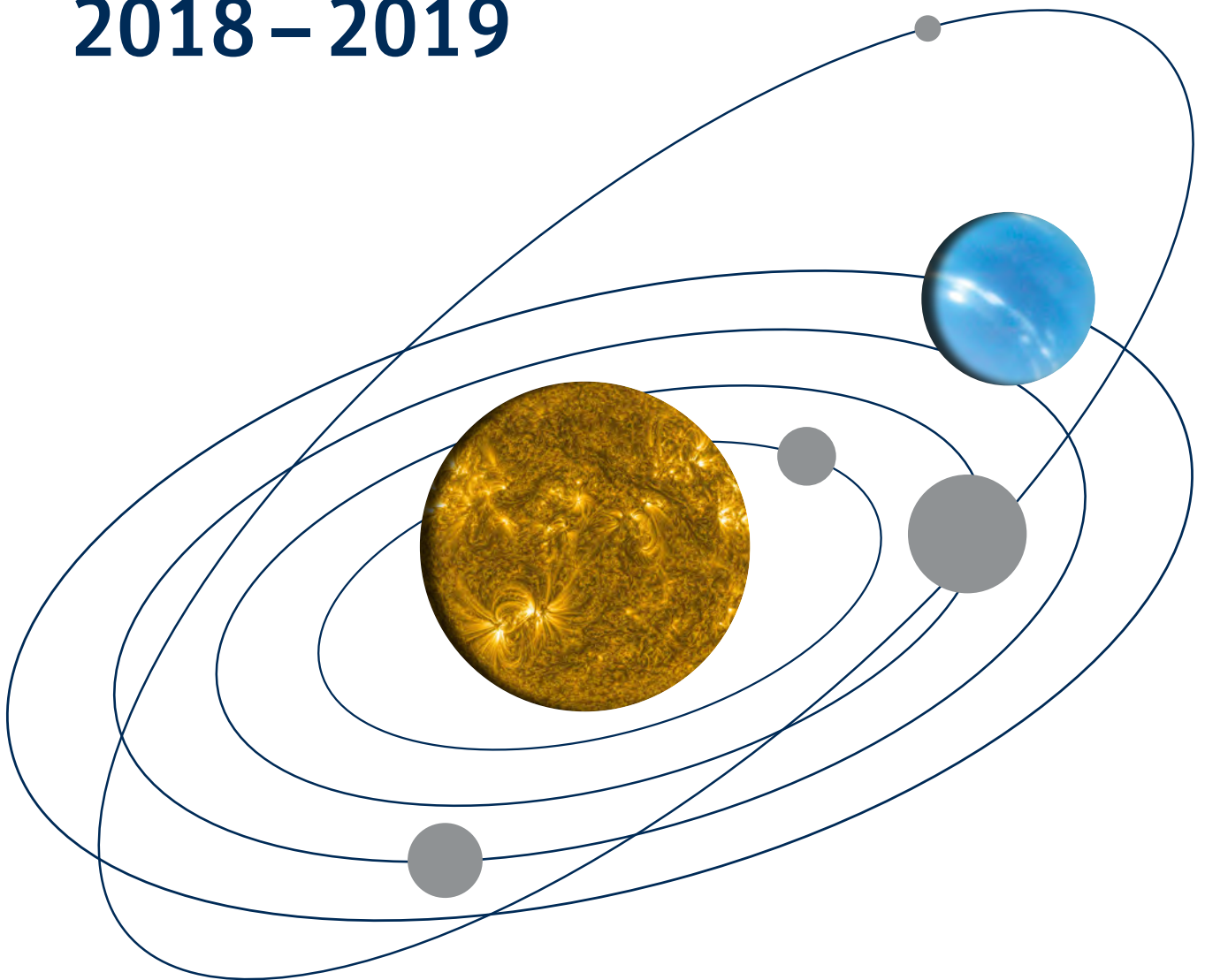




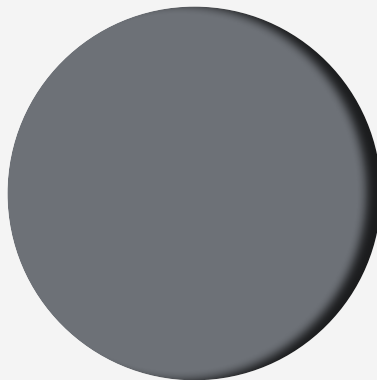
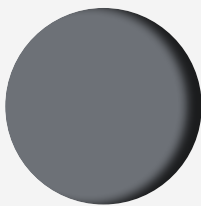
Leibniz-Institut für
Astrophysik Potsdam

BIENNIAL REPORT 2018 – 2019

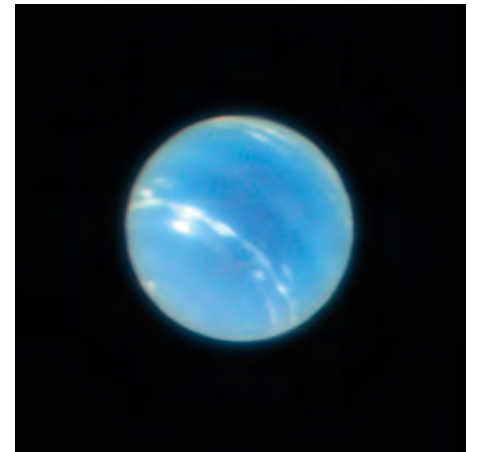


Das Titelbild zeigt die Skizze eines möglichen extrasolaren Planetensystems. Die Erforschung von Planeten um andere Sterne gehört zu den sich am schnellsten entwickelnden Themengebieten der modernen Astronomie. Ob diese Planeten Leben beherbergen können, hängt von der Stabilität der physikalischen Bedingungen und ihrer Umgebung ab. Am AIP konzentriert sich seit 2018 Katja Poppenhäger auf die Erforschung der gemeinsamen Entwicklung von Planeten und ihren Heimatsternen. Mit ihrem Team untersucht sie verschiedene Aspekte von Planetensystemen, wie die magnetische Aktivität der Sterne, die Planetenatmosphären und die Entstehung von protoplanetaren Scheiben.

The cover shows the sketch of a potential extrasolar planetary system. The study of planets around other stars is one of the most rapidly developing research fields in modern astronomy. Whether those planets might harbour life depends on the environment and stability of its physical conditions. Katja Poppenhäger at AIP has been focusing on the study of the combined evolution of planets and their host stars since 2018. Her team conducts research into several aspects of star-exoplanet systems such as stellar magnetic activity, exoplanetary atmospheres, and the formation of protoplanetary disks.

