater, Yohana Alonso-Herrero



Logo des ERC CRAGSMAN Projekts, das den Einfluss von kosmischer Strahlung auf die Entstehung von Galaxien und Galaxienhaufen erforscht. Das Bild zeigt eine aus verschiedenen Beobachtungsdaten zusammengesetzte Aufnahme unserer Nachbargalaxie Andromeda (und einen Freikletterer (cragman), der sie erklimmt, um ihre Astrophysik im Rahmen des CRAGSMAN Projektes zu verstehen). Logo for the ERC CRAGSMAN project that studies "The Impact of Cosmic Rays on Galaxy and Cluster Formation". It shows a composite image of our neighbouring Andromeda galaxy challenging a cragsman to climb it (or try to decipher its astrophysics). (Credit: NASA/JPL-Caltech/Pfrommer)

KOSMOLOGIE UND HOCHENERGIE-ASTROPHYSIK

COSMOLOGY AND HIGH-ENERGY ASTROPHYSICS

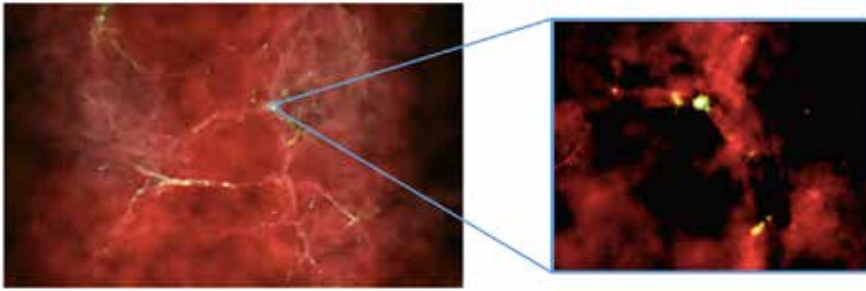


Fig. 1: Linkes Bild: Filamentartige Strukturen im frühen Universum, in denen die ersten Sterne entstehen. Rechtes Bild: Nahaufnahme eines kollabierenden Bereichs, in dem kaltes, dichtes, molekularreiches Gas (rot) in Sterne (grün/gelb) umgewandelt wird. Left: Filamentary structure of the primordial Universe hosting the sites of the first star formation events. Right: Zoom into a collapsing site where cold dense molecular-rich gas (red) is converted into stars (green/yellow). (Credit: Maio)

Die Kosmologie erforscht den Ursprung und die Entwicklung des Universums, um die Physik der Entstehung kosmologischer Strukturen zu verstehen. In den vergangenen 13,8 Milliarden Jahren seit dem Urknall entstand aus einem ursprünglich nahezu homogenen Medium ein gewaltiges Netz aus Filamenten, welches kosmische Leerräume umspannt: das „Cosmic Web“. Auf kleineren Skalen kollabierte Materie in Halos, welche eine reichhaltige Population von Galaxien beherbergen: Von winzigen Zwerggalaxien bis hin zu großen Spiral- und elliptischen Galaxien. Im Forschungsprogramm wird am Computer die Entstehung und Entwicklung kosmologischer Strukturen von den ersten Galaxien, über das intergalaktische Medium, bis hin zu Galaxien und Galaxienhaufen simuliert. Die numerischen Simulationen zeigen sowohl Strukturwachstum aufgrund der anziehenden Wirkung der Gravitation, als auch wie magnetohydrodynamische Prozesse im Gas zur Entstehung von Sternen und super-massereichen Schwarzen Löchern führen. Eine wichtige Rolle spielt dabei auch deren dynamische und thermische Rückwirkung auf die Eigenschaften des kosmischen Gases, die als „feedback“ bezeichnet wird. Im Speziellen wird analysiert, wie plasma-physikalische und hochenergetische, astrophysikalische Prozesse Teilchen der kosmischen Strahlung erzeugen und diese wiederum auf das umliegende thermische Plasma rückwirken. Die aufwändigen Computersimulationen werden auf europäischen Supercomputern und den Computer-clustern am AIP gerechnet und ausgewertet.

TEAM 2016/17

Metin Ata, Falk Baumgarten, Thomas Berlok, Arianna Di Cintio, Kristian Ehlert, Philipp Girichidis, Chia-Hsun Chuang, Stefan Gottlöber (head until 09/2016), Giovanni Guidi, Quan Guo, Francisco Shu Kitaura, Noam Libeskind (acting head 10/2016 – 03/2017), Martin Lüders, Umberto Maio, Volker Müller, Jan Peter Mücke, Sebastian Nuza, Isha Pahwa, Matteo Pais, Christoph Pfrommer (head since 04/2017), Pierre-Antoine Poulhazan, Cecilia Scannapieco, Jenny Sorce, Martin Sparre, Matthias Steinmetz, Elmo Tempel, Timon Thomas, Maria Werhahn, Georg Winner

ERSTE STERNE, PROTOGALAXIEN UND KOSMISCHE REIONISATION

Als sich die kleinsten Halos im frühen Universum bilden, kühlt sich das Gas in ihnen schnell ab und wird auf großen Dichten komprimiert, damit die ersten Sterne im Universum entstehen konnten. Weitere kontinuierliche Sternentstehung in den dichtesten Regionen führt zur Bildung der ersten Protogalaxien. Die kosmologischen Simulationen der Entstehung der ersten Sterne mit primordialer Chemie zeigen, dass diese Objekte viel ultraviolette (UV)-Strahlung emittieren, die in der Lage ist, das umgebende primordiale Gas zu reionisieren. Dies könnte den rätselhaften Übergang von neutralem zu ionisiertem Gas im gesamten Universum zu dieser Zeit erklären. Weiterhin wird der stellare Ursprung der Episoden von Gammastrahlungsausbrüchen und die damit verbundene Anreicherung des primordialen Gases mit schweren Elementen untersucht, um die verschiedenen Feedback-Effekte zu unterscheiden. Ziel der Erforschung von primordialen Sternentstehungsregionen ist es, herauszufinden, ob die Protogalaxien mit gegenwärtigen oder zukünftigen Beobachtungsinstrumenten entdeckt werden können.

EINFLUSS KOSMISCHER STRAHLUNG AUF DIE GALAXIENENTSTEHUNG – DAS CRAGSMAN-PROJEKT

Kosmische Strahlung besteht aus geladenen Elementarteilchen, die sich unglaublich schnell bewegen, mit Geschwindigkeiten nahe der Lichtgeschwindigkeit. Ein Jahrhundert nach ihrer Entdeckung fangen wir nun langsam an, die Astrophysik der Beschleunigung der kosmischen Strahlung zu verstehen: Mächtige Stoßwellen, die von Sternexplosionen verursacht werden oder – alternativ – beim Wachstum eines super-massereichen Schwarzen Loches entstehen. Die Modellierung kosmischer Strahlung in dem vielseitigen kosmologischen Arepo Code versetzt uns in die Lage, zum ersten Mal selbstkonsistente Simulationen der Entstehung von Galaxien zu machen. Diese zeigen, dass kosmische Strahlung für die gewaltigen Gasausflüsse während der Galaxienentstehung verantwortlich sein könnte. Diese Ausflüsse könnten dann die beobachtete verringerte Sternentstehungsrate innerhalb der Galaxien erklären und somit ein großes Rätsel der Galaxienentstehung lösen. Wenn sich kosmische Strahlung in den Galaxien ausbreitet, dann führt die inelastische Wechselwirkung mit dem Umgebungsgas zu Gamma- und Radiostrahlung, welche exzellent mit Beobachtungsdaten übereinstimmen. Die Rotation der galaktischen Scheibe

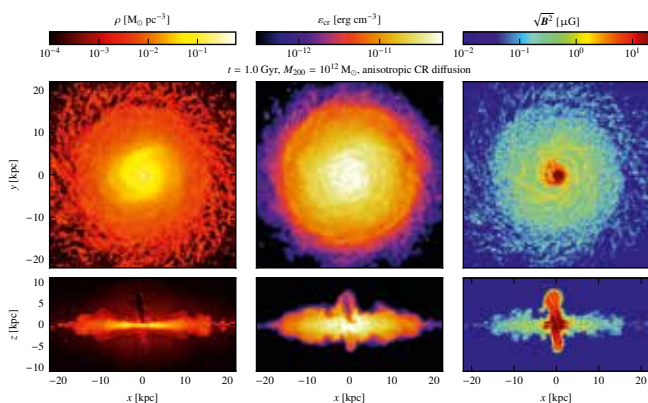


Fig. 2: Arepo Simulation einer Galaxie ähnlich der Milchstraße. Die Simulationen zeigen die Verstärkung des Magnetfeldes und die Ausbreitung der kosmischen Strahlung, die an Supernova Überresten erzeugt wurde. Sie zeigt die Mittelebene der Scheibe (Draufsicht) und vertikale Schnitte durch das Zentrum (Profilansicht) der Gasdichte (linke Seite), Energiedichte der kosmischen Strahlung (Mitte) und des Magnetfeldes (rechte Seite). Arepo simulation of a forming Milky Way-sized galaxy. We follow magnetic field growth and cosmic rays that are accelerated at supernovae. It shows the mid-plane of the disk (face-on views) and vertical cuts through the centre (edge-on views) of the gas density (left-hand panels), the cosmic ray energy density (middle panels), and the magnetic field strength (right-hand panels). (Credit: Pfrommer)

und die Gasausflüsse spannen, verdrillen und falten das Magnetfeld und verstärken es damit stark, was die Entstehung von galaktischen Magnetfeldern erklärt.

MODELLIERUNG DES INTERSTELLAREN MEDIUMS

Der Raum zwischen den Sternen ist nicht leer, sondern mit einem dünnen Medium gefüllt, aus dem sich neue Sterne bilden und in welches explodierende Sterne ihre Endprodukte, wie schwere Metalle, wieder zurückgeben, wenn sie am Ende ihrer Lebenszeit angekommen sind. Dieses sogenannte interstellare Medium besteht aus verschiedenen Phasen, welche sich von kalten und dichten Molekülwolken bis hin zu einer heißen Phase, die von mächtigen Stoßwellen explodierender Supernovae erzeugt wird, erstrecken. Das Studium des komplexen Zusammenspiels der verschiedenen Phasen ist nicht nur wichtig, um den Lebenszyklus der chemischen Elemente zu verstehen, sondern hilft insbesondere auch dabei, mehr über die Galaxienentstehung zu lernen, da die Feedback-Prozesse Energie und Impulse in das interstellare Medium deponieren. Die zentrale Frage lautet, wie das Zusammenspiel von Supernova-getriebener Turbulenz, der Druck der kosmischen Strahlung und UV-Strahlungstransport das Magnetfeld verstärken, galaktische Winde treiben und das interstellare Medium selbst regulieren können.

KOSMOGRAPHIE, DAS KOSMISCHE GALAXIEN-Netzwerk UND ZWERGGALAXIEN IM LOKALEN UNIVERSUM

In der Weite des Weltraums ist die Schwerkraft die einzige wichtige Kraft: Sie hält die Planeten in der Umlaufbahn um die Sonne, sie zwingt unsere Sonne auf ihre Bahn in der Milchstraße und verbindet unsere gesamte Galaxie mit der lokalen Gruppe, ein Ensemble aus einigen Dutzend Zwerggalaxien, die unser kosmisches Zuhause definieren. Die Schwerkraft bestimmt die Bewegung der lokalen Gruppe durch den intergalaktischen Raum, wenn sie von den großen benachbarten Galaxien, wie der Radiogalaxie Centaurus A oder der elliptische Riesengalaxie M87 angezogen wird. Die Vermessung des Universums ist eine schwierige Aufgabe: Wenn die Galaxien photographisch abgebildet und deren genaue Position erfasst wurden, muss man ihre gegenseitige räumliche Beziehung bestimmen. Eine Analyse der räumlichen Verteilung von leuchtschwachen Zwerggalaxien hilft uns zu verstehen, wie diejenigen in der Lokalen Gruppe entstanden und welchen Einfluss das „Cosmic Web“ auf die Gestalt unserer unmittelbaren kosmischen Umgebung hat.

MASSGESCHNEIDERTE SIMULATIONEN DES LOKALEN UNIVERSUMS – CLUES-KOLLABORATION

Kosmologische Simulationen stellen das Standardwerkzeug dar, um Theorien über das Strukturwachstum und die Galaxienbildung im nichtlinearen Regime zu überprüfen. Typischerweise wird eine zufällige Realisierung der primordialen Dichtefluktuationen für ein kosmologisches Modell ausgewählt. Numerische Simulationen berechnen das Anwachsen dieser Fluktuationen vom frühen Universum bis zur heutigen Zeit und können nur statistisch mit konkreten kosmologischen Strukturen verglichen werden. Um diese Einschränkung zu beseitigen, kann man maßgeschneiderte Anfangsbedingungen konstruieren, aus welchen sich bestimmte kosmologische Strukturen entwickeln. Die CLUES-Kollaboration erzeugt und verbessert diese Anfangsbedingungen, indem Pekuliargeschwindigkeiten von Galaxien durch Messungen von Galaxienanzahldichten ergänzt werden. Dies sollte zu einem verbesserten Verständnis der Entstehung der lokalen Gruppe und der Struktur unserer kosmischen Umgebung führen, dem „Heiligen Gral“ der Nahfeld-Kosmologie.

Cosmology studies the origin and fate of the Universe and seeks to understand the physics of the formation and evolution of cosmic structures. Over the past 13.8 billion years of cosmic history, an almost homogeneous medium grew into a vast network of filaments and voids known as the cosmic web. On smaller scales, matter collapsed into halos that contain a rich and diverse population of galaxies: from tiny dwarf galaxies to grand-design spirals and giant elliptical galaxies. The research programme contains the performance of computer simulations of the formation and evolution of cosmic structures from the first galaxies, to the intergalactic medium, to populations of galaxies and clusters of galaxies. The numerical simulations follow the gravitational collapse of dark and ordinary matter, magnetohydrodynamic processes associated with diffuse gas, the formation of stars and supermassive black holes and their

back reaction known as “feedback”. In particular, it is examined how plasma physics and high-energy astrophysical processes generate cosmic rays and how these feed back on entire galaxies and galaxy clusters. The computationally expensive simulations are performed on both European supercomputers and the AIP compute cluster.

FIRST STARS, PROTO-GALAXIES AND COSMIC REIONIZATION

When the smallest halos assemble in the early Universe, gas within them quickly cools and is compressed to very high densities to form the first stars in the Universe. Ongoing star formation leads to the emergence of the first proto-galaxies. Cosmological simulations of the formation of first stars with primordial chemistry show that these objects are copious emitters of ultra-violet (UV) radiation, which can reionise the surrounding primordial gas. This could explain the enigmatic transition from neutral to ionised gas in the entire Universe at that epoch. It has also probed the stellar origin of early gamma-ray burst episodes and the occurrence of the first heavy elements to explore the role of different feedback effects. Quantifying the emission of primordial star-forming regions, the aim to infer the observability of proto-galaxies with current and upcoming observational facilities.

EXPLORING THE IMPACT OF COSMIC RAYS ON GALAXY FORMATION – THE CRAGSMAN PROJECT

Cosmic rays consist of charged elementary particles that move incredibly fast, close to the speed of light. One century after their discovery, we are now starting to understand the astrophysics of cosmic ray acceleration: powerful shock waves either driven by exploding stars or by the effects of accretion onto supermassive black holes. Modelling the transport of cosmic rays in the novel, versatile cosmological code Arepo enables us to carry out self-consistent galaxy formation simulations for the first time. Those demonstrate that cosmic rays are responsible for driving powerful, gaseous outflows during the formation of galaxies, thus, potentially explaining the low star formation observed and solving a major problem of galaxy formation. As cosmic rays propagate in the galaxy, they collide inelastically with the ambient thermal gas and produce gamma rays and radio emission, which compares favourably to observational data. The rotating galactic disk and gaseous outflows stretch, twist and fold the magnetic field and strongly amplify it, thus explaining the emergence of galactic magnetism.

THE MODELING OF THE INTERSTELLAR MEDIUM

The space in between the stars is not empty but filled with a diffuse medium out of which new stars are born and to which the products of exploding stars such as heavy metals are delivered once the stars end their lives. This constitutes the interstellar medium, which consist of different phases: from cold and dense molecular clouds that harbour the birthplaces of stars to a hot phase that is created by powerful blast waves of exploding supernovae. Studying the complex interplay of these various phases is not only important for understanding the life cycle of chemical elements but also critical for better understanding galaxy formation since feedback processes impart momentum and energy into the interstellar medium. One central question is how the interplay of

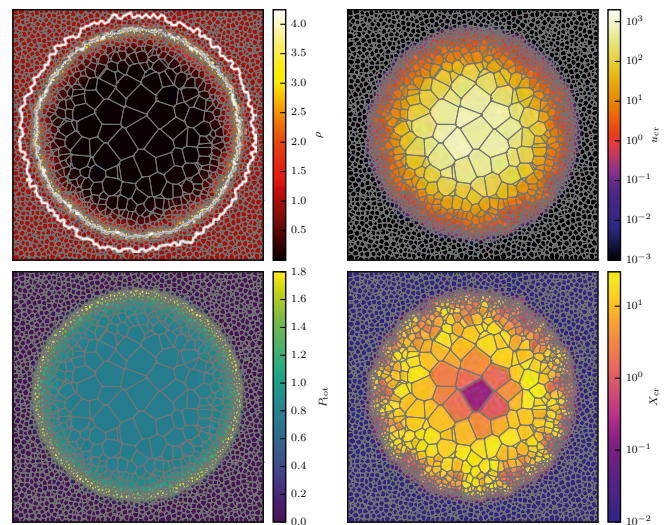


Fig. 3: Expandierende Supernova-Stoßwelle, die die kosmische Strahlung erzeugt: Die Simulation erfolgte auf einem mitbewegten Gitter, das im Arepo-Code realisiert ist. Gezeigt wird die Gasdichte (links oben), spezifische Energie der kosmischen Strahlung (rechts oben), der Gesamtdruck (links unten), und das Druckverhältnis von kosmischer Strahlung zu thermischem Gas (rechts unten). In allen Bildern ist ein Schnitt durch das vom Arepo-Code benutzte dreidimensionale Voronoi-Gitter dargestellt. Arepo moving-mesh simulation of an expanding supernova shock with cosmic ray acceleration. Shown are density (top left), specific cosmic ray energy (top right), total pressure (bottom left), and cosmic ray-to-thermal pressure ratio (bottom right), overplotted with cross-sections of the 3D Voronoi mesh employed by Arepo. (Credit: Pfrommer et al. (2017))

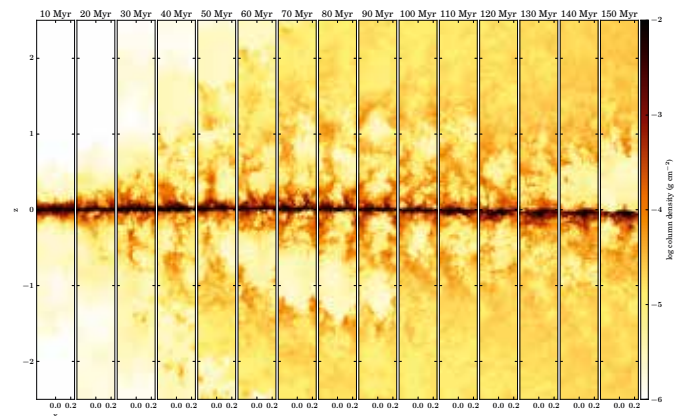


Fig. 4: Zeitentwicklung der vertikalen Gasverteilung in einer hydrodynamischen Simulation des interstellaren Mediums mit Supernovae und kosmischer Strahlung. Nach ca. 40 Millionen Jahren entstehen die ersten Ausflüsse, die starke Dichtekontraste aufweisen. Bis zu einer Höhe von 1 Kiloparsec ist das Gas von Supernova-Explosionen dominiert, darüber übernimmt die Kosmische Strahlung die Dynamik. Time evolution of vertical gas distribution in a simulation of the interstellar medium. Included are supernovae as well as cosmic rays. After approximately 40 Myrs, the supernovae start launching outflows with strong density contrasts up to a height of around 1kpc. Above that height, CRs dominate the energy content and further accelerate the gas. (Credit: Girichidis)

supernova-driven turbulence, cosmic ray pressure and radiative transfer of UV stellar radiation amplify the magnetic field, power galactic outflows and self-regulate the interstellar medium.

COSMOGRAPHY, THE COSMIC WEB AND DWARF GALAXIES IN THE LOCAL UNIVERSE

In the vastness of outer space, gravity is the only force at work: it keeps the planets in orbit around the Sun, our Sun tied to the Milky Way and our Galaxy bound to the Local Group, an ensemble of a dozen or so dwarf galaxies that define our cosmic tribe. Gravity determines the motion of the Local Group through intergalactic space, as it is pulled by large neighbouring galaxies such as the radio-blasting Centaurus A or the giant elliptical galaxy M87. Charting the universe is a difficult task: once galaxies have been imaged, their interconnectedness needs to be established via advanced techniques. Quantifying the spatial distribution of faint dwarf galaxies enables us to assess how the dwarf galaxies in the Local Group were created and what the role of the cosmic web is in shaping our Milky Way galaxy and our environment.

CONSTRAINED SIMULATIONS OF THE LOCAL UNIVERSE – CLUES COLLABORATION

Cosmological simulations have become the standard tool to test theories of structure and galaxy formation in the non-linear regime. Usually, we construct the primordial density field by choosing a cosmological model with a random realisation of fluctuations. These primordial fluctuations have evolved numerically from the early universe until today and can be only statistically compared to specific cosmological structures. To overcome this limitation, we can construct tailored initial conditions that will develop into particular cosmological structures. The CLUES collaboration aims at producing and improving such constrained initial conditions by complementing radial peculiar velocities with galaxy density measurements. The goal of this work is to understand the formation of the Local Group and the structure of the local environment, the “Holy Grail” in near field cosmology.

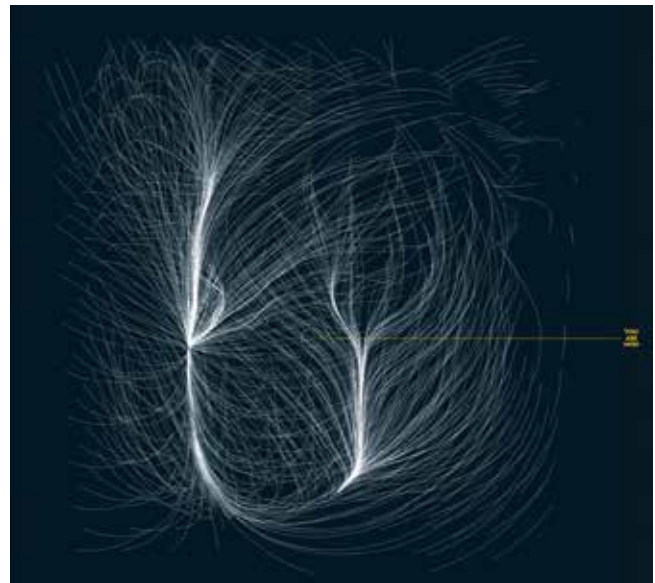


Fig. 5: Unser Standort im Kosmos kann durch Messungen des kosmischen Geschwindigkeitsfelds ermittelt werden. In diesem Bild visualisieren wir unsere Umgebung, indem wir die Strömungslinien von Galaxien darstellen. Diese stellen die Bahnen von Galaxien dar, auf welchen diese sich bewegen würden, wenn die kosmische Expansion eingefroren wäre. Our place in the cosmos can be ascertained by measuring the cosmic velocity field. In this image, we visualise our location in the universe by looking at the stream lines of galaxies – the trajectories galaxies would take through the universe if cosmic expansion were frozen. (Credit: Libeskind & Tully, © Scientific American)

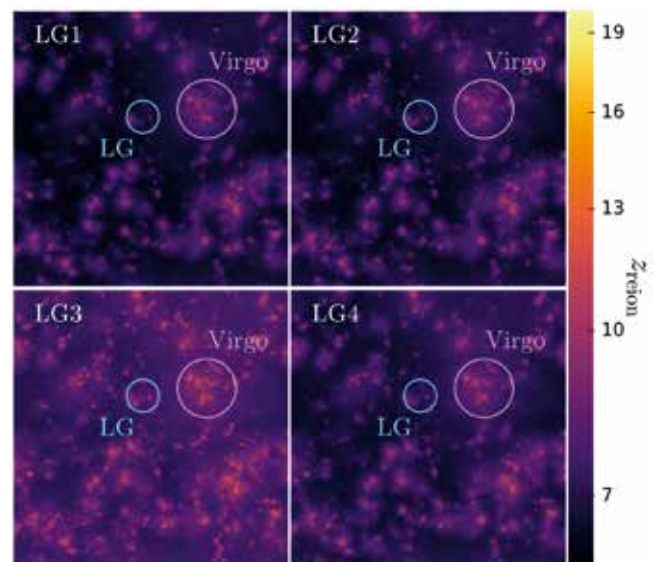


Fig. 6: Karte der berechneten Reionisierungs-Rotverschiebungen im lokalen Universum. Mit Kreisen ist das genäherte Lagrangevolumen der Vorläufer der Lokalen Gruppe und des Virgohaufens zur Rotverschiebung $z=6$ markiert. In der Abbildung werden die Voraussagen von 4 unterschiedlichen Modellen der Entstehung ionisierender Photonen verglichen. Map of the predicted reionization redshifts in the local universe. The circles denote the approximate Lagrangian volume (at $z = 6$) for the Local Group and Virgo cluster progenitors. Here the predictions of four different models for the production of ionising photons are compared. (Credit: Dixon et al. (2017))

AUSGEWÄHLTE PUBLIKATIONEN

SELECTED PUBLICATIONS

Ata, M.; Kitaura, F.-S.; Chuang, C.-H. et al. (2017): **The clustering of galaxies in the Completed SDSS-III Baryon Oscillation spectroscopic Survey: cosmic flows and cosmic web from luminous red galaxies**, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 467, 3993

Di Cintio, A.; Brook, C. B.; Dutton, A. A.; Macciò, A. V.; Obreja, A.; Dekel, A. (2017): **NIHAO - XI. Formation of ultra-diffuse galaxies by outflows**, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society Letters 466, 1

Klypin, A.; Yepes, G.; Gottlöber, S.; Prada F.; Heß, S. (2016): **MultiDark simulations: the story of dark matter halo concentrations and density profiles**, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 457, 4340

Libeskind, N. I.; Guo, Q.; Tempel, E.; Ibata, R. (2016): **The Lopsided distribution of satellite galaxies**, The Astrophysical Journal 830, 121

Maio, U.; Petkova, M.; De Lucia, G.; Borgani, S. (2016): **Radiative feedback and cosmic molecular gas: the role of different radiative sources**, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 460, 3733

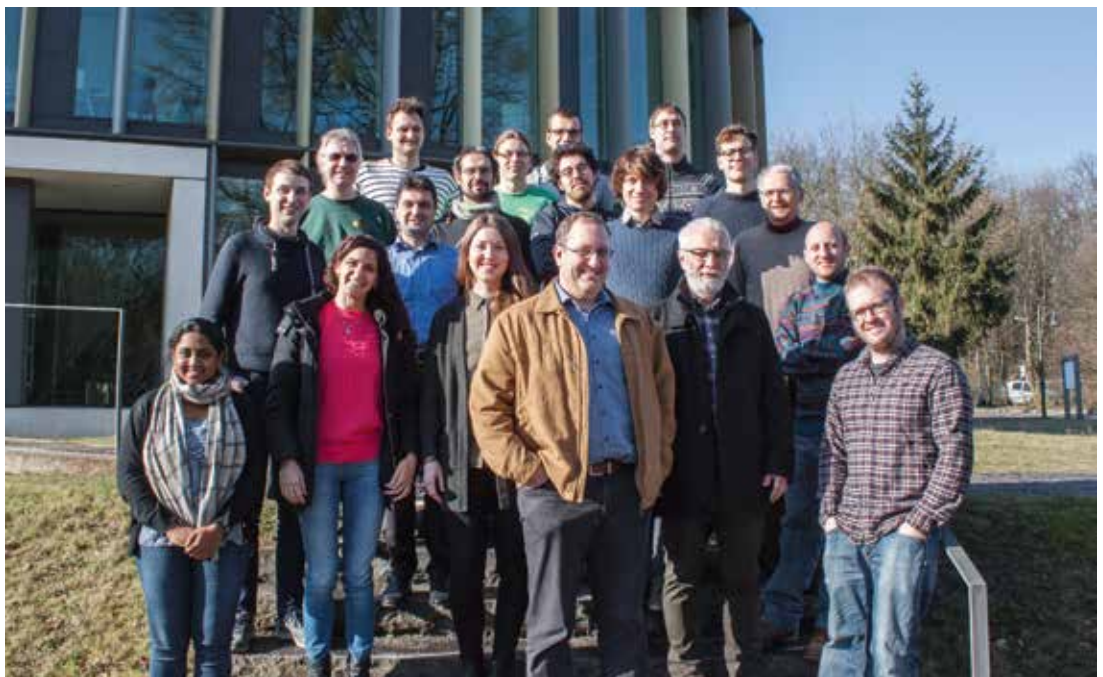
Pfrommer, C.; Pakmor, R.; Simpson, C.; Springel, V. (2017): **Simulating Gamma-Ray Emission in Star-forming Galaxies**, The Astrophysical Journal Letters 847, 13

Seifried, D.; Walch, S.; Girichidis, P.; Naab, T.; Wunsch, R.; Klessen, R. S.; Glover, S. C. O.; Peters, T.; Clark, P. (2017): **SILCC-Zoom: the dynamic and chemical evolution of molecular clouds**, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 472, 4797

Sorce, J. G.; Gottlöber, S.; Yepes, G.; Hoffman, Y.; Courtois, H. M.; Steinmetz, M.; Tully, R. B.; Pomarède D.; Carlesi, E. (2016): **Cosmicflows Constrained Local Universe Simulations**, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 455, 2078

Tempel, E.; Tuvikene, T.; Kipper, R.; Libeskind, N. I. (2017): **Merging groups and clusters of galaxies from the SDSS data. The catalogue of groups and potentially merging systems**, Astronomy & Astrophysics 602, A100

Weinberger, R.; Ehlert, K.; Pfrommer, C.; Pakmor, R.; Springel, V. (2017): **Simulating the interaction of jets with the intracluster medium**, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 470, 4530



Letzte Reihe: Matthias Steinmetz, Martin Sparre, Martin Lüders, Timon Thomas, Elmo Tempel. Mittlere Reihe: Georg Winner, Philipp Girichidis, Eduardo Carlesi, Matteo Pais, Kristian Ehlert, Thomas Berlok, Volker Müller. Vordere Reihe: Punyakoti Ganeshaiah Veena, Yamila Yaryura, Maria Werhahn, Christoph Pfrommer, Stefan Gottlöber, Umberto Maio, Noam Libeskind.

**ENTWICKLUNG VON
FORSCHUNGSTECHNOLOGIE
UND -INFRASTRUKTUR**

**DEVELOPMENT OF
RESEARCH TECHNOLOGY
AND INFRASTRUCTURE**





Um den Objekten des Kosmos ihre Geheimnisse entlocken zu können, benötigen wir umfassende Daten höchster Qualität. Um sie physikalisch zu interpretieren, bedarf es detaillierter theoretischer Modelle. Fortschritt in der Astrophysik ist somit eng verwoben mit der Entwicklung exquisiter Instrumentierungen für die Großteleskope an den besten Standorten, sei es in den Wüsten Arizonas, den chilenischen Anden oder im Weltraum. Theoretische Forschung ihrerseits verlangt die intelligente Durchforstung großer Datenmengen und die detaillierte Simulation mit den weltweit größten Supercomputern. In dem im folgenden vorgestellten Entwicklungsbereich widmet sich das AIP dem Bau neuester innovativer Forschungsgeräte und verwendet modernste Softwaretechniken zur Kontrolle der Teleskope, ihrer Instrumente sowie bei der Analyse großer Datenmengen, gemeinhin auch als „big data“ und „data mining“ bekannt. Im Kompetenzzentrum innoFSPEC werden neue optische Methoden für künftige Teleskopgenerationen entwickelt und für die Anwendung in der Astrophysik getestet.

In order to understand the secrets of the cosmos, we need comprehensive data of the highest quality. To interpret these physically requires detailed theoretical models. Advances in astrophysics are thus closely interwoven with the development of advanced instrumentation for the large telescopes in the best locations, be it in the deserts of Arizona, the Chilean Andes, or space. Theoretical research, for its part, demands the intelligent handling of large amounts of data as well as creating detailed simulations with the world's largest supercomputers. In the development area presented below, AIP is dedicated to the construction of state-of-the-art innovative research equipment, and uses state-of-the-art software techniques to control the telescopes, their instruments, and to analyse large amounts of data, commonly referred to as “big data” and “data mining”. At the competence centre innoFSPEC, new optical methods for future generations of telescopes are being developed and tested for use in astrophysics.



Das Weitfeld-Imaging-Teleskop BMK10k vor der Auslieferung nach Chile. The wide-field imaging telescope BMK10k before delivery to Chile.

TELESKOPSTEUERUNG UND ROBOTIK

TELESCOPE CONTROL AND ROBOTICS

Die Abteilung Teleskopsteuerung und Robotik fokussiert sich auf die Entwicklung autonom arbeitender Teleskope und Observatorien und auf den Bau spezialisierter Hardware zur Kontrolle der weltweit größten Teleskope und ihrer Instrumente. Robotische Astronomie ist in erster Linie die Herausforderung, menschliches Denken in Software zu modellieren. Algorithmen zur autonomen Entscheidungsfindung gehen in ihrer Komplexität weit über die heutzutage schon unausweichliche Steuerungssoftware hinaus, vor allem wenn sie auf ein Übertreffen der menschlichen Effizienz abzielen. Das AIP war eines der ersten Institute weltweit, das, kurz nach der Jahrtausendwende, eine robotische Sternwarte baute, das STELLA-Observatorium auf Teneriffa. Neben Software entwickelt die Abteilung aber auch hochspezialisierte Hardwarekomponenten zur Steuerung von Großteleskopen, z. B. die Nachführeinheiten für das Large Binocular Telescope (LBT), die essentiell für adaptive Optik sind, oder hochpräzise Schwenkarme für die spektralphotometrische Fokalstation des ELT/HIRES.

STELLA: DIE ROBOTISCHE „STELLAR ACTIVITY“-STERNWARTE AUF TENERIFFA

Die robotische Sternwarte STELLA blieb auch 2016/2017 einer der wichtigsten „Datenmaschinen“ des AIP. Hier arbeiten sogar zwei 1,2-m-Teleskope – STELLA-I für hochpräzise Photometrie und Bildgebung, STELLA-II für hochauflösende Spektroskopie – wortwörtlich unter einem Dach zusammen. 2016 feierte das

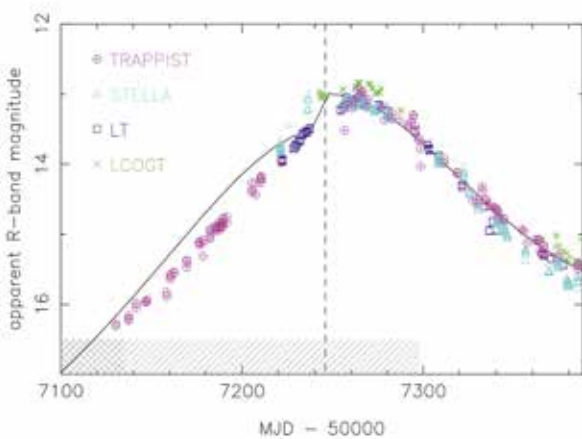


Fig. 1: STELLA als Mitglied einer multi-site Kampagne mit ausschließlich robotischen Teleskopen: Vergleich der theoretischen und beobachteten absoluten Helligkeit des Kometen 67P/Churyumov-Gerasimenko. STELLA as part of a multi-site robotic campaign: comparison of the theoretical and observed light curve of comet 67P/Churyumov-Gerasimenko.

TEAM 2016/17

Igor DiVarano, Thomas Granzer (head), Arto Järvinen, Jesper Storm, Klaus G. Strassmeier, Jörg Weingrill

Observatorium sein zehnjähriges Jubiläum im Vollbetrieb mit einer zweitägigen Konferenz am AIP. Dabei kristallisierte sich heraus, dass STELLA nicht nur perfekt für Anwendungen im Bereich der stellaren Astrophysik, sondern in zunehmendem Maße auch für extragalaktische bzw. Forschung in unserem Sonnensystem geeignet ist, exemplarisch gezeigt an der Beobachtung des Rosetta Kometen 67P/Churyumov-Gerasimenko (Fig. 1). Betont werden soll auch die Tatsache, dass STELLA mehr und mehr in koordinierten Kampagnen mit einer Vielzahl, teilweise deutlich größerer Teleskope, integriert wird. Die hohe Ausfallssicherheit und, durch die robotische Beobachtung ermöglichte, außerordentliche Effizienz bei gleichzeitig minimalem Betriebsaufwand ergänzen und komplementieren Beobachtungen an den größten Teleskopen der Welt, an denen Beobachtungen stundenweise vergeben werden. 2016/17 konnte STELLA durch mehrwöchige, begleitende Beobachtungen die Interpretation der Ergebnisse von Kampagnen am VLT (LIVES & FORS) bzw. am LBT (PEPSI & MODS) absichern.

Robotische Teleskope werden zunehmend auch für schnelle Nachbeobachtungen eingesetzt, da der automatisierte Ablauf Zeitverzögerungen minimiert. 2016 beobachtete STELLA eine scheinbar wiederkehrende Supernova im Außenbereich der Galaxie NGC 4559. Nach dem Erstausbruch im Februar, entdeckt durch Gaia, konnte durch die umfassende Nachbeobachtung auch der lange vermutete zweite Ausbruch Anfang April 2016 nachgewiesen werden (Fig. 2).

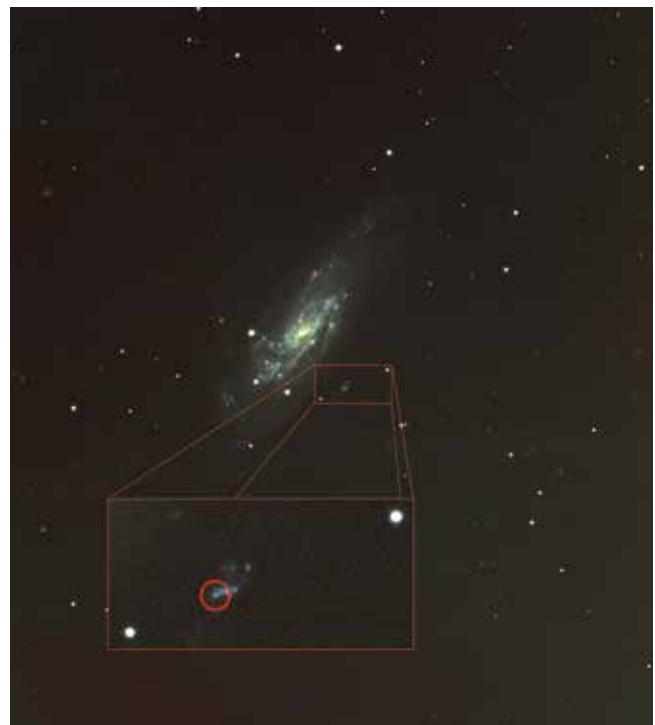


Fig. 2: STELLA-Beobachtung des von Gaia detektierten transienten Phänomens Gaia16ada im Außenbereich der Galaxie NGC 4559. STELLA observation of the transient Gaia16ada in the outskirts of the galaxy NGC 4559.



Fig. 3: Umbau von BMK10k: Ersetzen des alten Antriebs durch moderne Beckhoff-Servomotoren. BMK10k at refurbishment: replacement of the old drives with new servo motors from Beckhoff.



Fig. 4: Luftaufnahme des zukünftigen BMK10k Standorts. Links oben die ELT Baustelle. Der Cerro Murphy Gipfel befindet sich rechts davon (Vergrößerung) Credit: Gerhard Hüdepohl/atacamaphoto . Aerial view of the future BMK10k site. The ELT site is on the left top, the BMK10k site is visible to the right on Cerro Murphy.