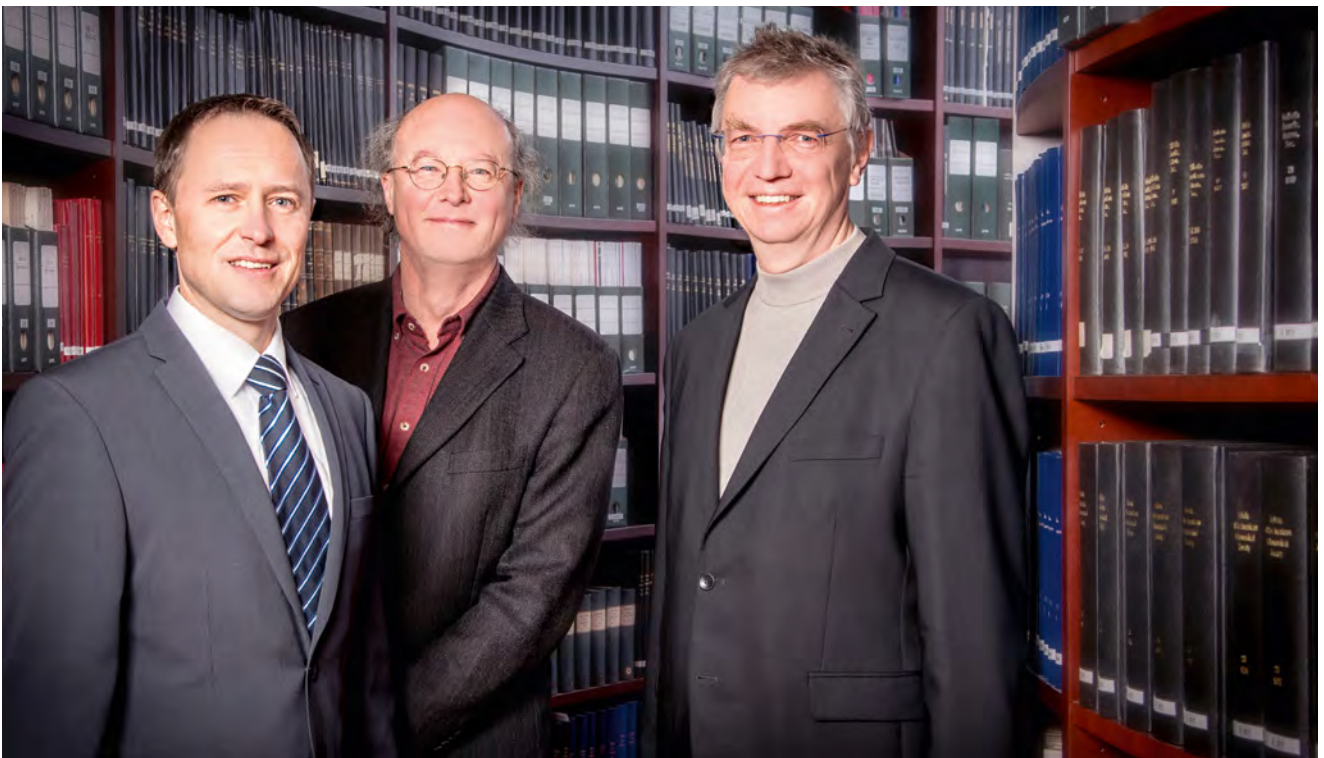


Der äußerste Planet unseres Sonnensystems, Neptun, aufgenommen mit adaptiver Optik. Ein Team des AIP erprobte im Juni 2018 den neuen Beobachtungsmodus mit dem Instrument MUSE am Very Large Telescope (VLT) in Chile. Die angewandte Technik unterdrückt die störenden Effekte der Erdatmosphäre besser als je zuvor und erzeugte so ein sehr scharfes Bild von Neptun, der einst im Jahre 1846 an der Berliner Sternwarte, einem Vorgängerinstitut des AIP, entdeckt wurde. The outermost planet of our solar system, Neptune, observed with adaptive optics. In June 2018, AIP astronomers tested the new observation mode with the MUSE instrument at the Very Large Telescope (VLT) in Chile. The technology suppresses the blurring effects of the Earth's atmosphere better than ever before and produced this very sharp image of Neptune. The planet was discovered in 1846 at the Berlin Observatory, a predecessor of AIP. (Credit: AIP/P. Weilbacher)



Unser Heimatstern, die Sonne, beobachtet vom Weltraum mit dem Solar Dynamics Observatory der NASA. Die ruhige Sonnenkorona zeigt besonders gut sichtbare koronale Schleifen mit Millionen Grad heißem Plasma. Die Sonne ist der einzige Stern, bei dem wir die Struktur und Dynamik auf der Oberfläche auflösen können und spielt daher eine wichtige Rolle für das Verständnis anderer Sterne. Our star, the Sun, observed from space with NASA's Solar Dynamics Observatory. The solar quiet corona shows coronal loops containing million-degree hot plasma along the magnetic field lines. The Sun is the only star for which we can resolve the structure and dynamics on the surface and therefore plays an important role in understanding other stars. (Credit: NASA/SDO/A. Diercke)

SEHR GEEHRTE LESERINNEN UND LESER, LIEBE HIMMELSBEGEISTERTE, DEAR READERS, DEAR SKY ENTHUSIASTS,



Matthias Winker, Klaus G. Strassmeier, Matthias Steinmetz

Die aktuelle Situation um die COVID-19-Pandemie lässt die Jahre 2018 und 2019 wie eine Ewigkeit zurückliegend erscheinen. Auch wenn der vorliegende Bericht die Zeit vor der Pandemie betrifft, die Erstellung fällt mitten in die Monate des Frühjahrs 2020, in dem das öffentliche Leben weitgehend zurückgefahren wurde. Auswirkungen davon werden Sie auch an der ein oder anderen Stelle des Berichts finden – und sei es nur im Format der Gruppenfotos, die während Homeoffice und Videokonferenzen entstanden sind.

Von der Pandemie unbeeinflusst sind jedoch die Objekte des Himmels – die Sonne, die Sterne oder entfernte Galaxien. Bilder von diesen Objekten finden nicht nur in die wissenschaftliche

Fachliteratur Eingang, sie haben auch immer wieder Wirkung weit in die Öffentlichkeit hinein, in Deutschland und weltweit. Praktisch wöchentlich wird ein neuer Exoplanet entdeckt. Es existieren nunmehr sogar Bilder von Schwarzen Löchern, Mutter Sonne werden immer noch Geheimnisse entrissen und große Teleskope und Satelliten dringen immer tiefer in die Weiten des Kosmos vor. Das Leibniz-Institut für Astrophysik Potsdam (AIP) sieht sich auch als Mittler zwischen astrophysikalischer Spitzenforschung und dem Interesse der breiten Bevölkerung. Dies beschränkt sich jedoch nicht nur auf die Objekte des Himmels: Für den Bau von Teleskopen und ihrer ausgeklügelten Messeinrichtungen benötigen wir optische Präzisionselemente, bessere Detektoren basierend

auf neuen Materialien und fortgeschrittenen Verfahren zum Umgang mit Trillionen von Bytes in vernetzten parallelen Supercomputern. Die hierbei entwickelten Methoden finden Anwendung in modernen Produkten und Verfahren unserer Technologiegesellschaft bis hin zur Medizintechnik.

Der vorliegende Rückblick des AIP auf die Jahre 2018 und 2019 präsentiert aktuelle Fragen aus der modernen Astrophysik, die uns in Potsdam beschäftigen. Sich diesen Fragen zu stellen, war nur möglich dank der Unterstützung unserer Förderer aus den Ländern, dem Bund und der EU. Sie zu beantworten gelang dank des unermüdlichen Einsatzes unserer rund 200 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter und der zahlreichen Partneereinrichtungen weltweit.

Lassen Sie sich mit dem Bericht ein wenig von den Wundern des Himmels verzaubern. Gerne zeigen wir das AIP und seine Forschung auch bei einem Besuch in Babelsberg im Rahmen der zahlreichen Formate für die interessierte Öffentlichkeit.

The current situation regarding the COVID-19 pandemic makes the years 2018 and 2019 seem like an eternity ago. Although this report covers the period before the pandemic, it was prepared in the middle of spring 2020, when public life was largely cut back. You will also see the effects of this in one place or another in the report – if only in the format of the group photos taken during videoconferences while working from home.

However, the objects in the sky – the Sun, stars, or distant galaxies – are unaffected by the pandemic. Pictures of these objects

are not only used in scientific literature, they also continue to have an effect far into the public domain, in Germany and worldwide. Nearly every week a new exoplanet is discovered. There are now even pictures of black holes; secrets are still being wrested from Mother Sun, and large telescopes and satellites continue to explore the vastness of the cosmos. The Leibniz Institute for Astrophysics Potsdam (AIP) also sees itself as a mediator between top-level astrophysical research and the interests of the general public. However, this is not limited to the objects in the sky: For the construction of telescopes and their sophisticated measuring equipment we need optical precision elements, better detectors based on new materials and advanced methods for handling trillions of bytes in networked parallel supercomputers. The methods developed here are becoming an integral part of modern products and processes in our technology society, up to and including medical technology.