BMK10K: EIN WEITFELDTELESKOP FÜR PLATO

Der neueste Zuwachs in der Familie der robotischen Teleskope des Instituts ist die Ballistische Messkammer (BMK) von Zeiss. Die Zeiss-Optik der BMK ist ein sogenanntes Astro-Topar-System mit 10 Linsen bei einer freien Öffnung von 30 cm und einem Gesichtsfeld von 20 Grad Durchmesser. Als Robotiksoftware kommt das STELLA-Control-System SCS in einer modifizierten Version zum Einsatz. Die Teleskopsteuerungssoftware wird neu am AIP entwickelt und basiert auf einem Beckhoff PLC-System (siehe Fig. 3). Der Antrieb wurde durch Servomotoren ersetzt, die Genauigkeit in der absoluten Positionierung erreicht damit vier Bogenminuten. Die Positionierung über den gesamten Himmel kann innerhalb von 12 Sekunden erfolgen, also mit einer Geschwindigkeit von 15 Grad pro Sekunde, ebenfalls deutlich schneller als bei den meisten vergleichbaren Teleskopen. Als Detektor dient ein 10kx10k STA1600LN CCD, der Ersatzchip für den roten Spektrographenarm von PEPSI. Mit diesem 111-Megapixel-CCD wird die BMK10k ein Himmelsareal von $7,2^\circ \times 7,2^\circ$, knapp 52 Quadratgrad bei einem Sampling von 2,6 Bogensekunden pro Pixel sehen. Durch dieses immense Gesichtsfeld ist das Instrument eine ideale Ergänzung zu PLATO Diese ESA Mission wird ab 2026 bis zu 1.000.000 Sterne in einem Feld von 2.250 Quadratgrad vermessen. Dieses Feld enthält allerdings weit mehr Sterne, als PLATO an die Bodenstation übermitteln kann. Die BMK10k soll deshalb in den Jahren vor dem Start dieses Feld Stück für Stück beobachten und dadurch die Targetvorauswahl für PLATO ermöglichen. 2017 konnte eine Übereinkunft mit der Ruhr-Universität Bochum und der ESO getroffen werden, um das Teleskop am Cerro Murphy Observatorium in unmittelbarer Nachbarschaft zum ELT aufstellen zu können (Fig. 4).

GANS: DER GREGOR-NACHTSPEKTROGRAPH

Neben der Faserkopplungseinheit wurden vor allem die Automation der GREGOR-Faltkuppel und die Robotisierung des GREGOR-Teleskops durchgeführt. Das primäre Ziel der Faserkopplungseinheit ist eine 1:1-Abbildung der zweiten Fokalebene des GREGOR-Teleskops auf den Faserkopf (Fig. 5). Ein Strahlteiler spaltet 5 Prozent des Lichts des Hauptstrahls für eine Nachführkamera ab, auf der zusätzlich ein Bild der Faserkopplung rund um die versilberte Eintrittsöffnung geworfen wird. Diese Konfiguration entspricht im wesentlichen dem Aufbau der ursprünglichen Fasereinheit von SES auf STELLA-I, mit dem Unterschied, dass hier noch zusätzlich der Korrektor für die atmosphärische Dispersion vorgesehen ist.

Als erster Schritt zur Automatisierung der Faltkuppel wurde 2017 eine Wetterstation an der Spitze des GREGOR-Gebäudes installiert und mit der Wetterauswertung begonnen (Fig. 6).

ARGOS AM LBT

Die Laserleitsterneinrichtung ARGOS (Fig. 7) am Large Binocular Telescope (LBT) wurde installiert. ARGOS ist Teil der adaptiven Optik des LBT, mit dessen Hilfe atmosphärische Störungen in Echtzeit durch aktive Verformung des Sekundärspiegels ausgeglichen werden können. Die Bildschärfe wird dadurch um einen Faktor zwei gesteigert. Der Beitrag des AIP zu ARGOS ist das Design und die Konstruktion des schnellen Tip-Tilt Sensors (1kHz) des adaptiven Systems inklusive sämtlicher Mikrooptiken, Lichtleiter, photonenzählenden Lichtdetektoren, Mechanik und Steuerungselektronik.

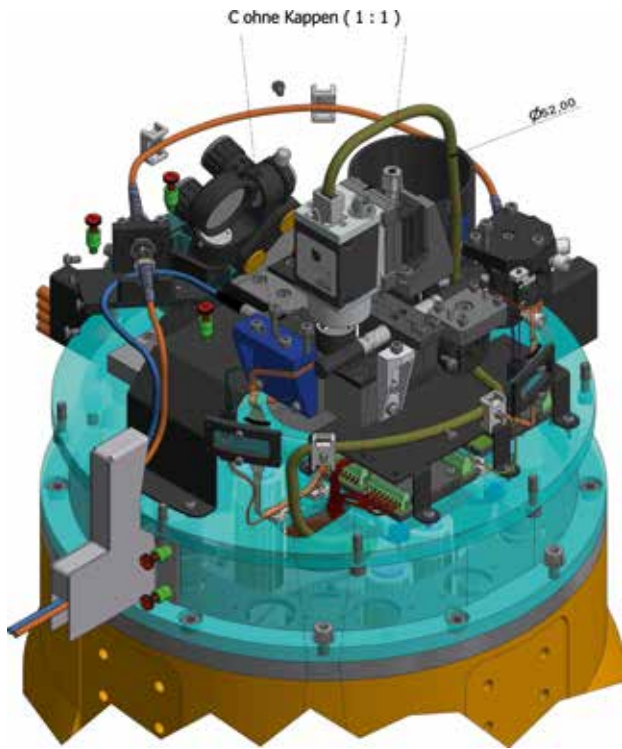


Fig. 5: Konstruktionszeichnung der Fasereinkopplungseinheit für den GANS Spektrographen. Design drawing for the fibre coupling unit for the GANS spectrograph.

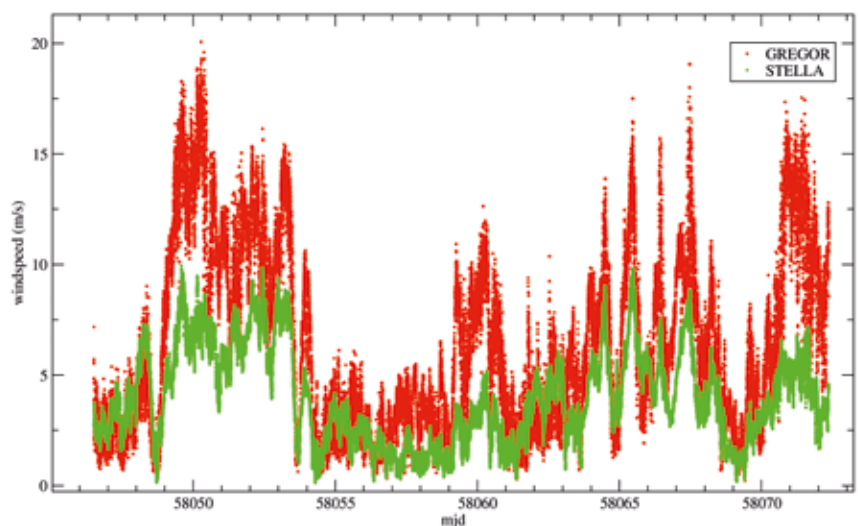
The Robotics & Telescope Control section focuses on the development of autonomous telescopes and observatories, while additionally developing hardware for the biggest telescopes and instruments worldwide. Robotic astronomy is primarily the challenge to model human reasoning in software. This means algorithms whose complexity by far exceeds common control software, especially if designed for surpassing human efficiency. The AIP was one of the first institutes in the world that built a fully robotic observatory, the robotic observatory STELLA in Tenerife. Besides the software endeavor, the section has a long standing tradition in developing highly complex parts of the biggest telescopes in the world, e.g., the Acquisition Guiding and Wavefrontsensing (AGW) units for the LBT, or high-precision lever arms for deploying and retracting spectrapolarimetric focal units for ELT/HIRES.

STELLA: THE ROBOTIC STELLAR ACTIVITY OBSERVATORY ON TENERIFE

In 2016/2017, the robotic observatory STELLA remained one of the major “data engines” of the institute. Here, literally, two 1.2m telescopes work together under a common hood, STELLA-I on the one hand being optimised for high-precision photometry and imaging, while STELLA-II is built for high-resolution spectroscopy. Without any human invention, STELLA opens its roofs any night weather permitting, autonomously constructs its targets schedule, and collects data. At the 10 year anniversary conference in November 2016, it became clear that STELLA is also a more-than-adequate instrument not only for conducting stellar astrophysics, but also for contributing to solar system research and even extragalactic science. Exemplary, this was shown on a concerted campaign on Rosetta’s comet 67P/Churyumov-Gerasimenko (Fig. 1). Moreover, the high duty-cycle and low technical down-times make STELLA a very welcomed complement to observations on the biggest telescopes, where observing time is sliced in hourly shares. In 2016/17, STELLA was able to contribute to VLT (utilising UVES & FORS) and LBT (utilising PEPSI & MODS) observations such that the accompanying observations with longer time bases allowed for the securing of interpretations from the short-time campaigns on major telescopes.

Another area of operation for the robotic telescope is transient and fast-follow-up observations. In 2016 STELLA, could observe a recurrent supernova impostor in the outskirts of NGC 4559. After the initial campaign, triggered by a Gaia alert in February, STELLA continued to observe the target at a lower cadence. The effort was rewarded with the successful observation of a secondary outburst, a long-suspected phenomenon of this type of transients, in April.

Fig. 6: Vergleich der Windgeschwindigkeiten an der Spitze des GREGOR-Turms mit den am STELLA-Gebäude gemessenen Werten. Comparison of the windspeed incident on the top of the GREGOR building and at the STELLA building.



BMK10K: A WIDE-FIELD TELESCOPE FOR PLATO

The latest addition to AIP's zoo of robotic telescopes is the Ballistische Messkammer (BMK) from Zeiss. The Zeiss optics is a so-called Astro-Topar system with 10 lenses of 30cm diameter enabling a flat field of view of 20° diameter. The high-level robotic software will be a slightly altered variant of the STELLA control system (SCS); the telescope control system will be new, in-house build based on Beckhoff PLCs (see Fig. 3). So far, the main drives have been replaced by servo motors, allowing for an absolute positioning with an accuracy of 4 arc minutes. Positioning is now fast as well; within 12 seconds, any point on the visible hemisphere can be reached at tracking speeds of 15°/sec, again comparably faster than similar telescopes. For a detector, we use a 10kx10k STA1600LN CCD, a spare chip from the PEPSI project. With its 111 megapixels, it samples a field of view of 7.2°x7.2°, almost 52 square degrees, with 2.6 arc seconds per pixel. This makes the instrument ideal for preparatory work to the ESA PLATO mission. Starting 2026, this satellite will observe up to 1,000,000 stars in a field-of-view of 2250 square degrees. But such a big field hosts by far more stars than PLATO can possibly download. Thus, the BMK10k should observe the southern field in the years prior to launch, building up an input catalogue step-by-step that should help finalise the target stars once the mission commences. In 2017, we reached an agreement with the Ruhr University Bochum and finalised the southern site at Cerro Murphy, just adjacent to the ESO's ELT site (Fig. 4).

GANS: THE GREGOR-AT-NIGHT SPECTROGRAPH

In terms of robotics, the primary concern was automating the GREGOR roof and enabling the GREGOR telescope's robotic observations. The goal of the fibre coupling is a 1:1 re-imaging of the F2 focal plane onto the science fibre (Fig. 5). For guiding, a 5 per cent beam splitter diverts light onto a small commercial guider CCD, which also sees the back-reflected light from the pinhole around the fibre entrance. This configuration resembles almost exactly the original fibre injection unit of SES/STELLA-I, with the sole addition of an atmospheric dispersion corrector.

As a first step to automating the roof, a single weather station was installed on top of the GREGOR building in 2017. Weather data collection is already ongoing (Fig. 6).

ARGOS AT THE LBT

The laser guide star facility ARGOS (Fig. 7) for the Large Binocular Telescope has been installed and commissioning of the facility is almost completed. The system improves the sharpness of the science images by more than a factor of two by compensating the atmospheric disturbances of the light from the celestial objects. AIP's contribution to ARGOS is the design and construction of tip-tilt sensors for the rapid (1kHz) guiding of the telescope and involves micro-optics, optical fibres, photon counting avalanche diodes and associated mechanics and control electronics.



Fig. 7: Das Laserleitsternsystem von ARGOS am LBT in Aktion. The ARGOS laser guide system in action at the LBT.

AUSGEWÄHLTE PUBLIKATIONEN

SELECTED PUBLICATIONS

Ayres, T. R. et al. (2016): **FK Comae Berenices, King of Spin: The COCOA-PUFS Project**, The Astrophysical Journal Supplement 223, 5

Bomans, D. J.; Mueller, A.; Becker, A.; Weis, K.; Granzer, T. (2016): **Gaia16ada: the most recent outburst of the supernova impostor in NGC 4559**, Astronomer's Telegram 8755

Di Varano, I.; Strassmeier, K. G.; Woche, M. (2016): **HIRES the high-resolution spectrograph for the E-ELT: dynamics and control of the repositioning mechanism for the E-ELT HIRES polarimeter**, SPIE 9908, 99089L

Di Varano, I.; Woche, M.; Strassmeier, K. G. (2016): **Thermal control modeling approach for GRAPE (GRAntecan PolarimEter)**, SPIE 9911, 991115

Kövári, Zs.; Künstler, A.; Strassmeier, K. G.; Carroll, T. A.; Weber, M.; Kriskovics, L.; Oláh, K.; Vida, K.; Granzer, T. (2016): **Time-series Doppler images and surface differential rotation of the effectively single, rapidly rotating K-giant KU Pegasi**, Astronomy & Astrophysics 596, A53

Mallonn, M. et al. (2016): **Broad-band spectrophotometry of HAT-P-32 b: search for a scattering signature in the planetary spectrum**, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 463, 604

Mackebrandt, F. et al. (2017): **Transmission spectroscopy of the hot Jupiter TrES-3 b: Disproof of an overly large Rayleigh-like feature**, Astronomy & Astrophysics 608, A26

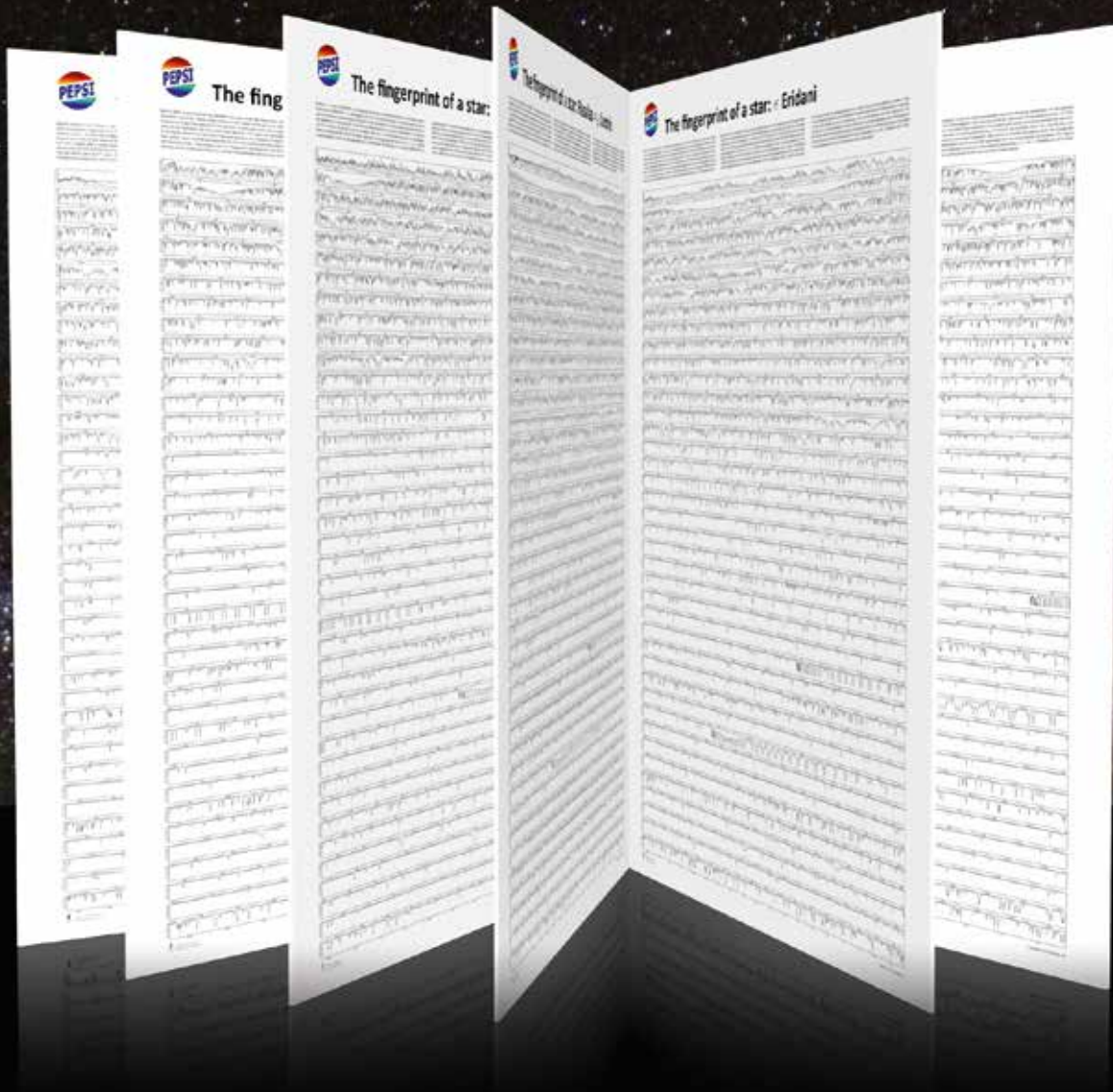
Orban de Xivry, G. et al. (2016): **First on-sky results with ARGOS at LBT**, SPIE 9909, 990936

Snodgrass, C. et al. (2016): **The perihelion activity of comet 67P/Churyumov-Gerasimenko as seen by robotic telescope**, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 462, S138

Wörpel, H.; Schwöpe, A. D.; Granzer, T.; Reinsch, K.; Schwarz, R.; Traulsen, I. (2016): **X-ray and optical observations of four polars**, Astronomy & Astrophysics 592, A114



Klaus Strassmeier, Jesper Storm, Thomas Granzer, Igor Di Varano, Michael Weber, Jörg Weingrill, Arto Järvinen



*Die Spektralatlanten von PEPSI. PEPSI data
release of spectral atlases.*

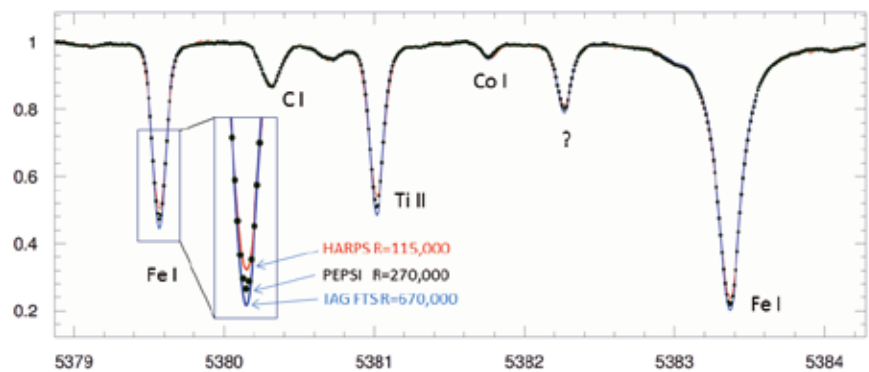
HOCHAUFLÖSENDE SPEKTROSKOPIE UND POLARIMETRIE

HIGH-RESOLUTION SPECTROSCOPY AND POLARIMETRY



Fig. 1: Innenansicht des PEPSI Spektrografen während der Justagearbeiten. Inside view of the PEPSI spectrograph during alignment.

Fig. 2: Drei Spektren der Sonne: Die Punkte zeigen ein PEPSI Spektrum und die dunkelblaue und hellrote Linie das Göttinger FTS-Atlas Spektrum bzw. das ESO-HARPS-Spektrum. Die Fe I 5379,6-Å-Linie ist hervorgehoben. Three spectra of the Sun. Dots indicate one of the PEPSI deep spectra and the dark blue and bright red line are the Göttingen FTS atlas and the ESO HARPS spectrum, respectively. The zoom shows the Fe I 5379.6-Å line.



Hochauflösende Spektrographen und Polarimeter an Großteleskopen eröffnen neue astrophysikalische Möglichkeiten durch die Anwendung bewährter Techniken der Sonnenphysik auf die Sternphysik. Durch die Beteiligung am Large Binocular Telescope (LBT) haben Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des AIP Zugang zu hochauflösender Spektralpolarimetrie an einem Teleskop der 12m-Klasse. Der Spektrograph PEPSI des AIP ist das einzige hochauflösende Spektralpolarimeter der Welt an einem Teleskop mit einer Öffnung über 4 Meter. Die Gruppe entwirft auch ein Spektralpolarimeter als Teil des HIRES-Instruments für das 39-Meter Extremely Large Telescope (ELT) der ESO.

ERSTE PEPSI RESULTATE: DIE SONNE ALS STERN BEOBACHTET

Die ersten wissenschaftlichen Resultate des Potsdam Echelle Polarimetric and Spectroscopic Instruments (PEPSI) widmeten sich der Sonne als Stern. Die Ergebnisse stellen einen detaillierten Nachweis der Leistungsfähigkeit des Instruments und einen entscheidenden Meilenstein dar: Da die Sonne der am umfangreichsten erforschte Stern ist, dienen Spektren der gesamten Sonnenscheibe als wichtige Referenz für stellare Elementhäufigkeiten, magnetische Aktivität, Signaturen von Geschwindigkeiten oder globalen Oszillationen. Solare Fluss-Spektren wurden mit PEPSI in einem ultrahohen Auflösungsmodus von bis zu 270.000 und einem unglaublichen Signal zu Rausch-Verhältnis (S/N) von 8000:1 erlangt. Ein kleiner Wellenlängenausschnitt eines solchen Spektrums wurde mit einem HARPS-Sonnenspektrum und dem neuen Fourier-Transform-Spektroskop (FTP) Sonnenatlas aus Göttingen verglichen (Fig. 2). Mit Hilfe dieses Spektrums konnten die Lithiumhäufigkeit der Sonne neu mit der zurzeit höchsten Präzision bestimmt werden. Aus einer Zeitreihe von ca. 1.000 Spektren in der Natrium-D-Region wiesen wir außerdem die über die Sonnenscheibe gemittelten p-Moden Oszillationen mit einer Radialgeschwindigkeitsamplitude von 47cm/s und einer Periode von 5,5 min nach.

TEAM 2016/17

Ilya Ilyin, Arto Järvinen, Dennis Plüschke, Daniel Sablowski, Klaus G. Strassmeier, Michael Weber (head), Manfred Woche

NEUER PEPSI IMAGE SLICER

Während des Abschlusses der Inbetriebnahme wurde der letzte PEPSI Image Slicer Prototyp mit der endgültigen Version ersetzt (Fig. 3). Die Geometrie des Slicers konnte im Vergleich zu der vorhergehenden Version optimiert werden, ebenso wie der Herstellungsprozess in Jena. Das ursprüngliche optische System zur Fasereinkopplung, das aus drei Spiegeln bestand, wurde durch ein linsenbasiertes System ersetzt und für ein größeres Gesichtsfeld ausgerüstet, um zwei zusätzliche Slicer-Moden für das Solar-Disk-Integrated (SDI) Teleskop und dem Vatican Advanced Technology Telescope (VATT) zu ermöglichen. Da die Haupt-Moden des Slicer für zwei Teleskope ausgelegt sind, kann der Platz auf dem Detektor mit den zusätzlichen Moden besser genutzt werden. Dadurch wurde der ultrahohe Auflösungsmodus mit dem VATT ohne Effizienzverlust und der Einsatz einer Ulbrichtkugel, um die Genauigkeit der solaren Radialgeschwindigkeitsmessungen zu verbessern, am Sonnenteleskop ermöglicht.

PEPSI POLARIMETER: ERSTES LICHT

Die Installation von PEPSI am Large Binocular Telescope (LBT) in Arizona schloss mit der Montage der beiden Polarimeter an den LBT-Fokussen ab. Das Teleskop wurde u.a. auf den Stern Gamma Equ ausgerichtet und das polarisierte Licht aufgezeichnet. An Hand dieser Spektren lassen sich die Geometrie und die Stärke des Magnetfelds an der Oberfläche ferner Sterne ableiten und das von Atmosphären potentiell bewohnbarer Exoplaneten reflektierte Licht untersuchen. Eine Reihe von Aufnahmen in zirkular und linear polarisiertem Licht des magnetischen Referenzsterns wurden

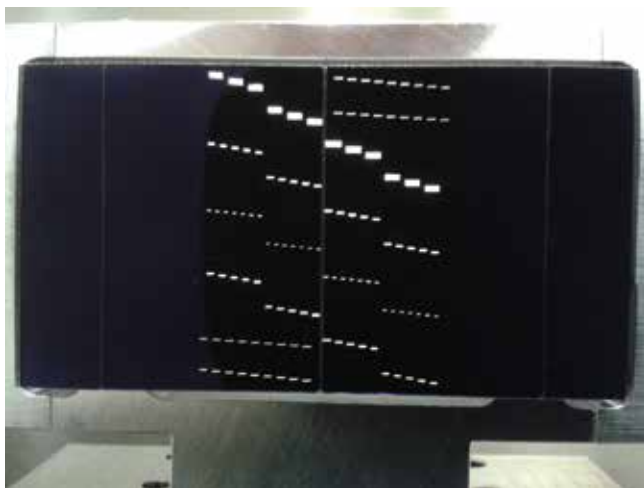


Fig. 3: Frontansicht (Lichtausgang) des neuen PEPSI Image Slicer. Die untere linke Hälfte und die obere rechte Hälfte zeigen die neuen 9-Slicer für das SDI-Teleskop und das VATT, die für die Verwendung mit einem einzelnen Target und einem einzigen Kalibrierungsspektrum ausgelegt sind. Front view (light exit) of the new PEPSI image slicer. The bottom left side and top right side show the new 9 slicer for the SDI telescope and the VATT, which are designed for use with a single target and a single calibration spectrum.

durchgeführt. Diese Spektren haben eine spektrale Auflösung von $R = \lambda/d\lambda = 120.000$. Dies bedeutet, dass man zwei Wellenlängen, die nur durch ein fünf-Hundertstel des Durchmessers eines Wasserstoffatoms voneinander entfernt sind, auflösen kann. Das Signal zu Rausch-Verhältnis betrug 900 in 12 Minuten Belichtungszeit. Weil die beiden Polarimeter für die beiden Augen des LBT, jedes mit einem Spiegel mit 8,4m Durchmesser ausgestattet, identisch und modular aufgebaut sind, wurde zirkular und linear polarisiertes Licht gleichzeitig aufgenommen.

Nach dieser verifizierenden Beobachtung war PEPSI mit seinen Polarimetern bereit, Wissenschaft durchzuführen. Im Grunde war keine weitere Inbetriebnahme am Himmel notwendig.

HIRES: DER HOCHAUFLÖSENDE SPECTROGRAPH FÜR DAS ELT

Im Rahmen der Phase-A-Studie wurde gezeigt, dass für das optische Fünf-Spiegel-Design des ELT ein Ultrapräzisionspolarimeter möglich ist, das jedoch einen rotationssymmetrischen Fokus erfordert. Das Übersprechen zwischen kreisförmigen und linearen Stokes-Komponenten kann dann bis auf 10^{-7} minimiert werden, verglichen mit 10^{-2} für einen Polarimeter im Nasmyth-Fokus. Die Auswirkungen der Staubablagerung und der Alterung der Beschichtung der Spiegelsegmente wurden simuliert, um das Übersprechen im Zwischenfokus zu bewerten. Die mechanische Schnittstelle zur Hauptkonstruktion des ELT innerhalb des AO-Turms ist das Hauptproblem, um dessen Unversehrtheit zu garantieren, da das Polarimeter nur 30 cm von der Oberfläche des verformbaren M4-Spiegels entfernt ist. Fig. 5 zeigt die aktuelle mechanische Konstruktion des Schwenkarms, der das Polarimeter in den Zwischenfokus einfährt.

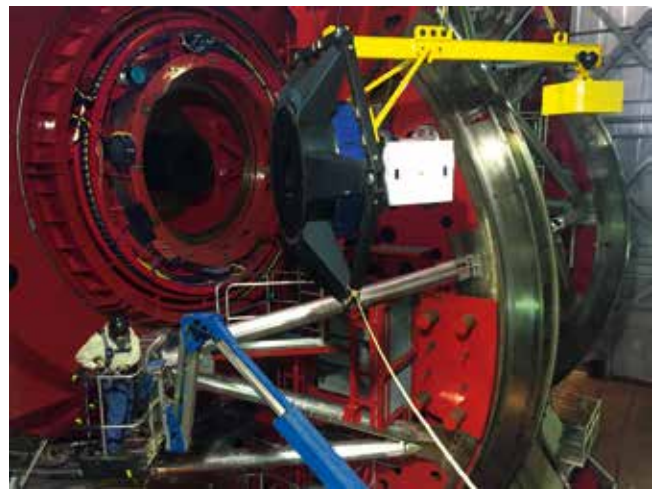
GANS – DER GREGOR-NACHTSPEKTROGRAPH

Das optische Design des Spektrographen wurde abgeschlossen und die Beschaffung der Komponenten läuft. Dieser wird ein Auflösungsvermögen von $R = 60.000$ mit einer Faser mit einem Durchmesser von 1,5" für den Wellenlängenbereich von 470 bis 680 nm auf einem 2k x 2k CCD aufweisen. Das gesamte Instrument wird vakuumgekapselt, so dass hochpräzise Radialgeschwindigkeitsbeobachtungen mit einer Genauigkeit von ca. 1 m/s durchgeführt werden können. GANS wissenschaftlicher Einsatz ist die Nachbeobachtung von Kandidaten für Exoplaneten der Satellitenmission TESS und später PLATO.

High-resolution spectrographs and polarimeters on large telescopes open up new possibilities for astrophysics by transferring well-proven techniques of solar physics to stellar physics, which historically used completely independent instrumentation. With AIP's involvement in the Large Binocular Telescope (LBT), AIP scientists have access to high resolution spectropolarimetry on a 12m class telescope facility. AIP's spectrograph PEPSI is the only high-resolution spectropolarimeter in the world for a telescope with an aperture larger than 4m. The group is also designing a spectropolarimeter as part of the HIRES instrument for ESO's 39-metre Extremely Large Telescope (ELT).



Fig. 4: Die Inbetriebnahme der Polarimeter am LBT. During the polarimeter integration at LBT.



FIRST PEPSI RESULTS: THE SUN AS A STAR

The very first science results with the Potsdam Echelle Polarimetric and Spectroscopic Instrument (PEPSI) were obtained for the Sun as a star. They allowed a detailed verification of the instrument capabilities and represent a cornerstone of all because the Sun is by far the best-studied star. Full-disk solar flux spectra serve as our most important reference source for stellar chemical abundances, magnetic activity, velocity signatures or global pulsations. Solar flux spectra were obtained with PEPSI in its ultra-high-resolution mode with a spectral resolution of up to 270,000 and staggering signal-to-noise ratio (S/N) of 8000:1. A small wavelength section of such a spectrum is compared with a HARPS solar spectrum and the new Fourier-Transform-Spectroscopy solar atlas from Göttingen (Fig. 2). From this spectrum, we re-determined the solar lithium abundance with what is currently the best overall precision. From a time series of about 1000 spectra covering the sodium D lines, we detected disk-averaged acoustic p-mode oscillations with a full radial-velocity amplitude of just 47 cm/s with a periodicity of 5.5 min.

NEW PEPSI IMAGE SLICER

During the end of the commissioning phase, the last PEPSI image slicer prototype was replaced with the final version (Fig. 3). The slicer geometry was optimised as compared to the previous

version, as was the manufacturing process at IOF in Jena. The original slicer injection optics, which consisted of three mirrors, were also replaced by a lens-based system. It was designed for a bigger field-of-view than the old one to allow for two additional slicer modes specifically designed for the Solar-Disk-Integration (SDI) telescope and the Vatican Advanced Technology Telescope (VATT) fibre feed. Since the main slicer modes are made for two telescopes, the space on the detector can be more efficiently used with the two extra modes, allowing ultra-high resolution on the VATT without efficiency penalty and the introduction of an integrating sphere on the solar telescope to improve accuracy of the solar radial velocity measurements.

THE LBT GETS POLARIZED: FIRST LIGHT FOR THE TWO PEPSI POLARIMETERS

Installation of PEPSI at the Large Binocular Telescope (LBT) in Arizona was completed when both its polarimeters were mounted in the foci of the LBT. The telescope was pointed to the star gamma Equ and polarised light was received. These spectra allow astronomers to deduce the geometry and strength of magnetic fields on the surfaces of distant stars for example, or study reflected light from the planetary atmospheres of potentially habitable exoplanets.

A series of integrations in circularly and linearly polarised light was obtained when the telescope was pointed to the magnetic reference star gamma Equ. These spectra have a spectral resolution of $R=\lambda/\Delta\lambda=120,000$, meaning one can resolve two wavelengths only five-hundredths of an hydrogen atom's diameter apart, cover two large wavelength regions in the optical simultaneously, and reach a signal-to-noise (S/N) ratio of 900 in 12 min integration. Because the two polarimeters for the two LBT eyes – each one with an 8.4 metre diameter mirror – are identical and modular in design, circular and linear polarisation was obtained simultaneously.

After this one verification observation, PEPSI was ready to do science with its polarimeters. Basically, no commissioning was needed on-sky.

HIRES: THE HIGH-RESOLUTION SPECTROGRAPH FOR THE ELT

As part of the phase-A study, it was shown while an ultra-high precision polarimeter is possible for the ELT's five-mirror optical design, it requires the rotationally symmetric focus (i.e. the telescope's intermediate focus). Cross-talk between circular and linear Stokes components can then be minimised to as low as 10^{-7} , compared to 10^{-2} for a polarimeter located in the Nasmyth focus. The impact of dust deposition and of coating ageing on the segments has been simulated in order to evaluate the cross-talk at the intermediate focus. The safety of the mechanical interface to the ELT's main structure within the AO tower is the top concern because the polarimeter is just 30cm away from the surface of the deformable M4 mirror. Fig. 5 shows the current mechanical design of the swing arm that deploys the polarimeter into the intermediate telescope focus.

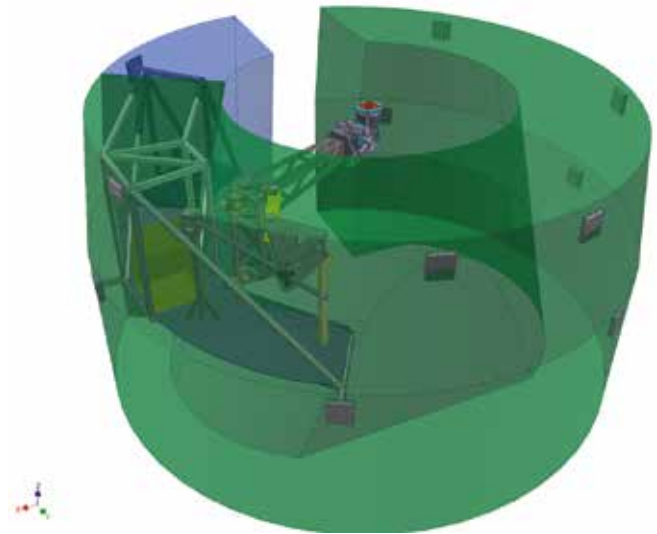


Fig. 5: Design des Schwenkarms für das HIRES Polarimeter am ELT. Swing-arm design for the HIRES polarimeter for the ELT.

GANS – THE GREGOR-AT-NIGHT SPECTROGRAPH

The optical design of the spectrograph has also been finalised and procurement is underway. It will enable a resolving power of $R = 60,000$ with a 1.5" diameter fibre for the wavelength range from 470 to 680nm on a 2k x 2k CCD. The entire instrument will be vacuum-enclosed so that high precision radial velocity observations near the 1 m/s level are possible. GANS immediate science case is TESS and later the PLATO radial-velocity follow-up of exoplanet transit candidates.

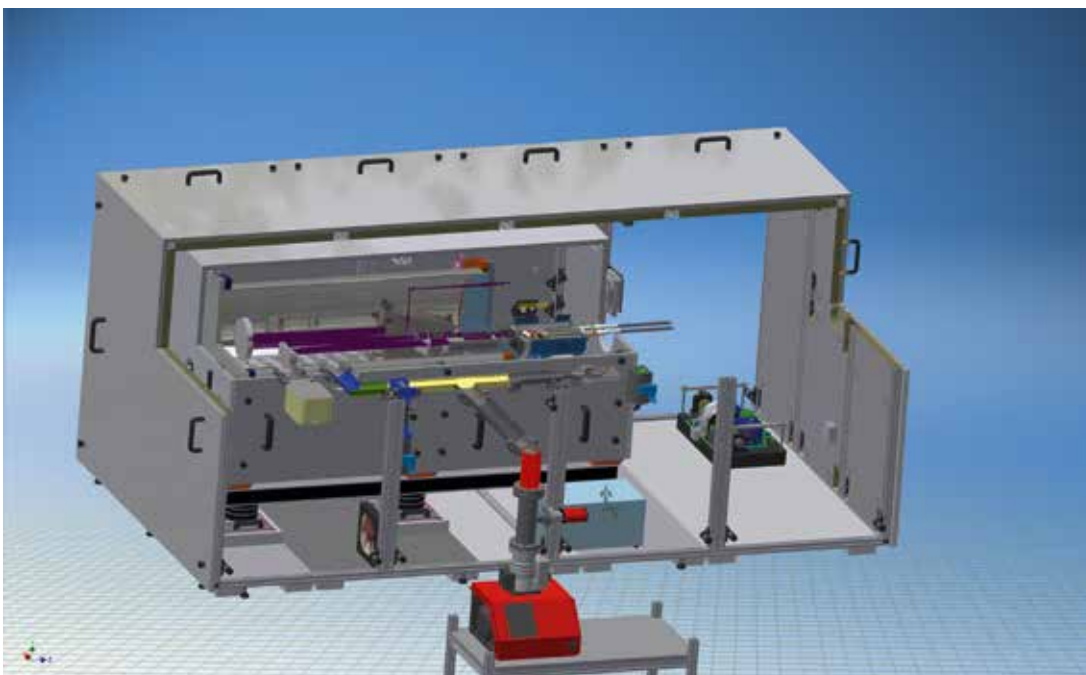


Fig. 6: Anordnung des GANS Spektrographen. Layout of the GANS facility.

AUSGEWÄHLTE PUBLIKATIONEN

SELECTED PUBLICATIONS

Beckert, E., Strassmeier, K. G., Woche, M., Harnisch, G., Hornaff, M., Weber, M., Barnes, S. (2016): **Multi-resolution waveguide image slicer for the PEPsi instrument**, SPIE 9912, 991250

Di Varano, I.; Strassmeier, K. G.; Woche, M. (2016): **HIRES the high-resolution spectrograph for the E-ELT: dynamics and control of the repositioning mechanism for the E-ELT HIRES polarimeter**, SPIE 9908, 99089L

Harutyunyan, G.; Strassmeier, K. G.; Künstler, A.; Carroll, T. A.; Weber, M. (2016): **Anti-solar differential rotation on the active sub-giant HU Virginis**, Astronomy & Astrophysics 592, A117

Järvinen, S. P.; Hubrig, S.; Ilyin, I.; Schöller, M.; Briquet, M. (2017): **The challenge of measuring magnetic fields in strongly pulsating stars: the case of HD 96446**, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 464, L85

Kövári, Zs.; Strassmeier, K. G.; Carroll, T. A.; Oláh, K.; Kriskovics, L.; Kövári, E.; Kovács, O.; Vida, K.; Granzer, T.; Weber, M. (2017): **Antisolar differential rotation with surface lithium enrichment on the single K-giant V1192 Orionis**, Astronomy & Astrophysics 606, A42

Özdarcan, O.; Carroll, T. A.; Künstler, A.; Strassmeier, K. G.; Evren, S.; Weber, M.; Granzer, T. (2016): **Time-series Doppler imaging of the red giant HD 208472. Active longitudes and differential rotation**, Astronomy & Astrophysics 593, A123

Roettenbacher, R. M. et al. (2017): **Contemporaneous Imaging Comparisons of the Spotted Giant σ Geminorum Using Interferometric, Spectroscopic, and Photometric Data**, The Astrophysical Journal 849, 120

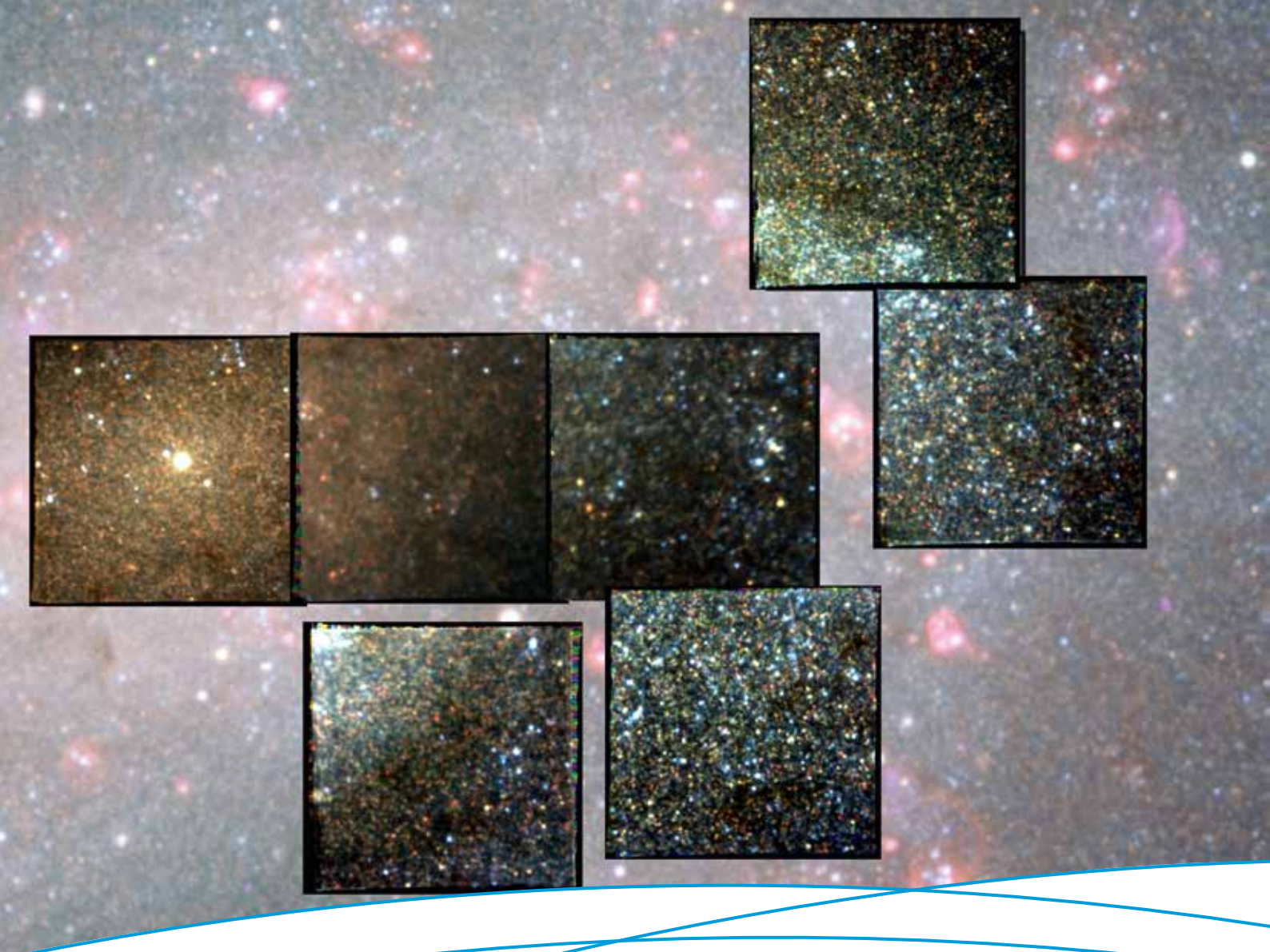
Sablowski, D. P.; Weber, M.; Woche, M.; Ilyin, I.; Järvinen, A.; Strassmeier, K. G.; Gabor, P. (2016): **PEPSI-feed: linking PEPsi to the Vatican Advanced Technology Telescope using a 450m long fibre**, SPIE 9912, 99125H

Sablowski, D. P.; Plüschke, D.; Weber, M.; Strassmeier, K. G.; Järvinen, A. (2016): **Comparing modal noise and FRD of circular and non-circular cross-section fibres**, Astronomische Nachrichten 337, 216

Weber, M.; Granzer, T.; Strassmeier, K. G. (2016): **STELLA: 10 years of robotic observations on Tenerife**, SPIE 9910, 99100N



*Klaus Strassmeier,
Ilya Ilyin, Manfred
Woche, Arto Järvinen,
Daniel Sablowski,
Michael Weber*



Eine Darstellung des Zentrums der Spiralgalaxie NGC 300, mit MUSE V+R+I Farbbildern auf einem Hintergrund vom ESO-WFI Instrument. A view of the central region of the spiral galaxy NGC 300: MUSE V+R+I colour images on a ESO-WFI B+V+R+Ha background image. (Credit: Martin Roth and ESO).

3D- UND MULTI-OBJEKT-SPEKTROSKOPIE

3D AND MULTI-OBJECT SPECTROSCOPY

Die Spektralanalyse des Sternenlichts ist die wichtigste Methode in der beobachtenden Astronomie und führte zur Gründung des Astrophysikalischen Observatoriums Potsdam im Jahr 1874. Heutzutage entwickelt der Programmbereich „3D- und Multi-Objekt-Spektroskopie“ (3DMOS) Forschungstechnologien, neue Instrumente und Software auf dem Gebiet der Multiplex-Spektroskopie. Die Entwicklung dieser komplexen Technologien reicht von der Konzeption, über Entwurf, Bau und Test, bis zum Betrieb neuer Instrumentierung am Teleskop. Ebenso wird die Software zur Reduktion, Analyse und Visualisierung der spektroskopischen Daten entwickelt.

Zwei Techniken werden dabei verwendet: Die bildgebende oder 3D-Spektroskopie (3DS) wird eingesetzt, um ausgedehnte Gaswolken, Sternhaufen oder Galaxien zu studieren. Mit der Multi-Objekt-Spektroskopie (MOS) können hingegen sehr viele Sterne oder Galaxien für umfangreiche Durchmusterungen vermessen werden.

Das AIP engagiert sich in internationalen Konsortien, um Instrumente für große Observatorien, insbesondere die Europäische Südsternwarte ESO, zu bauen. Zusätzlich werden Studierende und junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in dieser

Technologie ausgebildet. Diverse Projekte (4MOST, MUSE, ELT-MOS) werden von der BMBF-Verbundforschung unterstützt.

ERWEITERUNG VON MUSE MIT ADAPTIVER OPTIK

Der Integralfeld-Spektrograph MUSE (Multi Unit Spectroscopic Explorer) wurde für das Very Large Telescope (VLT) der Europäischen Südsternwarte (ESO) entwickelt und ist dort seit 2014 sehr erfolgreich in Betrieb. Im Jahr 2017 wurden die Fähigkeiten von MUSE erweitert, um die Möglichkeiten der neuen Einrichtung zur Adaptiven Optik des VLT-Teleskops ausnutzen zu können. Dieses System besteht aus vier starken Lasersternen und einem flexiblen Sekundärspiegel und kann die atmosphärische Unruhe korrigieren. AIP-Personal hat an den Beobachtungen zur Inbetriebnahme dieses neuen Modus teilgenommen und die Anpassung der Datenreduktionssoftware geleitet, so dass Nutzer weiterhin genauso einfach Daten analysieren können, die in diesem neuen Modus aufgenommen werden. Die Daten mit Adaptiver Optik sind etwa doppelt so scharf wie Daten im herkömmlichen Beobachtungsmodus. Damit steht den europäischen Astronominnen und Astronomen ein extrem leistungsfähiges Instrument zur Verfügung. Die Beobachtungsmöglichkeiten mit adaptiver Optik werden das MUSE-Instrument noch attraktiver machen.

In den Jahren 2016/17 haben AIP-Mitarbeiterinnen und -Mitarbeiter mehrere Programme der garantierten Beobachtungszeit mit MUSE geleitet: die Durchmusterung eines extragalaktischen Feldes (siehe Abschnitt zu Galaxien und Quasaren), Beobachtungen der nahen Spiralgalaxie NGC 300 (siehe Titelbild) und der wechselwirkenden Antennengalaxie NGC 4038/4039 (siehe Fig. 2). Darüber hinaus sind AIP-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler in verschiedene Programme, die von anderen Instituten der MUSE-Kollaboration geleitet werden, involviert.

DIE KONSTRUKTIONSPHASE VON 4MOST

Das 4-Meter Multi Object Spectroscopic Telescope (4MOST) soll ab 2022 am ESO-VISTA-Teleskop in Betrieb gehen und dort Spektroskopie über ein großes Gesichtsfeld ermöglichen. Die wichtigsten wissenschaftlichen Themen sind Galaktische Archäologie, Kosmologie und Galaxien-Entwicklung. 4MOST soll Millionen von Spektren für laufende Himmeldurchmusterungen, wie den Satelliten-Missionen Gaia, eRosita und Euclid, beisteuern. Die wissenschaftliche Leitung liegt in der Abteilung „Milchstraße und die lokale Umgebung“.

Das 4MOST-Instrument wird von einem europäisch-australischen Konsortium konzipiert und entwickelt, wobei das Projektbüro am AIP angesiedelt ist. Die Baugruppen beinhalten eine Weitfeldoptik

TEAM 2016/17

Sam Barden, Dionne Haynes, Thomas Jahn, Andreas Kelz (head), Petra Nihsen, Johannes Piotrowski, Robin Schmidt, Ole Streicher, Tanya Urrutia, Peter Weilbacher, Roland Winkler, Florian Zschejy



Fig. 1: Ein Foto des VLT Teleskop Nr. 4 mit angeschaltetem Lasersternsystem. A photo of VLT UT4 ("Yepun") with the laser guide stars active. (Credit: Peter Weilbacher)

mit einem Gesichtsfeld von 4 Quadratgrad, ein Positionierungssystem für 2.400 Fasern, niedrig- und hochauflösende Spektrographen, ein optisches Fasersystem, sowie Kalibrier- und Metrologieeinheiten (vgl. Fig. 3). Zusätzlich wird Software benötigt, um die wissenschaftlichen Surveys und die Eigenschaften des Instruments zu simulieren, die Gerätekomponenten zu steuern und die Daten zu analysieren.

Im Jahr 2016 wurde das vorläufige Design abgeschlossen und die finale Designphase begonnen. Die Linsen für die Korrekturoptik und die Spektrographen werden bereits hergestellt.

MOSAIC FÜR DAS EXTREMELY LARGE TELESCOPE

Der Bau des Extremely Large Telescope (ELT) mit einem 39 Meter großen Hauptspiegel ist das herausragende Infrastrukturprojekt der europäischen bodengebundenen Astronomie in den nächsten Jahren (vgl. Fig. 4). Das AIP beteiligt sich an der Entwicklung des ELT-Multi-Objekt-Spektrographen (MOSAIC, vgl. Fig. 5), für welchen in den Jahren 2016/17 ein Designkonzept erarbeitet wurde. Das Arbeitspaket des AIP beinhaltet das optische Fasersystem, welches die Fokalebene des Teleskops mit den optischen und nah-infraroten Spektrographen verbindet.

MOSAIC kombiniert bildgebende mit Multi-Objekt-Spektroskopie. Die wissenschaftlichen Ziele mit Bezug zum AIP reichen von der Beobachtung von weit entfernten Galaxien und deren Entwicklung bis zu aufgelösten Sternpopulationen in relativ nahen Galaxien.

VIRUS UND DIE AUSDEHNUNG DES KOSMOS

Das AIP beteiligt sich am Bau eines Spektrographen für das weltweit drittgrößte Teleskop, dem 10-Meter-Hobby-Eberly Telescope (HET) in Texas. Das Teleskop wurde mit einer neuen Weitfeldoptik ausgerüstet und im April 2017 erneut in Betrieb genommen. Für das Hobby-Eberly Telescope Dark Energy Experiment (HETDEX) soll die Verteilung von einer Million entfernter Galaxien vermessen werden, um die beschleunigte Ausdehnung des Kosmos besser zu verstehen.

Um so viele Objekte beobachten zu können, wurde das VIRUS-Instrument entwickelt (vgl. Fig. 6). Dieses besitzt 75 vom AIP gebaute Glasfaserbündel und 150 Spektrographen und Detektoren. Mit dem VIRUS-Instrument lassen sich mit jeder Aufnahme des Nachthimmels über 33.000 Spektren gewinnen.

Im Jahr 2017 wurden mehr als 50 Prozent des modularen Instruments ans Teleskop gebracht. Damit war VIRUS bereits der größte Integral-Feld Spektrograph am Himmel (vgl. Fig. 7). Für seinen Beitrag erhält das AIP Beobachtungszeit mit VIRUS und ist wissenschaftlich in HETDEX involviert.

PMAS AM CALAR ALTO OBSERVATORIUM

Das am AIP entwickelte Potsdam Multi-Apertur Spektrophotometer (PMAS) am deutsch-spanischen Calar Alto 3,5-Meter-Teleskop ist ein 3D-Spektrograph für den gesamten optischen Wellenlängenbereich.

Die CALIFA (Calar Alto Legacy Integral Field Area) Durchmusterung nutzte PMAS und dessen effizientes Faserbündel, um 500 Galaxien räumlich und spektroskopisch zu vermessen und die Struktur und Evolution dieser Galaxien zu untersuchen. 2016 wurden der gesamte CALIFA Datensatz veröffentlicht und über 100 Beiträge, basierend auf PMAS und CALIFA Daten, publiziert.

Zusätzlich wird PMAS als Testbank zur Erprobung von Astrophotonik-Technologien des Innovationszentrums innoFSPEC benutzt, sowie zur Ausbildung von Studenten.

The spectral analysis of starlight is the major tool for observational astronomy and is the reason the Astrophysical Observatory Potsdam was founded in 1874. These days, the "3D and Multi-Object Spectroscopy" (3DMOS) programme is dedicated to the development of research technologies, new instrumentation, and software tools in the area of multiplex spectroscopy. These complex technologies are developed from a concept idea, via design studies, towards manufacture, assembly and testing, until the instrument is in operation at the telescope. In addition, dedicated software for the reduction, analyses and visualisation of the spectroscopic data is being developed.

Two main techniques are available: Integral-Field (IFS) or 3D-Spectroscopy (3DS) can map extended objects, such as nebulae, clusters and galaxies. Multi-Object-Spectroscopy (MOS) is used to efficiently measure a large number of stars and galaxies and thus to enable huge surveys.

AIP engages in international consortia to build instruments for the European Southern Observatory (ESO) and other world-class facilities. In addition, the training of students and young scientists is an integral part of the programme. Several projects (4MOST, MUSE, ELT-MOS) are supported by the BMBF-Verbundforschung.

MUSE UPGRADE WITH ADAPTIVE OPTICS

The MUSE (Multi Unit Spectroscopic Explorer) was developed for the Very Large Telescope (VLT) of the European Southern

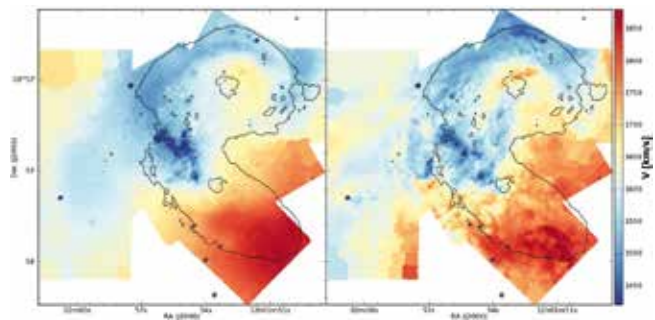


Fig. 2: Die Kinematik im Zentrum der Antennengalaxie NGC 4038/39: links die Geschwindigkeiten der Sterne, rechts des ionisierten Gases. The kinematics at the centre of the Antennae Galaxy (NGC 4038/39), showing the velocities of the stars (left) and of the ionised gas (right). (Credit: Peter Weilbacher)

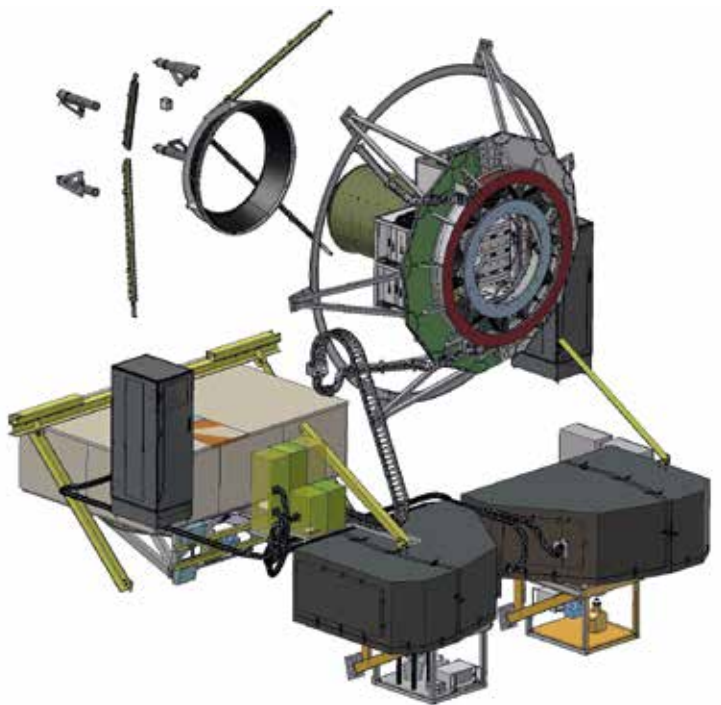


Fig. 3: Das computergestützte Design zeigt die Komponenten des 4MOST-Instruments ohne das VISTA-Teleskop. The computer-aided design shows all the components of the 4MOST instrument, but without the VISTA telescope.

Observatory (ESO) and has been operating successfully since 2014. In 2017, MUSE was upgraded to make use of the new Adaptive Optics (AO) Facility of the 4th VLT unit telescope. The system consists of four, powerful laser guide stars and a flexible secondary mirror, and is able to correct atmospheric turbulence. AIP staff took part in the commissioning, runs and led the adaptation of the data reduction software pipeline, so that users can seamlessly handle the AO-data as well. New data taken in this mode has, on average, about twice the spatial resolution of observations taken in non-AO. MUSE remains one of the top-requested instruments at the ESO observatories; this new mode will enhance demand for it even more.

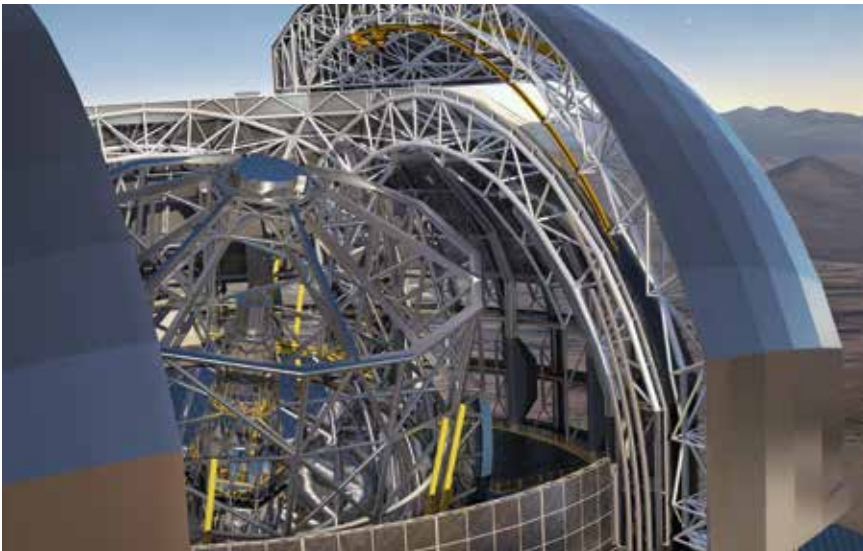


Fig. 4: Künstlerische Darstellung des Extremely Large Telescope (ELT) und seiner Kuppel. MOSAIC soll der zukünftige Multi-Objekt-Spektrograph für das ELT sein. Artist's impression of the Extremely Large Telescope (ELT) in its enclosure. MOSAIC shall be the future Multi-Object Spectrograph for the ELT. (Credit: ESO)

In 2016/17, AIP staff continued to lead several programmes in Guaranteed Time Observations (GTO), a wide-field survey of extragalactic fields (see the Galaxies & Quasars section), the prototypical, interacting Antennae Galaxy NGC 4038/4039, and observations of the nearby spiral galaxy NGC 300. AIP scientists also contributed to various other GTO programmes led by other institutes in the MUSE collaboration.

THE 4MOST DESIGN PHASE

The 4m Multi-Object Spectroscopic Telescope (4MOST) is being developed to enable high multiplex spectroscopy over a large field of view at the ESO-VISTA telescope from 2022 onwards. The main 4MOST science drivers are galactic archeology (spectroscopic follow-up of the Gaia satellite), the high-energy sky (eRosita follow-up), cosmology and galaxy evolution (Euclid complement), as well as providing millions of spectra for other all-sky surveys. These scientific surveys are coordinated by the “Milky Way and Local Volume” programme area.

The 4MOST instrument is designed and constructed within a European-Australian consortium, led by the PI and project office based at AIP. The subsystems include a wide-field optics to cover 4 square degrees, a positioner for 2400 fibres, both low and high-resolution spectrographs fed by optical fibres, and calibration and metrology units. In addition, software needs to be developed to simulate the scientific surveys and the expected facility performance, to control the instrument and to reduce and analyse the data.

In 2016, the preliminary design was successfully reviewed and the final design phase progressed. Manufacturing for long lead items, such as the lenses for the wide-field corrector and the spectrographs, is well underway.

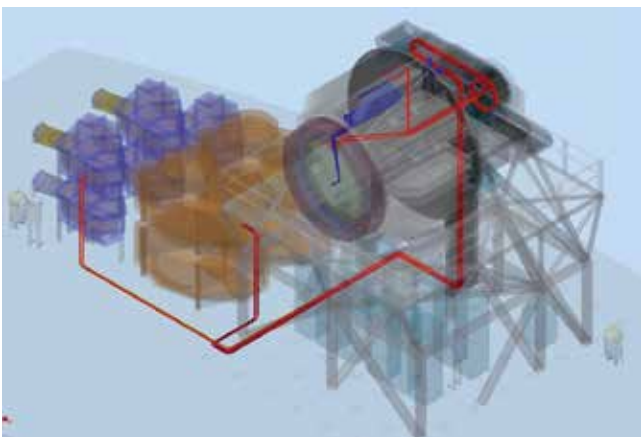


Fig. 5: Konzeption des MOSAIC-Instruments für das Extremely Large Telescope. Concept design of the MOSAIC instrument for the Extremely Large Telescope. (Credit: MOSAIC consortium)

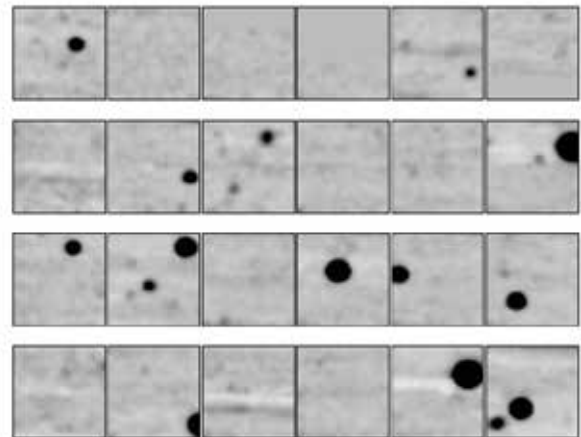


Fig. 6: Rekonstruierte Bilder von 24 der VIRUS-Datenwürfel, die stellare Quellen und Emissionslinienobjekte zeigen. Re-constructed images of 24 VIRUS data-cubes showing stellar sources and emission line objects. (Credit: HETDEX collaboration)



Fig. 7: *Detailansicht der Fokalebene am Hobby-Eberly Teleskop mit den montierten 54 Faserbündelköpfen. Detailed view of the Hobby-Eberly telescope focal plane, featuring the input heads of 54 integral-field-units.*



Fig. 8: *Das Potsdam Multi-Aperture Spektrophotometer (PMAS) am Calar Alto 3,5-Meter-Teleskop. The Potsdam Multi-Aperture Spectrophotometer (PMAS) mounted below the 3.5m Calar Alto telescope. (Credit: Santos Pedraz, CAHA)*

MOSAIC FOR THE EXTREMELY LARGE TELESCOPE

The development of the Extremely Large Telescope (ELT) with a 39m-size primary mirror is the major priority for the European ground-based astronomical infrastructure in the coming years. AIP is a partner in the development of a Multi-Object Spectrograph (MOSAIC), for which a concept study has been completed in 2016/17. The AIP work package includes the fibre system that connects the telescope focal plane to the optical and near-infrared spectrographs.

MOSAIC combines both imaging and multi-object spectroscopy. Major science cases with AIP involvement include the most distant galaxies, mass assembly, galaxy evolution, and resolved stellar populations in relative nearby galaxies.

VIRUS TO STUDY COSMIC EXPANSION

AIP participates in the development of a spectrograph for the 3rd largest telescope in the world, the 10m Hobby-Eberly Telescope (HET) in Texas. The telescope has been upgraded with a new wide-field optic and instrument package, and was re-dedicated in April 2017. Its primary scientific mission is the Hobby-Eberly Telescope Dark Energy Experiment (HETDEX), which aims to measure the three-dimensional distribution of one million distant galaxies and thus to learn about the accelerated expansion history of the cosmos.

The ability to observe so many objects required development of the Visible Integral-Field Replicable Unit Spectrograph (VIRUS). It consists of 75 optical fibre-bundles, built at AIP, plus 150 spectrographs and detectors. VIRUS can capture over 33,000 spectra in every exposure.

By 2017, more than 50% of all fibre-bundles have been deployed at the telescope, making VIRUS already the integral-field spectrograph with the largest multiplex and areal coverage on sky. In exchange for the development, AIP receives observing time with VIRUS and is scientifically involved in the HETDEX survey.

PMAS AT THE CALAR ALTO OBSERVATORY

The AIP-built Potsdam Multi-Aperture Spektrophotometer (PMAS) is a 3D-spectrograph at the 3.5m Calar Alto telescope, covering the entire optical wavelength range.

The CALIFA (Calar Alto Legacy Integral Field Area) survey (see Galaxies & Quasars section) took advantage of the PMAS's wide integral-field-unit to spectroscopically map 500 nearby galaxies and to study their structures and evolution. All CALIFA data were released in 2016 and over 100 papers have been published based on PMAS and CALIFA observations.

PMAS is also used for on-sky tests of astro-photonic technologies developed by the innoFSPEC Potsdam innovation centre and for training students.

AUSGEWÄHLTE PUBLIKATIONEN

SELECTED PUBLICATIONS

Haynes, D. M.; Kelz, A.; Barden, S. C.; Bauer, S.-M.; Ehrlich, K.; Haynes, R.; Jahn, Th.; Saviak, A.; de Jong, R. S. (2016): **4MOST fiber feed preliminary design: prototype testing and performance**, SPIE 9908, 99088I

Hernandez, E.; Bodenmüller, D.; Roth, M. M.; Kelz, A. (2016): **Model-based calculations of fiber output fields for fiber-based spectroscopy**, SPIE 9907, 990734

Hill, G. J. et al. (2016): **VIRUS: first deployment of the massively replicated fiber integral field spectrograph for the upgraded Hobby-Eberly Telescope**, SPIE 9908, 99081H

Husser, T.-O. et al.; MUSE collaboration (2016): **MUSE crowded field 3D spectroscopy of over 12 000 stars in the globular cluster NGC 6397. I. The first comprehensive HRD of a globular cluster**, Astronomy & Astrophysics 588, A148

Kamann, S et al.; MUSE collaboration. (2016): **MUSE crowded field 3D spectroscopy of over 12 000 stars in the globular cluster NGC 6397. II. Probing the internal dynamics and the presence of a central black hole**, Astronomy & Astrophysics 588, A149

Kelz, A.; Kamann, S.; Urrutia, T.; Weilbacher, P.; Wisotzki, L.; Bacon, R. (2016): **Multi-Object Spectroscopy with MUSE**, ASP Conference Series 507, 323

Kelz, A.; Hammer, F.; Jagourel, P.; MOSAIC Consortium (2016): **MOSAIC: A Multi-Object Spectrograph for the E-ELT**, ASP Conference Series 507, 425

McLeod, A. F.; Weilbacher, P. M.; Ginsburg, A.; Dale, J. E.; Ramsay, S.; Testi, L. (2016): **A nebular analysis of the central Orion nebula with MUSE**, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 455, 4057

Mitzkus, M.; Cappellari, M.; Walcher, C. J. (2017): **Dominant dark matter and a counter-rotating disc: MUSE view of the low-luminosity S0 galaxy NGC 5102**, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 464, 4789

Sánchez, S. F et al.; CALIFA collaboration (2016): **CALIFA, the Calar Alto Legacy Integral Field Area survey. IV. Third public data release**, Astronomy & Astrophysics 594, A36



Dionne Haynes, Petra Nihsen, Martin Mitzkus, Eloy Hernandez, Ole Steicher, Andreas Kelz (head), Peter Weilbacher, Sam Barden, Florian Zschege.



Visualisierungsmethoden helfen, Eigenschaften von Beobachtungen und Simulationen zu erforschen und zu demonstrieren. Visualisation methods help to explore and demonstrate properties of observations and simulations. (Credit: A. Khalatyan, G. Matijevic).

SUPERCOMPUTING UND E-SCIENCE

SUPERCOMPUTING AND E-SCIENCE

Die Abteilung Supercomputing und E-Science konzentriert sich auf vier Schwerpunkte: Datenmanagement und kollaborative Forschungsumgebungen (CRE) für institutsübergreifende Projekte, Unterhalt und Ausbau der Supercomputing-Infrastruktur des AIP, Entwicklung von Standards des Virtuellen Observatoriums sowie Software-Entwicklung für Datenmanagement und Publikation von astronomischen Daten.

KOLLABORATIVE FORSCHUNGsumGEBUNGEN

Jupyter Notebook ist ein sehr beliebtes Werkzeug zum Bearbeiten und Austauschen von Dokumenten, die gleichzeitig aktiven Programmcode und Visualisierungen enthalten können. Am AIP steht dazu ein eigener Server (jupyter.aip.de) für individuelle Nutzer und Nutzergruppen zur Verfügung. Beispielsweise können Workshopteilnehmer bereits vorkonfigurierte Notebooks erhalten, den Code während des Workshops weiterbearbeiten und sofort ausprobieren. Dazu sind auf dem Server bisher schon viele wissenschaftliche Python-Bibliotheken installiert. Über eine eigens entwickelte intuitive UWS-Schnittstelle wird der Zugriff auf lokale astronomische Datenbanken bereitgestellt.

Neben den bereits bestehenden CREs für die CLUES-, MultiDark- und MUSE-Kollaborationen wurde ein weiteres System für die GREGOR-Kollaboration der Optischen Sonnenphysik bereitgestellt. Über gregor.aip.de registrieren sich die Mitglieder der Kollaboration und erhalten Zugang zu den GREGOR-Datendiensten sowie den internen Webseiten der Kollaboration. Derzeit sind mehr als 60 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler verschiedener Institute registriert, die mit mehr als 60 TB Beobachtungsdaten arbeiten.

Für den hochauflösenden Nachtspektrographen GANS am GREGOR-Teleskop, der im vollautomatischen Roboter-Modus arbeitet, werden der Fluss der Beobachtungsdaten, das Management des Instruments, die Datenreduktionspipeline und die Provenienzinformationen in Zusammenarbeit mit den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern auf der Basis von virtuellen Servern entwickelt.

SUPERCOMPUTING- UND VIRTUALISIERUNGS-INFRASTRUKTUR

Simulationen von astrophysikalischen Prozessen sind heute ein wesentliches Werkzeug der Forschung. Das AIP stellt hierzu zwei Computercluster mit insgesamt ~3000 Cores bereit. Diese werden nicht nur für Simulationen, sondern zunehmend auch zum Verarbeiten von immer umfangreicheren Beobachtungsdaten moderner Instrumente genutzt.

TEAM 2016/17

Harry Enke (head), Anastasia Galkin, Arman Khalatyan, Jochen Klar, Gal Matijevic, Olaf Michaelis, Kristin Riebe, Matthias Steinmetz, Ole Streicher, Taavi Tuvikene

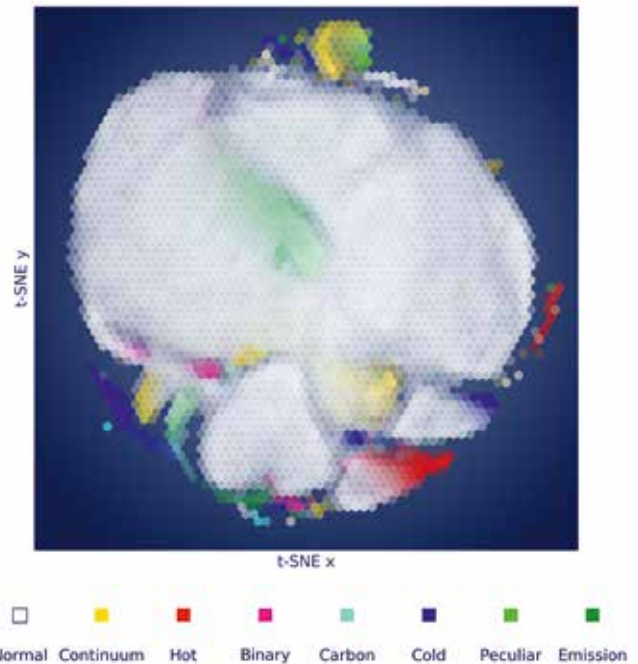


Fig. 1: Eine Projektion aller Spektren des RAVE-Surveys mit dem tSNE-Algorithmus. Spektren verschiedener astronomischer Objekte und Komponenten gruppieren sich automatisch zusammen, wie durch die Farben verdeutlicht ist. A projection of all spectra from the RAVE survey using the tSNE algorithm. Spectra of different kind of objects group together as indicated by the colours.

Am AIP steht außerdem eine Compute-Cloud Facility für verschiedenste Projekte zur Verfügung. Unter Verwendung von oVirt, einer Open Source Virtualisierungstechnologie, bietet das AIP eine leistungsstarke Plattform zum Betrieb von virtuellen Maschinen (VM). Derzeit sind 45 virtuelle Maschinen für Dienste wie projekteigene Webseiten, Datenaustausch, Mailserver, Datenanalyse-Pipelines und mehr im Einsatz.

Seit April 2016 ist eine neue Website für Virtual Reality (VR) online, die ebenfalls eine virtuelle Maschine nutzt. Mit 360-Grad-Videos und Panoramaansichten lädt das neue Webportal <https://vr.aip.de> dazu ein, den Kosmos ganz nah zu erleben und auf virtuelle Entdeckungsreise durch astronomische Observatorien zu gehen. Als Visualisierungs-Software wurden sowohl der PMViewer mit 3D OpenGL Rendering als auch holographische Projektionsmethoden weiterentwickelt.

DATENPUBLIKATION UND VIRTUELLES OBSERVATORIUM

Die ersten Resultate der Gaia-Mission der Europäischen Welt- raumagentur (ESA) wurden im September 2016 veröffentlicht. Das Datenrelease (DR1) enthält verschiedene Tabellen, insbesondere Positionen und photometrische Helligkeiten für mehr als eine Milliarde Sterne. Das AIP ist eines der vier externen Datenzentren, welche die Daten zeitgleich mit dem ESA-Datenzentrum der wissenschaftlichen Community und der weiteren Öffentlichkeit zur

Verfügung stellen. Der Zugriff auf diese Daten erfolgt über den Server `gaia.aip.de`, unter Verwendung des am AIP entwickelten Daiquiri-Frameworks, einem modernen Interface zum Durchsuchen und Erforschen der Daten. Neben den Gaia-Daten werden zusätzliche Crossmatch-Tabellen mit RAVE, UCAC5 und anderen Sternkatalogen angeboten.

Über die CosmoSim-Datenbank wurden weitere Simulationsdaten aus dem CLUES-, Bolshoi- und MultiDark-Projekt publiziert. Mittlerweile ist CosmoSim sogar zu einer Referenzdatenbank für kosmologische Daten geworden. Die meisten der derzeit dort veröffentlichten Simulationen berücksichtigen allerdings weder hydrodynamische Prozesse noch Sternentstehung, so dass sich darin nur sogenannte Halos aus dunkler Materie ohne Galaxien bilden. Jedoch können aus den vorhandenen Datensätzen zu den Dunkle-Materie-Halos mit Hilfe von semi-analytischen Methoden dennoch die Eigenschaften der Galaxien, die sich in diesen Halos befinden würden, berechnet werden. Solche Kataloge stehen nun ebenfalls in CosmoSim zur Verfügung.

Das MUSE-Wide-Projekt, ein Survey mit dem MUSE-Instrument in den GOODS-S/CDFS und CANDELS-COSMOS Feldern, wird Anfang 2018 einen ersten Datenrelease veröffentlichen. Die Sammlung umfasst 44 Datenkuben (mit den Dimensionen Rektaszension, Deklination und Wellenlänge), einen Katalog von photometrisch selektierten Quellen aus Daten des Hubble-Weltraumteleskops und dazugehörige, aus den MUSE-Datenkuben extrahierte Spektren sowie einen Katalog von Emissionslinien. Die MUSE-Wide-Webseite wird als erste die neue Version von Daiquiri nutzen und verfügt

über einen speziellen Cut-Out-Service, um aus den Datenkuben frei spezifizierbare Teilvolumina zu extrahieren.

Im September 2016 erschien die fünfte Datenveröffentlichung des RAVE-Survey; die nächste wird für 2018 vorbereitet und wird ebenfalls die neue verbesserte Daiquiri-Version nutzen. Die Datenverarbeitungs-Pipeline SPARV wurde für beide Releases erheblich verbessert.

Das zweite APPLAUSE Daten-Release wurde im Februar 2016 veröffentlicht, mit Platten aus den Sammlungen in Bamberg, Hamburg, Potsdam und Tartu. DR2 enthält 51.517 Scans von 42.789 Platten, insgesamt 58.115 Digitalisate, darunter auch von Logbüchern und Plattenhüllen. Mit 2,59 Milliarden extrahierten Quellen und verbesserten photometrischen Werten wurde das DR1 um nahezu eine Milliarde Quellen erweitert.

Im Rahmen des e-inf-astro-Projekts der Verbundforschung setzt das Team die Entwicklung von gemeinsam nutzbarer astronomischer Software und die Unterstützung des Virtuellen Observatoriums fort. Die neue, mit Python entwickelte Software Daiquiri 2 implementiert u.a. den IVOA Standard TAP für standardisierte Datenbanktabellenzugriffe sowohl für MySQL als auch für Postgres-Datenbanken.

Das E-Science-Team unterstützt die Open Source Community. Im Juni 2017 wurde die erste Debian Astro 1.0 Linux Distribution mit ca. 250 astronomischen Softwarepaketen publiziert.