The present review of AIP for the years 2018 and 2019 shows the current questions from modern astrophysics that we are dealing with in Potsdam. To face these questions was only possible thanks to the support of our funders from the federal states, the federal government and the EU. Any progress we have made in answering them comes thanks to the tireless efforts of our approximately 200 employees and numerous partner institutions worldwide.

Let the report enchant you a little with the wonders of the sky. We would also be happy to show AIP and its research to the interested public during a visit to Babelsberg within the framework of our numerous events.



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



Matthias Winker
Administrativer Vorstand



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



Der AIP-Campus in Potsdam-Babelsberg mit dem Schwarzschildhaus und der Bibliothek. The AIP campus in Potsdam-Babelsberg with the Schwarzschildhaus and the library. (Credit: AIP)

Das Leibniz-Institut für Astrophysik Potsdam (AIP) ist eine Stiftung des bürgerlichen Rechts und betreibt wissenschaftliche Forschung auf dem Gebiet der Astrophysik. Das Forschungsprofil des AIP umfasst Themen der Astronomie und Astrophysik, die von der Sonnenphysik bis zur Entwicklung des Kosmos reichen. Diese Forschung ist in den zentralen Forschungsbereichen Kosmische Magnetfelder und Extragalaktische Astrophysik organisiert. Die beiden Forschungsbereiche werden durch den Bereich Entwicklung von Forschungstechnologie und -infrastruktur ergänzt, der zukünftige astronomische Instrumentierungen, Datenanalysewerkzeuge und Rechendienste entwirft und entwickelt, die für die Erfüllung der wissenschaftlichen Ziele des Instituts erforderlich sind.

Die theoretischen Arbeiten des AIP basieren auf Computersimulationen, die auf Hochleistungsrechnern durchgeführt werden. Beobachtungsdaten werden mit Hilfe modernster Technologien an terrestrischen und Weltraumteleskopen gesammelt. Um seinen Auftrag zu erfüllen, arbeitet das Institut intensiv und produktiv mit anderen renommierten nationalen und internationalen Institutionen zusammen, oft in großen Konsortien.

Die Stiftung AIP verwaltet darüber hinaus ein umfassendes wissenschaftshistorisches Erbe. Das AIP ist Nachfolger der 1700 gegründeten Berliner Sternwarte und des 1874 gegründeten Astrophysikalischen Observatoriums Potsdam, der ersten Forschungseinrichtung weltweit, die sich ausdrücklich der astrophysikalischen Forschung widmete.

Das AIP ist, durch gemeinsame Berufungen mit der Universität Potsdam, Lehraufträge an den Universitäten in Potsdam und Berlin sowie die wissenschaftliche Zusammenarbeit mit lokalen Partnerinstitutionen, auch eng mit der Forschungslandschaft der Region vernetzt. Das AIP engagiert sich darüber hinaus im interdisziplinären Verbund der Institute der Leibniz-Gemeinschaft, in der es seit 1992 Mitglied ist.

By statute, the Leibniz Institute for Astrophysics Potsdam (AIP) is a civil law foundation created for the purpose of conducting scientific research in the area of astrophysics. The research profile of AIP covers topics in astronomy and astrophysics ranging from solar physics to the evolution of the cosmos. Its research is organised into two central research areas: Cosmic Magnetic Fields and Extragalactic Astrophysics. These two research areas are complemented by the area Development of Research Technology and Infrastructure. Its aim is to design and develop the future astronomical instrumentation, data analysis tools, and computing services needed to fulfil the institute's science goals.

AIP's theoretical work is based on computer simulations carried out on high-performance computers. Observational data are collected with the aid of state-of-the-art technology at terrestrial and space telescopes. In order to fulfil its mission, the institute cooperates intensively and productively with distinguished national and international institutions, often in large consortia.

The AIP foundation administers a comprehensive scientific and historical heritage. AIP is the successor of the Berlin Observatory, founded in 1700, and the Astrophysical Observatory Potsdam, founded in 1874, which was the first research institution worldwide dedicated to astrophysics.

AIP is closely linked to the region's research landscape through several joint appointments with the University of Potsdam, teaching positions at universities in Potsdam and Berlin, and scientific collaborations with its regional partner institutions. AIP is also involved in the interdisciplinary network of institutes known as the Leibniz Association, of which it has been a member since 1992.