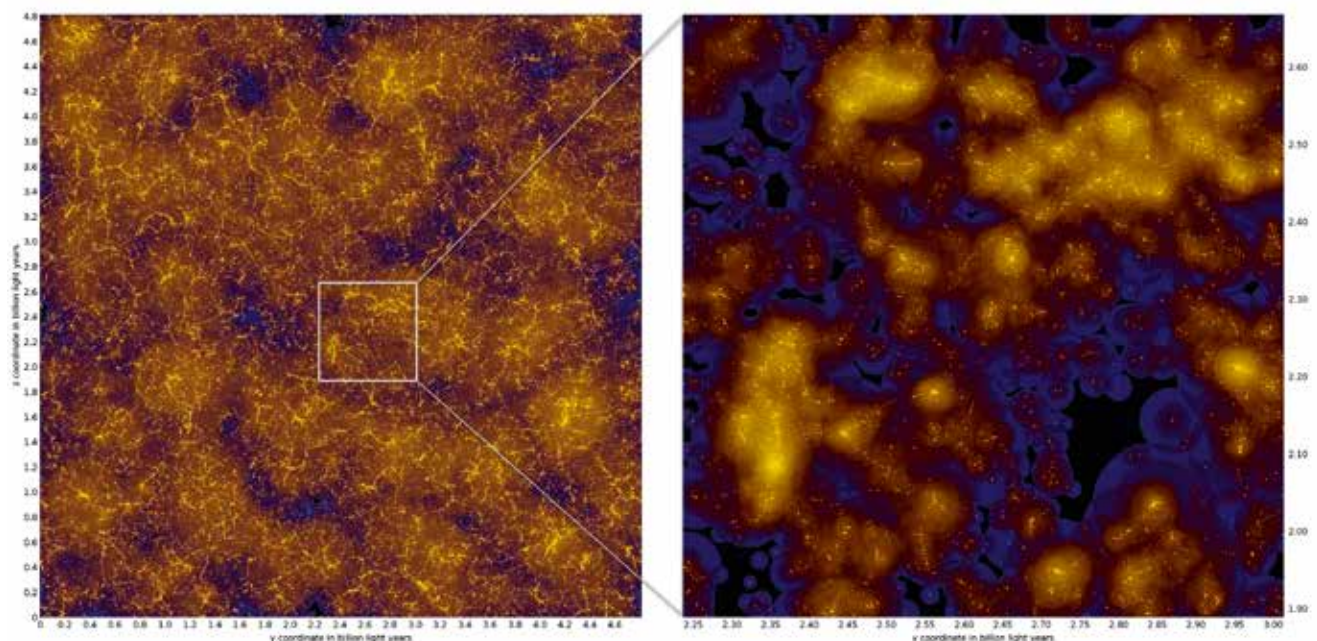


Fig. 2: Visualisierung von Modellgalaxien (gelbe Punkte) mit der Verteilung der Dunklen Materie im Hintergrund. Rechts ist ein kleiner Bereich nochmals vergrößert dargestellt. Visualisation of model galaxies (yellow dots) with the dark matter distribution in the background. The right panel zooms into a smaller region.

SOFTWARE-ENTWICKLUNG

Das Daiquiri-Framework, welches die verschiedenen Datenveröffentlichungen des AIP ermöglicht, wurde intensiv weiterentwickelt. Der serverseitige Code wurde in der Programmiersprache Python neu geschrieben und zahlreiche Komponenten durch bessere, inzwischen verfügbare Open-Source-Lösungen ersetzt. Ein leistungsfähiger Parser für die Datenbanksprache SQL wurde auf Basis der entsprechenden Grammatik entwickelt und kann nun die eingegebene Anfrage in ihre Bestandteile zerlegen und in verschiedene SQL-Dialekte übersetzen. Als neues Feature wird es in Zukunft möglich sein, mit Daiquiri nicht nur tabellarische Daten, sondern auch Dateien von Teleskopen, wie dem AIP eigenen Stella-Teleskop, in einem Archiv anzubieten. Mit der neuen Version ist die Nutzung auf mobilen Endgeräten möglich.

Im von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderten, interdisziplinären Projekt Research Data Management Organizer (RDMO) wurde zusammen mit der Fachhochschule Potsdam (FHP) ein Werkzeug entwickelt, das die systematische Planung, Organisation und Implementierung von Datenmanagement während eines wissenschaftlichen Projekts optimal unterstützt. RDMO erlaubt das Erfassen aller relevanten Informationen in Datenmanagementplänen und die Verwaltung aller Datenmanagementaufgaben über den gesamten Datenlebenszyklus. In den Jahren 2017–2020 wird das Projekt in einer erneut von der DFG geförderten, zweiten Projektphase fortgesetzt.

The Supercomputing and E-Science section currently focuses on four major work areas: data management and collaborative research environments (CRE) for projects involving more than one institute, provision of efficient supercomputing facilities at AIP, development of Virtual Observatory standards, and development of software for data management and publication of astronomical data.

COLLABORATIVE RESEARCH ENVIRONMENTS

Jupyter Notebook became a popular way of creating and sharing documents containing live code and visualisation. We set up a Jupyter Notebook server accessible through jupyter.aip.de for individual users or groups. For example, workshop attendees can get access to pre-made showcase notebooks, develop the code during the workshop and execute it immediately. The server is equipped with many scientific Python libraries and offers an intuitive, AIP-developed UWS interface to local astronomical database systems for easy data access.

Similar to the existing environments for the CLUES, MultiDark and MUSE collaborations, we implemented a system for the GREGOR collaboration of the optical solar physics section. On gregor.aip.de, members register for an account and can then use GREGOR data services at AIP as well as access internal collaboration information pages. Currently, over 60 GREGOR researchers from several institutions work on over 60 TB of observational data.

The night spectrograph GANS is a high-resolution spectrograph for the GREGOR solar telescope that is fully robotic. The observation

data flow as well as management, the reduction pipeline and the provenance information is being developed on virtual server basis in close collaboration with the scientists.

SUPERCOMPUTING AND VIRTUALIZATION INFRASTRUCTURE

Simulation of astrophysical processes is an essential research tool today, and AIP provides 2 clusters with approximately 3000 cores as compute facilities. In addition, there is a growing demand from observers working on observations from current instruments.

AIP accommodates a Compute Cloud facility for various projects. Based on oVirt, an open source virtualisation technology, we offer a powerful platform for hosting Virtual Machines (VM). Currently over 45 VM are providing services such as project webpages, data exchange, mail, data analysis pipelines and more.

In April 2016, we launched a new Virtual Reality (VR) website. Offering 360 degree videos and panoramas, the new web portal <https://vr.aip.de> invites visitors to experience the cosmos and take virtual tours through astronomical observatories. Both PMViewer as a 3D OpenGL rendering software and holographic projection methods were improved at AIP.

DATA PUBLICATION AND VIRTUAL OBSERVATORY

The European Space Agency's (ESA) Gaia mission published its first set of results in September 2016. The first data release contains several tables, including coordinates and magnitudes for over one billion stars. AIP serves as one of the four data centres that provide data from the first data release to the scientific community. AIP hosts a dedicated server, gaia.aip.de, that uses the Daiquiri Framework, developed at AIP, to provide a modern interface for browsing and investigating the data. We supplement the Gaia data releases with cross-matched catalogues that can be used alongside the Gaia survey data.

The CosmoSim database continues to publish and extend cosmological simulation data sets from the series of MultiDark, Bolshoi and CLUES simulations. CosmoSim grew into a reference website for cosmological data publications. Most simulations published here do not take hydrodynamics and star formation into account and thus contain only so-called "dark matter halos" and no galaxies. However, given a catalogue of dark matter halos and their merging histories, it is possible to compute properties of galaxies that would reside in these halos using semi-analytical recipes. Such galaxy catalogues are now also available in the CosmoSim database.

The MUSE-Wide project, a shallow survey with the MUSE instrument in the OODS-S/CDFS and CANDELS-COSMOS fields, will publish a first data release early in 2018. The collection comprises of 44 data cubes (with the dimensions right ascension, declination and wavelength), a catalogue of photometrically-selected sources from the Hubble Space Telescope and the corresponding extracted spectra, as well as an emission line catalogue. MUSE-Wide will be the first website using the new version of Daiquiri and a custom-made, cut-out service to extract user-specified volumes from a data cube.

The RAVE survey published its fifth data release in September 2016 and the sixth is being prepared for 2018. We have improved the processing pipeline (SPARV) for both releases and will publish DR6 based on the improved Daiquiri Framework.

The second APPLAUSE data release was published in February 2016 and contains data from the Bamberg, Hamburg, Potsdam, and Tartu plate collections. DR2 has 51,517 scans of 42,789 plates, in total 58,115 digital images including plate covers and logbook pages. With 2.59 billion extracted sources, this data release extends the former data by nearly a billion sources with improved photometric values.

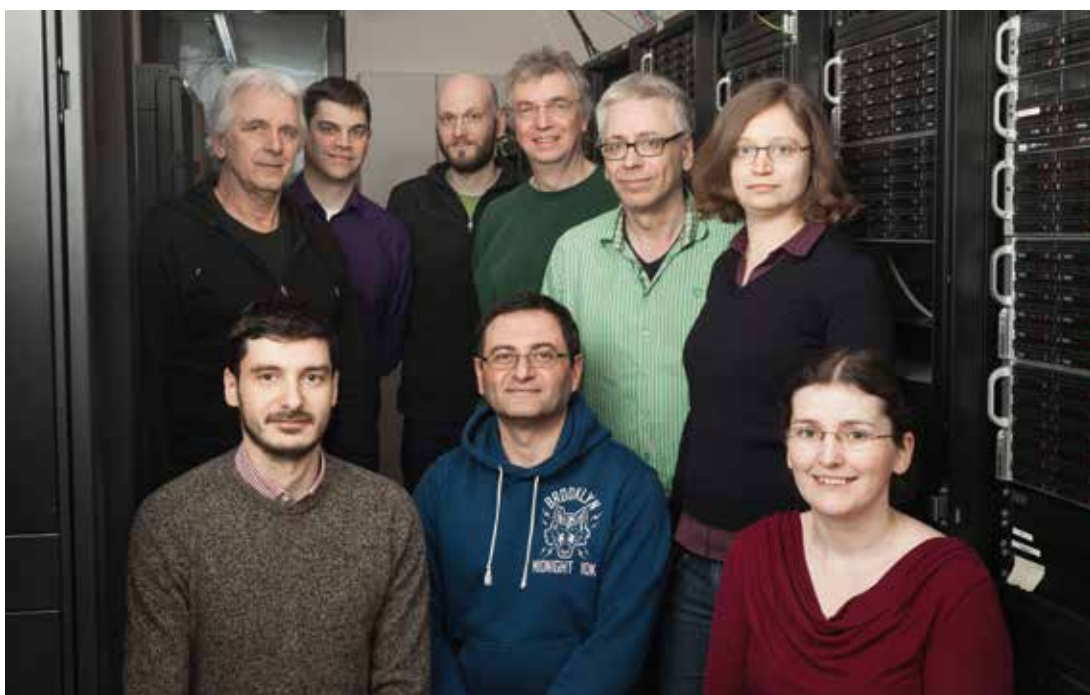
As part of the e-inf-astro project funded by the Federal Ministry of Education and Research in Germany (BMBF), AIP continues to support common astronomical software infrastructure and the Virtual Observatory (VO) efforts. The new, Python-based Daiquiri version implements the IVOA TAP standard for both postgres and mysql databases.

The E-Science team strongly supports the open source community. In June 2017, the first Debian Astro 1.0 Linux Distribution was published, including around 250 software packages used for astronomical research.

SOFTWARE DEVELOPMENT

The Daiquiri Framework, which is used for different data publications, was significantly improved. The server-side code was rewritten in Python and several components were replaced with modern and more efficient open-source alternatives. A powerful query parser for the SQL language was developed and is now used to translate between the different SQL dialects. As a new feature, it will be possible to not only host table data, but also create and archive files from telescopes such as AIP's own Stella facility. The new version will also be mobile friendly.

The Research Data Management Organiser (RDMO) funded by the German Research Foundation (DFG) is a tool to systematically plan, organise and implement the data management throughout a scientific project. It was successfully implemented in the first funding period. RDMO allows for the collection of all relevant information into data management plans and the organising of corresponding tasks over the entire data life cycle. We continue work on the second phase of the project funded by the DFG in 2017–2020.



*Harry Enke, Jochen Klar,
Olaf Michaelis, Matthias
Steinmetz, Ole Streicher,
Anastasia Galkin,
Gal Matijevic, Arman
Khalatyan, Kristin Riebe*

AUSGEWÄHLTE PUBLIKATIONEN

SELECTED PUBLICATIONS

Casey, A. R. et al.; RAVE collaboration (2017): **The RAVE-on Catalog of Stellar Atmospheric Parameters and Chemical Abundances for Chemodynamic Studies in the Gaia Era**, *The Astrophysical Journal* 840, 59

Galkin, A.; Riebe, K.; Klar, J.; Enke, H.; (2017): **Hosting astronomical data in sharded SQL databases**, ADASS XXVI, ASP Conference Series 191, 125

Kirk, B.; Kepler collaboration et al. (2016): **Kepler Eclipsing Binary Stars. VII. The Catalog of Eclipsing Binaries Found in the Entire Kepler Data Set**, *The Astronomical Journal* 151, 68

Knebe, A. et al. (2017): **MultiDark-Galaxies: data release and first results**, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 474, 5206, doi:10.1093/mnras/stx2662

Knowledge Exchange Research Data Expert Group and Science Europe Working Group on Research Data (2016): **Funding Research Data Management and Related Infrastructures, Science Europe and Knowledge Exchange Report**, https://www.scienceeurope.org/wp-content/uploads/2016/05/SEKE_Briefing_Paper_Funding_RDM.pdf

Matijevic, G. et al.; RAVE collaboration (2017): **Very metal-poor stars observed by the RAVE survey**, *Astronomy & Astrophysics* 603, A19

Muna, D. et al. (2016): **The Astropy Problem**, arXiv: 1610.03159

Prusti, T. et al.; Gaia collaboration (2016): **The Gaia mission**, *Astronomy & Astrophysics* 595, A1

Streicher, O. (2017): **Debian Astro: An open computing platform for astronomy**, ADASS XXVI, ASP Conference Series 191

Traven, G. et al. (2017): **The Galah Survey: Classification and Diagnostics with t-SNE Reduction of Spectral Information**, *The Astrophysical Journal Supplement* 228, 24

Wojno, J. et al.; RAVE collaboration (2017): **The selection function of the RAVE survey**, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 468, 3368

Zerjal, M. et al.; RAVE collaboration (2017): **Chromospherically Active Stars in the RAVE Survey. II. Young Dwarfs in the Solar Neighborhood**, *The Astrophysical Journal* 835, 61

DATA RELEASES

Enke, H.; Matijevic, G; T.; Klar, J.; Riebe, K.; (2016): **RAVE Data Release 5**, <https://www.rave-survey.org/project/documentation/dr5/>

Galkin, A.; Riebe, K.; Klar, J.; Enke, H.; (2017): **MultiDark-Galaxies data release**, <https://www.cosmosim.org/cms/documentation/projects/galaxies/>

Enke, H.; Tuvikene, T.; Klar, J.; Riebe, K.; Schmalz, S.; (2016): **APPLAUSE Data Release 2**, <https://www.plate-archive.org/applause/dr2>

SOFTWARE

Astropy Collaboration (2016): **Astropy 2.0**, <https://astropy.org>

Klar, J. (2016): **Verlust der Nacht**, <https://github.com/aipescience/verlustdernacht>

Klar, J.; Partl, A.; Riebe, K., Galkin, A. (2016): **Daiquiri – A framework for the publication of scientific databases**, <https://github.com/aipescience/daiquiri>

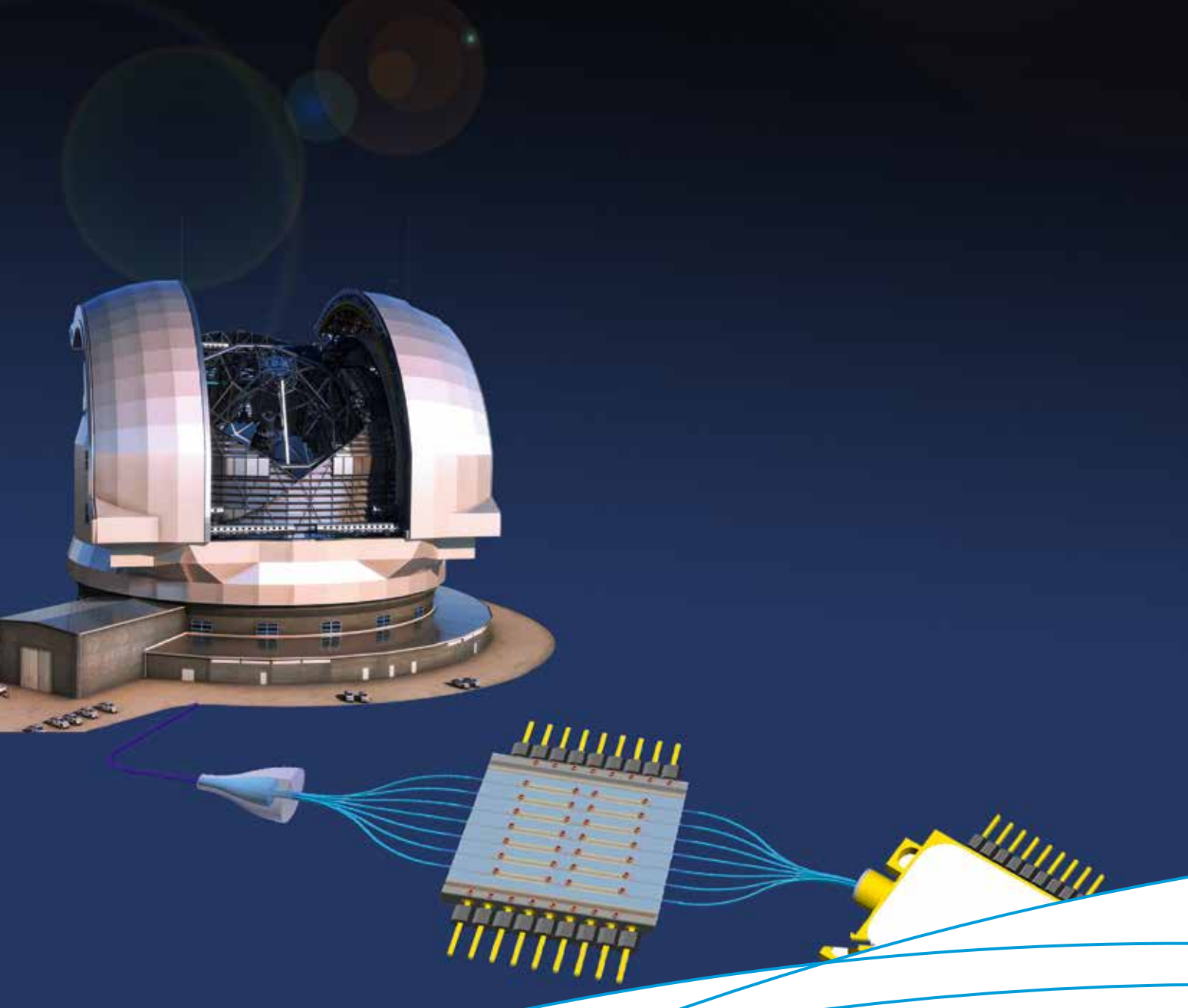
Klar, J. et al. (2017): **RDMO – A tool to support the planning, implementation, and organization of research data management**, <https://github.com/rdmorganiser>

Matijevic, G.; Klar, J.; Riebe, K., Galkin, A. (2017): **queryparser – Parsing, processing, and translation of MySQL and ADQL queries**, <https://github.com/aipescience/queryparser>

Streicher, O. et al. (2017): **Debian Astro 1.0**, <https://blends.debian.org/astro>

Streicher, O. (2016): **Python-CPL: Python interface for the ESO Common Pipeline Library**, ASCL-ID 1402.010, <https://github.com/olebole/python-cpl>

Tuvikene, T. (2016): **PyPlate – A Python package for processing astronomical photographic plates**, <https://github.com/astrotuvi/pyplate>



*Astrophotonik: innovative Komponenten für astronomische Instrumente. Astrophotonics: innovative components for astronomical instrumentation.
(Credit: ESO/AIP)*

innoFSPEC
innoFSPEC

innoFSPEC Potsdam ist ein interdisziplinäres Zentrum für Innovationskompetenz, das 2008 als Gemeinschaftsvorhaben der Universität Potsdam und des AIP gegründet wurde. Die Mission von innoFSPEC besteht in Forschung und Entwicklung im Bereich optischer Fasern und fasergekoppelter Spektroskopie und Sensorik. Das Zentrum wurde mit einer substantiellen Förderung aus dem Programm Unternehmen Region des BMBF aufgebaut. Es arbeitet gegenwärtig in einer zweiten Förderphase von 2016 bis 2021. innoFSPEC ist im Kern auf zwei Nachwuchsforschergruppen aufgebaut: der Gruppe Angewandte Analytische Photonik am Institut für Chemie der Universität Potsdam und der Gruppe Astrophotonik am AIP. Durch Einwerben von Drittmitteln von DFG, EU und anderen Fördermittelgebern ist das Zentrum auf inzwischen insgesamt sieben Forschergruppen angewachsen, die sich auf Forschung im Bereich fasergekoppelter astronomischer Instrumente und integrierter Optik sowie auf physikalische Chemie und interdisziplinäre Projekte spezialisiert haben.

INTEGRIERTE FREQUENZKÄMME FÜR ULTRA-PRÄZISE WELLENLÄNGENKALIBRATION VON SPEKTROGRAPHEN

Die akkurate Wellenlängenkalibration hochauflösender Spektrographen ist eine Voraussetzung für die Messung der winzigen Dopplerverschiebung in Sternspektren, die durch extrasolare Planeten hervorgerufen werden. Diese hochgenaue Kalibration ist erst durch den Einsatz von Laserfrequenzkämmen ermöglicht worden. Durch die Beschaffung eines geeigneten Lasers gelang es dem Team, den ersten Frequenzkamm in den Mikroresonatoren zu erregen, die bereits in der ersten Förderphase von innoFSPEC entwickelt worden waren (Fig. 1). Die Herstellung neuer, optimierter Resonatoren wurde bereits in Angriff genommen, und auch die Entwicklung einer Frequenzstabilisierung machte erste Fortschritte. Die Bewilligung von Fördermitteln für eine Zusammenarbeit mit Prof. Morandotti in Kanada erlaubt eine Erweiterung des Projekts zur Nutzung neuartiger Hochleistungslaser.

MULTI-TELESKOP-STRAHLKOMBINIERER FÜR INTERFEROMETRIE

Im Bereich der Interferometrie gelang die Herstellung und Prüfung erster Muster von Strahlkombinierern für 6 Teleskope im Nahinfrarotbereich (NIR) als Kollaboration mit der Universität

TEAM 2016/17

Silvia Adelhelm, Daniel Bodenmüller, José Boggio, John Davenport, Momen Diab, Julia Fiebrandt, Ingo Gersonde, Domenico Giannone, Zhanyu He, Eloy Hernandez, Kalaga Madhav, Kirill Makan, Vadim Makan, Stefano Minardi, Martin Mitzkus, Benito Moralejo, Abani Nayak, Petra Nihsen, Ettore Pedretti, Martin Roth (head), Christer Sandin, Elmar Schmälzlin, Andreas Stoll, Marvin Stolz, Kai Sun, Yu Wang, Kunyao Wang, Jennifer Weise, Jian Wu, Marina Zajnulina, Ziyang Zhang, Dele Zhu

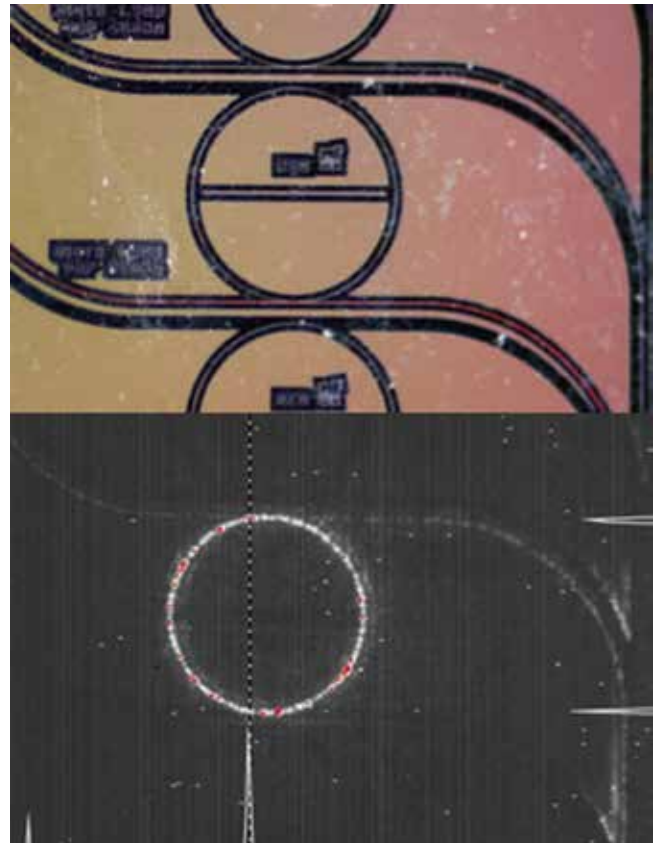


Fig. 1: Oben: Mikroskopaufnahme eines integrierten optischen Mikroresonators in Siliziumnitrid, der für die Anregung von Frequenzkämmen geeignet ist. Unten: infrarote Aufnahme des Resonators, der bei einer resonanten Pumpwelle angeregt ist. Top: microscope image of a silicon nitride integrated optical microresonator suitable for the excitation of frequency combs. Bottom: infrared image of the same resonator excited by a resonant pumpwave.

Jena (Fig. 2). Die Ergebnisse der Validierung erster Strahlkombinierer für den mittleren Infrarotbereich wurden 2017 in einer Sonderausgabe „Astrophotonik“ der Zeitschrift Optics Express publiziert. Die Forschung im Bereich der Interferometrie wurde weiterhin gestärkt durch die Bewilligung des DFG-Vorhabens NAIR, einem Verbundvorhaben mit der Landessternwarte Heidelberg und der Universität Köln. Dieses Vorhaben zielt auf die Demonstration astrophotonischer Technologien am Teleskop ab. Eine der möglichen Anwendungen astronomischer Interferometrie besteht in der Aufnahme hochauflöster Bilder stellarer Atmosphären zur Überprüfung von numerischen Modellen zur Konvektion in Überriesen.

ADAPTIVE OPTIKGESTÜTZTE ASTROPHOTONIK

In der kommenden Ära von Extremely Large Telescopes werden Instrumente mit adaptiver Optik im NIR im Vordergrund stehen. Das Ziel dieses Projekts ist daher die Optimierung der Einkopplung von Sternlicht aus der Fokalebene des Teleskops in integrierte Optiken vermöge des Einsatzes von Modenkonzernern und adaptiver Optik niedriger Ordnung. Als erste Resultate liegen numerische Simulationen zur Einkopplung von Licht in Modenkonzernern mit

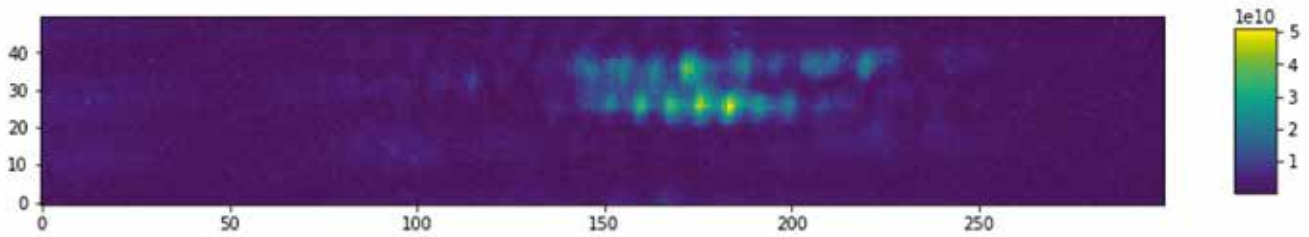


Fig. 2: Aufnahme der angeregten Wellenleiter eines integrierten interferometrischen Strahlkombinierers, der für ein Interferometer mit 6 Teleskopen geeignet ist. Die interferometrische Vermischung der Signale wird in den einzelnen gekoppelten Wellenleitern erzeugt. Image of the excited waveguides of an integrated interferometric beam combiner, which is suitable for the combination of 6 telescopes. The interferometric mixing is happening inside the individual coupled waveguides.

wenigen Moden vor. Weiterhin wurde eine Erfindungsmeldung zu einer neuartigen Methode für die Messung der Amplituden von Moden in Multimodenfasern eingereicht.

SPEKTROGRAPH „ON-A-CHIP“

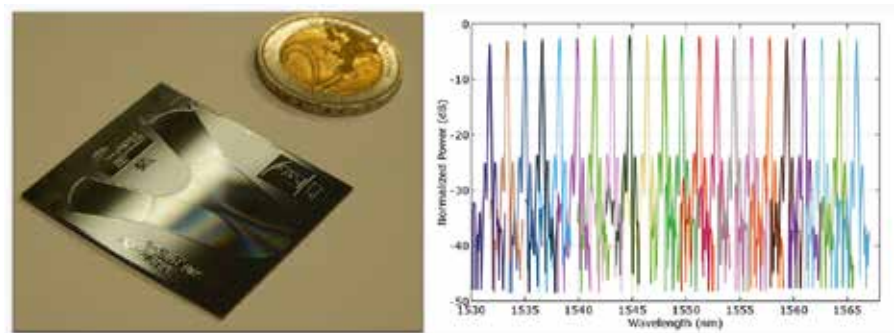
innoFSPEC ist eine der wenigen Gruppen weltweit, die Forschung und Entwicklung von miniaturisierten Spektrographen auf Basis von planaren Wellenleiter-Schaltkreisen (PLC) betreiben. Eine Variante der untersuchten Komponenten ist das „Arrayed Waveguide Grating“ (AWG), eine ursprünglich für (De-)Multiplexer der optischen Telekommunikation entwickelte Technologie. Für eine Eignung zur Spektroskopie in der Astronomie müssen AWG zu Komponenten mit bisher unerreichten Eigenschaften weiterentwickelt werden. In Zusammenarbeit mit einem Industrieunternehmen wurde ein erster Prototyp entwickelt, der einzigartige Eigenschaften besitzt: hohe spektrale Auflösung, hoher Durchsatz, ein breiter freier Spektralbereich, Unempfindlichkeit bzgl. Polarisation, sowie hohe Temperaturstabilität (Fig. 3). Nach einer erfolgreichen Charakterisierung im Labor wird der Prototyp inzwischen durch Schneiden und Polieren des Chips sowie Einbau in ein Gehäuse für den Test am Teleskop vorbereitet.

Eine weitere Forschungsrichtung befasst sich mit Echellegittern in Planaroptik. Nach dem Abschluss von Simulationsrechnungen und dem Erstellen eines Designs kann in Kürze die Herstellung beginnen. Die Vision eines „Instrument-on-the-chip“ könnte einen Wendepunkt für astronomische Instrumentierungen bedeuten: Die extrem leichten und miniaturisierten PLC-Komponenten könnten gleichzeitig eine höhere Leistungsfähigkeit und einen robusteren Aufbau als klassische Optiken bieten.

APERIODISCHE FASER-BRAGG-GITTER ZUR OH-LINIENUNTERDRÜCKUNG

Tiefe NIR-Beobachtungen mit bodengebundenen Teleskopen werden durch OH-Emissionslinien des Nachthimmels massiv beeinträchtigt. Ein geeigneter „OH Suppression“-Filter wäre wünschenswert, um das Licht dieser Emissionslinien auszulöschen, noch bevor es in das Instrument eindringen und die Messungen überstrahlen kann. Wie durch innoFSPEC und Kooperationspartner bereits demonstriert werden konnte, sind aperiodische Faser-Bragg-Gitter (AFBG) in der Lage, bis zur 100 solcher OH-Linien auf einmal auszufiltern. AFBG können in optischen Fasern durch Einstellen einer periodischen Variation des Brechungsindex im Faserkern

Fig. 3: AWG-Chip mit einem spektralen Auflösungsvermögen von mehr als $R=10.000$ für das H-Band im NIR. AWG chip with spectral resolution exceeding 10,000 for the H band in the NIR.



hergestellt werden, z. B. durch Belichten mittels eines geeignet hergestellten Interferenzmusters eines UV-Lasers oder durch eine punktweise Belichtung durch einen Laser (Fig. 4). Die einfachste Methode besteht in der Belichtung durch eine Phasenmaske. Allerdings war dieses Verfahren bislang beschränkt auf die Herstellung einfacher Filter für nur eine Wellenlänge. Die Anforderungen an AFBG hingegen bedeuten, dass eine hochkomplexe Variation des Brechungsindex präzise in den Faserkern eingeschrieben werden muss. Ein neuartiger Ansatz bei innoFSPEC besteht im Design einer entsprechend hochkomplexen Phasenmaske, mit der das erforderliche UV-Interferenzmuster erzeugt wird.

PRAXIS, EIN OH-FILTER DEMONSTRATOR

Das Projekt PRAXIS zielt darauf ab, das Potenzial von Faser-Bragg-Gittern zur Unterdrückung von OH-Linien am Teleskop zu testen. Mit diesem Ziel arbeitet innoFSPEC gemeinsam mit Partnern in Australien an der Entwicklung eines Spektrographen für das J- und H-Band im NIR, der eine Faserkopplung und einen Teleskopadapter umfasst und einen hohen Durchsatz und geringes Rauschen realisieren soll (Fig. 5). Zur Demonstration der OH-Filterwirkung soll zunächst das von innoFSPEC im Jahr 2009 bereitgestellte FBG-Bündel installiert werden. Nach einem für 2018 geplanten Test am AAT soll PRAXIS später am Subaru-Teleskop zum Einsatz kommen.

MULTIPLEX-RAMANSPEKTROSKOPIE – AUS DER ASTROPHYSIK FÜR DIE MEDIZIN

Aufgrund der langjährigen Erfahrung des AIP mit Integralfeldspektroskopie (IFS), konnte 2013–2017 der BMBF-finanzierte Technologietransfer Multiplex-Ramanspektroskopie (MRS) durchgeführt werden. Ramanspektroskopie ermöglicht die Identifizierung chemischer Substanzen, z. B. in der Mineralogie, Biochemie, medizinischen Diagnostik, usw. Für die Aufzeichnung von Ramanbildern ausgedehnter Flächen mit Einkanalsspektrographen muss allerdings ein zeitraubendes sequentielles Abtastverfahren eingesetzt werden, das z. B. für Anwendungen in der Medizin nicht praktikabel ist. Durch Nutzung des Nachbaus

eines MUSE-Spektrographenmoduls ist es mit dem MRS-Projekt gelungen, IFS aus der Astronomie in die Hautkrebsdiagnostik in der Medizin zu transferieren. Im Vergleich zu den konventionellen Methoden konnten die Messzeiten um Größenordnungen beschleunigt werden. Hautgewebe mit einer Fläche von 1 cm^2 konnte in weniger als zwei Minuten erfasst werden – eine praktikable Zeit für die tägliche Routine einer Klinik. In Zusammenarbeit mit der Charité Universitätsmedizin in Berlin wurden Hautproben von Krebspatienten gemessen und mit gesunden Gewebeproben verglichen (Fig. 7). Eine weitere Beschleunigung der Messzeiten gelang mit dem 4D-HTS-Projekt im Rahmen der BMBF-finanzierten Zwanzig20-Allianz 3Dsensation. Im Ergebnis konnte weltweit erstmals eine Zeitserie von bewegten Teilchen eines Mikrofluidik-Experiments als Videosequenz publiziert werden. Mit zwei Folgeprojekten wird die Methode in Zusammenarbeit mit Industriepartnern und den Leibniz-Instituten IPHT Jena und FBH Berlin weiterentwickelt.

INTEGRALFELDSPEKTROSKOPIE AUFGEÖSTER STELLARER POPULATIONEN IN NGC300

Obwohl Photonikforschung für die Astronomie ein sehr spezialisiertes Thema im Bereich der Instrumentenentwicklung darstellt, hat innoFSPEC stets eine Einbindung in die Forschungsagenda des AIP sichergestellt. In diesem Zusammenhang ist die neuartige Methode von PSF-Fit-Verfahren für die Integralfeldspektroskopie ein prominentes Beispiel. Das Verfahren wurde ursprünglich mit PMAS am Calar Alto Observatorium entwickelt. Unter Nutzung der herausragenden Eigenschaften von MUSE setzt das Team die Methode nun am VLT ein. Erste Ergebnisse von Beobachtungen in der Galaxie NGC300 demonstrieren, dass hiermit die Tür zu einem neuen Ansatz für die spektroskopische Untersuchung aufgelöster stellarer Populationen in nahegelegenen Galaxien aufgestoßen wurde: MUSE bietet eine einzigartige Möglichkeit zur Erfassung von Spektren von tausenden Einzelsternen, HII Regionen, Supernovaüberresten, Planetarischen Nebeln, u.v.a.m. (Fig. 8).

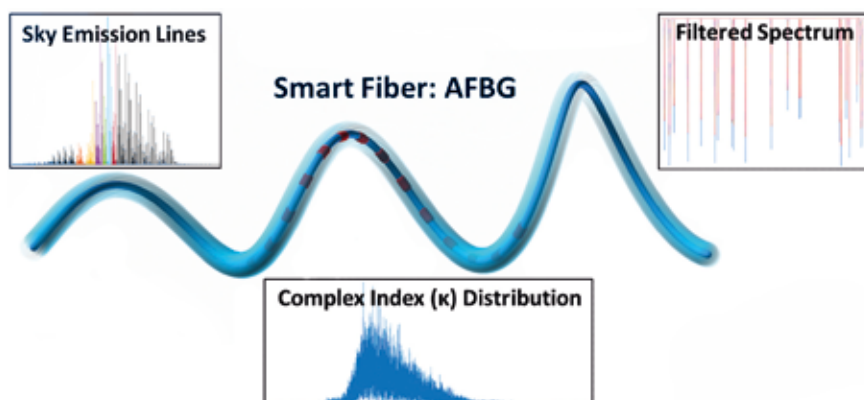
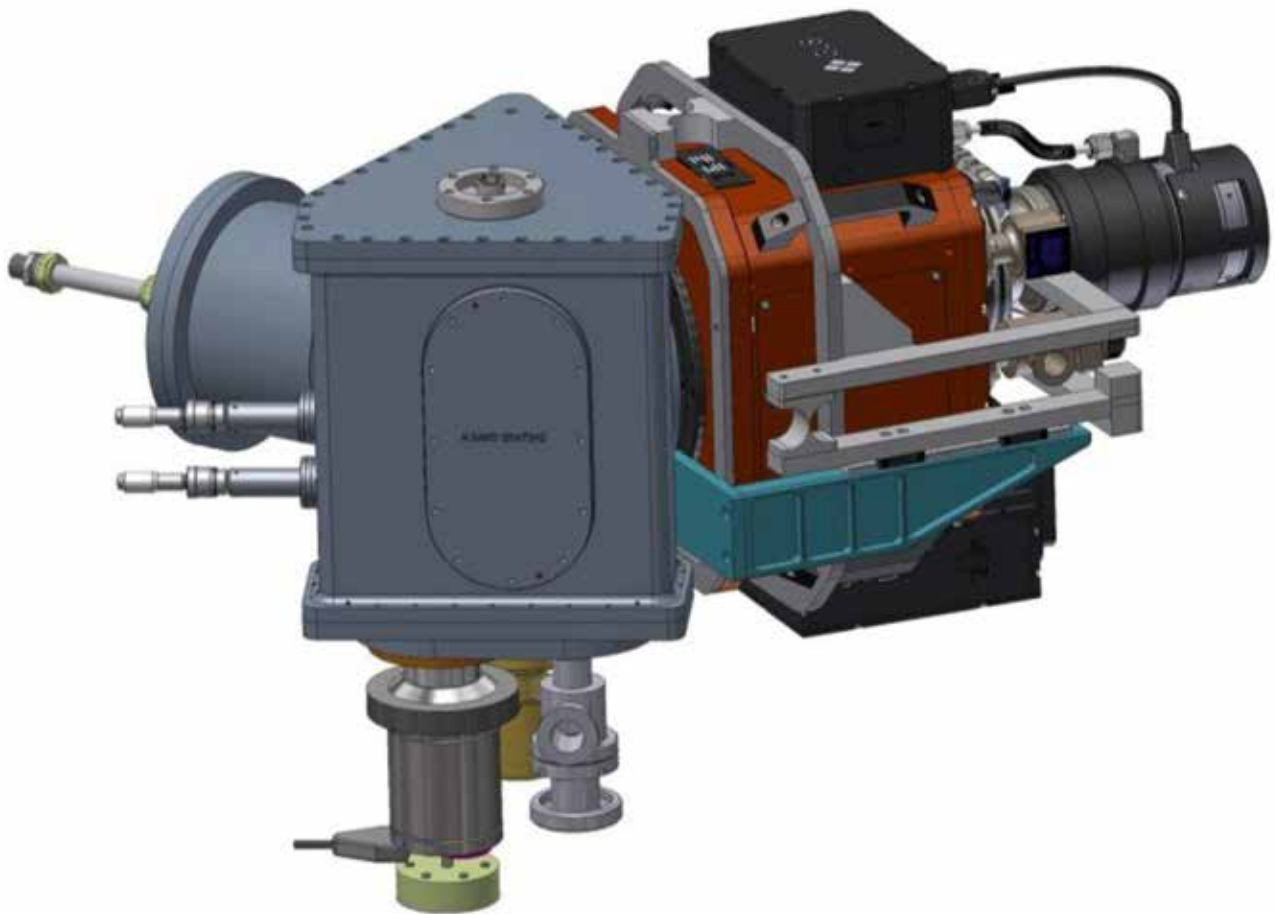


Fig. 4: Spezielle Faser mit einem aperiodischen Faser-Bragg-Gitter, die in der Lage ist, mehrere Emissionslinien gleichzeitig herauszufiltern. Special fibre enabled by aperiodic fibre Bragg gratings (AFBGs), capable of filtering out multiple sky emission lines simultaneously.

Fig. 5: PRAXIS Instrument. PRAXIS Instrument.



innoFSPEC Potsdam is an interdisciplinary innovation center, founded in 2008 as a joint venture between the University of Potsdam and AIP. innoFSPEC's mission is research and development in the area of optical fibers, fiber-coupled spectroscopy, and sensing. The center was established with a substantial grant from the Unternehmen Region program of BMBF. It is currently operating in a second period of funding from 2016 to 2021. innoFSPEC is based on two core groups: the Applied Analytical Photonics Group at the Institute of Chemistry of the University of Potsdam, and the Astrophotonics group at AIP. With several grants obtained from DFG, ERC, and other funding opportunities, the center has grown to incorporate a total of seven research groups, specializing on topics for astronomical instrumentation with optical fibers and integrated optics, on physical chemistry, and interdisciplinary research.

INTEGRATED FREQUENCY COMBS FOR ULTRA-PRECISE CALIBRATION OF SPECTROGRAPHS

Accurate calibration of high-resolution spectrographs is the prerequisite for measuring the tiny Doppler-shift induced by extrasolar planets on stellar spectra. An accurate calibration

has become possible only through the use of frequency combs as reference sources.

Thanks to the acquisition of a new laser source, the first frequency combs were excited in microresonators that were already developed in the first phase of innoFSPEC (Fig. 1). The manufacturing of new, optimised resonators has already begun, and the development of the necessary control system for frequency stabilisation is in progress. Approval of a new project for the exchange of visits with Prof Roberto Morandotti's team in Canada extends the study of frequency combs to the area of advanced laser sources.

MULTI-TELESCOPE INTEGRATED BEAM COMBINERS FOR INTERFEROMETRY

In the area of interferometry, first samples of a 6-telescope, near-infrared (NIR) beam combiner were manufactured through a collaboration with the University of Jena and qualified in the laboratory (Fig. 2). Qualification results for the first multi-telescope beam combiner for mid-infrared were published in 2017 in the special astrophotonics issue of the journal *Optics Express*. The

research in interferometry was strengthened by the approval of the new DFG-funded project NAIR, which, in collaboration with Landessternwarte Heidelberg and the University of Cologne, aims at the on-sky demonstration of astrophotonics technologies. A possible application of astronomical interferometry is the retrieval of high-resolution images of stellar atmospheres, which could be used to test numerical models of convection into supergiants.

ADAPTIVE OPTICS SUPPORTED ASTROPHOTONICS

The emerging era of extremely large telescopes will be dominated by adaptive-optics-fed instrumentation in the NIR. The goal of this project is to optimise the coupling of starlight from the telescope focal plane into integrated optics devices by means of a combination of photonic lanterns and low-order adaptive optics. First results consist in numerical models of starlight coupling in few modes photonic lanterns, and the invention of a new method for measuring the amplitudes of modes in a multimode fibre (patent application pending).

SPECTROGRAPH-ON-A-CHIP

innoFSPEC is one of a few groups worldwide pursuing R&D on miniaturised spectrographs, based on planar lightwave circuits (PLC). One of the devices under study, called Arrayed Waveguide Grating (AWG), was originally introduced in optical communications as wavelength (de)multiplexers. Such devices have to be improved to an unprecedented level for astronomical applications. Cooperation with an established foundry has yielded a first prototype device with unique performance: high-spectral resolution, high throughput, broad free spectral range, high polarisation immunity and high temperature stability (Fig. 3). After successful characterisation in the lab, the device is now being prepared for dicing, polishing and packaging for an on-sky test at the telescope. Another research line is focusing on planar optics echelle gratings, with first simulations and designs having become available for subsequent manufacture at a foundry. The vision of “instrument-on-a-chip” may spark a paradigm shift in astronomical instrumentation, as the light-weight PLC-based devices can provide simultaneously superior functionalities and greater robustness.

OH SUPPRESSION APERIODIC FIBRE BRAGG GRATINGS

Deep ground-based observations in the NIR are disturbed by the bright atmospheric OH emission lines. An optical OH suppression filter is urgently needed to remove these lines before they reach the instrument and blind out the observation. innoFSPEC and partners have previously demonstrated that aperiodic fibre Bragg gratings (AFBGs) can efficiently filter out about 100 spectral lines at once. Such gratings can be formed in optical fibres by carefully controlling the variation of refractive index of the core, e.g. through actively-diffracted UV exposures or point-by-point laser inscription (Fig. 4). The simplest way to fabricate fibre gratings is by diffracting UV laser beam through a phase mask (PM). However, the existing PMs have only uniform or apodized profiles, targeted at single-notch filters. The fabrication of AFBGs demands a complex, precise arrangement of index variations along the core. The unique approach at innoFSPEC is to go a step further by

designing an equally complex PM that can create a UV diffraction pattern matched to the required index variation in such AFBGs.

PRAXIS, AN OH SUPPRESSION ON-SKY DEMONSTRATOR

The PRAXIS project aims to determine the full potential of fibre Bragg gratings for atmospheric OH suppression at the telescope. To achieve this, innoFSPEC is collaborating with partners in Australia to build a dedicated high-throughput low-noise J and H-band spectrograph and associated fibre feed and telescope fore-optics unit (Fig. 5). For a first demonstration of OH suppression, the instrument will employ the FBG fiber bundle supplied by innoFSPEC in 2009. It is being planned to test the instrument at the AAT in 2018 before moving to the SUBARU telescope later on.

MULTIPLEX RAMAN SPECTROSCOPY – FROM ASTROPHYSICS TO MEDICINE

Based on AIP’s experience with integral field spectroscopy (IFS), the BMBF-funded technology transfer project Multiplex Raman Spectroscopy (MRS) was launched in 2013 and successfully completed in 2017. Raman spectroscopy allows for the identification of chemical substances, e.g. for mineralogy, biochemistry, medical diagnostics, etc. However, a time-consuming scanning process is needed to capture Raman images of extended areas with conventional single-channel spectrographs, making the technique impractical for medical applications, for example. In utilising a fibre-coupled copy of a MUSE spectrograph module,

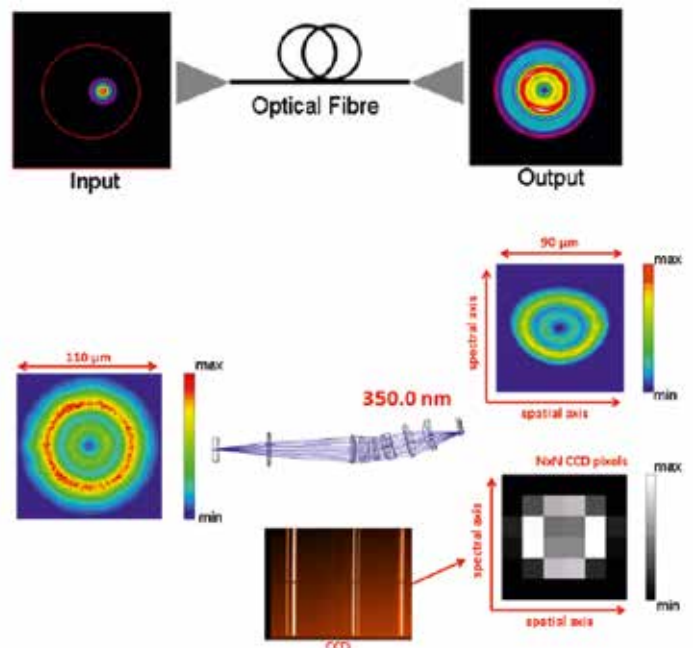


Fig. 6: *Komplette Simulation des Lichtwegs einschließlich Fasern und Spektrographenoptik für MOSAIC. End-to-end simulation of light propagating through optical fibres and spectrograph optics for MOSAIC.*

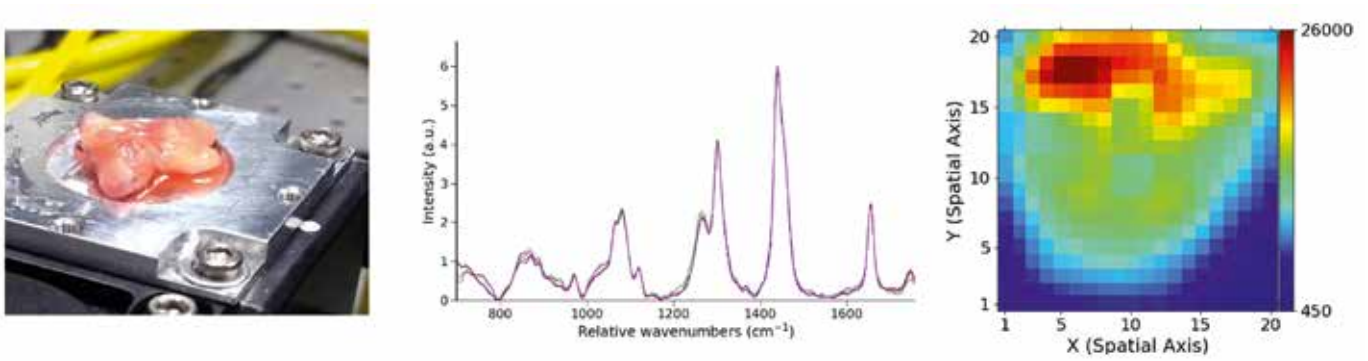
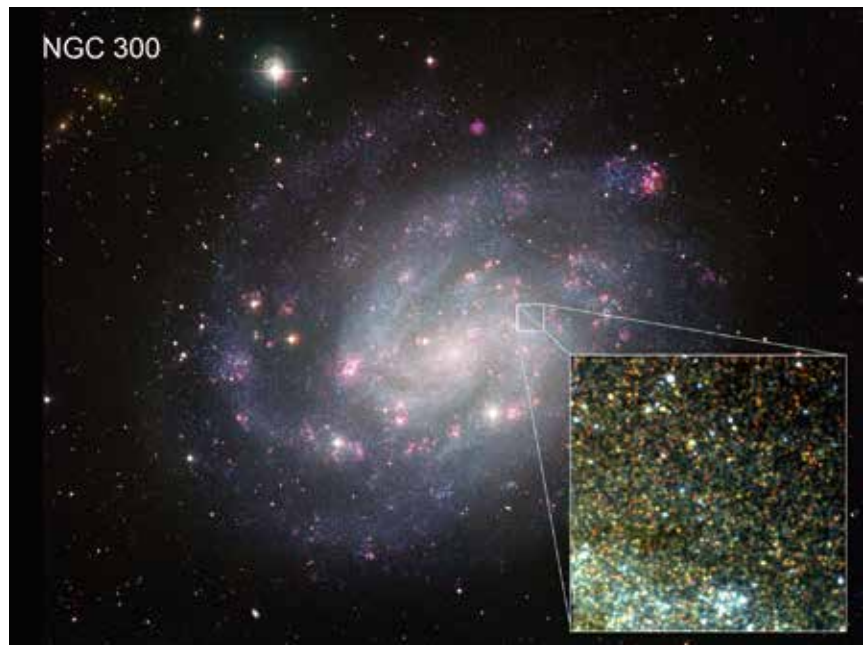


Fig. 7: Menschliche Hautprobe auf Messvorrichtung (links), Ramanspektren (Mitte), Ramansignalintensität in Falschfarben (rechts). Human skin sample on a measuring device (left), Raman spectra (middle), Raman signal intensity shown in pseudo colours (right).

Fig. 8: Integralfeldspektroskopie in dicht populierten Sternfeldern der Galaxie NGC300: Zu jeder Punktquelle existiert ein eigenes Spektrum. Crowded-field 3D spectroscopy with MUSE in the galaxy NGC300: for each point source, there is an individual spectrum.



the MRS project has transferred IFS from astronomy to Raman spectroscopy for skin cancer diagnostics in medicine. The acquisition times were accelerated by orders of magnitudes as compared to conventional methods. Skin patches up to 1 cm² could be examined in less than 2 minutes, which is fast enough for routine medical exams at a hospital. In cooperation with the Berlin Charité hospital, cancerous skin biopsies of patients were examined and matched with samples of healthy tissue (Fig. 7). Further acceleration of the acquisition speed was accomplished in the scope of the 4D-HTS project under the umbrella of the BMBF-funded research alliance 3Dsensation. As a result, the team has published the world's first time-lapsed Raman video sequence showing microfluidic particles in motion. Two follow-up projects address further development of this technique in collaboration with industrial partners and Leibniz-Institutes IPHT Jena and FBH Berlin.

INTEGRAL FIELD SPECTROSCOPY OF RESOLVED STELLAR POPULATIONS IN NGC300

Although photonics research is a very specialised area of instrumentation, innoFSPEC has always made sure to stay attached to the astrophysics research agenda at AIP. A prominent example is the novel method of PSF-fitting integral field spectroscopy initially developed with PMAS at Calar Alto. Using the superb capabilities of MUSE, the team is now exploiting this technique at the VLT. First results of observations in the galaxy NGC300 demonstrate that this technique opens a new door to the spectroscopic study of resolved stellar populations in nearby galaxies: MUSE is providing legacy value with high-quality spectra for thousands of individual stars, HII regions, supernova remnants, planetary nebulae, etc. (Fig. 8).

AUSGEWÄHLTE PUBLIKATIONEN

SELECTED PUBLICATIONS

Diener, R.; Tepper, J.; Labadie, L.; Pertsch, T.; Nolte, S.; Minardi, S. (2017): **Towards 3D-photonic, multi-telescope beam combiners for mid-infrared astrointerferometry**, *Optics Express* 25, 19262

Herenz, E. C. et al. (2016): **The Lyman alpha reference sample. VII. Spatially resolved H α kinematics**, *Astronomy & Astrophysics* 587, A78

Husser, T.-O. et al.; MUSE collaboration (2016): **MUSE crowded field 3D spectroscopy of over 12 000 stars in the globular cluster NGC 6397. I. The first comprehensive HRD of a globular cluster**, *Astronomy & Astrophysics* 588, A148

Kamann, S et al.; MUSE collaboration. (2016): **MUSE crowded field 3D spectroscopy of over 12 000 stars in the globular cluster NGC 6397. II. Probing the internal dynamics and the presence of a central black hole**, *Astronomy & Astrophysics* 588, A149

Leon-Saval, S. G. et al. (2017): **Divide and conquer: an efficient solution to highly multimoded photonic lanterns from multicore fibres**, *Optics Express* 25, 17530

Schmälzlin, E.; Moralejo, B.; Bodenmüller, D.; Darvin, M. E.; Thiede, G.; Roth, M. M. (2016): **Ultrafast imaging Raman spectroscopy of large-area samples without stepwise scanning**, *Journal of Sensors and Sensor Systems* 5, 261, doi: 10.5194/jsss-5-261-2016

Stoll, A.; Zhang, Z.; Haynes, R.; Roth, M. (2017): **High-Resolution Arrayed-Waveguide-Gratings in Astronomy: Design and Fabrication Challenges**, *Photonics* 4, 13

Tepper, J.; Labadie, L.; Diener, R.; Minardi, S.; Pott, J.-U.; Thomson, R.; Nolte, S. (2017): **Integrated optics prototype beam combiner for long baseline interferometry in the L and M bands**, *Astronomy & Astrophysics* 602, A66

Tepper, J.; Labadie, L.; Gross, S.; Arriola, A.; Minardi, S.; Diener, R.; Withford, M. (2017): **Ultrafast laser inscription in ZBLAN integrated optics chips for mid-IR beam combination in astronomical interferometry**, *Optics Express* 25, 20642

Zajnulina, M.; Böhm, M.; Bodenmüller, D.; Blow, K.; Chavez Boggio, J. M.; Rieznik, A. A.; Roth, M. M. (2017): **Characteristics and stability of soliton crystals in optical fibres for the purpose of optical frequency comb generation**, *Optics Communications* 393, 95



Martin Roth, Daniel Bodenmüller, Andreas Stoll, Julia Fiebrandt, Abani Shankar Nayak, Momen Diab, Ziyang Zhang, Petra Nihsen, Roger Haynes, Domenico Giannone, Benito Moralejo, Stefano Minardi, Elmar Schmälzlin, Kalaga Madhav, Ettore Pedretti, J. Weise



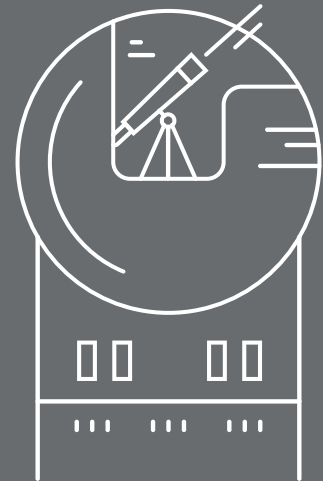
**AIP IM
ÜBERBLICK**

**AIP AT A
GLANCE**



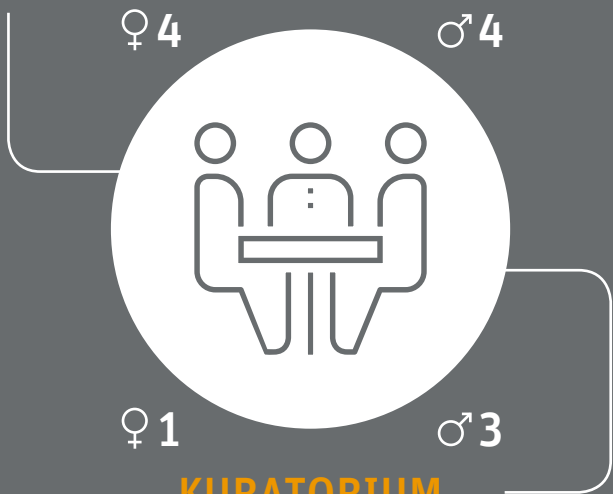
DAS LEIBNIZ-INSTITUT FÜR ASTROPHYSIK POTSDAM (AIP) IM ÜBERBLICK

THE LEIBNIZ INSTITUTE FOR ASTROPHYSICS POTSDAM (AIP) AT A GLANCE



Aufsichtsgremien
Supervisory bodies

WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT SCIENCE ADVISORY BOARD



KURATORIUM BOARD OF TRUSTEES

Gesamtbudget
Total budget

18,73 MIO. EURO

Drittmittelinwerbungen
Third-party funding

7,16
MIO. EURO



Besucherinnen und Besucher öffentlicher Veranstaltungen
Guests at public events



10.000

Gesamtpersonal
Employees

195



77
International
International

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler
Researcher



GESAMT
TOTAL

134



31
Frauen
Women

Kooperationsprojekte
Collaborative projects



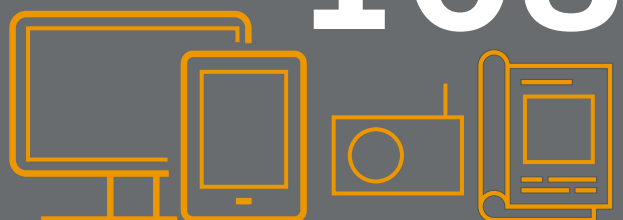
Publikationen
Publications

350



Medienberichte
Media reports

168



123

Gastwissenschaftlerinnen und
Gastwissenschaftler
Guest researchers



**CAMPUS
POTSDAM-BABELSBERG**

**CAMPUS
POTSDAM-BABELSBERG**

Das Leibniz-Institut für Astrophysik Potsdam (AIP) ist an einem Wissenschaftsstandort mit Tradition zuhause: Im Jahr 1911 wurde mit dem Bau des neuen Hauptgebäudes (heute Humboldthaus) der Berliner Sternwarte auf dem Babelsberg begonnen, denn die Stadt Berlin wuchs schnell und der bisherige Standort war damit für Himmelsbeobachtungen nicht mehr geeignet.

Gut einhundert Jahre später ist auch Potsdam längst nicht mehr dunkel genug für ungestörte Observierungen des Nachthimmels – doch nach wie vor wird auf dem Babelsberg astrophysikalische Forschung betrieben. In historischen und modernen Gebäuden, umgeben von einer zum UNESCO-Welterbe gehörenden Parklandschaft, forschen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus der ganzen Welt. Unterstützt werden sie dabei von den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Administration.

Die ehemalige Direktorenvilla sowie das Pförtnerhaus beherbergen heute ebenso Arbeitsplätze wie das 1913 fertiggestellte Humboldthaus. Die Bibliothek ist seit 2002 in einem Kuppelgebäude untergebracht, das 1922 errichtet wurde und einst ein 122cm-Spiegelteleskop umschloss. Das jüngste Gebäude wurde 2010 bezogen und ist seitdem Arbeitsplatz für zahlreiche Beschäftigte, den Vorstand sowie unter anderem das innoFSPEC-Team. Im Keller des Leibnizhauses befindet sich, ebenso wie im 2000 eingeweihten Schwarzschildhaus, eine große Integrationshalle. Dort entstehen unter anderem Instrumente für große Bodenteleskope oder Weltraummissionen.

Unter den Kuppeln der ehemaligen Meridianhäuser ist heute das Medien- und Kommunikationszentrum des AIP zu finden. Von hier aus werden unter anderem robotische Teleskope gesteuert, außerdem laufen gesammelte Daten wieder zusammen. Auch ein 3D-Kino ist in diesem Gebäude untergebracht.

Vom Campus Babelsberg aus beobachten also auch heute noch Astronominen und Astronomen das Weltall, wenn auch mit anderen Technologien als zu Beginn des 20. Jahrhunderts: Computergestützt blicken sie von Potsdam aus durch ferne Teleskope, sammeln mittels im Haus gebauter Instrumente Daten aus den Tiefen des Universums oder werten große Mengen an Beobachtungsdaten mit Hilfe modernster Rechentechnik aus.

The Leibniz Institute for Astrophysics Potsdam (AIP) is housed in a science location with tradition: In 1911, construction of the new main building (now Humboldthaus) at the Berlin observatory started on Babelsberg hill, because the city of Berlin had grown rapidly and the previous location was no longer suited to celestial observations.

Now, around one hundred years later, Potsdam is no longer dark enough for undisturbed night-sky observations – but astrophysical research is still being conducted on the Babelsberg. Scientists from around the world are still doing research in historic and modern buildings, surrounded by a UNESCO World Heritage Park. They are supported by employees of the administration.

Both the former director's villa and the porter's lodge contain workplaces, as does the Humboldthaus, completed in 1913. Since 2002, the library has been housed in a domed building that was finished in 1922 and once enclosed a 122cm reflector telescope. The most recent building was inaugurated in 2010 and is the workplace for numerous employees, the Board of Management and the innoFSPEC team, among others. In the basement of the Leibnizhaus, as well as the Schwarzschildhaus, finished in 2000, there is a large integration hall where instruments for large ground telescopes or space missions are developed and fabricated.

Under the domes of the former meridian houses is AIP's media and communication centre. Among other things, robotic telescopes are controlled from here, and collected data is clustered. Simulations of space events can be viewed in the 3D cinema located in the basement floor of the MCC.

Astronomers can still observe the Universe from the Babelsberg campus today, albeit with technologies other than those used at the beginning of the 20th century: computer-assisted, they look through distant telescopes and collect data from the depths of the Universe using instruments developed in-house, or evaluate large amounts of observation data using the latest computer technology.

ADMINISTRATION

Das AIP verfügt über eine leistungsfähige Verwaltung. Sie besteht aus den Abteilungen Finanzen, Personal und Recht sowie Zentrale Dienste und umfasst 17 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Diese unterstützen in ihrer Tätigkeit den Stiftungsvorstand und die Institutsleitung bei der Verwaltung der Stiftung.

Art und Umfang der angebotenen Dienstleistungen der Administration erfüllen die in der Institutssatzung verankerten Aufgaben und orientieren sich fortlaufend an den sich verändernden Anforderungen aus dem Management wissenschaftlicher Aktivitäten.

Finanzen

Neben den klassischen finanzwirtschaftlichen Aufgaben im Betrieb der Stiftung obliegt den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Abteilung auch das Drittmittel- und Zuwendungsmanagement. Weiterhin sind das Beteiligungsmanagement sowie die Verwaltung der rechtlich unselbstständigen Johann-Wempe-Stiftung als Treuhandstiftung hier angesiedelt.

Personal und Recht

Die wesentlichen Aufgaben der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Abteilung umfassen das Personalmanagement und Sozialwesen mit einer Vielzahl an Personaleinzelangelegenheiten, die Prüfung komplexer Rechtsangelegenheiten, sowie Beratungsleistungen beim Vertragsmanagement. Weiterhin wird in der Abteilung das gesamte Aufgabenspektrum des Dienstleistungsmanagements durchgeführt.

Zentrale Dienste

Das Tagesgeschäft beinhaltet komplexe internationale Beschaffungen für den Bau von Forschungsinfrastrukturen in institutseigenen

Werkstätten, den Betrieb und Erhalt denkmalgeschützter Liegenschaften in Potsdam auf zwei Campusarealen sowie der Verwaltung von z. T. historischen Forschungsinfrastrukturen. Weitere Aufgaben der Abteilung beziehen sich auf die Bereiche Arbeitssicherheit, Gesundheits- und Umweltschutz. Mit Blick auf die Zukunft obliegt der Abteilung auch die Leitung von Neubauprojekten.

In Würdigung der Institutsgröße und zur Stärkung der Schnittstellen zwischen Administration und Wissenschaft sollen zukünftig zusätzlich zu den beschriebenen zentralen Verwaltungseinheiten vor allem dezentrale Verwaltungsstrukturen und -kompetenzen auf- und ausgebaut werden. So wurde beispielsweise nach einer Konzeptphase im Jahr 2016 zu Beginn des Haushaltsjahres 2017 mit einer schrittweisen Dezentralisierung von Finanzverantwortung begonnen. Dabei erhielten insbesondere die zweite und dritte Managementebene (Abteilungs- und Gruppenleitungen) eine deutlich breiter gefasste Mitverantwortung bei der Planung und Bewirtschaftung der Institutsfinanzen und -ressourcen.

Der Vorstand des AIP wird in administrativen Aufgaben seit August 2016 durch die Administrative Vorstandsreferentin sowie seit August 2017 durch eine Stabstelle Controlling unterstützt.

ADMINISTRATION

AIP has a powerful administration consisting of the finance, personnel and legal affairs sections, as well as Central Services. The administration currently has 17 employees. The sections support the Executive Board and Directors in managing the foundation.

The nature and scope of the services offered by the administration fulfill the tasks established in the statutes of the association and are continually aligned with the changing requirements of the management of scientific activities.

Finance

Besides the traditional financial obligations needed to keep the foundation running, employees of the section are also responsible for third-party funding and grant management. The finance section also sees to investment management and the administration of the legally dependent Johann Wempe Foundation.

Personnel and Legal Affairs

Key responsibilities of the section's employees include human resources management and social work, with a variety of individual human resources matters, examining complex legal issues and contract management consulting services. The section also performs the entire range of tasks around business travel management.

Central Services

The day-to-day business includes complex international procurements for the construction of research infrastructures in institute-owned workshops, the operation and preservation of heritage-protected properties on two campus sites in Potsdam as well as the administration of partly historical research

infrastructure. Other tasks of the section relate to the areas of occupational safety, health and environmental protection. Looking to the future, the section is also responsible for the management of new construction projects.

Acknowledging the size of the institute and the strengthening of the interfaces between administration and science, decentralised administrative structures and competencies are to be developed and expanded in the future in addition to the described central administrative units. A gradual decentralisation of financial accountability started at the beginning of 2017, for example, after a conceptual phase in 2016. In particular, the second and third management levels (section and group management) were given a much broader sense of responsibility in the planning and management of the institute's finances and resources.

An Administrative Coordinator has assisted AIP's Executive Board with administrative tasks since August 2016, and a Controlling staff position was filled in August 2017.



Team Administration: Robert Hermsdorf, Oliver Heyn, Dennis Nagel, Karin Tygör, Torsten Krüger, Christine Haase, Heidrun Lasar, Linda Henkel, Anne Wolf, Angela Preuss, Vanessa Hillert, Rainer Franke, Petra Knoblauch, Manuela Kuhl, Gernot Rosenkranz, Herbert Klein, Matthias Winker.

FORSCHUNGSTECHNIK

Die technische Abteilung bietet technische Unterstützung für die Entwicklung, den Bau, die Wartung und die Erprobung von „state of the art“ und historischer Teleskop- und Instrumentierungsinfrastruktur. Das Team besteht derzeit aus 22 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern (inkl. Auszubildende und studentische Hilfskräfte) mit Kompetenzen in den Bereichen Feinmechanik, Optik, Elektronik, Mechatronik, Steuerungssysteme, Hard- und Software, Detektorsysteme, Produktsicherung, Systemtechnik, Fertigung, Montage, Integration und Prüfung. Zu den Aktivitäten der Sektion gehören ein Feinmechanik-Lehrlingsprogramm und ein kleines Astrophotonik-Entwicklungsprogramm (in Verbindung mit der Sektion innoFSPEC), das durch Drittmittel (DFG & EU Horizon 2020) gefördert wird.

Der technische Bereich unterhält und verwaltet ein optomechanisches Konstruktionsbüro, Präzisionsmesseinrichtungen, eine Feinmechanikwerkstatt, Konstruktions- und Montageeinrichtungen für Steuerungs-/Elektroniksysteme, Detektorsystemlabore, mehrere Optik-/Photoniklabore und zwei große Geräteintegrationshallen (u.a.: Kräne und schwere Handhabungsgeräte,

Bereitstellungsbereiche, eine große Umweltkammer, Teleskop-simulator) sowie Einrichtungen für die Entwicklung, Herstellung, Montage, Integration, Prüfung und Verifikation von Glasfaser-systemen.

Das Team betreute in den letzten zwei Jahren folgende Projekte:

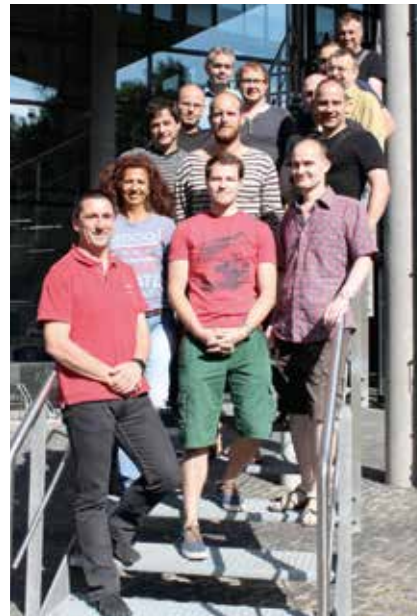
- 4MOST-Projekt: Leitung der Entwicklungen im Bereich Fasersysteme und lokale Produktsicherung. Unterstützung des Detektors, Teleskopmodifikationen, Leitsystem, Systems Engineering und Projektmanagement.
- PEPSI-Projektunterstützung: Fertigstellung der Polarimetrie-module, Abstimmung der Spektrographen-Umgebungskontroll-systeme, Aktualisierung der Image-Slicer-Einheit, Entwicklung und Modernisierung der Wissenschaftsdetektoren.
- GREGOR-GANS Projektunterstützung: Optomechanisches System-design, Steuerungssystem, Entwicklung von Wissenschafts-detektoren, Installation von Wetterstationen und System-Engineering, Produktsicherungsexpertise.
- PRAXIS-Projekt: Reparatur, Modifikation und Charakterisierung von Infrarot-Detektorsystemen und Systemdesign.
- ELT-HIRES-Projekt: Expertise in der Entwicklung von Faser-systemen für die Phase A Lieferung.
- Multiplex-Raman-Spektroskopie: Entwicklung und Lieferung eines wissenschaftlichen Detektorsystems.
- STELLA: Reparatur und Aktualisierung des Kontrollsystems und des wissenschaftlichen Detektorsystems.
- Solar Obiter STIX: Optomechanische Entwicklung, Prototyping-Support und Lieferung.
- Reparatur des LBT-ARGOS Glasfasersystems.
- BMK 10k Projekt: Optomechanik und Steuerung, Design und Entwicklungsunterstützung
- Historische Gebäude des AIP: Unterstützung Kuppelsanierung Großer Refraktor, Einstein Tower Spectrograph Aufnahmeeinheit Sanierung, Babelsberg-Refraktor Sanierung, 70cm-Teleskop-Dome Shutter Sanierung und Unterstützung, 50cm-Teleskop-Spiegel Sanierung und Neuausrichtung.

In den kommenden Jahren wird es folgende Aufgaben geben:

Herstellung, Montage, Integration und Test mehrerer 4MOST-Subsysteme, auch die vollständige 4MOST-Systemintegration und -Verifikation am AIP; Fertigstellung der PEPSI-Upgrades; Lieferung der endgültigen VIRUS-Faserbündel; Lieferung der GREGOR-GANS-, BMK-10k- und PRAXIS-Anlagen; weitere ELT-HIRES- und ELT-MOS-Entwicklungsaktivitäten; kontinuierliche Wartung und Verbesserung der zugehörigen Forschungsinfrastruktur.

TECHNICAL SECTION

The technical section provides technical support for the development, construction, maintenance and testing of modern “state of the art” as well as historic telescope and instrumentation infrastructures. The team is currently comprised of 22 staff (including apprentices and student assistants), with skills in: precision mechanics, optics, electronics, mechatronics, control systems hardware and software, detectors systems, product assurance, systems engineering, manufacturing, assembly, integration and testing. The section activities include a fine mechanics



Technical Section

Team: Yohana Herrero Alonso, Svend-Marian Bauer, Wilbert Bittner, John Davenport, Pranab Deka, Frank Dionies, Danial Döscher, Thomas Fechner, Dietrich Feuerstein, Thomas Hahn, Roger Haynes, Leander Leibnitz, Cornelius Lübke, Reik Mattner, Berrin Ozbay, Sergie Pankratow, Jens Paschke, Volker Plank, Dennis Pluschke, Swara Rahurkar, Allar Saviauk and Greg Smith.

apprenticeship programme and small astrophotonics development programme (in association with the innoFSPEC section), supported by third party funding (DFG & EU Horizon 2020).

The technical section maintains and manages an opto-mechanical design office, precision measurement facilities, a precision mechanics workshop, control/electronic system design and assembly facilities, detector system labs, several optics/ photonics labs and two large instrument integration halls (including cranes and heavy handling equipment, staging areas, a large environmental chamber, telescope simulator) and optical fibre system design, manufacture, assembly, integration, test and verification facilities.

Team projects over the past two years have included:

- 4MOST project: Leading the fibre feed and local product assurance developments. supporting the detector, telescope modifications, control system, systems engineering and project management work.
- PEPSI project support: Completion of the polarimetry modules, tuning the spectrograph environmental control systems, updating the image-slicer unit, development and refurbishment of the science detectors.
- GREGOR-GANS project support: Opto-mechanical system design, control system, science detector development, weather station installation, and system engineering, product assurance expertise.
- PRAXIS Project: Infrared detector system repair, modification and characterisation, and system design.
- ELT-HIRES Project: Fibre system design expertise for Phase A delivery.
- Multiplex Raman Spectroscopy project: Science detector system development and delivery.
- STELLA: Control system and science detector system repair and update.

- Solar Obiter STIX: Opto-mechanical development, prototyping support and delivery.
- LBT-ARGOS optical fibre system repair.
- BMK 10k project: Opto-mechanical and control design and development support.
- AIP Historic Facilities: Great refractor dome refurbishment support, Einstein Tower spectrograph acquisition unit refurbishment, Babelsberg refractor refurbishment, 70cm telescope dome shutter refurbishment support, 50cm telescope mirror refurbishment and re-alignment.

The coming years will see:

Manufacturing, assembly, integration and testing of several 4MOST subsystems, also the full 4MOST system integration and verification at AIP; completion of the PEPSI upgrades; delivery of the final VIRUS fibre bundles; delivery of GREGOR-GANS, BMK-10k and PRAXIS facilities; further ELT-HIRES and ELT-MOS development activities; continued maintenance and improvement of the associated research technology infrastructure.

IT-SERVICE

Die Abteilung IT-Service stellt mit sieben Mitarbeitern die Betreuung und den kontinuierlichen Betrieb für rund 200 Workstations am Forschungscampus Babelsberg sicher. Neben Routineaufgaben auf dem Gebiet der IT-Technologie ist die Abteilung verantwortlich für:

- den Betrieb der Server für die IT-Infrastruktur,
- die Sicherstellung der Infrastruktur-Dienste (E-Mail, WWW, FTP, DNS, IP-Telefonie, VPN, Virus- und Malware-Filter, Firewall ...),
- den Betrieb von Dokumenten-Management-, Video- und Telefonkonferenz-Systemen sowie Netzwerk-Druckern,

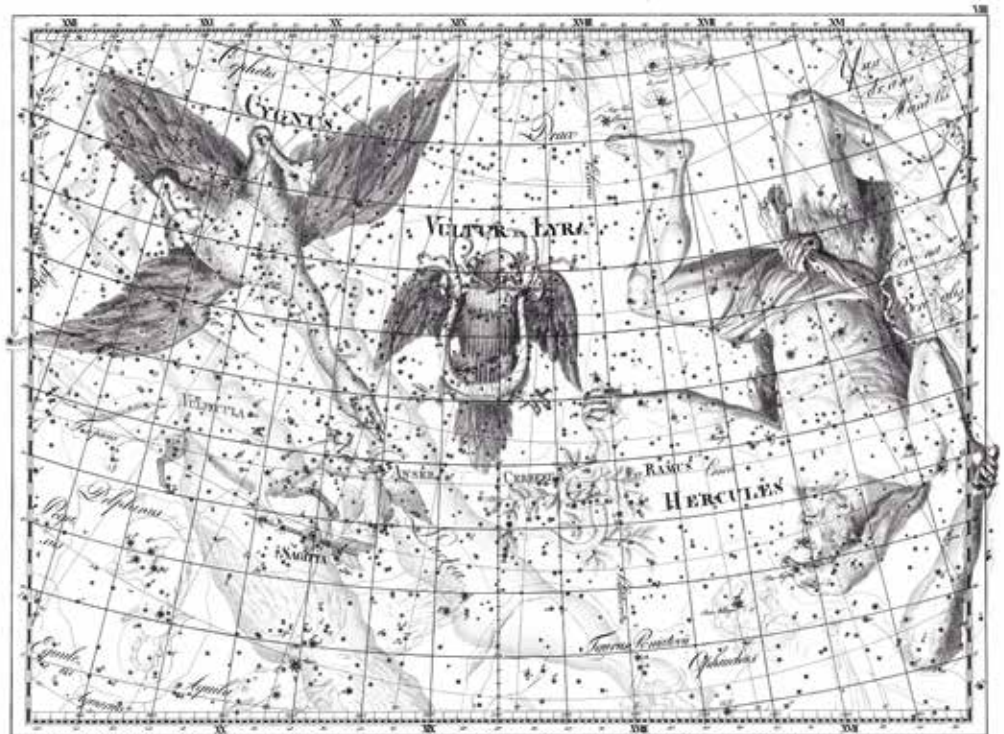
- Backup-Systeme für Workstations, Server und Laptops, die die Daten jede Nacht sichern,
- die System- und Netzsicherheit,
- das Netzwerkmanagement und die Netzplanung,
- das Management der Cluster- und Cloud-Systeme,
- das Software- und Lizenzmanagement,
- Reparaturen in begrenztem Umfang,
- Unterstützung der Mitarbeiter bei der Beschaffung von IT-Hard und -Software,
- das Ticket-System für den IT-Support,
- die Sicherstellung der redundanten Anbindung ans Internet sowie die Zusammenarbeit mit externen Dienstleistern für die Konnektivität

Das Institut hat eine redundante Hochgeschwindigkeitsverbindung zum Internet sowie spezielle Leitungen zum Zuse-Institut Berlin und zum FZ Jülich (für die LOFAR-Station). Alle Arbeitsplätze sind mit High-End-PCs und IP-Telefonen sowie zusätzlichen Anschlüssen für Gäste ausgestattet und mittels Ethernet verbunden. Sämtliche Gebäude, sowie ein großer Teil des Campus, werden mit WLAN einschließlich eduroam versorgt. Zusätzlich bietet der Data-Access-Service (DAS) einen Cloud-Service für alle Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Dieser speichert alle Daten innerhalb der AIP-Infrastruktur, wodurch die Privatheit der Daten wesentlich verbessert wird.