INHALT

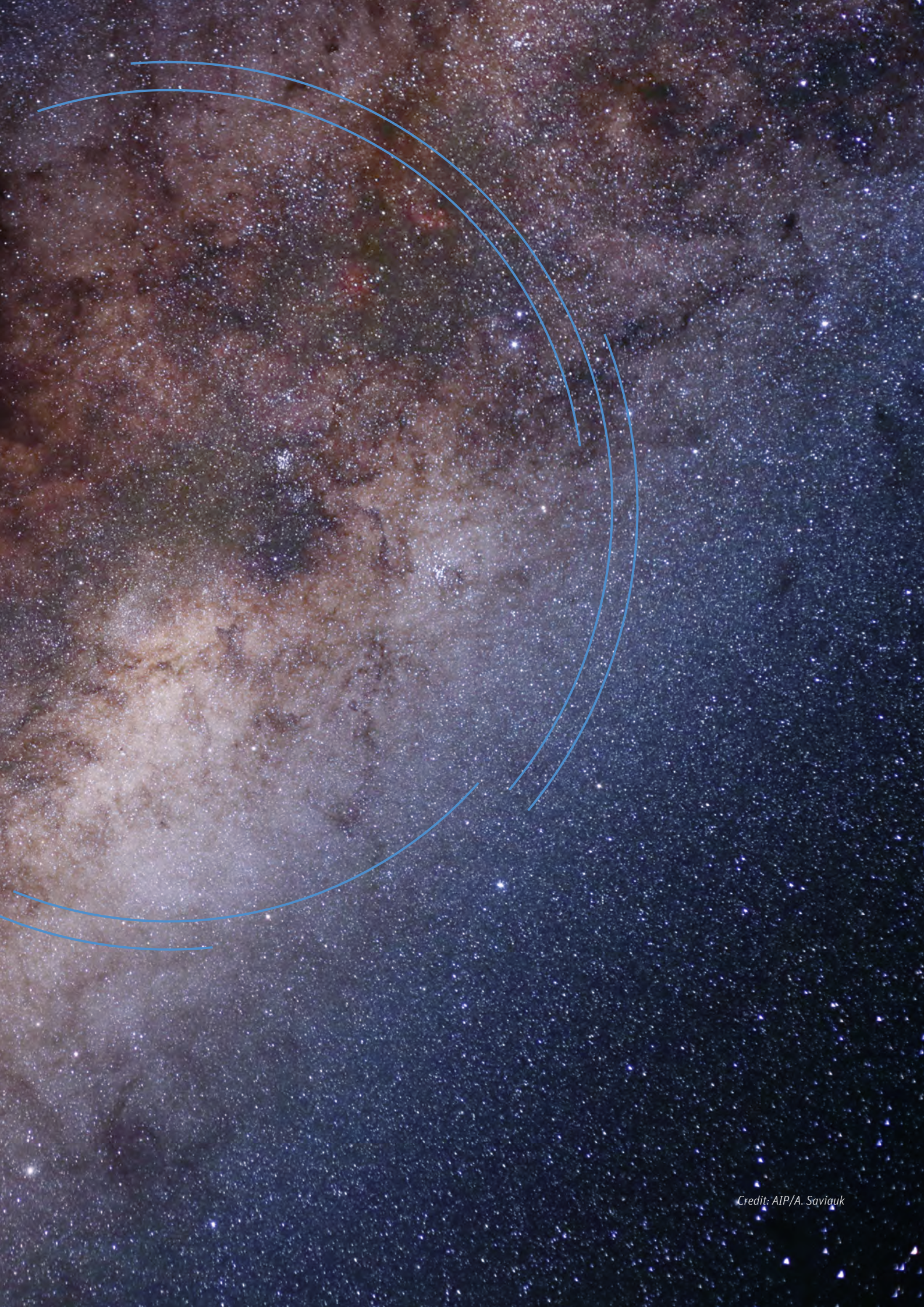
CONTENT

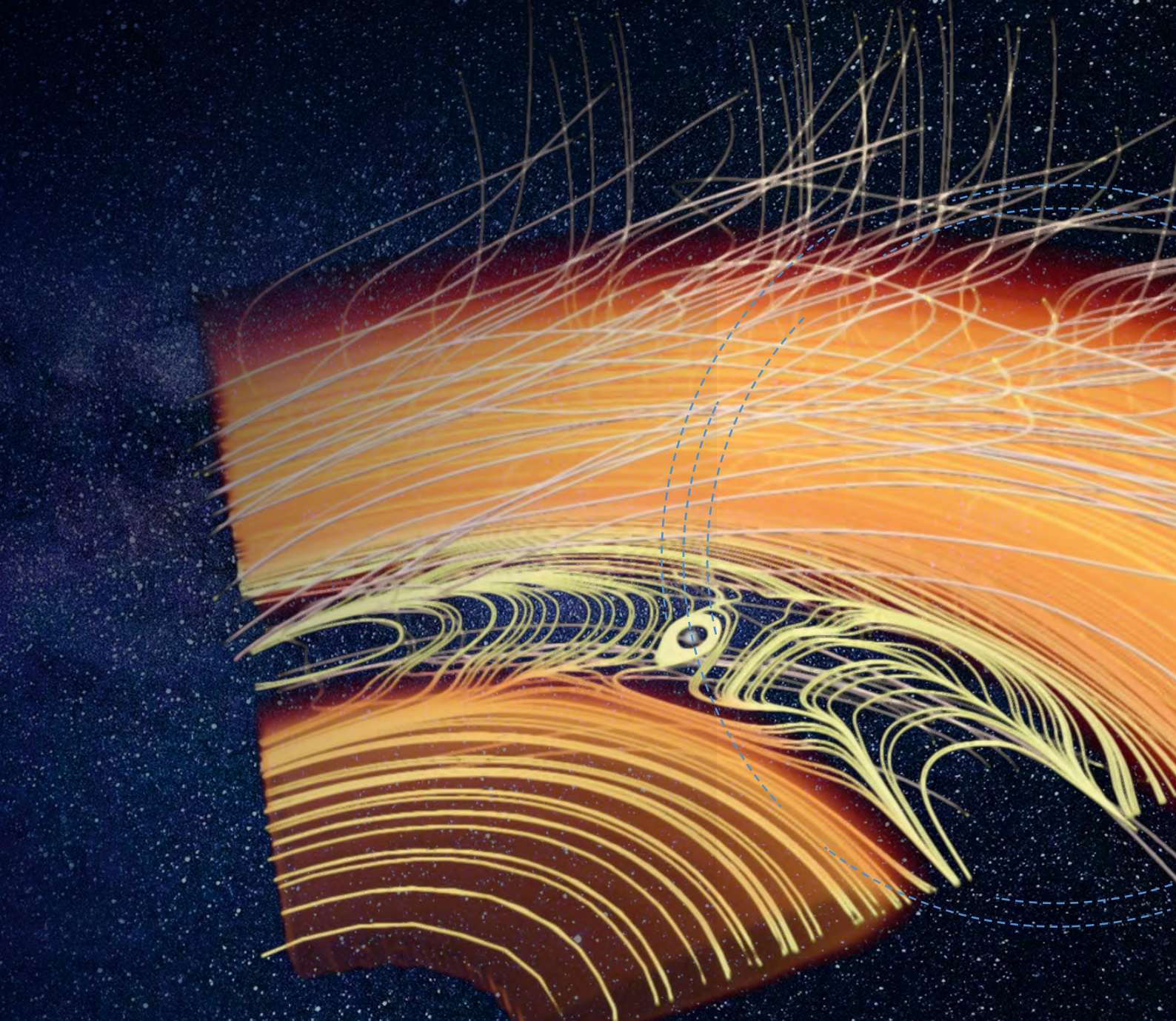
WISSENSCHAFTLICHE HIGHLIGHTS RESEARCH HIGHLIGHTS	6	AIP IM ÜBERBLICK AIP AT A GLANCE	75
KOSMISCHE MAGNETFELDER COSMIC MAGNETIC FIELDS	9	Das Leibniz-Institut für Astrophysik Potsdam (AIP) im Überblick	76
Magnetohydrodynamik und Turbulenz Magnetohydrodynamics and Turbulence	10	The Leibniz Institute for Astrophysics Potsdam (AIP) at a Glance	
Sonnenphysik Solar Physics	14	Campus Potsdam-Babelsberg Campus Potsdam-Babelsberg	78
Sternphysik und Exoplaneten Stellar Physics and Exoplanets	18	Tagungen Conferences	88
EXTRAGALAKTISCHE ASTROPHYSIK EXTRAGALACTIC ASTROPHYSICS	25	Preise und Fellows Awards and Fellows	90
Milchstraße und die lokale Umgebung Milky Way and the Local Volume	26	Geschichte des AIP History of AIP	92
4-metre Multi-Object Spectroscopic Telescope 4MOST 4-metre Multi-Object Spectroscopic Telescope 4MOST	30	Arbeiten am AIP Working at AIP	94
Zwerggalaxien und der galaktische Halo Dwarf Galaxies and the Galactic Halo	32	Abgeschlossene Forschungsarbeiten Completed Research Projects	97
Galaxien und Quasare Galaxies and Quasars	38	Standorte Sites	98
Kosmologie und Hochenergie-Astrophysik Cosmology and High-Energy Astrophysics	44	Presse- und Öffentlichkeitsarbeit Public Outreach	106
ENTWICKLUNG VON FORSCHUNGSTECHNOLOGIE UND -INFRASTRUKTUR	50	ANHANG APPENDIX	110
DEVELOPMENT OF RESEARCH TECHNOLOGY AND INFRASTRUCTURE		Institutsstruktur Institute Structure	112
Teleskopsteuerung und Robotik Telescope Control and Robotics	52	Anreise How to get to AIP	116
Hochauflösende Spektroskopie und Polarimetrie High-resolution Spectroscopy and Polarimetry	56		
3D- und Multi-Objekt-Spektroskopie 3D and Multi-Object Spectroscopy	60		
Supercomputing und E-Science Supercomputing and E-Science	64		
innoFSPEC innoFSPEC	68		



**WISSEN-
SCHAFTLICHE
HIGHLIGHTS**

**RESEARCH
HIGHLIGHTS**





MHD-Computersimulation einer protoplanetaren Scheibe unter Einfluss großskaliger, geordneter Magnetfelder. Ein neugeborener Planet beeinflusst die Gasströmungen und öffnet einen kreisförmigen Spalt.

MHD computer simulation of a protoplanetary disk under the influence of large-scale, ordered magnetic fields. A newborn planet influences gas flows and opens a circular gap. (Credits: AIP/O. Gressel)

Das kosmische Geschehen wird von zwei Naturkräften bestimmt: der Gravitation und den Magnetfeldern. Die Forschungen am AIP konzentrieren sich im Wesentlichen auf Fragestellungen der magnetohydrodynamischen (MHD) Simulationsrechnung, der magnetisch bedingten Aktivitäten auf der Sonne und anderen Sternen – von normalen Hauptreihensternen bis hin zu Gammastrahlenausbrüchen –, der solaren Koronaphysik, sowie des Weltraumwetters sowohl in unserem Sonnensystem als auch bei Planeten um andere Sterne. Ergänzt durch zwei technologische Abteilungen zu Robotik und hochauflösender Spektroskopie & Polarimetrie werden die detaillierten Fragestellungen durch die Erforschung der Beziehungen zwischen Sonne und anderen Sternen sowie zwischen Sternen und ihren Planeten miteinander verbunden und fokussiert.

Die Forschung setzt dabei auf den Einsatz von Supercomputern für MHD-Simulationen, internationalen Großteleskopen wie dem LBT in Arizona und dem VLT in Chile für hochauflösende Spektroskopie und Spektralpolarimetrie sowie kleineren robotischen Teleskopen für Langzeitstudien. Technologische Projekte sind das Design, die Konstruktion und der Betrieb von PEPSI sowie der robotischen Teleskope STELLA und RoboTel, des Sonnenteleskops GREGOR auf Teneriffa, des Radioteleskops LOFAR, des Röntgenteleskops STIX für die ESA-Weltraummission Solar Orbiter sowie die bodengebundene Unterstützung der ESA-Mission PLATO mit dem Projekt BMK10k in Chile.



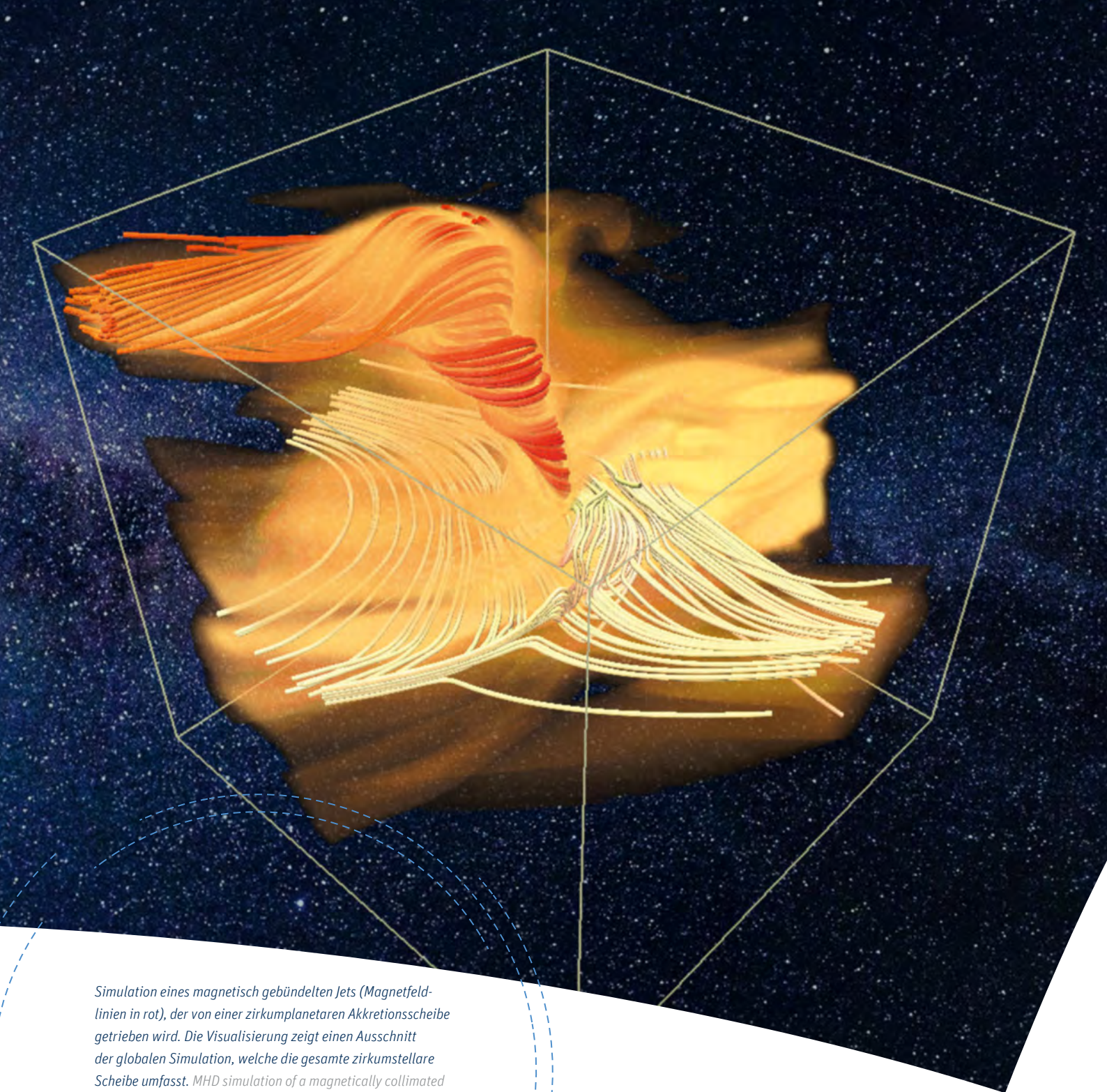
KOSMISCHE MAGNETFELDER

COSMIC MAGNETIC FIELDS

Cosmic events are basically dominated by two natural forces: gravity and magnetic fields. AIP research into these topics concentrates mainly on magnetohydrodynamic (MHD) simulations, the magnetic activity on the Sun and other stars – from normal main-sequence stars to gamma-ray bursters –, solar coronal physics, and space weather, both in the solar system and on planets around other stars. Supported by two technological sections on robotics and high-resolution spectroscopy and polarimetry, the above topics are linked by the joint themes of the solar-stellar connection and star-planet relations.

The research relies on supercomputers for MHD simulations, large international telescopes such as the LBT in Arizona and the VLT in Chile for high-resolution spectroscopy and spectropolarimetry,

and smaller robotic telescopes for long-term studies. Technical projects include the design, construction, and operation of the high-resolution spectrograph PEPSI, the robotic telescopes STELLA and RoboTel, the solar telescope GREGOR on Tenerife, the radio-telescope LOFAR, the X-ray imaging telescope STIX for ESA's Solar Orbiter mission as well as the ground-based support for ESA's PLATO mission with BMK10k in Chile.



Simulation eines magnetisch gebündelten Jets (Magnetfeldlinien in rot), der von einer zirkumplanetaren Akkretionsscheibe getrieben wird. Die Visualisierung zeigt einen Ausschnitt der globalen Simulation, welche die gesamte zirkumstellare Scheibe umfasst. MHD simulation of a magnetically collimated jet (magnetic field lines in red), which is driven from a circumplanetary accretion disk. The visualisation shows a zoom-in of the global simulation, which covers the entire circumstellar disk. (Credits: AIP/O. Gressel, rendering produced using VAPOR (www.vapor.ucar.edu))

MAGNETOHYDRODYNAMIK UND TURBULENZ

MAGNETOHYDRODYNAMICS AND TURBULENCE

Überall im Universum gibt es Magnetfelder. Bedenkt man, dass sich der Großteil der sichtbaren Materie im Plasmazustand befindet, ist dies nicht erstaunlich. Turbulente Strömungen ermöglichen die Verstärkung von Magnetfeldern durch Umwandlung von mechanischer in magnetische Energie. Gemeinsam ist den verschiedenen Objekten, dass Rotation und Schwerkraft zusammen für ein gewisses Maß an Ordnung im Chaos sorgen, und damit die beobachteten kohärenten Magnetfelder der Himmelskörper ermöglichen.