IT-SERVICE

The seven employees comprising the IT section ensure the continuous operation of about 200 workstations at the Babelsberg research campus. Besides routine operations, the IT-Service is responsible for:

Sternkarte aus „Uranographia sive astrorum descriptio“ von Johann Elert Bode (Berlin, 1801). Star chart from “Uranographia sive astrorum descriptio” by Johann Elert Bode (Berlin, 1801).



- operation of the servers for the IT infrastructure,
- provision of the infrastructure services (email, WWW, FTP, DNS, IP- telephony, VPN, virus- and malware-filters, firewall ...),
- operation of document-management-, video- and teleconference systems as well as network printers,
- backup-systems for workstations, servers and laptops, securing the data every night,
- system- und network security,
- network management and -planning,
- management of the cluster- and cloud-systems,
- software- and license management,
- repair up to a limited extent,
- support for employees purchasing IT hard- and -software,
- ticket-system for IT support,
- the operation of the redundant connection to the Internet as well as cooperation with external providers to ensure the connectivity

AIP has a redundant high-bandwidth connection to the Internet with dedicated lines to the Zuse Institute Berlin and FZ Jülich (for the LOFAR station). All workspaces are equipped with high-end PCs, IP phones, and additional sockets for guests, and are connected via Ethernet. All buildings and a large fraction of the campus has WLAN including eduroam. Additionally, the Data Access Service (DAS) provides a cloud service for AIP staff. All data is hosted inside AIP infrastructure, thus considerably enhancing data privacy.

BIBLIOTHEK

Die Wissenschaftliche Bibliothek des Leibniz-Instituts für Astrophysik Potsdam (AIP) ist eine zentrale Serviceeinrichtung für die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Instituts. Ziel ist die effiziente und bedarfsgerechte Deckung des Informationsbedarfs der Forschung. Zusätzlich werden die Angebote auch durch externe Nutzerinnen und Nutzer, beispielsweise von Studierenden der Universität Potsdam, genutzt.

Der Bestand der Bibliothek ist grundlegend auf den Bereich Astrophysik sowie Physik und Mathematik im Allgemeinen ausgerichtet. Umfangreiche Serviceangebote ergänzen und erleichtern den Zugriff auf zahlreiche gedruckte und elektronische Informationsressourcen.

Um den sich rasch verändernden Anforderungen an die Bibliotheks- und Informationslandschaft in Wissenschaft und Forschung im digitalen Zeitalter gewachsen zu sein sowie zeitgemäße und innovative Serviceangebote zu erbringen, haben die intensive Kooperation mit kompetenten Partnern sowie Weiterbildungsmaßnahmen für die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Bibliothek einen hohen Stellenwert. Die Bibliothek ist Mitglied im „Arbeitskreis Bibliotheken und Informationseinrichtungen der Leibniz-Gemeinschaft“, dem Netzwerk „Library and Information Services in Astronomy (LISA)“ und nimmt an zahlreichen Zeitschriftenkonsortien der Leibniz-Gemeinschaft teil.



Achromatisches Fernrohr, 2 ½-Fuß von Jesse Ramsden (London, 1787).
Achromatic telescope, 2 ½ feet by Jesse Ramsden (London, 1787).

Im Bibliotheksgebäude und in den Schauvitriolen im Humboldthaus sind regelmäßig in Dauer- und Wechselausstellungen Schätze aus dem Bestand der Bibliothek zu sehen. Das Spektrum reicht von der Präsentation alter Drucke, Atlanten und Himmelskarten bis hin zu historischen Mess- und Beobachtungsinstrumenten.

LIBRARY

The scientific library at the Leibniz Institute for Astrophysics Potsdam (AIP) is a key service facility for scientists working at the institute. Its work aims at efficient, quick and adequate coverage of the research information demand. These services also facilitate the work of external users such as students at the University of Potsdam.

The collection of the library is primarily astrophysics-themed, but also covers topics like physics and mathematics in general. Extensive services simplify and complement access to print and online resources.

Keeping up with the challenges of the digital age with its rapidly changing demands on library and information services in science and research, and offering suitable and innovative services requires both intensive cooperation with competent partners and further training for staff members. The library is a member of the "Working Group Libraries and Information Facilities of the Leibniz Association", the "Library and information Services in Astronomy (LISA)" network and takes part in several journal consortia of the Leibniz Association. In the library building and in the glass cabinets in the Humboldthaus, treasures from the collection are regularly displayed in permanent and temporary exhibitions. The spectrum ranges from the presentation of old prints, atlases and star charts to historical measuring and observation instruments.

ASTRONOMISCHE NACHRICHTEN (AN)

Das AIP agiert weiterhin als Gastinstitut für das Herausgeberbüro der Astronomischen Nachrichten in enger Zusammenarbeit mit dem Verlag Wiley VCH Berlin. Das Journal ist in den letzten beiden Jahren ausschließlich elektronisch erschienen. Mit der rein digitalen Veröffentlichung ging eine interne Umstellung von LaTeX auf HTML (Hyper Text Markup Language) einher. In diesem Zusammenhang erfolgte eine Erneuerung des Layouts, um mit den anderen Wiley Journalen im Einklang zu stehen. AN-Autoren können ihre Artikel nach wie vor in LaTeX einreichen, wofür ein neues Template bereitgestellt wurde. Auch ascii-Texte oder Word-Dokumente sind möglich.

Volume Nummer 337 (Jahrgang 2016) begann mit den Beiträgen zum fünften Workshop zu „Compact Steep Spectrum and GHz-peaked Spectrum Radio Sources“, der in Rimini, Italien stattfand, gefolgt vom ESA-Workshop „The Extremes of Black Hole Accretion“. Im Jahrgang 2016 erschien auch letztmalig das Heft zu den Herbsttagungen der deutschen Astronomischen Gesellschaft (AG). Die „Mechanisms of the Formation and Evolution of the Milky Way“ waren das zentrale Thema des 592nd Heraeus Symposiums. Das letzte Heft des Jahrgangs 2016 präsentierte den zwölften Potsdam ThinkShop zu „The Dynamic Sun – Exploring the many Facets of Solar Eruptive Events“. Neben diesen Spezialbänden und deren vielen individuellen Artikeln sind 2016 noch 24 unabhängige originale Forschungsartikel veröffentlicht worden.

Volume 338 (Jahrgang 2017) umfasste zwei größere Spezialbände und 69 originale Forschungsartikel. Die beiden Spezialbände thematisierten den ESA-Workshop über „XMM-Newton: The Next Decade“ sowie die beiden internationalen Tagungen „STARS2017 – the 4th Caribbean Symposium on Cosmology,

Gravitation, Nuclear and Astro-particle Physics“ und „SMFNS2017 – the 5th International Symposium on Strong Electromagnetic Fields and Neutron Stars“.

ASTRONOMICAL NOTES (AN)

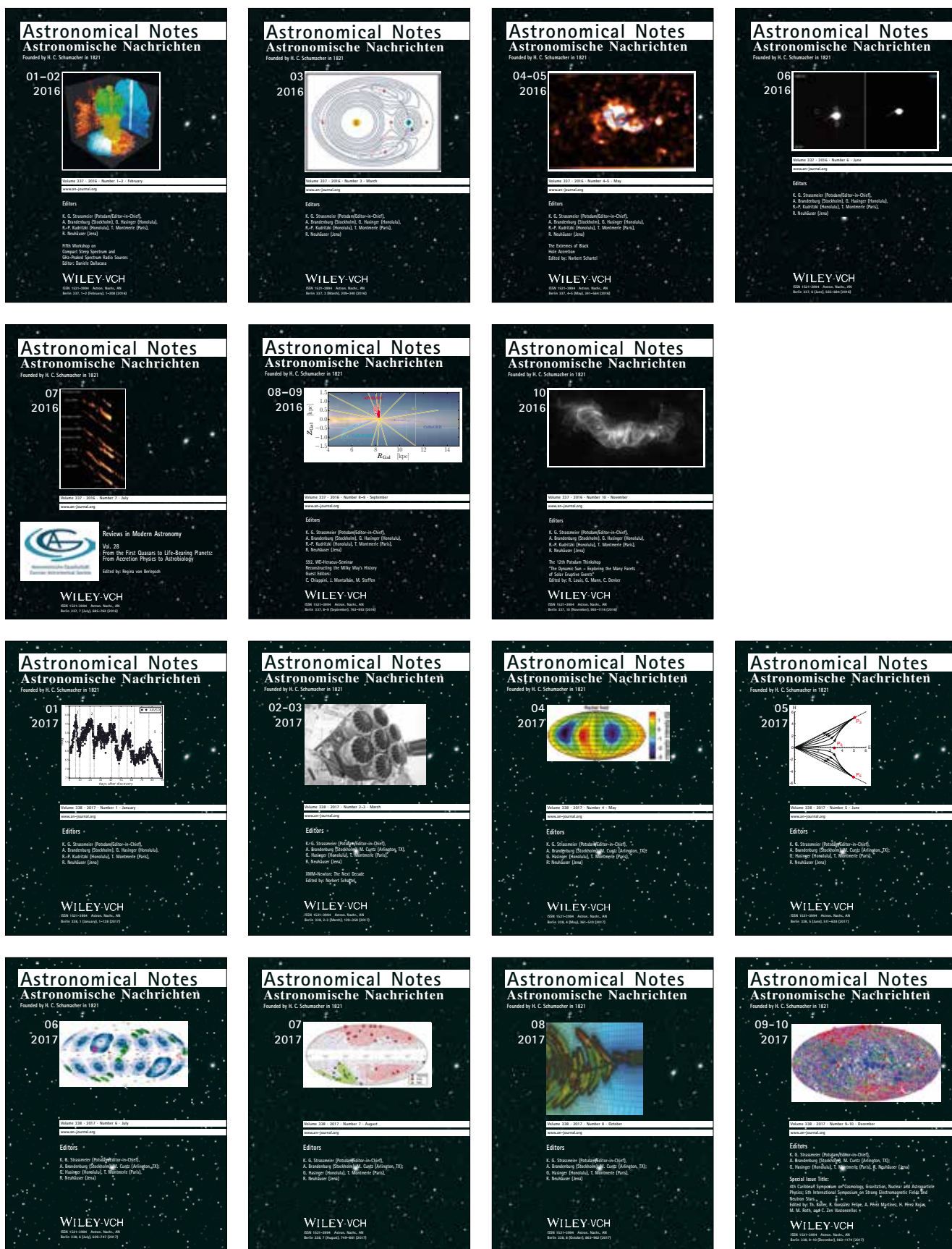
AIP continued hosting the AN editorial office in close collaboration with Wiley VCH Berlin. The journal has appeared electronically only for the past two years. Pure electronic publishing meant a change of the internal article language from LaTeX to HTML (Hyper Text Markup Language). In this course, the article layout itself was relaunched to appear in line with other Wiley journals. Authors can still edit and submit their work in LaTeX by using a new AN template, as well as in a simple ascii format or MS Word.

Volume number 337 (2016) started with contributions from the fifth ESA-organised workshop on “Compact Steep Spectrum and GHz-peaked Spectrum Radio Sources”, held in Rimini, Italy, followed by the “The Extremes of Black Hole Accretion” workshop organized by ESA. The calendar year 2016 also saw the last issue of the series of the autumn meetings of the German Astronomical Society (AG). The “mechanisms of the formation and evolution of the Milky Way” was the central topic of the 592nd Heraeus Symposium. The last issue in 2016 covered the 12th Potsdam ThinkShop on “The Dynamic Sun – Exploring the Many Facets of Solar Eruptive Events”. Besides these special issues and their many individual articles, 24 independent original research articles appeared in 2016.

Volume 338 (2017) included two special issues with a total of 69 original research articles. The two special issues covered the ESA workshop on “XMM-Newton: The Next Decade”, and two international meetings, “STARS2017 – the 4th Caribbean Symposium on Cosmology, Gravitation, Nuclear and Astro-particle Physics” and “SMFNS2017 – the 5th International Symposium on Strong Electromagnetic Fields and Neutron Stars”.

AN TEAM 2016/17

Klaus G. Strassmeier (Editor-in-Chief), Günther Rüdiger (Managing Editor), Matthias Steffen (Assistant Managing Editor), Detlef Schönberner (Assistant Managing Editor)



Titel aller Ausgaben der Bände 337 und 338 (2016–2017). Front covers for all issues of volumes 337 and 338 (2016–2017).

GESCHICHTE DES AIP

HISTORY OF AIP



1700 Einführung des sogenannten „Verbesserten Kalenders“ in den protestantischen Staaten Deutschlands Introduction of the so-called “Improved Calendar” in the Protestant states of Germany

10. Mai 1700: Erlass des Kalenderpatents für die neu zu gründende Berliner Sternwarte
Enactment of the calendar patent for the new Berlin Observatory

1832 bis 1835 Neue Berliner Sternwarte, Architekt: Karl Friedrich Schinkel, Berlin Lindenstraße New Berlin Observatory, architect: Karl Friedrich Schinkel, Berlin, Lindenstraße

1846 Entdeckung des Planeten Neptun durch Johann Gottfried Galle Discovery of the planet Neptune by Johann Gottfried Galle

1874 Gründung des Astronomischen Rechen-Instituts
Foundation of the “Astronomisches Rechen-Institut”

1700

1800



18. Mai 1700 Berufung Gottfried Kirchs zum Direktor der Sternwarte Appointment of Gottfried Kirch as director of the observatory

11. Juli 1700 Gründung der Brandenburgischen Societät Foundation of the Brandenburg Society

1711 Erstes Sternwartengebäude, Berlin Dorotheenstraße First observatory in Berlin, Dorotheenstraße

1874 Gründung des Astrophysikalischen Observatoriums Potsdam (AOP) Foundation of the Astrophysical Observatory Potsdam (AOP)

1874 bis 1876: Bau des Hauptgebäudes des Astrophysikalischen Observatoriums auf dem Potsdamer Telegrafenberg Construction of the main building of the AOP on Telegrafenberg in Potsdam

1881 Erster Michelson-Versuch in Potsdam First Michelson experiment in Potsdam

1886 Entdeckung der Kanalstrahlen durch Eugen Goldstein Discovery of canal rays by Eugen Goldstein

1888 Nachweis der Polhöenschwankung durch Karl Friedrich Küstner Discovery of the variation of the Earth's pole latitude by Karl Friedrich Küstner

1888 Erste fotografische Radialgeschwindigkeitsmessung durch Hermann Carl Vogel First photographic determination of a radial velocity by Hermann Carl Vogel

1896 Versuche zum Nachweis der Radiostrahlung der Sonne durch Johannes Wilsing und Julius Scheiner am AOP Experiments at AOP to find radio emission from the Sun by Johannes Wilsing and Julius Scheiner

1899 Fertigstellung des Potsdamer Großen Refraktors
Completion of the Great Refractor at Potsdam



1904 Entdeckung der interstellaren Materie durch Johannes Hartmann Discovery of interstellar matter by Johannes Hartmann

1909 Berufung von Karl Schwarzschild zum Direktor des AOP
Appointment of Karl Schwarzschild as Director of the AOP

1911 bis 1913: Bau der Sternwarte in Babelsberg
Construction of the observatory in Babelsberg

1913 Umzug der Berliner Sternwarte nach Babelsberg
Relocation of the Berlin Observatory to Babelsberg

1913 Einführung der lichtelektrischen Fotometrie durch Paul Guthnick in Babelsberg
First use of photoelectric photometry by Paul Guthnick in Babelsberg

1915 Fertigstellung des Babelsberger Großen Refraktors
Completion of the Great Refractor in Babelsberg

1921 bis 1924: Bau des Einstein-Turmes auf dem Telegrafenberg
Construction of Einstein Tower at Telegrafenberg



1900

2000

1924 Fertigstellung des 120cm-Spiegels in Babelsberg
Completion of the 120cm reflector in Babelsberg

1931 Angliederung der Sonneberger Sternwarte an die Sternwarte Babelsberg
Affiliation of the Sonneberg Observatory to the Babelsberg Observatory

1939 Walter Grotrian (AOP) erkennt die hohe Temperatur der Sonnenkorona
Discovery of the high temperature of the solar corona by Walter Grotrian (AOP)

1947 01. Januar 1947 Übernahme von AOP und Sternwarte Babelsberg durch die Deutsche Akademie der Wissenschaften
Takeover of AOP and Babelsberg Observatory by the German Academy of Sciences

1954 30. Juni 1954: Beginn der Radiobeobachtungen in Tretsdorf
Commencement of radio observations in Tretsdorf

1960 Fertigstellung des 2m-Spiegels in Tautenburg
Completion of the 2m reflector in Tautenburg

1969 Gründung des Zentralinstituts für Astrophysik
Foundation of the Central Institute for Astrophysics

1992 01. Januar 1992: Beginn der Tätigkeit des Astrophysikalischen Instituts Potsdam (AIP)
Beginning of work at the Astrophysical Institute Potsdam (AIP)

2001 „First Light“ PMAS am Calar Alto 3,5m-Teleskop
first light at 3.5m Calar Alto telescope

2003 „First Light“ RAVE am Australian Astronomical Observatory
RAVE first light at Australian Astronomical Observatory

2005 „First Light“ des LBT
LBT first light

2006 Wiedereröffnung des Großen Refraktors
Re-inauguration of the Great Refractor

2006 Einweihung von STELLA auf Teneriffa
Inauguration of STELLA on Tenerife

2011 Umbenennung in „Leibniz-Institut für Astrophysik Potsdam (AIP)“
Renamed “Leibniz Institute for Astrophysics Potsdam (AIP)”

2012 Einweihung des Sonnenteleskops GREGOR auf Teneriffa
Inauguration of the GREGOR solar telescope on Tenerife

2014 „First Light“ MUSE am VLT
MUSE first light at VLT

2015 „First Light“ PEPSI am LBT
PEPSI first light at LBT

PREISE UND FELLOWS AWARDS AND FELLOWS

JOHANN-WEMPE-PREIS

Am 5. Juli 2017 verlieh die Johann-Wempe-Stiftung den Wempe-Preis an Prof. Dr. Alice C. Quillen von der Universität in Rochester, USA, für ihre herausragenden Arbeiten zum Verständnis der Galaxiendynamik und Himmelsmechanik.

Quillens Forschung umfasst beobachtende, numerische und theoretische Untersuchungen der Dynamik von Gas und Sternen in Galaxien. Darüber hinaus ist sie Expertin in Gebieten der Himmelsmechanik, die von extrasolaren Planetensystemen inspiriert wurden.

KARL-SCHWARZSCHILD-FELLOWSHIP-PROGRAMM

Das AIP verleiht das Karl-Schwarzschild-Fellowship an herausragende Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler. Die Fellows werden in einem internationalen Wettbewerb ermittelt.

Das Programm erinnert an die wissenschaftlichen Leistungen des ehemaligen Direktors des Astrophysikalischen Observatoriums Potsdam (AOP), Karl Schwarzschild (1873–1916), in der Astrophysik, insbesondere in den Bereichen Optik, Sternphysik, Sternaktivität und der Allgemeinen Relativitätstheorie.

Dr. Arianna Di Cintio nahm 2017 ihre Tätigkeit am AIP als Schwarzschild-Fellow auf. Ihre Forschungsschwerpunkte sind die Galaxienentstehung und -entwicklung, welche sie mit numerischen kosmologischen Methoden untersucht.



Jenny Sorce (Credit: Fondation L'Oréal | Carl Diner)

WEITERE AUSZEICHNUNGEN UND WÜRDIGUNGEN

Der Europäische Forschungsrat (ERC) zeichnete Prof. Dr. Maria-Rosa Cioni mit einem Consolidator Grant für das Projekt „Using the Magellanic Clouds to Understand the Interaction of Galaxies (INTERCLOUDS)“ aus.

Ziel der Forschungsgruppe ist es, das erste präzise Modell der Geometrie, Bewegung und Entstehungsgeschichte von Sternen in den Magellanschen Wolken zu entwickeln.

Der Physikpreis der Akademie der Wissenschaften zu Göttingen ging 2016 an Dr. Else Starkenburg für ihre Arbeiten auf dem Gebiet der Galaktischen Archäologie, mit denen sie maßgeblich zur Erforschung der Entstehung der Milchstraße beigetragen hat.

Dr. Elmo Tempel erhielt 2017 den Wissenschaftspreis der Republik Estland auf dem Gebiet der exakten Wissenschaften für seine Arbeiten zu galaktischen Filamenten im kosmischen Netzwerk.

Im Oktober 2017 erhielt die Kosmologin Dr. Jenny Sorce ein Stipendium im Förderprogramm „L'Oréal-UNESCO For Women in Science“, das Frauen in der Wissenschaft unterstützt. Sorce ist Postdoktorandin am astronomischen Observatorium in Straßburg, Frankreich, und Gastwissenschaftlerin am Leibniz-Institut für Astrophysik Potsdam (AIP). Sie wird im Rahmen des nationalen französischen Programms gefördert. Die Auszeichnung wird einmal jährlich vergeben und ist mit 20.000 Euro dotiert.

JOHANN WEMPE AWARD

In recognition of her outstanding research on the dynamics of galaxies and celestial mechanics, the Johann Wempe Foundation honoured Prof Dr Alice C. Quillen from the University of Rochester, USA, with the Wempe Award.

Quillen's research includes observational, numerical and theoretical studies of the dynamics of gas and stars in galaxies. Furthermore, she is an expert in fields of celestial mechanics that have been inspired by extrasolar planetary systems.

KARL SCHWARZSCHILD FELLOWSHIP PROGRAMME

The AIP awards the Karl Schwarzschild Fellowship to outstanding junior researchers. The Fellows are appointed in an international competition. The programme honours the scientific achievements of Karl Schwarzschild (1873–1916), former director of the



Alice Quillen



Arianna Di Cintio



Maria Rosa Cioni

Astrophysical Observatory Potsdam (AOP), in astrophysics, particularly in the fields of optics, stellar physics, stellar activity and general relativity.

In 2017, the AIP welcomed Karl Schwarzschild Fellow Dr Arianna Di Cintio. Arianna Di Cintio's main interest is in galaxy formation and evolution, using numerical cosmological simulations. She focuses on small-scale problems of the current cosmological paradigm, trying to understand the nature of dark matter.

FURTHER APPRAISALS AND AWARDS

The European Research Council (ERC) awarded Prof Dr Maria-Rosa Cioni an ERC Consolidator Grant for her project "Using the Magellanic Clouds to Understand the Interaction of Galaxies (INTERCLOUDS)".

The research group investigates the interaction between galaxies with the goal of offering a firm perspective on the Magellanic Clouds, by providing a very first comprehensive analysis of their internal motion, orbital history, and geometry.

Dr Else Starkenburg was honoured with the Göttingen Academy of Sciences and Humanities's 2016 physics award for her work on galactic archaeology and her substantial contributions in disentangling the history of our Milky Way.

Dr Elmo Tempel received the 2017 Estonian National Science Award for his work on the study of cosmic filaments.

In October 2017, cosmologist Dr Jenny Sorce received a fellowship from the L'Oréal-UNESCO For Women in Science programme. Sorce is a postdoctoral researcher at the astronomical observatory in Strasbourg, France, and a guest researcher at the Leibniz Institute for Astrophysics Potsdam (AIP). She was awarded a fellowship in the French national programme, which is granted annually, and will receive 20,000 euros.



Elmo Tempel (rechts) erhält den Preis vom estnischen Premierminister Jüri Ratas. Elmo Tempel (right) and the Prime Minister of Estonia, Mr Jüri Ratas. (Credit: Annika Haas/Estonian Government Communication Unit)



Michael Kunze, Akademiepräsident Andreas Gardt, Else Starkenburg und Minister Stefan Wenzel. Michael Kunze, president of the academy Andreas Gardt, Else Starkenburg und minister Stefan Wenzel. (Credit: Adrienne Lochte)

TAGUNGEN CONFERENCES

IAU SYMPOSIUM: REDISCOVERING OUR GALAXY

Das 334. Symposium der Internationalen Astronomischen Union mit dem Titel „Rediscovering our Galaxy“ fand vom 10. bis 14. Juli 2017 auf dem Telegrafenberg in Potsdam statt. Mit der internationalen Konferenz kehrte die IAU erstmals nach 17 Jahren mit einem Symposium nach Deutschland zurück. Das letzte IAU Symposium im Land richtete ebenfalls das AIP in Potsdam im Jahr 2000 aus.

Rund 200 Astronominnen und Astronomen aus 25 Ländern diskutierten eine Woche lang neue wissenschaftliche Ergebnisse und die großen Herausforderungen auf dem Gebiet der Galaktischen Archäologie, wie die Entstehung der Milchstraße, ihre Entwicklung und die Verbindung zum Lambda Paradigma der kalten Dunklen Materie. Das Symposium markierte auch einen entscheidenden Punkt bei der Untersuchung der Struktur unserer Galaxie einschließlich all ihrer Komponenten.

Das umfangreiche wissenschaftliche Programm konzentrierte sich auf acht Unterthemen, von denen jedes auch Daten und Modellierungen ansprach, sowie zwei einstündige Diskussionsforen. Die 66 Vorträge und mehr als 100 Poster sowie lebhaft Diskussionen während der Pausen und der Postersessions regten zum Austausch unter den Teilnehmenden an. Ein Virtual-Reality-Programm, das während der Postersession stattfand, traf ebenfalls auf großes Interesse.

Das Symposium erreichte nicht nur eine sehr gute Ausgewogenheit zwischen den wissenschaftlichen Themen, sondern auch ein sehr gutes Gleichgewicht in der Verteilung der Geschlechter, Herkunft und Qualifikationsstufe der Teilnehmenden. Die IAU-Reisestipendien wurden an mehr als 40 Forschende (hauptsächlich Promovierende, junge Postdocs und Nachwuchswissenschaftlerinnen) verteilt, die in 14 verschiedenen Ländern (Argentinien, Brasilien, Chile, China, Frankreich, Deutschland, Indien, Japan, Litauen, Russland, Spanien, Schweden, Großbritannien, USA) tätig sind. Unter den eingeladenen Vortragenden und dem SOC gab es mehr als 40 Prozent Frauen.

Rund 40 Kinder im Alter von sieben bis acht Jahren nahmen an einem eigens konzipierten Kinderprogramm des Symposiums teil. Sie besuchten den Campus, den Einsteinturm, den Großen Refraktor und verfolgten eine Präsentation über die Milchstraße. Als Highlight der Veranstaltung genossen sie auch ein Virtual-Reality-Programm, wobei sie in kosmologische Simulationen der



Die teilnehmenden (Nachwuchs-)Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der IAU Tagung „Rediscovering our galaxy“ sammelten sich im großen Refraktor zum gemeinsamen Gruppenfoto. The participating (junior) scientists of the IAU conference “Rediscovering our galaxy” gather in the Large Refractor for a group photo.

Galaxienbildung eintauchten. Schließlich erhielt jedes Kind ein Namensschild und war Teil des Gruppenbildes zusammen mit den 200 teilnehmenden Astronominnen und Astronomen, aufgenommen in der schönen Kuppel des Großen Refraktors.

AIP THINKSHOPS

Dem besseren Verständnis unserer kosmischen Nachbarschaft widmete sich der 13. Thinkshop des AIP. Dieser wurde in Zusammenarbeit mit der Universität Innsbruck unter dem Titel „Near Field Cosmology“ am Universitätszentrum Obergurgl in Österreich ausgerichtet. Vom 29. März bis zum 3. April 2016 diskutierten

rund 60 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler die jüngsten Fortschritte in der beobachtenden und theoretischen Kosmologie.

Der 14. AIP Thinkshop befasste sich mit dem Thema „Stellar Magnetism: Challenges, Connections and Prospects“. Vom 12. bis 16. Juni 2017 beschäftigten sich auf dem Telegrafenberg in Potsdam 70 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler mit den jüngsten Beobachtungsergebnissen und theoretischen Resultaten. Das wissenschaftliche Programm konzentrierte sich auf neue Erkenntnisse zur Entwicklung des Sternemagnetfelds, Aktivitätszyklen von sonnenähnlichen Sternen und den Zukunftsperspektiven von Theorie- und Beobachtungseinrichtungen.

REDISCOVERING OUR GALAXY

The International Astronomical Union Symposium 334 “Rediscovering our Galaxy”, was held at Telegrafenberg, Potsdam from the 10th to 14th of July 2017. The international meeting marked the return of an IAU symposium to Germany after 17 years, with the last one also held in Potsdam in 2000.

Around 200 astronomers from 25 countries enjoyed a full week of new scientific results and debated the large challenges ahead in the field of Galactic Archaeology, in the journey towards unveiling how the Milky Way was assembled, how it evolved, and its connection to the Lambda Cold Dark Matter paradigm. The Symposium marked a crucial point in the study of our Galaxy including all its components.

A rich scientific programme focused on eight main sections, each of them involving data and modelling, as well as two one-hour discussion panels. The 66 talks and more than 100 posters, as well as the lively discussions taking place during breaks and poster session kept the participants very busy. A virtual reality programme held during the poster session was also greatly welcomed by the participants.

The Symposium not only achieved a very good scientific balance among the sections, it had also a very good gender, geographical and seniority balance. The IAU travel grant support was distributed among more than 40 researchers (mostly PhD students, young postdocs and early career researchers), working in 14 different countries (Argentina, Brazil, Chile, China, France, Germany, India, Japan, Lithuania, Russia, Spain, Sweden, UK, USA). Among the invited speakers and the SOC were over 40% female participation.

Around 40 kids ranging from 7 to 8 years old took part in the outreach program of the symposium. They visited the campus, the Einstein Tower, the Great Refractor and heard a presentation about the Milky Way. As part of the programme, they also enjoyed the virtual reality programme prepared specifically for them, where they could travel inside cosmological galaxy formation simulations. Finally, each kid also received a badge, and joined a group picture with the 200 participants inside the beautiful cupola of the Great Refractor telescope.

AIP THINKSHOPS

A better understanding our cosmic neighborhood was the goal of the 13th Thinkshop which was organized in cooperation with the University of Innsbruck under the title “Near Field Cosmology” at the University Center Obergurgl in Austria. From March 29 to April 3, 2016, around 60 scientists and scientists discussed progress in observational and theoretical cosmology.

The 14th AIP Thinkshop dealt with “Stellar Magnetism: Challenges, Connections, and Prospects”. From 12th to 16th June 2017, 70 researchers discussed the most recent observational and theoretical work in the field on the Telegrafenberg in Potsdam. The scientific programme focussed on new findings regarding stellar magnetic field evolution, activity cycles in solar-type stars, and the future perspectives concerning theory and observational facilities.



Gruppenfoto des 14. AIP Thinkshop vor dem Einsteinturm. Group photo of the 14th AIP Thinkshop in front of Einstein Tower.

ARBEITEN AM AIP

WORKING AT THE AIP

Forschen im UNESCO-Weltkulturerbe, Leben zwischen Weltmetropole und unberührter Natur: Das AIP mit seinen Einrichtungen auf dem Campus Babelsberg bietet nicht nur ein attraktives Arbeitsumfeld, sondern ist auch in einer Region mit höchster Lebensqualität angesiedelt.

Die Vernetzung des Instituts in die ganze Welt zeigt sich in zahlreichen internationalen Projekten, aber auch in der Belegschaft und dem Institutsalltag. Auf dem Forschungscampus in Babelsberg arbeiten täglich Menschen aus 33 Nationen zusammen, verbunden mit Kolleginnen und Kollegen rund um die Erde. Der Austausch in den Arbeitsgruppen erfolgt überwiegend auf Englisch, auch administrative Prozesse sind zweisprachig gehalten. Verschiedene Netzwerke in Potsdam, in denen das AIP aktiv ist, erleichtern interessierten neuen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern den beruflichen und sozialen Start in Deutschland.

Chancengleichheit wird am AIP ebenso großgeschrieben wie die Vereinbarkeit von Beruf und Familie. Was 2013 mit der Zertifizierung durch das „audit berufundfamilie“ begann, wird seit 2017 mit dem Zertifikat E-QUALITY und vielseitigen Maßnahmen fortgesetzt. Die Gleichstellungsbeauftragte des AIP berät bei allen Einstellungsentscheidungen.

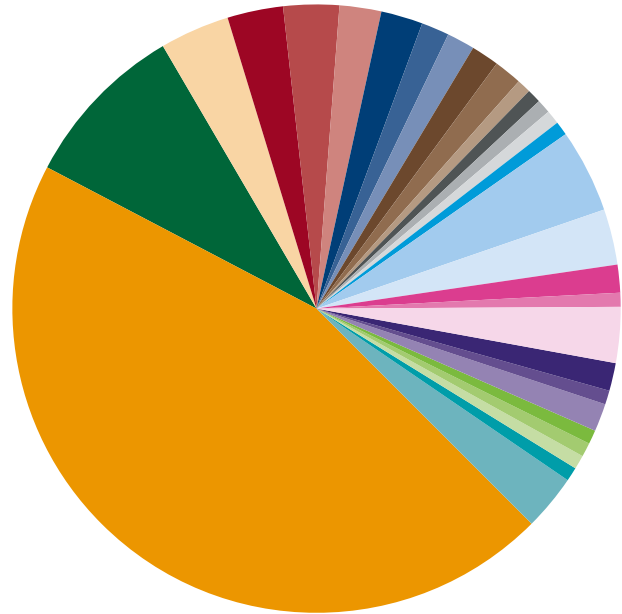
Der siebenköpfige Betriebsrat unterstützt und vermittelt zudem die Anliegen der Belegschaft gegenüber dem Vorstand und informiert in regelmäßigen Informationsveranstaltungen über seine Arbeit.

AUSBILDUNG VON WISSENSCHAFTLERINNEN UND WISSENSCHAFTLERN

Im Sinne einer ganzheitlichen Förderung hat die Betreuung des wissenschaftlichen Nachwuchses einen hohen Stellenwert am AIP. So betreuen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Instituts jedes Jahr Schülerpraktikantinnen und -praktikanten, Studierende und sowie Doktorandinnen und Doktoranden. In den Jahren 2016/17 stellten sechs Bachelor- und acht Master-Studierende ihre Arbeiten am AIP fertig, zudem haben vierzehn Doktorandinnen und Doktoranden erfolgreich mit hier entstandenen Arbeiten promoviert. Auch regelmäßige Tagungen, Thinkshops und Summer Schools prägen das wissenschaftliche Leben auf dem Campus. Im nichtakademischen Bereich fungiert das Institut zudem als Ausbildungsbetrieb.

AUSBILDUNG VON DOKTORANDINNEN UND DOKTORANDEN

Carsten Denker und Lutz Wisotzki koordinieren die Ausbildung von



Herkunft der AIP-Belegschaft (Stand: 31.12.2017): Nationalität der 134 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler. Origin of AIP employees (as of 31.12.2017): Nationality of the 134 scientists.

Europa	1 Slowenien	Lateinamerika
61 Deutschland	1 Griechenland	2 Brasilien
12 Italien	1 Ukraine	1 Panama
5 Österreich		1 Peru
4 Spanien	Asien	Afrika
4 Dänemark & Färöer	6 Indien, einschl. Sikkim und Goa	1 Marokko
3 Finnland	4 China	1 Sudan
3 Niederlande	2 Armenien	Australien/Ozeanien
2 Estland	1 Korea, Republik	4 Australien, einschl. Kokosinseln, Weihnachtsinsel
2 Frankreich	Nordamerika	
2 Großbritannien u. Irland	4 USA	
2 Türkei	2 Kanada	
1 Kroatien	1 Mexiko	
1 Schweden		

Doktorandinnen und Doktoranden am AIP. Seit Januar 2012 gibt es mit der Strukturierten Doktorandinnen- und Doktorandenausbildung in der Astrophysik einen gemeinsamen und dauerhaften Rahmen zur Betreuung und Ausbildung von Promovierenden in der Astronomie und Astrophysik an der Universität Potsdam, am AIP und am DESY (Standort Zeuthen), um die Promovierenden optimal für eine Karriere in Forschung und Technik vorzubereiten. Das Programm umfasst neben gemeinsamen Veranstaltungen für Doktorandinnen und Doktoranden, spezielle fachliche Lehrangebote sowie – in Zusammenarbeit mit der Potsdam Graduate School – Trainingsprogramme in den sogenannten Soft Skills. Zentrale Elemente der strukturierten Ausbildung für Doktorandinnen- und Doktoranden, wie Betreuungskomitees und jährliche Fortschrittsberichte, haben Eingang in die neue Promotionsordnung der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Potsdam gefunden.

LEIBNIZ-GRADUIERTENSCHULE

Mit der „Leibniz-Graduiertenschule für Quantitative Spektroskopie in der Astrophysik“ bietet das AIP gemeinsam mit dem Institut für Physik und Astronomie der Universität Potsdam zwölf jungen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern ein umfassendes Lehr- und Ausbildungsprogramm, in dessen Zentrum die Anwendung von spektroskopischen Methoden auf aktuelle astrophysikalische Forschungsthemen steht. Neben instrumentellen Beobachtungen spielt

auch der quantitative Vergleich mit theoretischen Vorhersagen und Modellen eine große Rolle in der Ausbildung der Studierenden. Das übergeordnete Ziel der Graduiertenschule ist es, die nächste Generation von Wissenschaftlerinnen- und Wissenschaftlern auf eine erfolgreiche Karriere in Forschung oder Industrie vorzubereiten.

Die Doktorandinnen- und Doktoranden der Graduiertenschule haben im Sommer 2016 die Potsdam Astrophysical Summer School organisiert und gemeinsam mit 31 internationalen Studierenden aktuelle Forschungsthemen des AIP in Vorlesungen kennengelernt und die Gäste in Anwendungsprojekten betreut. Abgerundet wurde das Programm der Sommerschule durch einen Ausflug zum Einsteinurm auf dem Telegrafenberg und gemeinsame Abende, bei denen in entspannter Atmosphäre diskutiert sowie neue Kontakte geknüpft wurden.

Im Verlauf des Jahres 2017 haben die ersten vier Doktorandinnen und Doktoranden der Graduiertenschule ihre Doktorarbeiten erfolgreich abgeschlossen.

Doing research in a UNESCO World Heritage site, living between the world metropolis and untouched nature: The AIP with its facilities on the Babelsberg campus not only offers an attractive working environment, it is also located in a region with a very high quality of life.

The institute's global network is reflected in numerous international projects, but also in the workforce and the everyday life of the institute. People from 33 nations work together on the research campus in Babelsberg, connected with colleagues from around the world. Exchanges in the working groups are predominantly in English, and administrative processes are bilingual. Various networks in Potsdam, in which the AIP is also involved, make it easier for new employees to start their professional and social life in Germany.

Equal opportunities are as important to AIP as the compatibility of work and family life. What began in 2013 with the certification



Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Potsdam Astrophysical Summer School. Participants at the Potsdam Astrophysical Summer School.

of the "berufundfamilie audit" has continued since 2017 with the E-QUALITY certificate and versatile measures. The AIP's Equal Opportunity Officer advises on all recruitment decisions.

The seven-member works council also supports and communicates the concerns of the workforce to the Executive Board and offers information about its work at regular events.

EDUCATION OF YOUNG SCIENTISTS

In the sense of a holistic promotion, support for young scientists has a high priority at AIP. Every year, scientists from the institute supervise student interns, students and doctoral students. In 2016/17, six Bachelor's and eight Master's students completed their work on the AIP, and fourteen doctoral students successfully completed their doctorate here. Regular conferences, think shops and summer schools also shape scientific life on campus. The institute also acts as a training organisation outside of the academic field.

DOCTORAL TRAINING

A structured doctoral training programme in Astrophysics was established in January 2012. Carsten Denker and Lutz Wisotzki coordinate the PhD programme at AIP. This programme provides a comprehensive and lasting framework for the supervision and training of doctorate students in Astronomy and Astrophysics at the University of Potsdam, at AIP, and DESY (Zeuthen), optimally preparing students for a career in research and technology. The programme includes joint events for graduate students, special technical courses, as well as soft skills training programmes in cooperation with the Potsdam Graduate School. Major parts of this agreement have been incorporated into the new regulations for doctoral studies at the Faculty of Mathematics and Natural Sciences at the University of Potsdam, including thesis committees and annual progress meetings, for example.