MAGNETFELDER UND DIE STRUKTUR DER SONNE

Mit erstaunlicher Genauigkeit lassen sich die beobachtbaren Parameter der Sonne und anderer Sterne durch physikalische Modelle ihres Aufbaus berechnen. Die Kernfusion im Inneren, die Eigenschaften der Materie und eine Näherung für die Wirkung der Turbulenz sind die üblichen Zutaten. Da manche Sterne aber größer erscheinen, als die errechneten Modelle vorgeben, gerieten Magnetfelder als fehlende Ingredienz in Verdacht. Berechnungen der Magnetohydrodynamik (MHD) berücksichtigen sie mit den von ihnen verursachten Änderungen im Wärmetransport. Die solaren Magnetfelder stammen aus Dynamo-Berechnungen, die den 11-jährigen Sonnenfleckenzyklus nachstellen.

Durch die Wirkung der Magnetfelder ändert sich bei starken Feldern ab einem Tesla der Sonnenradius um einige Millionstel. Beobachtbare Radiusänderungen müssen zehnmal größer sein. Die Oberflächentemperatur zeigt jedoch eine Variation von etwa einem halben Grad, die messbar sein kann.

STERNROTATION UND MAGNETISCHE AKTIVITÄT

Die Konvektionszone der Sonne rotiert differentiell, d. h. am Äquator ist die Rotationsperiode am kürzesten, an den Polen am längsten. Dieses Muster kann durch den Einfluss der Coriolis-Kraft erklärt werden. Sie spielt eine wesentliche Rolle bei der Erzeugung von Magnetfeldern. Bei der Erforschung der magnetischen Aktivität von Sternen spielt daher die Frage nach deren Rotationsverhalten eine wesentliche Rolle. Die differentielle Rotation von Sternen kann über die Beobachtung von Helligkeitsschwankungen, verursacht durch mitrotierende Flecken auf der Sternoberfläche, gemessen werden.

Während theoretische Modelle bis vor Kurzem eine sonnenähnliche differentielle Rotation vorhersagten, fanden numerische Simulationen für bestimmte Fälle ein entgegengesetztes („anti-solares“) Muster. Simulationsrechnungen zum Drehimpulstransport in rotierender Konvektion zeigen, dass dieser für langsam rotierende Sterne tatsächlich seine Richtung umkehrt, was zu einer beschleunigten Rotation der Polkappen führt.

TEAM 2018/19

Rainer Arlt, Detlef Elstner (head), Yori Fournier, Philipp Gast, Oliver Gressel, Petri Käpylä, Manfred Küker, Günther Rüdiger, Manfred Schultz, Senthamizh Pavai Valliappan, Udo Ziegler



Visualisierung der Magnetfeldlinien für ein Dynamomodell der Sonne.

Magnetic field line visualisation for a solar dynamo model. (Credits: AIP/R. Arlt)

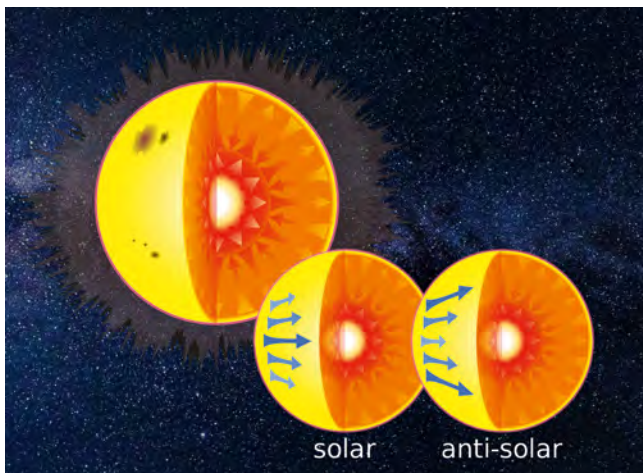
DER PLANETENENTSTEHUNG AUF DER SPUR

Protoplanetare Scheiben wachsen über magnetische Spannungen an. Wenn der Effekt der ambipolaren Diffusion einbezogen wird, bildet die Scheibe in ihrem planetenbildenden inneren Bereich einen magneto-zentrifugalen Scheibenwind aus. Der am AIP entwickelte NIRVANA-Code führte die weltweit ersten globalen MHD-Simulationen hierzu durch. Erweitert um Strahlungstransport und Thermochemie, zielt die umfassende Herangehensweise darauf ab, den Standard in diesem Bereich zu definieren.

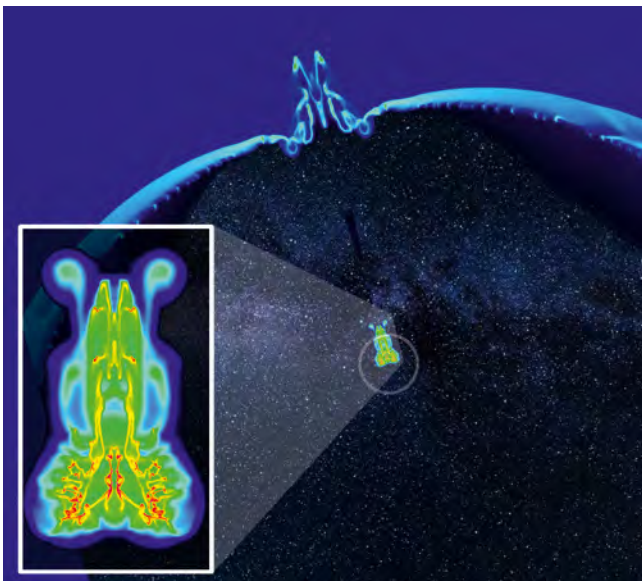
Protoplanetare Scheiben sind für die Theorie der Planetenentstehung von zentraler Bedeutung. Ihre dynamischen, thermischen und Strahlungseigenschaften bestimmen entscheidend die Bedingungen für eingebettete Festkörper. Dynamik und Struktur der Scheiben wiederum hängen maßgeblich vom Einfluss der Magnetfelder ab. Ein vom Europäischen Forschungsrat ERC finanziertes Projekt kombiniert modernste Simulationen mit umfassender Nachbearbeitung, um synthetische Beobachtungen in den Wellenlängenbereichen des ALMA-Observatoriums zu erzeugen. Alles mit dem großen Ziel, die Planetenbildung „in flagranti“ zu beobachten.

INTERSTELLARE CHEMIE UND DIE BILDUNG VON STERNVORSTUFEN

Supernova-Explosionen erzeugen starke Schockwellen, die sich im interstellaren Medium mit hoher Geschwindigkeit ausbreiten. Trifft eine solche Schockwelle auf eine Molekülwolke, können sich durch Kompression prästellare Gaskerne bilden. Realistische Simulationen dieser Wechselwirkung erfordern die Verwendung hochgradig komplexer Computermodelle, die, neben der Magnetohydrodynamik auf stark variierenden räumlichen Skalen, auch die chemo-thermischen Prozesse im interstellaren Gas-Staub-Gemisch berücksichtigen. Die zeitliche Entwicklung der chemischen Zusammensetzung ist dabei von grundlegender Bedeutung, da sie die Stärke der assoziierten Kühlungsprozesse im Gas reguliert und die Dynamik beeinflusst. Mit Hilfe des um Ionisations- und Molekül-Chemie erweiterten NIRVANA-Codes wird simuliert, wie sich der Detailgrad in der Modellierung wichtiger chemo-thermischer Prozesse auf die Entstehung von Gaskernen auswirkt und unter welchen Bedingungen es überhaupt zur Bildung von solchen Sternvorstufen kommt.



Schematischer innerer Sternaufbau und differentielle Rotation. Schematic internal stellar structure and differential rotation. (Credits: adapted from a design by Wikimedia commons user Sakurambo)



Numerische Simulation der Wechselwirkung eines Supernova-Schocks (sichtbar als hellblaue Front, die sich in das dunkelblaue Umgebungsmaterial ausbreitet) mit einer anfänglich kreisförmigen Molekülwolke (grün-gelb-rote Farben) unter Berücksichtigung chemo-thermischer Prozesse im interstellaren Medium. Numerical simulation of the interaction of a supernova shock (seen as a light-blue front, expanding into the dark-blue ambient medium) with an initially circular molecular cloud (green-yellow-red colours) including chemo-thermal processes in the interstellar medium. (Credits: AIP/U. Ziegler)

Magnetic fields can be found throughout the universe. This is not surprising, considering that most visible matter is in a plasma state. Turbulent flows enable the amplification of magnetic fields by converting mechanical energy into magnetic energy. What the various astrophysical objects have in common is that rotation and gravity together provide a certain degree of order in chaos, which in turn enables the observed coherent magnetic fields of celestial bodies.

MAGNETIC FIELDS AND THE STRUCTURE OF THE SUN

Physical models of the structure of the Sun and stars can reproduce the observed quantities with an impressive accuracy. Fusion in the core, various properties of the gas, and an approximation for heat transport by turbulence are the usual ingredients. Since some stars appear larger than predicted by the models, magnetic fields were suspected of being the missing element.

Computations of magnetohydrodynamics (MHD) introduce magnetic fields into a stellar-structure model and consider their effect on the heat transport. The distribution of magnetic fields inside the Sun comes from dynamo models, reproducing the 11-year sunspot cycle.

The effect of magnetic fields causes strong fields measuring over one tesla to change the solar radius by a few parts per million. Observable radius changes need to be ten times larger. The surface temperature, however, shows a variation of about half a degree, which may be measurable.

STELLAR ROTATION AND MAGNETIC ACTIVITY

The solar convection zone rotates differentially, i.e. the rotation period is shortest at the equator and longest at the poles. This pattern can be explained by the influence of the Coriolis force, which plays an essential role in the generation of magnetic fields. As such, the question of their rotational behaviour is of major importance to the study of the magnetic activity of stars. The differential rotation of stars can be measured by observing brightness fluctuations caused by spots on the star's surface.

While theoretical models have until recently predicted a solar-type differential rotation, in certain cases an opposite ("antisolar") pattern has been found in numerical simulations. Simulations of angular momentum transport in rotating convection have shown that convective angular momentum transport for slowly rotating stars actually reverses its direction, resulting in an accelerated rotation of the polar caps.

TRACING PLANET FORMATION

Protoplanetary disks accrete via magnetic stresses. When the effect of ambipolar diffusion is included, the planet-forming inner region develops a magnetocentrifugal disk wind. The world's first global MHD simulations of this were performed using the AIP-developed NIRVANA code. Extended with radiative transfer and thermochemistry, the comprehensive framework is aimed at defining the standard in the field.

Protoplanetary disks are of key interest to planet formation theory. Their dynamical, radiative, and thermal properties critically define the environment for embedded solids. The disks' dynamics and structure in turn depend on the influence of magnetic fields. In an effort funded by the European Research Council (ERC), state-of-the-art simulations were combined with comprehensive post-processing to produce synthetic observations in the ALMA bands. The goal is to witness planet formation "in flagranti".

INTERSTELLAR CHEMISTRY AND PRE-STELLAR CORE FORMATION

Supernova explosions produce strong shock waves that propagate in the interstellar medium at high speed. If such a shock wave hits a molecular cloud, pre-stellar gas cores can be formed by compression. Realistic simulations of this interaction require the use of highly complex computer models which, in addition to magnetohydrodynamics on widely varying spatial scales, must also take into account chemo-thermal processes in the interstellar gas-dust mixture. To enable such a model, the NIRVANA code was expanded to include ionisation- and molecular chemistry. The temporal evolution of the chemical composition is of fundamental importance, since it regulates the strength of the associated cooling processes in the gas, influencing the dynamics. Simulations are used to investigate how the level of detail in the modelling



Manfred Küker, Detlef Elstner, Senthamizh Pava Valliappan, Yori Fournier, Rainer Arlt, Udo Ziegler, Oliver Gressel

of important chemo-thermal processes affects the formation of gas cores, and under which conditions such star precursors are formed in the first place.

AUSGEWÄHLTE PUBLIKATIONEN

SELECTED PUBLICATIONS

Fournier, Y., Arlt, R., Elstner, D. (2018): **Delayed Babcock-Leighton dynamos in the diffusion-dominated regime**, *Astronomy & Astrophysics* 620, A135

Hubrig, S., Küker, M., Järvinen, S. P., Kholtygin, A. F., Schöller, M., Ryspaeva, E. B., Sokoloff, D. D. (2019): **A short and sudden increase of the magnetic field strength and the accompanying spectral variability in the O9.7 V star HD 54879**, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 484, 4495

Inceoglu, F., Simoniello, R., Arlt, R., Rempel, M. (2019): **Constraining non-linear dynamo models using quasi-biennial oscillations from sunspot area data**, *Astronomy & Astrophysics* 625, A117

Krapp, L., Benítez-Llambay, P., Gressel, O., Pessah, M. E. (2019): **Streaming Instability for Particle-size Distributions**, *The Astrophysical Journal Letters* 878, L30

Krapp, L., Gressel, O., Benítez-Llambay, P., Downes, T. P., Mohandas, G., Pessah, M. E. (2018): **Dust Segregation in Hall-dominated Turbulent Protoplanetary Disks**, *The Astrophysical Journal* 865, 105

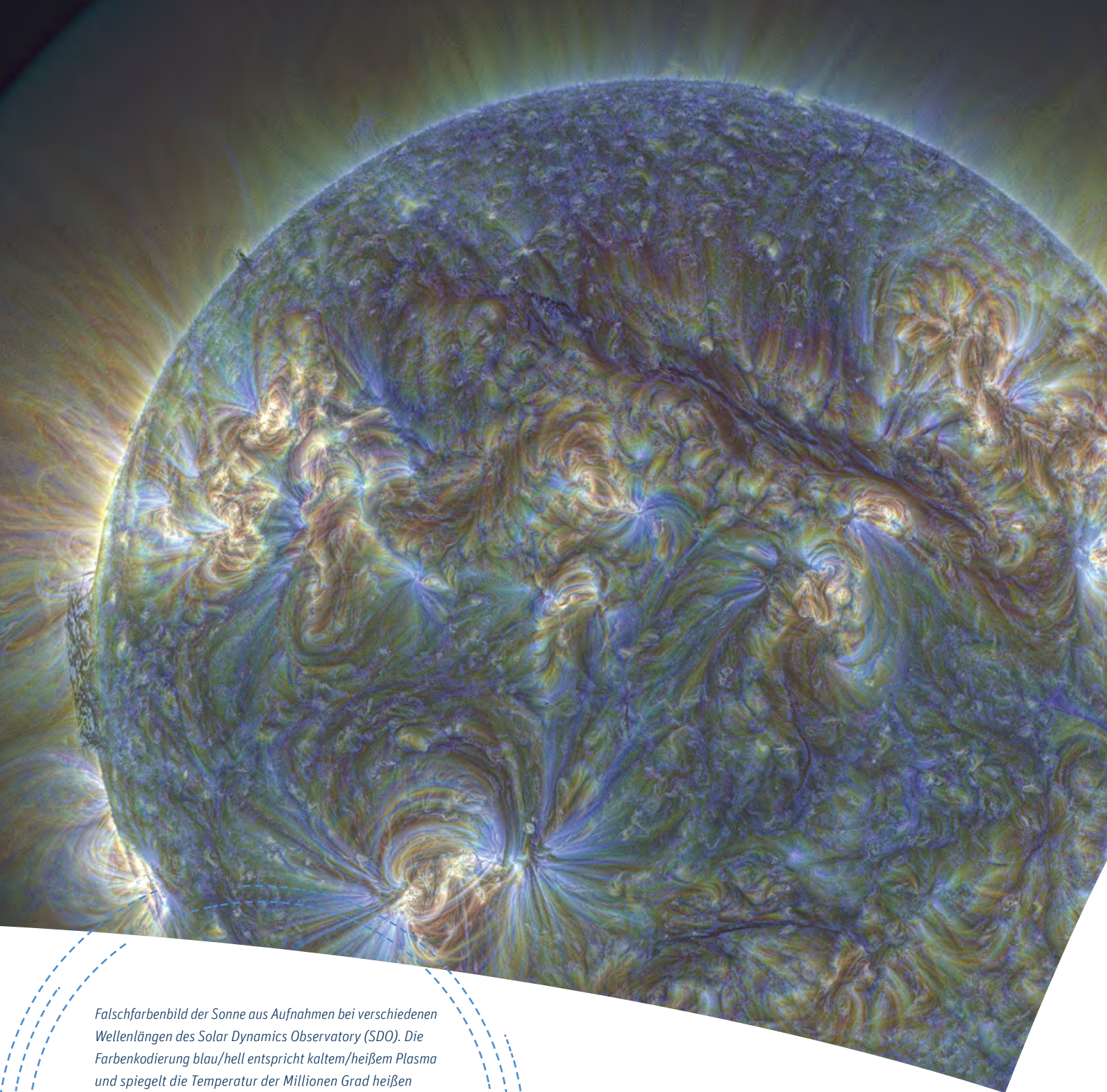
Küker, M., Rüdiger, G., Olah, K., Strassmeier, K. G. (2019): **Cycle period, differential rotation, and meridional flow for early M dwarf stars**, *Astronomy & Astrophysics* 622, A40