LEIBNIZ GRADUATE SCHOOL

The Leibniz Graduate School for Quantitative Spectroscopy in Astrophysics allows AIP and the University of Potsdam's Institute of Physics and Astronomy to offer twelve young scientists a comprehensive and integrative research and training environment that particularly emphasises the application of spectroscopic methods within current astrophysical research topics. In addition to the Graduate School's observational approach, the quantitative comparison with theoretical predictions and models is an essential element of the programme. The overall goal of the Graduate School is to prepare the next generation of scientists for a successful career in research or industry.

In the summer of 2016, doctoral students at the Graduate School organised the Potsdam Astrophysical Summer School with 31 international participants. A dedicated programme of lectures and hands-on exercises was set up and accompanied by social events such as a guided tour of Einstein Tower on Telegrafenberg and joint evenings for discussions in a relaxed atmosphere and networking among peers.

Four doctoral students at the Graduate School successfully obtained their PhDs in 2017.

ABGESCHLOSSENE FORSCHUNGSARBEITEN

COMPLETED RESEARCH PROJECTS

2016

Bachelorarbeiten Bachelor thesis

Jana Hundro: Excitation mechanisms of Helium emission lines in CALIFA galaxies – Walcher, Wisotzki

Felicitas Böhm: Multi-Wavelength and Multi-Instrument Observations – Denker

Malte Broese: Propagation of energetic electrons from the corona into the near-sun interplanetary space during solar type-III radio bursts – Mann

Iva Vilovic: Fundamental Plane and Scaling Relations in Galaxy Cluster Abell 1689 – Krajinovic, Wisotzki

Sebastian Wullrich: Cosmological simulations – Libeskind

Masterarbeiten Master thesis

Andrea Diercke: Multi-Wavelength Observations of a Mini-Filament – Denker

Chris Gong: Lopsided satellites in simulations – Guo, Libeskind, Tempel

Martin Heger: Datenmodellierung für Forschungsdatenmanagementpläne – Klar, Neuroth

Clemens Konrad: Characterisation of the PEPSI-Spectrograph – Weber

Linh Le Phuong: Activity Indices Based on Sun-as-a-Star Spectra Obtained with the SOLIS Intergrated Sunlight Spectrometer – Denker

Felix Mackebrandt: Transmission spectroscopy of exoplanet atmospheres – On the Rayleigh-like feature of TrES-3b – Mallonn, Strassmeier

Dissertationen Dissertations

Yori Fournier: Dynamics of the rise of magnetic flux tubes in stellar interiors – Arlt, Strassmeier

Edmund Christian Herenz: Detecting and Understanding Extragalactic Lyman Alpha Emission Using 3D Spectroscopy – Wisotzki

Todor Kondic: Hall-MHD instabilities of Shear Flows in Neutron stars – Arlt, Strassmeier

Marina Zajnulina: Optical frequency comb generation in optical fibres – Roth

2017

Bachelorarbeiten Bachelor thesis

Oliver Franke: Looking at the Pristine Galaxy using bright stars – Starkenburg

Masterarbeiten Master thesis

Kristian Ehlers: Simulating the interaction of extragalactic jets with turbulent magnetic fields in galaxy clusters – Pfrommer

Constanze Heibel: Das Weltraumwetter im Physikunterricht – Denker

Dissertationen Dissertations

Friedrich Anders: Disentangling the chemodynamical history of the Milky Way disc with asteroseismology and spectroscopy – Steinmetz, Chiappini

Metin Ata: Phase-Space Reconstructions of Cosmic Velocities and the Cosmic Web – Müller

Dorothee Brauer: Chemo-Kinematic Constraints on Milky Way Models from the Spectroscopic Surveys SEGUE and RAVE – Chiappini, Steinmetz

Frank Breitling: Propagation of Energetic Electrons in the Solar Corona Observed with LOFAR – Mann

Manuel Flores-Soriano: Short-term evolution and coexistence of photospheric and chromospheric activity on LQ Hydrae – Strassmeier

Sergio Manrique Gonzalez: High-Resolution Observation of Emerging Flux Regions – Denker

Giovanni Guidi: Connecting simulations and observations in galaxy formation studies – Scannapieco, Steinmetz

Martin Mitzkus: Spectroscopic Surface Brightness Fluctuations: Probing Bright Evolved Stars in Unresolved Stellar Populations – Roth

Jan Ruppert: The low-mass Young Stellar Content in the Extended Environment of the Galactic Starburst Region NGC3603 – Steinmetz, Zinnecker

Jennifer Wojno: Correlations between kinematics, chemistry, and age of stars in the solar neighbourhood as seen by the RAVE survey – Steinmetz, Kordopatis

VEREINBARKEIT VON BERUF UND FAMILIE

BALANCING FAMILY AND CAREER



Seit dem Jahr 2014 fokussierte das AIP auf den Ausbau der Vereinbarkeit von Beruf und Familie. Gemeinsam mit der berufundfamilie gGmbH schloss ein dreijähriger Auditierungsprozess auf dem Weg zu einem familienfreundlichen Arbeitgeber im August 2016 erfolgreich ab.

Eine noch intensivere Auseinandersetzung mit dieser Thematik setzte am AIP ab 2017 mit selbstdefinierten Zielsetzungen und der Suche nach noch aktiveren Partnern und Kompetenzträgern auf dem Gebiet der Chancengleichheit ein. Dies führte zu einer Kooperation mit dem Verein Total-E-Quality e.V. und mündete in einer Bewerbung zur Erlangung des Prädikats TOTAL-E-QUALITY.

Der umfangreiche Bewerbungsprozess wurde durch eine AIP-interne Arbeitsgruppe bestehend aus Vertretern von Wissenschaft, Administration, der stellvertretenden Gleichstellungsbeauftragten und dem Betriebsrat unter Leitung des Administrativen Vorstands durchgeführt. Im Sommer 2017 erhielt das AIP die Bestätigung über die erfolgreiche Bewerbung und die damit einhergehende Verwendung des Labels „TOTAL-E-QUALITY“ für die kommenden drei Jahre. In diesem Zeitraum wird sich das AIP mit der Umsetzung der geplanten Maßnahmen befassen. Dazu zählen die inhaltliche Erweiterung der geltenden Vereinbarung zur Förderung der Chancengleichheit mit dem Land Brandenburg, die Definition von formal zu erreichenden Quoten für weibliche Vortragende sowie die Überprüfung gerechter Geschlechterverhältnisse in Organisationskomitees, eine Bedarfsanalyse zum Thema Pflege und die Erhöhung der Sichtbarkeit von Stellenausschreibungen.

Since 2014, AIP has focused on improving the compatibility of work and family life. Together with berufundfamilie gGmbH, a three-year auditing process on the way to becoming a family-friendly employer was successfully completed in August 2016.

An even more intensive discussion of this topic started at AIP from 2017 onwards. The self-defined objectives led to a search for even more active partners and experts in the field of equal opportunities. This led to a cooperation with the association Total-E-Quality e.V. and resulted in an application to obtain the TOTAL-E-QUALITY certification.

The extensive application process was carried out by an AIP-internal working group consisting of representatives of science, administration, the Deputy Equal Opportunity Officer and the Works Council under the direction of the Administrative Board. In the summer of 2017, AIP received confirmation of its successful application and the associated use of the “TOTAL E-QUALITY” label for the next three years. During this period, AIP will deal with the implementation of the planned measures, e.g. extension of the current agreement on the promotion of equal opportunities with the state of Brandenburg, definition of formally achievable quotas for female lecturers as well as verification of fair gender relations in organising committees, an analysis of needs for an information event on the topic of family care and increasing the visibility of job advertisements.



Matthias Winker, Administrativer Vorstand des AIP, mit der Urkunde zum Prädikat „TOTAL E-QUALITY“. Matthias Winker, Administrative Chairman of AIP, with the “TOTAL E-QUALITY” certificate. (Credit: TOTAL E-QUALITY Deutschland e. V.)



360°-Ansicht vom Telegrafenberg mit Einsteinturm und Großem Refraktor. 360°-View at Telegrafenberg with Einstein Tower and Great Refractor. (Credit: Zeiss-Großplanetarium, Stiftung Deutsches Technikmuseum Berlin)

STANDORTE

SITES

POTSDAMER TELEGRAFENBERG

POTSDAM TELEGRAFENBERG

GROSSER REFRAKTOR

Zum Zeitpunkt seiner Fertigstellung und Einweihung in Anwesenheit von Kaiser Wilhelm II. im Jahr 1899 war der Große Refraktor das viertgrößte Linsenteleskop der Welt – im Verlauf der folgenden knapp 120 Jahre büßte das Instrument keinen Rang ein und ist auch heute noch das größte seiner Art in Deutschland.

Der Große Refraktor ist ein Doppelrefraktor mit zwei fest miteinander verbundenen parallelen Fernrohren, die auf einer parallaktischen Montierung befestigt sind. Das größere Rohr, bestimmt für den fotografischen Spektralbereich, verfügt über ein Objektiv von 80 Zentimetern Durchmesser und einer Brennweite von 12,2 Metern. Das kleinere Objektiv, für den visuellen Spektralbereich, hat einen Durchmesser von 50 Zentimetern und eine Brennweite von 12,5 Metern. Der bewegliche Teil des Fernrohrs wiegt sieben Tonnen. Der Durchmesser der 200 Tonnen schweren drehbaren Kuppel misst 21 Meter. Das Kuppelgebäude wurde nach einer Vorlage des Architekten Paul Spieker errichtet.

Das Teleskop selbst steht auf einem eigenen Fundament und wird von einem charakteristischen Klinkerbau umhüllt. Bis Ende der sechziger Jahre des 20. Jahrhunderts wurde der Große Refraktor für wissenschaftliche Observationen benutzt – die historische Beobachterliege ist bis heute im Kuppelsaal zu sehen.

Nach vielen Jahren, in denen der Refraktor kaum gewartet wurde und immer weiter dem Verfall preisgegeben war, begann mit der Gründung des Fördervereins 1997 und den Arbeiten an Kuppel

und Instrument 2003 die entscheidende Phase der Wiederherstellung. Nach weiteren Sanierungs- und Instandsetzungsarbeiten zwischen Mai 2016 und Mai 2017 erstrahlen Gebäude und Refraktor in neuem, alten Glanz und ziehen besonders zur Langen Nacht der Wissenschaften sowie zu den Beobachtungsabenden in den Wintermonaten zahlreiche Besucher an.

EINSTEINTURM

Zwischen 1919 und 1924 nach Plänen des Architekten Erich Mendelsohn gebaut, ist der Einsteinturm nicht nur ein architektonisches Meisterwerk. Ziel war der Nachweis der in Einsteins Relativitätstheorie vorhergesagten Rotverschiebung von Spektrallinien durch das Schwerefeld der Sonne. Bis zum Zweiten Weltkrieg stellte der Einsteinturm das wissenschaftlich bedeutendste Sonnenteleskop Europas dar.

Das Turmteleskop, ein System aus zwei Umlenkspiegeln, lenkt das Licht vertikal nach unten auf das Objektiv. Im Keller des Gebäudes befindet sich der 14 Meter lange, thermisch isolierte Spektrographenraum, in dem das Licht in seine spektralen Bestandteile zerlegt und analysiert wird. Die optische und mechanische Ausrüstung im Labor erlaubt eine spektrale Auflösung von 1:1 Million sowie hochempfindliche Polarisationsmessungen des Lichts. Schwerpunkt der Beobachtungen sind spektralpolarimetrische Messungen in Sonnenfleckengruppen. Spektrum und Polarisationsanalyse gestatten Rückschlüsse auf das Magnet- und Geschwindigkeitsfeld an der Oberfläche der Sonne.

Im Keller des Einsteinturms. In the basement of the Einsteintower.



Als Schutzhülle um dieses Instrument plante Mendelsohn einen Bau aus Stahl und Beton – eine zu Beginn des 20. Jahrhunderts noch wenig ausgereifte Technik. Letztlich entstand der Turm in Mischbauweise aus Beton, Ziegelmauerwerk und Stahl, blieb aber durch seine ungewöhnliche Form immer anfällig für Schäden. Die stärkste Beschädigung verursachte eine Bombe, die im April 1945 zwischen Einsteinurm und Großem Refraktor einschlug. Dank Mitteln der Wüstenrot Stiftung wurde Ende der Neunziger Jahre eine gründliche Sanierung durchgeführt. 2015 wurden wiederum Fördermittel der Getty Stiftung gewährt, die vorerst eine weitere Instandhaltung des Einsteinurms ermöglichen.

Bis heute wird der Turm, einst Grundstein für die Sonnenforschung in Potsdam, für wissenschaftliche Zwecke genutzt, insbesondere für das Testen von neuen Experimenten und Instrumenten sowie in der Ausbildung von angehenden Astrophysikerinnen und Astrophysikern.

THE GREAT REFRACTOR

At the time of its completion and inauguration in the presence of Kaiser Wilhelm II in 1899, the Great Refractor was the fourth largest lens telescope in the world – in the course of the following nearly 120 years, the instrument lost no place and is still the largest of its kind in Germany today.

The Great Refractor is a double refractor with two fixed parallel telescopes mounted on a parallactic mount. The larger tube, designed for the photographic spectral range, has a lens of 80 centimeters in diameter and a focal length of 12.2 meters. The smaller lens, for the visual spectral range, has a diameter of 50 centimeters and a focal length of 12.5 meters. The moving part of the telescope weighs seven tons. The diameter of the 200 ton rotatable dome measures 21 meters. The dome building was built according to a model by the architect Paul Spieker.

The telescope itself stands on its own foundation and is surrounded by a characteristic brick construction. The Great Refractor was used for scientific observations up until the late 1960s – the historical observer couch can still be seen in the Dome Hall.

After many years in which the refractor was hardly ever serviced and was increasingly exposed to decay, the founding of the Förderverein in 1997 and the work on the dome and instrument in 2003 marked the beginning of the crucial phase of the restoration. After further refurbishment and repair work between May 2016 and May 2017, the building and refractor shine in new, old splendor, attracting numerous visitors, especially to the Long Night of Science and observation evenings during the winter months.

EINSTEIN TOWER

Built between 1919 and 1924 according to plans by the architect Erich Mendelsohn, Einstein Tower is more than just an architectural masterpiece. The aim was to prove the redshift of spectral lines predicted in Einstein's theory of relativity by the gravitational field of the Sun. Einstein Tower was the most



Im Großen Refraktor: Drehbühne und Teleskop. In the Great Refractor: Revolving stage and telescope.

scientifically important solar telescope in Europe until the Second World War.

The tower telescope, a system of two deflecting mirrors, directs the light vertically downwards onto the lens. In the basement of the building is the 14-metres-long, thermally isolated spectrograph room, where the light is decomposed into its spectral components and analysed. The optical and mechanical equipment in the laboratory allows a spectral resolution of 1:1 million as well as highly sensitive polarisation measurements of the light. The focus of the observations are spectral polarimetric measurements in sunspot groups. Spectrum and polarization analysis allow conclusions to be drawn about the magnetic and velocity field on the surface of the Sun.

Mendelsohn planned a building made of steel and concrete as a protective cover around this instrument – a technology that was not yet fully developed at the beginning of the 20th century. Ultimately, the tower was built in a mixed construction of concrete, brickwork and steel, but was always vulnerable to damage due to its unusual shape. The worst damage was caused by a bomb that struck in April 1945, landing between Einstein Tower and the Great Refractor. Thanks to funds from the Wüstenrot Foundation, a thorough renovation was carried out at the end of the 1990s. In 2015, grants from the Getty Foundation were again approved, enabling further maintenance of Einstein Tower for the time being.

The tower, once the foundation stone for solar research in Potsdam, continues to be used for scientific purposes today, in particular for testing new experiments and instruments as well as training prospective astrophysicists.

POTSDAM-BORNIM

POTSDAM BORNIM

LOFAR

Als Mitglied des International LOFAR Telescopes (ILT) nimmt das AIP an dem regulären Betrieb des Instruments mit einer eigenen LOFAR-Station in Potsdam-Bornim teil. LOFAR (LOW Frequency ARray) ist ein Radiointerferometer, das extraterrestrische Radioquellen bei niedrigen Frequenzen von 10–250 MHz beobachtet. In den letzten zwei Jahren wurde das ILT durch drei Stationen in Polen und eine Station in Irland erweitert. Damit vergrößerte sich die Basislänge auf 1.885 Kilometer in Ost-West-Richtung. In Nord-Süd-Richtung beträgt die Basislänge 1.301 Kilometer von Onsala in Schweden bis Nançay in Frankreich. Gegenwärtig besteht das ILT aus einem zentralen Kern von 24 Stationen und 14 weiteren, in den Niederlanden verteilten Einzelstationen, sowie zusätzlichen 13 internationalen Stationen in Europa (Fig. 1).

Die wissenschaftliche Auswertung der LOFAR-Daten ist in Form von sechs Key Science Projects organisiert. Eines davon, „Solar Physics and Space Weather with LOFAR“, wird vom AIP geleitet. Das AIP wirbt in internationaler Kooperation in Form von Common-Proposals Beobachtungszeit ein und organisiert mit ASTRON die einzelnen Beobachtungskampagnen. Die so gewonnenen Radiodaten werden anschließend in internationaler Kooperation ausgewertet. Grundlage dafür ist die am AIP entwickelte „Solar Imaging Pipeline“. Sie basiert zum Einen auf der Methode der Selbstkalibration und zum anderen auf der Nutzung externer, wohldefinierter Radioquellen. Als ein Beispiel zeigt Fig. 2 ein Radiobild der Sonne bei 73 MHz. Die sichtbare Sonnenscheibe ist durch einen weißen Kreis gekennzeichnet. Die Abbildung verdeutlicht, dass die 73 MHz-Radiostrahlung der Sonne aus der Korona stammt. Die beiden Radioquellen auf der Sonnenscheibe befinden sich unmittelbar über aktiven Regionen.

Am 7. September 2017 beobachtete LOFAR zum ersten Mal einen X-Class Flare im Frequenzbereich 10–90 MHz.

LOFAR

As a member of the International LOFAR Telescope (ILT), AIP participates in regular operations with its own LOFAR station in Potsdam-Bornim. LOFAR (LOW Frequency ARray) is a radio interferometer for observing extraterrestrial radio sources at low frequencies in the 10–250 MHz range. ILT was expanded over the last two years with three stations in Poland and one station in Ireland, enlarging the base-line up to 1885 km in the East-West direction. In the North-South direction from Onsala in Sweden to Nançay in France, the base-line has a length of 1301 km. Presently, ILT consists of 24 core stations and 14 remote stations in the



Fig. 1: Verteilung der Stationen des ILT in Europa. Distribution of the individual stations of the ILT in Europe.

Netherlands as well as additionally 13 international stations distributed in Europe (Fig. 1).

The science with LOFAR is organised in terms of six Key Science Projects (KSPs). One of them, “Solar Physics and Space Weather with LOFAR” is led by AIP. AIP applies for observing time with LOFAR in terms of common proposals and organises with ASTRON the individual observing campaigns. The solar radio data recorded with LOFAR are studied in international collaboration. This is done by means of the “Solar Imaging Pipeline” developed at AIP. It works in terms of self-calibration and usage of an external (well-defined) radio source. Fig. 2 shows the radio image of the Sun at 73 MHz. One sees that the radio radiation at this frequency emanates from the corona, since the white circle is indicating the disc of the visible Sun. The two radio sources on the disc of the Sun are located above active regions.

On 7 September 2017, LOFAR observed two X-class flares in the low band range (10–90 MHz) for the first time.

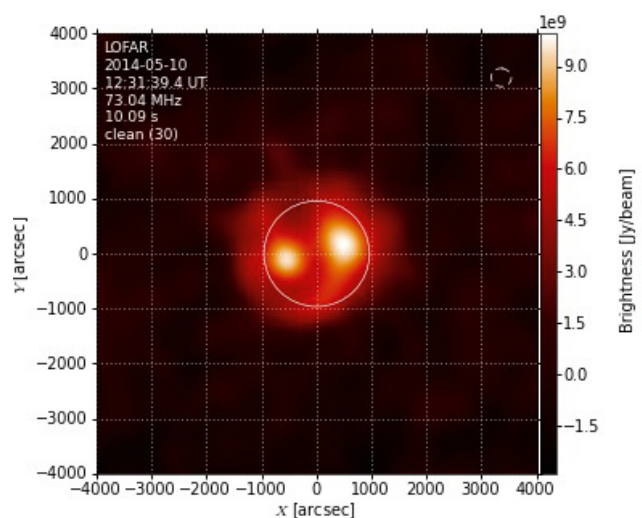


Fig. 2: Radiobild der Sonne bei 73 MHz. Der weiße Kreis zeigt die sichtbare Sonnenscheibe. Radio image of the Sun at 73 MHz as recorded with LOFAR. The white circle describes the visual disc of the Sun.

TENERIFFA

TENERIFE

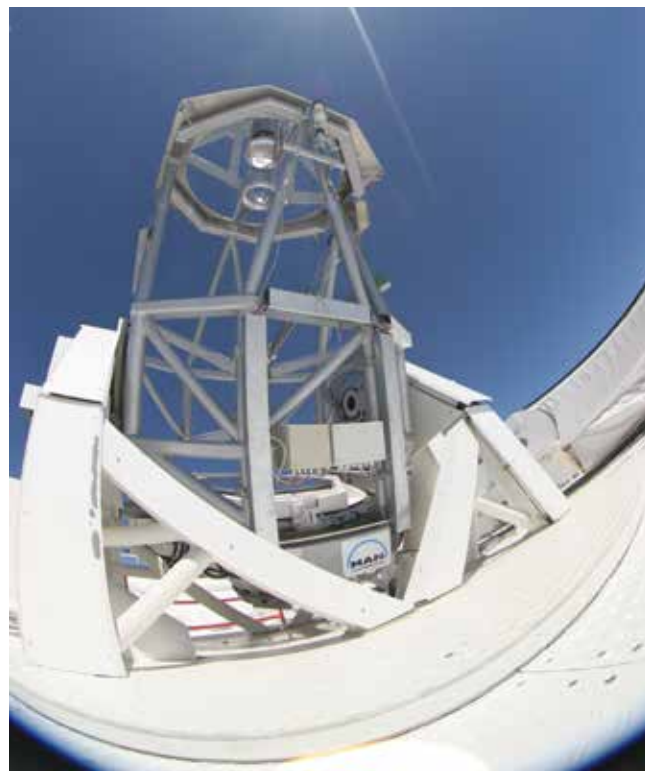
DAS SONNENTELESKOP GREGOR

Das Observatorio del Teide auf Teneriffa gehört zu den besten Standorten der Welt für die Sonnenbeobachtung. Europas leistungsfähigstes Sonnenteleskop GREGOR ermöglicht es mit seiner 1,5 Meter großen Öffnung, sowohl kleinste Strukturen auf der Sonne zu untersuchen, als auch Beobachtungen mit hoher photometrischer und polarimetrischer Genauigkeit durchzuführen. Mit der Beobachtungssaison 2016 ging das GREGOR-Teleskop in den Routinebetrieb. Mit Hilfe von dichroitischen Strahlteilern kann mit verschiedenen Instrumenten gleichzeitig in verschiedenen Wellenlängenbereichen beobachtet werden. So ergänzen sich beispielsweise das GREGOR Fabry-Pérot Interferometer (GFPI, PI-Institut: AIP) und der GREGOR Infrared Spectrograph (GRIS). Damit kommen zwei komplementäre spektroskopische Techniken zum Einsatz, d. h., bildgebende Spektroskopie und Spaltspektroskopie mit einem Bildfeldscanner, welche fast den gesamten optischen Spektralbereich abdecken. Seit Anfang 2016 ergänzt der High-resolution Fast Imager (HiFI, PI-Institut AIP) beide spektrographischen Instrumente, in dem er Übersichtsbilder in zwei von drei möglichen Wellenlängen zu Verfügung stellt: die starke chromosphärische Absorptionslinie Ca II H bei 396,8 nm, das Fraunhofer G-Band bei 430,7 nm und ein Kontinuumsfenster im blauen Spektralbereich bei 450,6 nm. Zwei großformatige sCMOS Kameras mit 2560 × 2160 Bildpunkten nehmen 50 Bilder pro Sekunde auf und schreiben sie auf SSDs mit einer Rate von über 600 Megabyte pro Sekunde. Dies ermöglicht den Einsatz von Bildrekonstruktionsmethoden, um noch kleinste Details, bis hin zur Beugungsgrenze des Teleskops, beobachten zu können.

DAS STELLA OBSERVATORIUM

Im September 2016 war das STELLA Observatorium 10 Jahre im kontinuierlichen Betrieb. STELLA sind zwei robotische 1,2-Meter-Teleskope am Izana Observatorium auf Teneriffa, Spanien. Die beiden Teleskope arbeiten unabhängig voneinander, sind aber im selben Gebäude untergebracht und werden von derselben Software gesteuert. Die Instrumente bestehen aus einem hochauflösenden Spektrographen und einer Weitfeldkamera. Im Berichtszeitraum wurden 52 Beobachtungsprojekte abgearbeitet (16 aus Spanien, 30 vom AIP und 6 internationale). Zum 31. Dezember 2017 verzeichnete STELLA 96 registrierte Nutzer.

Das STELLA-I Teleskop ist ein Cassegrain-System mit einem relativ großen Sekundärspiegel und einem dreilinsigen Feldkorrektor für einen der beiden Nasmyth Foki. Dieser Fokus ist auch mit einem Bildfeld-Derotator ausgerüstet und beherbergt das Wide Field STELLA Imaging Photometer (WiFSIP). Es bietet ein Gesichtsfeld von 22' x 22' bei einem Abbildungsmaßstab von 0.32"/Pixel. Der Detektor ist ein STA400 4k x 4k rückseitig belichtetes und



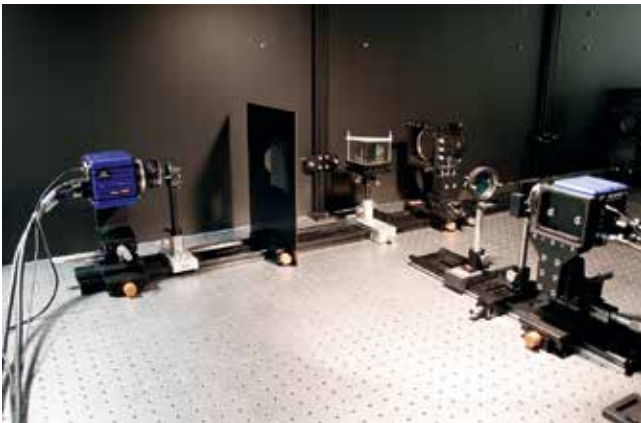
GREGOR in Aktion, die Sonne beobachtend. GREGOR in action, observing the Sun.

gedünntes CCD mit einer Quanteneffizienz >90%, produziert an der Universität von Arizona. Die verfügbaren Filtersysteme sind Strömgren uvby, H β , H α -schmal und breit (4 und 18 nm FWHM), Sloan-u'g'r'i'z', und das Johnson-Cousins UBVRI Set.

STELLA-II hat einen sphärischen Hauptspiegel und eine Primärfokus-Korrekturoptik, um alles Licht über eine Glasfaser in einen Spektrographen zu koppeln. Der STELLA Echelle Spectrograph (SES) ist ein moderner Weißlicht-Pupillen Spektrograph mit einer spektralen Auflösung von 55.000 und einem festen Wellenlängenbereich von 390 bis 870 nm. Eine 24 Meter lange oktagonale Glasfaser mit 67 μ m Kerndurchmesser führt das Licht vom Teleskop über einen Bildteiler zum Spektrographen. Der Lichtstrahl von 130 mm Durchmesser wird mittels einer f/4 Linsenoptik auf den Detektor abgebildet. Als Detektorsystem ist ein 4k x 4k e2v CCD mit einem vom AIP gebauten Magellan-Kontroller im Einsatz.

THE GREGOR SOLAR TELESCOPE

The Teide Observatory in Tenerife is one of the world's best locations for solar observation. Europe's most powerful solar telescope GREGOR, with its 1.5m aperture, allows scientists to examine the smallest structures on the Sun and to carry out observations with high photometric and polarimetric accuracy. The GREGOR telescope went into routine operation with the 2016 observing season. With the aid of dichroic beam splitters, different instruments can be used for simultaneous observation in different wavelength ranges. For example, the GREGOR Fabry-Pérot



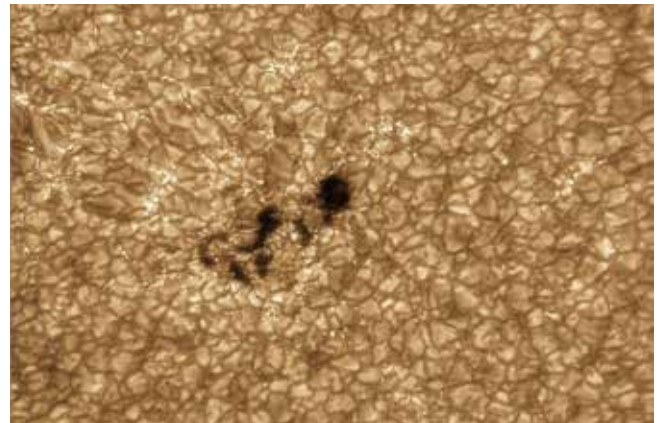
Die beiden HiFI sCMOS Kameras auf einem optischen Tisch im Labor des Sonnenteleks GREGOR. The two HiFI sCMOS cameras on an optical table at a GREGOR solar telescope laboratory.

interferometer (GFPI, PI institute: AIP) and the GREGOR Infrared Spectrograph (GRIS) complement each other. Two complementary spectroscopic techniques are used, i.e., imaging spectroscopy and long-slit spectroscopy with an image scanner, which cover almost the entire optical spectral range. Since the beginning of 2016, the High-resolution Fast Imager (HiFI, PI-Institut AIP) supports both spectrographic instruments by providing context images in two of three wavelengths: the strong chromospheric absorption line Ca II H at 396.8 nm, the Fraunhofer G-band at 430.7 nm and a continuum window in the blue spectral range at 450.6 nm. Two large-format sCMOS cameras with 2560×2160 pixels capture 50 frames per second and write them to SSDs at a rate of more than 600 megabytes per second. This allows the use of image reconstruction methods to observe even the smallest details, down to the diffraction limit of the telescope.

STELLA: THE “STELLAR ACTIVITY OBSERVATORY”

The STELLA observatory was in continuous operation for 10 years as of September 2016. STELLA is two fully robotic 1.2m telescope at the Izaña Observatory in Tenerife, Spain. Both telescopes work independently but reside in the same building and are operated on the same software platform. They feed light to a high-resolution spectrograph and a wide-field imager. During the reporting period, a total of 52 active observing projects (16 from Spain, 30 from AIP, and 6 international) were conducted. On the cut-off date 31 December 2017, there were 96 registered STELLA users.

The STELLA-I telescope is a Cassegrain system with a comparably large secondary mirror and a three-lens field corrector near one of its two Nasmyth foci. This focus is also equipped with an image derotator and hosts the Wide Field STELLA Imaging Photometer (WIFSIP). It has a usable field-of-view of $22' \times 22'$ at a scale of $0.32''/\text{Pixel}$. The detector is a STA400 $4k \times 4k$ back-illuminated thinned CCD with a peak quantum efficiency of $>90\%$ from the University of Arizona. Available filters include the Strömgren $uvby\beta$, $H\alpha$ -narrow and wide (4 and 18 nm FWHM), the Sloan- $u'g'r'i'z$, and the Johnson-Cousins UBVRI set.



Eine kleine Gruppe von Poren im aktiven Gebiet NOAA 12530 entwickelt sich zu einem Sonnenfleck. Mit Methoden der Bildrekonstruktion konnten in diesem HiFI-Bild, das im Fraunhoferschen G-Band aufgenommen wurde, kleinste Strukturen von nur 50 Kilometern auf der Sonnenoberfläche entdeckt werden. A small group of pores in the active region NOAA 12530 develops into a sunspot. Using image restoration, small-scale features (50 km on the solar surface) were detected in this HiFI image obtained in the Fraunhofer G-band.



Die Robotersternwarte STELLA. Beide Teleskope sind bei geöffneter Kuppel sichtbar. „Paint it black“: STELLA-I wurde zum Teil schwarz lackiert um Streulicht zu minimieren. The robotic STELLA building. Both telescopes can be seen in this view. Paint it black: STELLA-I got its truss structure painted black to reduce stray light.

STELLA-II has a spherical primary mirror with an on-axis prime-focus corrector system for light injection into a fibre. The SES is a modern white-pupil spectrograph with a moderately high spectral resolution of about 55,000 and a fixed wavelength format of 390 to 870 nm. It is fed by a 24-metres-long octagonal optical fibre with $67\mu\text{m}$ core diameter. The beam with a diameter of 130 mm is imaged onto the detector by an $f/4$ refracting camera. A $4k \times 4k$ e2v CCD together with an AIP-built Magellan controller is used as the detector system.

ARIZONA

ARIZONA



*Das LBT in Arizona.
The LBT in Arizona.*

LARGE BINOCULAR TELESCOPE (LBT)

Das LBT auf dem 3.200 Meter hohen Mount Graham in der Nähe von Tucson, Arizona, ist das leistungsfähigste optische Teleskop der Welt. 1996 startete der Bau des LBT, im Herbst 2005 empfing es „Erstes Licht“ und arbeitet derzeit bereits zu 70 Prozent seiner Zeit. Durch die Zusammenschaltung der beiden monolithischen Spiegel mit je 8,4 Metern Durchmesser, jeder für sich bereits der weltweit größte Einzelspiegel, entsteht ein Teleskop mit der Lichtsammelkraft eines 11,8-Meter-Teleskops und wenn interferometrisch gekoppelt, der Auflösung eines klassischen Teleskops mit 22,8 Metern Durchmesser.

Das AIP ist Partner der deutschen LBT Beteiligungsgesellschaft und beteiligt sich am LBT u.a. durch Entwicklung und Bau der sogenannten „Acquisition Guiding and Wavefront Sensing“-Einheiten, die das in das Teleskop einfallende Licht analysieren und Signale zur Steuerung des Teleskops und zur Optimierung der Form des Hauptspiegels liefern, sowie des hochauflösenden Spektrographen PEPSI. 2016/17 hat das AIP die beiden Stokes-Polarimeter von PEPSI für die beiden symmetrischen Gregorianischen Foki ausgeliefert, die im Herbst 2017 erstes polarimetrisches Licht sahen. Die zwei identischen, aber unabhängigen Stokes-Polarimeter, die in jedem der direkten Brennpunkte angebracht sind, ermöglichen die gleichzeitige Beobachtung von zirkular und linear polarisiertem Licht mit hoher spektraler und zeitlicher Auflösung. Während des Tages wird der Spektrograph mit Sonnenlicht aus dem robotischen SDI-Teleskop gespeist. Zusätzlich zum LBT kann PEPSI mit dem 1,8 m Vatican Advanced Technology Telescope (VATT) über eine 450 Meter lange Glasfaserverbindung genutzt werden.

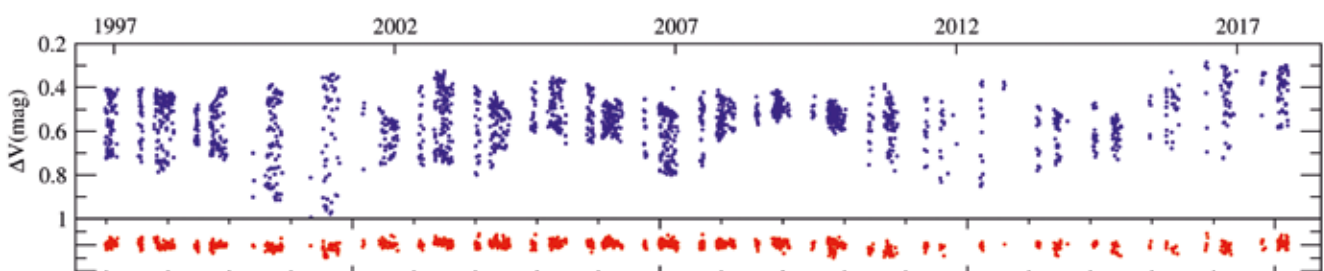
Am Fairborn Observatory in den Patagonia Mountains nahe der Mexikanischen Grenze werden insgesamt 13 automatisierte Teleskope betrieben, eines von ihnen, das 0,75-Meter-Teleskop Amadeus, vom AIP. Amadeus liefert seit nunmehr über zwanzig Jahren kontinuierlich photometrische Daten von Sternen mit Flecken und ist seit 2000 im Besitz des AIPs. Die Abbildung zeigt die Langzeitlichtkurve des aktiven Sternes II Pegasi (HD 224085).

LARGE BINOCULAR TELESCOPE (LBT)

The LBT, located at an altitude of 3,200 meter on Mt. Graham near Tucson, Arizona, is the most powerful optical telescope in the world. Construction started in 1996. The telescope saw first light in the autumn of 2005 and currently operates for 70 per cent of its available time. The unique design includes two 8.4-metre diameter monolithic primary mirrors, the world's largest single mirrors, as well as two adaptive secondary mirrors. The two primary mirrors give the telescope a light gathering power of a single 11.8-metre telescope and, when combined interferometrically, they allow for a spatial resolving power of a 22.8-metre telescope.

AIP is a partner of the German LBT Beteiligungsgesellschaft and has in the past contributed with the development and construction of so-called “Acquisition, Guiding and Wavefront Sensing” units for maintaining telescope alignment during observations and of the high-resolution spectrograph PEPSI. In 2016/17, AIP delivered the two Stokes polarimeters of PEPSI for the two symmetric Gregorian telescope foci. First polarimetric light was observed in the autumn of 2017.

Fairborn Observatory operates a total of 13 automatic telescopes at their site in the Patagonia Mountains near the Mexican border, one of them is AIP's 0.75-m Amadeus telescope. Amadeus delivers precise photometric data on spotted stars for more than 20 years now, and has been hosted by AIP since the year 2000. The figure shows as an example the long-term light curve of the spotted star II Pegasi (HD 224085).



Visuelle Helligkeit des gefleckten Sternes II Pegasi (oben, in blau) und eines konstanten Vergleichssternes (unten, in rot). Gezeigt sind V-Band Daten, aufgenommen mit dem Amadeus im Süden Arizonas seit 1996. Visual brightness of the spotted star II Pegasi (above, in blue) and a constant comparison star (below, in red). Shown are V-band data taken with Amadeus in southern Arizona since 1996.



*Groß und Klein besuchen beim Tag der offenen Tür am 23. September 2016 das AIP.
Young and old attend the AIP open house on 23 September 2016.*

PRESSE- UND ÖFFENTLICHKEITSARBEIT

PUBLIC OUTREACH

Die Öffentlichkeitsarbeit und Medienaktivitäten des AIP zielen darauf ab, wissenschaftliche Ergebnisse mit der Öffentlichkeit zu teilen. Sie werden von den AIP-Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern mit großem Engagement mitgestaltet und stark unterstützt. Das AIP informiert regelmäßig in den Medien über Forschungsergebnisse und bietet ein breites Programm an öffentlichen Veranstaltungen. Sowohl die Veranstaltungen mit Berichten in TV, Hörfunk, Online und Print, wie auch die wissenschaftlichen Pressemitteilungen im Berichtszeitraum fanden eine sehr gute Resonanz.

AIP IN DEN MEDIEN

Zwischen Januar 2016 und Dezember 2017 veröffentlichte das AIP mehr als 50 Pressemitteilungen zu Forschungsergebnissen, Projektfortschritten und Ankündigungen öffentlicher Veranstaltungen. Zu allen News berichtete das Institut auch online sowie in den sozialen Medien Facebook und Twitter.

Insbesondere die Meldung „Die fehlenden Braunen Zwerge“ vom 8. April 2016 führte zu einem großen Medienecho, da sie sich über die Deutsche Presse-Agentur dpa verbreitet in fast allen bundesweit vertretenen Tageszeitungen wiederfand. Am 23. August 2016 stand die Unterzeichnung der Vereinbarung zwischen ESO und AIP zum Bau von 4MOST im Mittelpunkt der internen und medialen Aufmerksamkeit. Die Vereinbarung wurde in Potsdam durch den Generaldirektor der ESO, Professor Dr. Tim de Zeeuw, sowie die Vorstandsmitglieder des AIP unterzeichnet. Grußworte kamen von der Bundesministerin für Bildung und Forschung Professor Dr. Johanna Wanka und der Ministerin für Wissenschaft, Forschung und Kultur des Landes Brandenburg Dr. Martina Münch.

Weitere Highlights im Berichtszeitraum waren fachliche Interviews mit AIP-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftlern für lokale und überregionale Medienberichte; beispielsweise im Deutschlandradio Kultur, für das ARD Magazin Brisant, im online TV-Magazin dctp.tv oder der Deutschen Welle. Das Leibniz-Magazin führte ein Interview mit Dr. Noam Libeskind und seinem Vater, dem

Architekten Daniel Libeskind, über Familie und die Parallelen zwischen Astrophysik und Architektur. Das TV-Wissenschaftsmagazin ProSieben Galileo begleitete in einem Beitrag Prof. Dr. Klaus Strassmeier und seine Kolleginnen und Kollegen bei ihrer Arbeit am Large Binocular Telescope in Arizona.

Die Leibniz-Gemeinschaft veröffentlichte im November 2017 ein Leibniz-Magazin zum Themenschwerpunkt „Himmel“ mit einem Portrait über die AIP-Wissenschaftlerin und Milchstraßenarchäologin Dr. Else Starkenburg und einem Kommentar von Prof. Dr. Matthias Steinmetz zum Thema Raumfahrt.

Die Kooperation mit einem der größten öffentlich-rechtlichen Fernsehsender für die Dokumentation „Faszination Universum“ mit Harald Lesch wurde fortgesetzt. Im August 2017 zeichnete das ZDF im Großen Refraktor zwei Sendungen der Reihe Terra X zu den Themen „Eine Frage der Zeit“ und „Ohne Limit“ auf.

VERANSTALTUNGEN

Insgesamt besuchten in den Jahren 2016 und 2017 etwa 15.000 externe Gäste die Einrichtungen des AIP auf dem wissenschaftshistorischen Standort Telegrafenberg (Einsteinurm und Großer Refraktor) und auf dem Forschungscampus Babelsberg im Rahmen öffentlicher Veranstaltungen und Führungen.

Jedes Jahr im Juni nimmt das AIP an der Langen Nacht der Wissenschaften in Potsdam teil. Bei dieser Gelegenheit kann das Innere des Einsteinurms geführt besichtigt werden und Gäste lernen von AIP-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftlern mehr über die Physik der Sonne. Im Großen Refraktor informieren öffentliche Vorträge über Astronomie. Als Highlight konnten die Gäste den Nachthimmel mit dem viertgrößten Refraktionsfernrohr der Welt beobachten.

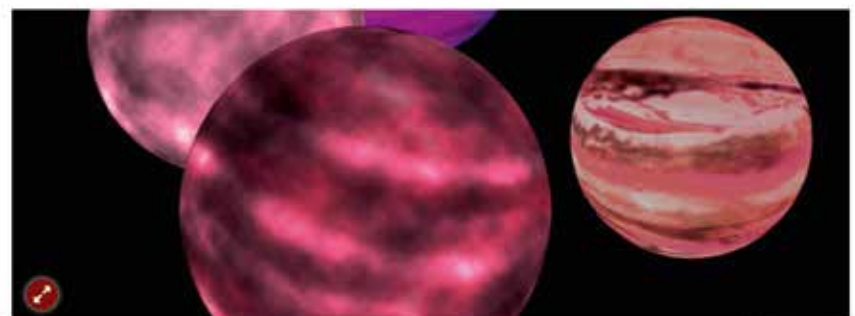
Im Juli 2017 erklangen bei zwei Konzerten des Kammerorchesters Berlin im Großen Refraktor Werke von Beethoven, Haydn, Mozart und Héctor Marroquin. Anlass war der 40. Jahrestag der im Sommer

„Die fehlenden Braunen Zwerge“ stießen auf großes Medienecho. „The missing Brown Dwarfs“ received a great deal of media attention. (Credit: Spiegel Online)

Gescheiterte Sterne

Zeigt euch, ihr Zwerge

Auf einer Seite der Milchstraße haben Forscher viel mehr Braune Zwerge gesichtet als auf der anderen. Sie folgern daraus, dass viele der fehlentwickelten Sterne noch nicht entdeckt wurden.



Erscheinungsformen Brauner Zwerge in einer künstlerischen Darstellung

1977 gestarteten Sonde Voyager I ins Weltall. An der Außenwand wurde unter anderem eine goldene Schallplatte angeheftet. Das Kammerorchester Berlin nahm dies zum Anlass, Musik zu spielen, die ins All geschickt wurde oder aber umgekehrt vom All inspiriert worden ist. Beide Konzerte waren ausverkauft.

Die „Babelsberger Sternennächte“ erfreuten sich steigender Beliebtheit. Im Rahmen der Reihe, die von Herbst bis Frühjahr stattfindet, stellen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler an jedem dritten Donnerstag im Monat um 19:15 Uhr in allgemeinverständlichen Vorträgen ihre Forschungsgebiete vor. Die Veranstaltung verzeichnet hohe Besucherzahlen von bis zu 150 Gästen. Besonders beliebt sind die anschließenden Institutsführungen und die Möglichkeit der Beobachtung mit Teleskopen.

In den Wintermonaten zogen auch die Beobachtungsnächte im Großen Refraktor Besucherinnen und Besucher aus Potsdam und darüber hinaus an.

Im August 2016 beteiligte sich das Institut zudem erstmalig an der Langen Nacht der Astronomie, die im Berliner Park Gleisdreieck stattfand.

Am 9. Mai 2016 bot das AIP allen Interessierten die Möglichkeit, den Vorbeizug des innersten Planeten Merkur vor der Sonnenscheibe zu beobachten. Bei bestem Wetter verfolgten zahlreiche Schaulustige das seltene Ereignis des Merkurtransits. Öffentliche Vorträge rundeten das Programm ab und informierten zudem über die AIP-eigene wissenschaftliche Auswertung des Transits als Generalprobe für die Erforschung erdähnlicher Planeten.

NEPTUN JUBILÄUM

Am 23. September 2016 feierte das AIP den 170. Jahrestag der Entdeckung Neptuns mit einem großen Tag der offenen Tür. Von 16 bis 22 Uhr kamen mehr als 1.200 Besucher aller Altersstufen auf den Forschungscampus in Babelsberg. Neben wissenschaftlichen Vorträgen, Führungen durch die Gebäude und Werkstätten gab es zahlreiche Angebote für Kinder: von der Exoplanetensuche, einem Bad in Dunkler Materie, über den Bau eines VLT-Modells mit Lego bis hin zum Wasserraketenschießen und dem Mitmachspiel „Lebendiges Sonnensystem“. Als Gäste waren die Planetarien Berlin und das Urania Planetarium Potsdam vor Ort. Sowohl mit mobilen Teleskopen als auch mit einem der AIP-Spiegelteleskope konnten die Besucher Sonne, Mars, Venus, Saturn und Neptun beobachten. Rund 80 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des AIP halfen an unterschiedlichen Stationen, den Tag zu einem Erfolg werden zu lassen.

NACHWUCHSFÖRDERUNG

Nach wie vor spielt die Wissensvermittlung astronomischer Themen an Kinder und Jugendliche eine zentrale Rolle in der Öffentlichkeitsarbeit des AIP. So beteiligte sich das Institut 2016 und 2017 erneut am Girls' Day/Zukunftstag Brandenburg, setzte die mit dem Urania Planetarium Potsdam gegründete Reihe „Kinder Science Day“ fort und empfing Schulklassen auf Babels- und Telegrafenberg. Zahlreiche Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des AIP vermittelten in zielgruppengerechten Vorträgen und anschaulichen Experimenten die Faszination der Astronomie.



Fernsehinterview mit Dr. Jürgen Rendtel für ARD Brisant. TV interview with Dr Jürgen Rendtel for ARD Brisant.

VERNETZUNG

Sowohl im Potsdamer Netzwerk Astrophysik, das das AIP gemeinsam mit dem Deutschen Elektronen-Synchrotron (DESY), dem Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik (AEI) und der Universität Potsdam bildet, als auch im Verein proWissen realisiert das Institut Veranstaltungen und pflegt einen regen Austausch mit anderen Akteuren der Potsdamer Wissenschaftslandschaft.

So veranstaltete proWissen ein Science Dinner mit Prof. Dr. Matthias Steinmetz. Unter dem Titel „Astrophysik – vom Licht und Dunkel unseres Universums“ ließen sich zwei Dutzend Gäste auf eine intellektuelle und kulinarische Reise ein und erfuhren so mehr über leuchtende Sterne und Dunkle Energie.

Die Ausstellung „Fenster ins Universum“, die gemeinsam vom DESY, AEI, der Universität Potsdam sowie dem AIP konzipiert wurde, zeigte in der Wissenschaftsetage des Bildungsforums Potsdam spannende Bilder aus der Astronomie. Die Ausstellung wanderte danach in das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kultur in Potsdam und zog dann ins neue Zeiss-Großplanetarium nach Berlin um.

In beiden Jahren nahm das AIP ebenfalls am Potsdamer Tag der Wissenschaften, bei dem die wissenschaftlichen Einrichtungen in und um Potsdam ein breites Programm für Jung und Alt anbieten, teil.

VIRTUELLE REALITÄT

Im Jahr 2017 ging das AIP mit einer neuen Virtual-Reality-Plattform online. Mit dreidimensionalen 360-Grad-Videos und Panoramen können Besucherinnen und Besucher der Plattform vr.aip.de – mit oder ohne Virtual-Reality-Brille (VR-Brille) – in den Kosmos eintauchen und eine virtuelle Tour durch astronomische Observatorien erleben. Die Webplattform lässt sich direkt über eine VR-Brille oder auch per Klick am Bildschirm navigieren. Alle Medien basieren auf wissenschaftlichen Erkenntnissen, Simulationen mit Supercomputern sowie Aufnahmen von Teleskopen und Beobachtungsstandorten.

The outreach and media activities at AIP aim at sharing scientific results with the public. They are strongly supported by AIP's scientists. The AIP regularly informs the media about research results and offers a broad program of public events. Events reported on TV, the radio, online and in print, as well as the scientific press releases during the period, were very well received.

AIP IN THE MEDIA

AIP published more than 50 press releases on research results, project progress and public event announcements between January 2016 and December 2017. The institute reported on all news online as well as on social media platforms Facebook and Twitter.

The press release on “the missing brown dwarfs” from 8 April 2016 received especially broad media coverage, as it was distributed by the German news agency dpa and appeared nationwide in almost all daily newspapers. On 23 August 2016, the signing of the agreement between ESO and AIP to build 4MOST was the focus of internal and media attention. The agreement was signed in Potsdam by the Director-General of ESO, Professor Tim de Zeeuw, as well members of the AIP Board of Directors. Greetings came from Federal Minister of Education and Research Prof Johanna Wanka and Martina Münch, Minister of Science, Research and Culture for the State of Brandenburg.

Several TV, radio and newspaper teams contacted AIP for interviews with astronomers; for example Deutschlandradio Kultur, the German TV magazine ARD Brisant, the online TV magazine dctp.tv and Deutsche Welle. The Leibniz magazine conducted an interview with Noam Libeskind and his father, architect Daniel Libeskind, on family and the parallels between astrophysics and architecture.

The German TV magazin Pro7 Galileo featured AIP Director Strassmeier and colleagues at work on the Large Binocular Telescope in Arizona.

In November 2017, the Leibniz Association published a Leibniz Journal on the subject of “Heaven”. The issue featured with a portrait of AIP scientist and Milky Way archeologist Else Starkenburg and commentary from AIP Director Matthias Steinmetz on space travel.

The cooperation with one of Germany's main public TV channels for the documentation “Fascination Universe” with Harald Lesch was continued. In August 2017, the German public-service television channel ZDF recorded two broadcasts of the Terra X series on the topics “A Question of Time” and “Without Limit” in the Great Refractor.



Festvortrag „Die Entdeckung des Neptuns“ beim Tag der offenen Tür. Lecture “The discovery of Neptune” at the open house.

EVENTS

In total, about 15,000 external guests visited the facilities of the AIP at the science-historical site Telegrafenberg (Einstein Tower and Great Refractor) and the research campus Babelsberg in the context of public events and guided tours in the years 2016 and 2017.

Each year in June, AIP participates in the “Long Night of the Sciences” in Potsdam. On this rare occasion, the interior of Einstein Tower can be visited during guided tours and guests learn about the physics of the Sun from AIP scientists. In the Great Refractor, AIP scientists gave public talks about astronomy. As a highlight, guests were invited to observe the night sky with the world’s fourth largest refracting telescope.

In July 2017, works by Beethoven, Haydn, Mozart and Héctor Marroquin were performed by the “Kammerorchester Berlin” in the Great Refractor on Telegrafenberg. About 40 years ago, in the summer of 1977, Voyager I was launched into space. Phonograph records were included, including the Golden Voyager Record. The Kammerorchester Berlin took this opportunity to play music that has been sent into space or inspired by the Universe. Both concerts were sold out.

The “Babelsberg starry nights” enjoyed increasing popularity. As part of the series, which takes place from autumn to spring, every third Thursday of the month at 7:15 pm, scientists present their fields of research in generally understandable lectures. The event has a high attendance of up to 150 guests. Particularly popular are the subsequent institute tours and the possibility of observation with telescopes.

In the winter months, observation nights at the Great Refractor also attracted visitors from Potsdam and beyond.

AIP took part in a public night sky observation event in Berlin, the “Long Night of Astronomy” which was organised by non-expert astronomers in August 2016.

On 9 May 2016, AIP offered all those interested the opportunity to observe the passage of the innermost planet Mercury in front of the solar disk. In good weather, many visitors observed the rare event of the Mercury transit. Public lectures explained AIP’s own scientific analysis of the transit as a test for the exploration of Earth-like planets.

NEPTUNE ANNIVERSARY

On 23 September 2016, the institute celebrated the 170th anniversary of the discovery of Neptune with a big open day: more than 1,200 visitors came to learn about research at the AIP and what scientists do on the Babelsberg campus. Besides scientific lectures and guided tours, various activities for children included everything from water rockets, a pool of dark matter and building an VLT from LEGO bricks to an exoplanet search and the chance to transform into a planet in a game called “living solar system”. Guests were the Planetarium Berlin and the Urania Planetarium Potsdam. Both mobile telescopes and one of the AIP mirror telescopes allowed visitors to observe Sun, Mars, Venus, Saturn and Neptune. Around 80 AIP employees helped make the day a success.



Juli 2017: Konzert des Kammerorchesters Berlin im Großen Refraktor. July 2017: Concert in the Great Refractor.



Schülerinnen und Schüler erkundigen sich nach der Bauweise von Teleskopen im Großen Refraktor. Students inquire about the design of telescopes in the Great Refractor.

PROMOTION OF YOUNG TALENTS

The knowledge transfer of astronomical topics to children and adolescents continues to play a central role in the AIP's public relations work. The institute participates in the yearly Girls' Day/ Future Day Brandenburg, continued the series "Kinder Science Day" founded with the Urania Planetarium Potsdam and welcomed school classes to Babelsberg and Telegrafenberg. Numerous scientists from the AIP conveyed their fascination with astronomy in presentations and vivid experiments aimed at the target group.

NETWORKING

Both in the Potsdam Network Astrophysics, which is formed by the AIP, the research centre DESY, the Max Planck Institute for Gravitational Physics (AEI) and the University of Potsdam, as well as in the association proWissen, the institute realises hosts events and maintains a lively exchange with other actors in the Potsdam science landscape.

Matthias Steinmetz was the invited speaker to the "Science Dinner" organised by ProWissen. Titled "Astrophysics – the dark and the bright side of the Universe" participants were taken on not only an intellectual journey, but a culinary one as well.

AIP co-created the exhibition "Window to the Universe" along with DESY, AEI and the University of Potsdam. The exhibition was first

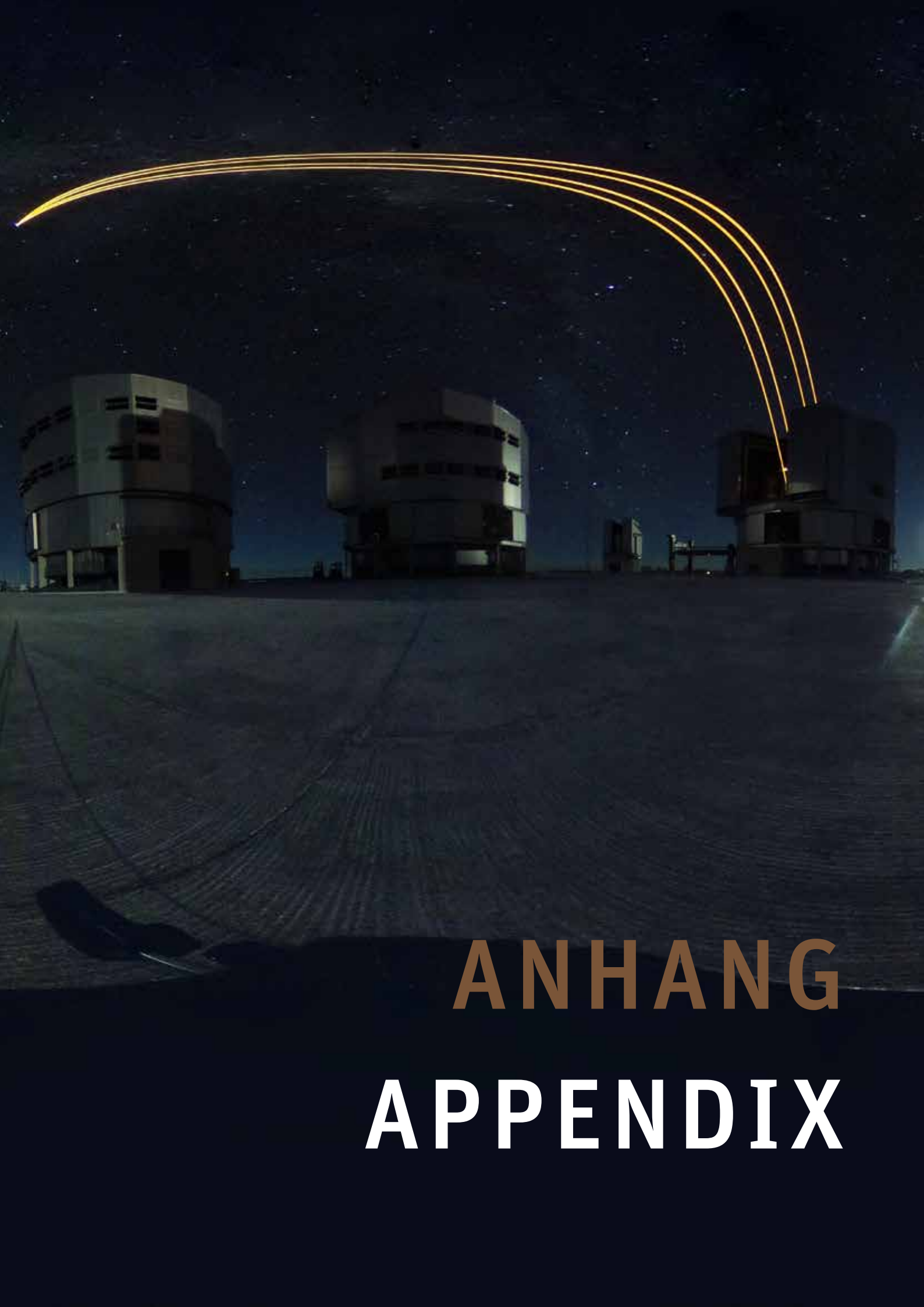
shown at the Wissenschaftsetage im Bildungsforum Potsdam, before moving on to the Brandenburg Ministry for Science, Research and Culture and finally the recently re-opened Zeiss Planetarium in Berlin.

In both years, AIP also took part in the Potsdam Science Day, where the scientific institutions in and around Potsdam offer a broad programme that appeals to children and adults alike.

VIRTUAL REALITY

AIP launched a new Virtual Reality (VR) website in 2017. Offering 360 degree videos and panoramas, the new web portal <https://vr.aip.de> invites visitors to experience the cosmos and take virtual tours through astronomical observatories. The website can be navigated either in VR mode using a VR-headset, or via touch and click on any display. All media is based on scientific results, simulations from supercomputers, or images from telescopes and observatories.





ANHANG
APPENDIX



INSTITUTSSTRUKTUR
INSTITUTE STRUCTURE

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

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

VORSTAND

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

EXECUTIVE BOARD

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

Prof. Dr. Matthias Steinmetz

Wissenschaftlicher Vorstand
Scientific Member of the Board

Vorsitzender des Vorstands
Chairman of the Board

Direktor Forschungsbereich
Director Research Branch "Extragalactic Astrophysics"

Matthias Winker

Administrativer Vorstand
Administrative Chairman

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.

BOARD OF TRUSTEES

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

Dr. Claudia Herok

Vorsitzende/Chair

Ministerium für Wissenschaft, Forschung
und Kultur des Landes Brandenburg
Brandenburg Ministry of Science, Research and Culture

Dr. Jürgen Kroseberg

Stellvertretender Vorsitzender/Vice Chair

Bundesministerium für Bildung und Forschung
Federal Ministry of Education and Research

Prof. Oliver Günther, PhD

Präsident der Universität Potsdam
President of Potsdam University

Prof. Dr. Michael Kramer

Max-Planck-Institut für Radioastronomie, Bonn
Max Planck Institute for Radio Astronomy

WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT

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

SCIENCE ADVISORY BOARD

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

Prof. Dr. Michael Kramer
Vorsitzender/Chair

Max-Planck-Institut für Radioastronomie, Bonn

Prof. Dr. Gibor Basri
The University of California at Berkeley

Prof. Dr. Ralf Bender
Universitäts-Sternwarte München,
Ludwig-Maximilians-Universität

Prof. Dr. Eva K. Grebel
Astronomisches Rechen-Institut
Zentrum für Astronomie der Universität Heidelberg

Prof. Moira Jardine
School of Physics & Astronomy, University of St Andrews

Prof. Dr. Andrey Kravtsov
Department of Astronomy and Astrophysics,
University of Chicago

Prof. Dr. Astrid Veronig
Karl-Franzens-Universität Graz

Prof. Dr. Ann Zabludoff
Steward Observatory, University of Arizona

WISSENSCHAFTLICHE DIREKTOREN SCIENTIFIC DIRECTORS

Prof. Dr. Klaus Strassmeier
Kosmische Magnetfelder/Cosmic Magnetic Fields

Prof Dr. Matthias Steinmetz
Extragalaktische Astrophysik/Extragalactic Astrophysics

BETRIEBSRAT WORKS COUNCIL

apl. Prof. Dr. Carsten Denker, Dr. Thomas Granzer, Thomas Jahn,
Arto Järvinen, Dr. Kristin Riebe, Dr. Michael Weber, Dr. Jörg
Weingrill

GLEICHSTELLUNGSBEAUFTRAGTE COMMISSIONER FOR GENDER ISSUES

Katrin Böhrs
Gleichstellungsbeauftragte/Commissioner for Gender Issues

Regina v. Berlepsch
Stellvertreterin/Deputy Commissioner

INTERNES WISSENSCHAFTLICHES KOMITEE INTERNAL SCIENTIFIC COMMITTEE

John Davenport
Sprecher/Chairperson

**Dr. Roger Haynes, Josephine Kerutt, Dr. Adriane Liermann,
Dr. Matthias Mallonn, Dr. Ettore Pedretti, Dr. Sarah J. Schmidt,
Dr. Else Starkenburg**

Wissenschaftlicher Beirat Science Advisory Board

Prof. Dr. Michael Kramer (Vorsitzender Chair)

Kuratorium Board of Trustees

Dr. Claudia Herok (Vorsitzende Chair)

Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kultur des Landes Brandenburg

Dr. Jürgen Kroseberg (Stv. Vorsitzender, Vice Chair)

Bundesministerium für Bildung und Forschung

Vorstand Executive Board

Prof. Dr. Matthias Steinmetz (Sprecher Chair)

Matthias Winker

Kosmische Magnetfelder Cosmic Magnetic Fields

Prof. Dr. Klaus Strassmeier

Magnetohydrodynamik und Turbulenz

Magnetohydrodynamics and Turbulence

Dr. Detlef Elstner

Sonnenphysik Solar Physics

apl. Prof. Dr. Gottfried Mann

Optische Sonnenphysik Optical Solar Physics

apl. Prof. Dr. Carsten Denker

Sternphysik und Sternaktivität

Stellar Physics and Stellar Activity

Dr. Matthias Steffen (kommissarisch)

Extragalaktische Astrophysik Extragalactic Astrophysics

Prof. Dr. Matthias Steinmetz

Milchstraße und die lokale Umgebung

Milky Way and the Local Volume

Dr. Roelof de Jong

Zwerggalaxien und der Galaktische Halo

Dwarf Galaxies and the Galactic Halo

Prof. Dr. Maria-Rosa Cioni

Die frühe Milchstraße The Early Milky Way

Dr. Else Starckenburg

Galaxien und Quasare Galaxies and Quasars

Prof. Dr. Lutz Wisotzki

Röntgenastronomie X-ray Astronomy

PD Dr. Axel Schwowe

Kosmologie und Hochenergie-Astrophysik

Cosmology and High-Energy Astrophysics

Prof. Dr. Christoph Pfrommer

Entwicklung von Forschungstechnologie und -infrastruktur Development of Research Technology and Infrastructure

Prof. Dr. Klaus Strassmeier

Teleskopsteuerung und Robotik

Telescope Control and Robotics

Dr. Thomas Gränzer

Hochauflösende Spektroskopie und Polarimetrie

High-resolution Spectroscopy and Polarimetry

Dr. Michael Weber

VorstandsreferentInnen Coordinators

Dr. Janine Fohlmeister, N.N.

Presse- und Öffentlichkeitsarbeit Public Relations

Franziska Gräfe

Controlling

Anne Wolf

Administration

Administration

Matthias Winker

Personal und Recht Personnel and Legal Affairs

Gernot Rosenkranz

Finanzen Finance

Herbert Klein

Zentrale Dienste Central Services

Torsten Krüger

Zentrale Einrichtungen

Research Infrastructure

Prof. Dr. Matthias Steinmetz

Forschungstechnik Technical Section

Dr. Roger Haynes

Projektmanagement Project Management

Joar Brynnel

IT-Service IT Services

André Saar

Wissenschaftliche Bibliothek und Dokumentationszentrum

Scientific Library and Documentation Centre

Regina v. Berlepsch

innofSPEC

innofSPEC

Prof. Dr. Martin Roth

Astrophotonik Astrophotonics

Dr. Kalaga Madhav

Betriebsrat Works Council

Internes Wissenschaftliches Komitee

Internal Scientific Committee

John Davenport

Ombudsmann für gute wissenschaftliche Praxis

Ombudsman for Good Scientific Practice

Dr. Matthias Steffen

Gleichstellung Gender Equality

Katrin Böhrs

Datenschutz Data Protection

Dr. Harry Enke

IT Sicherheit IT Security

Mario Diontes



Leibniz-Institut für
Astrophysik Potsdam

Leibniz-Institut für Astrophysik Potsdam (AIP)

An der Sternwarte 16

14482 Potsdam

info@aip.de

+49 331 7499-0

www.aip.de

(Stand 01.08.18)

ANREISE

HOW TO GET TO AIP



POTSDAM-BABELSBERG AIP-FORSCHUNGSCAMPUS

Mit Bahn und Bus:

Der Bus 616, der direkt vor dem Eingang zum Campus hält (Haltestelle: „Sternwarte“), fährt von den Potsdamer S-Bahnstationen Griebnitzsee und Babelsberg ab. Fahrplanauskunft auf www.bvg.de.

Mit dem Auto:

Ab Berlin über die A115 bis zur Abfahrt „Potsdam-Babelsberg“ fahren; auf der Nuthe-Schnellstraße bleiben bis zur Ausfahrt „Friedrich-List-Straße“. Der Straße „Alt Nowawes“ geradeaus folgen, bergauf, bis zur Rechten die Einfahrt zum AIP zu sehen ist.

Nächste Flughäfen:

Berlin-Tegel und Berlin-Schönefeld

POTSDAM-BABELSBERG RESEARCH CAMPUS

Public Transport:

Bus No. 616, which stops right outside the entrance to the campus (stop “Sternwarte”), leaves from the Potsdam railway stations S Griebnitzsee and S Babelsberg. You can find the most convenient train and bus connection on www.bvg.de.

By Car:

From Berlin you best reach the Babelsberg Campus from the A115 via exit “Potsdam-Babelsberg”. From here, follow the Nuthe-Expressway until you reach exit “Friedrich-List-Straße”. Turn right and follow the road “Alt Nowawes” straight uphill until you see the entrance to the AIP on the right hand side.

Nearest airports:

Berlin-Tegel, Berlin-Schönefeld



POTSDAM TELEGRAFENBERG GROSSER REFRAKTOR UND EINSTEINTURM:

Mit dem Bus:

Der Bus 691, der zum Wissenschaftspark „Albert Einstein“ auf dem Telegrafenberg fährt, startet am Potsdamer Hauptbahnhof. Der Bus 691 verkehrt nur wochentags zu Stoßzeiten.

Mit dem Auto:

Ab Berlin die A115 bis zur Abfahrt „Potsdam-Babelsberg“ nehmen; dann von der Nuthe-Schnellstraße aus über die Friedrich-Engels-Straße Richtung Potsdam Hauptbahnhof fahren. Von dort über die Straße Brauhausweg der Albert-Einstein-Straße bis zum Eingang des Wissenschaftsparks folgen. Das Auto bitte vor dem Gelände des Wissenschaftsparks parken.

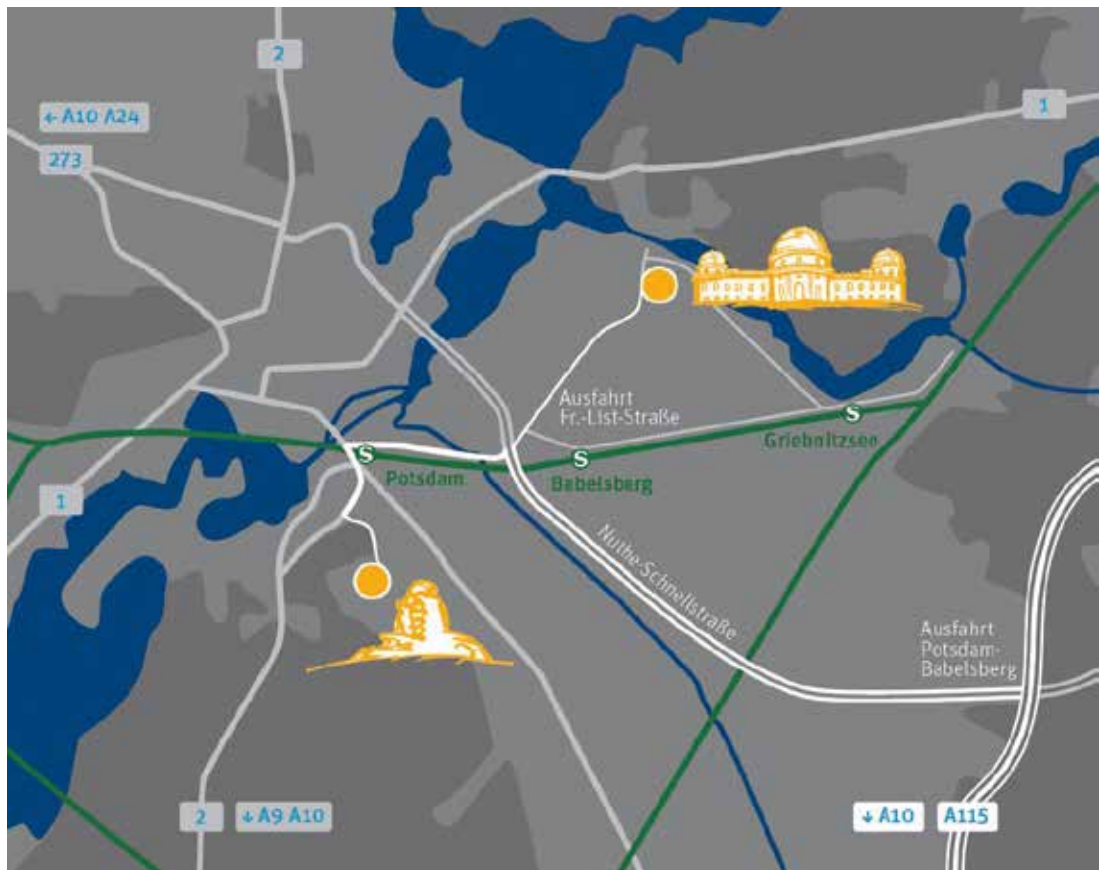
POTSDAM-TELEGRAFENBERG GREAT REFRACTOR AND EINSTEIN TOWER:

Public Transport:

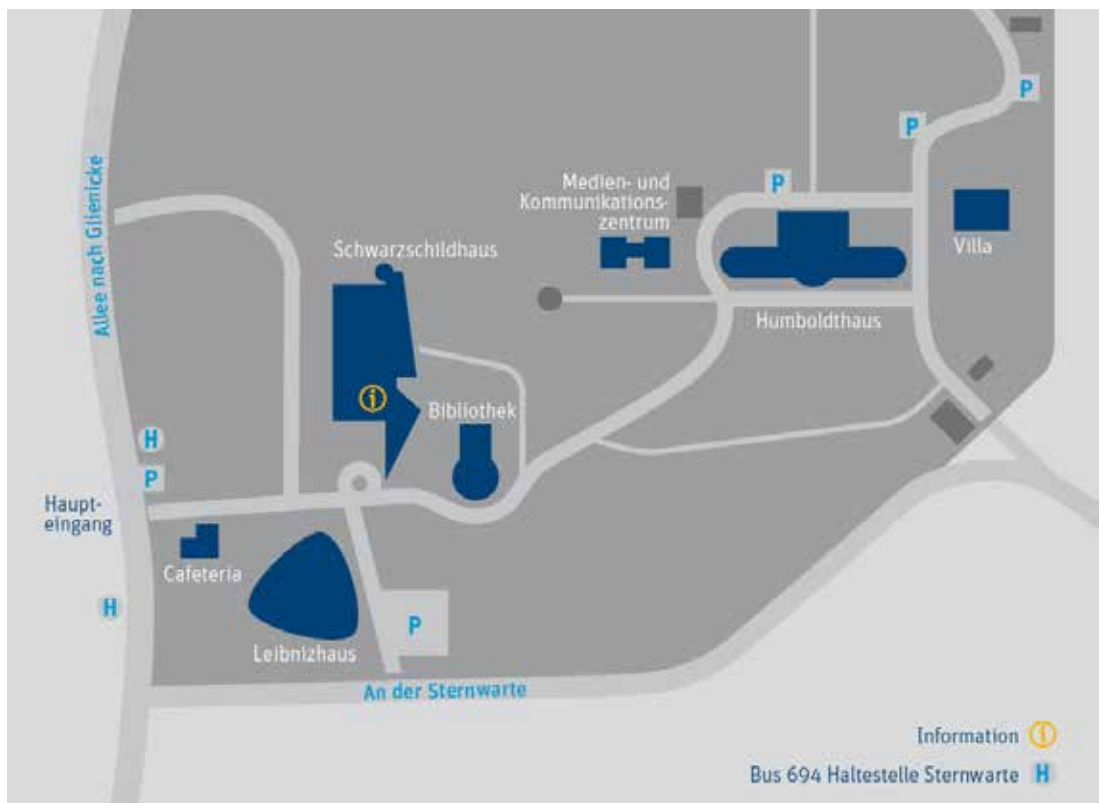
Bus No. 691, which stops at Telegrafenberg, leaves from Potsdam main station. Please note that this bus runs only on peak times on weekdays.

By Car:

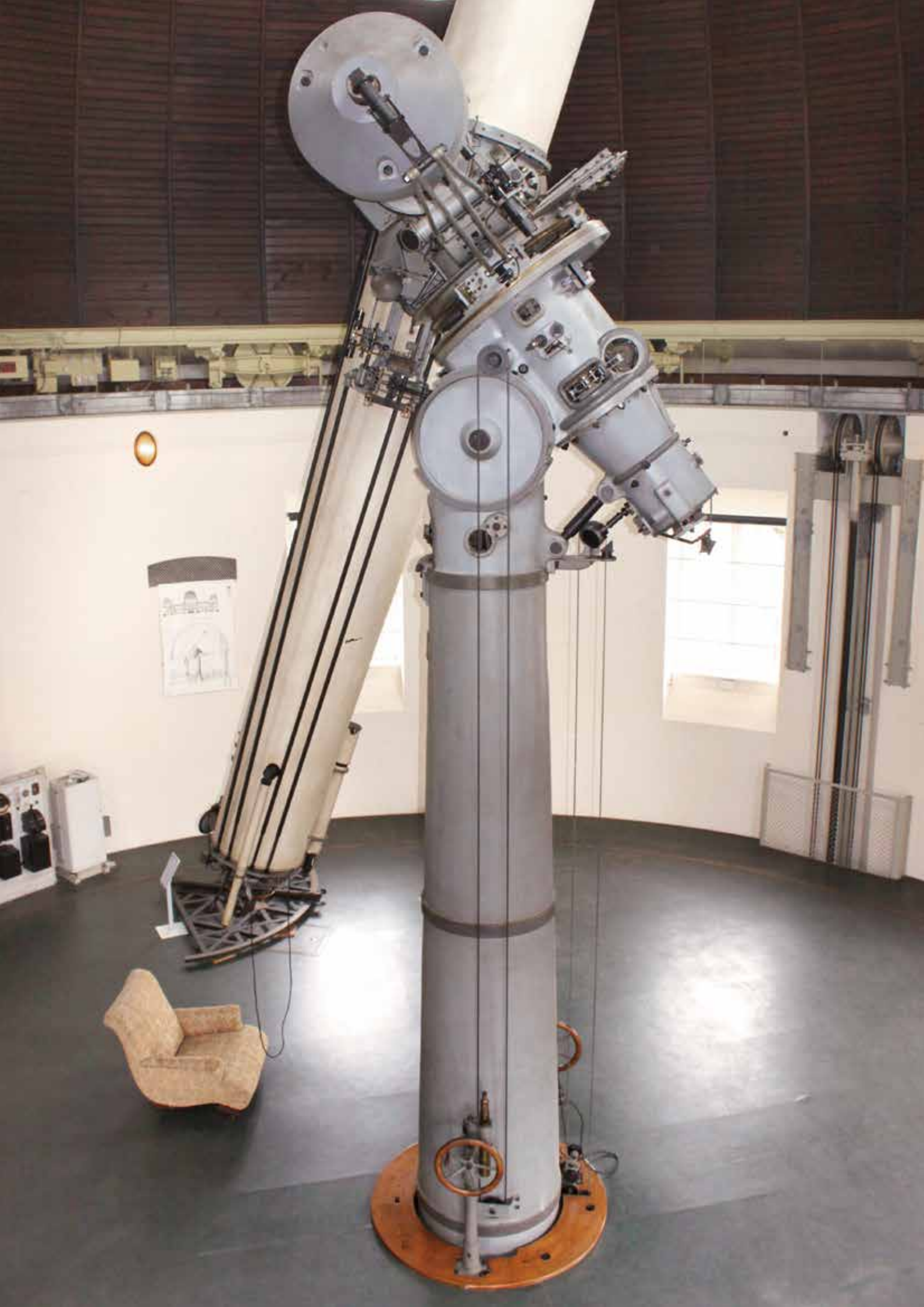
From Berlin you can reach Telegrafenberg from the A115 via exit “Potsdam-Babelsberg”. From the Nuthe-Expressway, take the Friedrich-Engels-Straße towards Potsdam main station. Then turn onto Brauhausweg and Albert-Einstein-Straße until you reach “Wissenschaftspark Albert Einstein”. Park near the gate on the roadside.



Standorte in Potsdam-Babelsberg und auf dem Telegrafenberg. AIP locations at Potsdam-Babelsberg and Telegrafenberg.



Forschungscampus Potsdam-Babelsberg. Research Campus in Potsdam-Babelsberg.



IMPRESSUM

IMPRINT

Zweijahresbericht 2016/17
Leibniz-Institut für Astrophysik Potsdam (AIP)

Herausgegeben durch das

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

Inhaltliche Verantwortung:

Matthias Steinmetz

Redaktion:

Janine Fohlmeister, Franziska Gräfe, Kristin Riebe

Bildnachweise:

Sofern nicht anders angegeben: AIP

Gestaltung:

KRAUT & KONFETTI, Berlin

Auflage:

800 Exemplare

ISSN:

2367-3664

Potsdam, 2018

**Leibniz-Institut für
Astrophysik Potsdam (AIP)**

An der Sternwarte 16
14482 Potsdam
+49 331 74 99-0

www.aip.de