Pava Valliappan, S., Arlt, R., Karoff, C., Sønderskov Jørgensen, C. (2018): **The butterfly diagram and tilt angles obtained from the Horrebow sunspot observations**, *Catalyzing Solar Connections*, 2018 SDO Science Workshop held October 29 – November 2, 2018 in Ghent, Belgium

Rüdiger, G., Küker, M., Käpylä, P. J., Strassmeier, K. G. (2019): **Antisolar differential rotation of slowly rotating cool stars**, *Astronomy & Astrophysics* 630, A109

Spada, F., Arlt, R., Küker, M., Sofia, S. (2018): **Solar radius and luminosity variations induced by the internal dynamo magnetic fields**, *Astronomische Nachrichten* 339, 545

Ziegler, U. (2018): **A chemistry and cooling module for the NIRVANA code**, *Astronomy & Astrophysics* 620, A81



Falschfarbenbild der Sonne aus Aufnahmen bei verschiedenen Wellenlängen des Solar Dynamics Observatory (SDO). Die Farbkodierung blau/hell entspricht kaltem/heißen Plasma und spiegelt die Temperatur der Millionen Grad heißen Korona wider. Ein riesiges längliches Filament (dunkelblau) erstreckt sich unterhalb des Nordpols über mehr als 600.000 km auf der Sonnenoberfläche. Composite image observed with the Solar Dynamics Observatory (SDO). The colours blue/bright correspond to cool/hot plasma and reflect the temperature of the million-degree corona. A long, giant filament (dark blue) below the Sun's north pole covers more than 600,000 km on the solar surface. (Credits: AIP/ A. Diercke)

SONNENPHYSIK

SOLAR PHYSICS

Die Sonne ist ein aktiver und dynamischer Stern, bei dem starke Magnetfelder mit Plasma in diversen Umgebungen wechselwirken, die einen breiten Temperatur- und Dichtebereich aufweisen. Die Forschung am AIP konzentriert sich auf kleinräumige Magnetfelder, Poren, Sonnenflecken, aktive Regionen, Filamente, Strahlungsausbrüche sowie verwandte explosive oder eruptive Phänomene.

GREGOR: DIE SONNE IM BLICK

Die Nähe der Sonne zur Erde macht sie zum einzigen Stern, dessen Oberfläche und Atmosphäre mit hoher räumlicher, zeitlicher und spektraler Auflösung sowie mit Präzisionspolarimetrie beobachtet werden kann. Das 1,5-Meter-Teleskop GREGOR, Teil des Observatorio del Teide in Teneriffa, ist Europas größtes Sonnenteleskop und eine erstklassige Einrichtung für hochauflösende Sonnenphysik. Das GREGOR Fabry-Pérot-Interferometer (GFPI) und der High-resolution Fast Imager (HiFI) sind die wichtigsten Beiträge des AIP zum GREGOR-Projekt. Die umfangreiche Softwareentwicklung und die enge Zusammenarbeit mit dem Bereich E-Science und Supercomputing des AIP bieten etwa 100 registrierten Benutzerinnen und Benutzern Zugang zu Hunderten von Terrabytes an GREGOR-Daten innerhalb einer kollaborativen Forschungsinfrastruktur. Das einzigartige Lichtverteilungssystem von GREGOR ermöglicht gleichzeitige Beobachtungen mit GFPI, HiFI und dem GREGOR-Infrarotspektrographen, den das Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) betreibt. So können Multi-Wellenlängen-Daten über den gesamten optischen Bereich des Sonnenspektrums gesammelt werden. Eingebettet in EU-Infrastrukturprojekte wie PRE-EST, SOLARNET und ESCAPE, bereitet die Forschung, die sich auf hochauflösende GREGOR-Beobachtungen konzentriert, auch Sonnenteleskope der nächsten Generation, wie das Europäische Sonnenteleskop (EST) und das Daniel K. Inouye-Sonnenteleskop, vor.

Das ebenfalls auf Teneriffa befindliche Vakuumturmteleskop ist mit einem leistungsstarken Echelle-Spektrographen ausgestattet. Die geschickte Nutzung der vorhandenen Kameras ermöglicht schnelle Scans großer Bildfelder innerhalb von einer Minute. Die dank dieser Technik und mittels adaptiver Optik korrigierten Beobachtungen am und über dem Sonnenrand ergänzen die Beobachtungen mit den Weltraumteleskopen Solar Dynamics Observatory, Parker Solar Probe und Solar Orbiter ideal.

TEAM 2018/19

Kurt Arlt, Horst Balthasar, Malte Broese, Carsten Denker (head), Andrea Diercke, Ekaterina Dineva, Axel Hofmann, Robert Kamlah, Ioannis Kontogiannis, Christoph Kuckein, Doris Lehmann, Gottfried Mann, Hakan Önel, Partha Pal, Jürgen Rendtel, Frederic Schuller, Senthamizh Pavaí Valliappan, Meetu Verma, Christian Vocks, Alexander Warmuth

DIE SOLAR-ORBITER-MISSION

Solar Orbiter ist die wichtigste Weltraummission der Sonnenphysik im nächsten Jahrzehnt. Unter den großen wissenschaftlichen Fragen der Mission sind zwei besonders relevant: (1) Welche Rolle spielen explosive und eruptive Ereignisse für die heliosphärische Variabilität? (2) Wie erzeugen Sonneneruptionen energiereiche Teilchenstrahlung, die die Heliosphäre ausfüllt? Das AIP hat wesentliche Hardwarekomponenten zum Röntgenteleskop STIX beigesteuert: Entwicklung und Herstellung von Teilen des Imagers und des STIX Aspect Systems (SAS) erfolgten unter Beteiligung des Instituts. STIX wird die Intensität, das Spektrum, den Zeitpunkt und den Ort thermischer und beschleunigter Elektronen in Sonnennähe durch ihre Bremsstrahlungs-Röntgenemission bestimmen. Darüber hinaus hat das Institut Hardware-Beiträge zum Energetic Particle Detector (EPD) geleistet, der aus vier Einheiten besteht, die umfassende in-situ Messungen von energetischen Teilchen der Sonne ermöglichen. Die nächsten Schritte sind der Betrieb des STIX Aspect Systems sowie die operative Unterstützung von STIX während der Inbetriebnahme und auf dem Weg zur Sonne, gefolgt von der Datenauswertung während der wissenschaftlichen Phase. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Solar Orbiter die Sonnenphysik in den kommenden Jahren prägen wird.

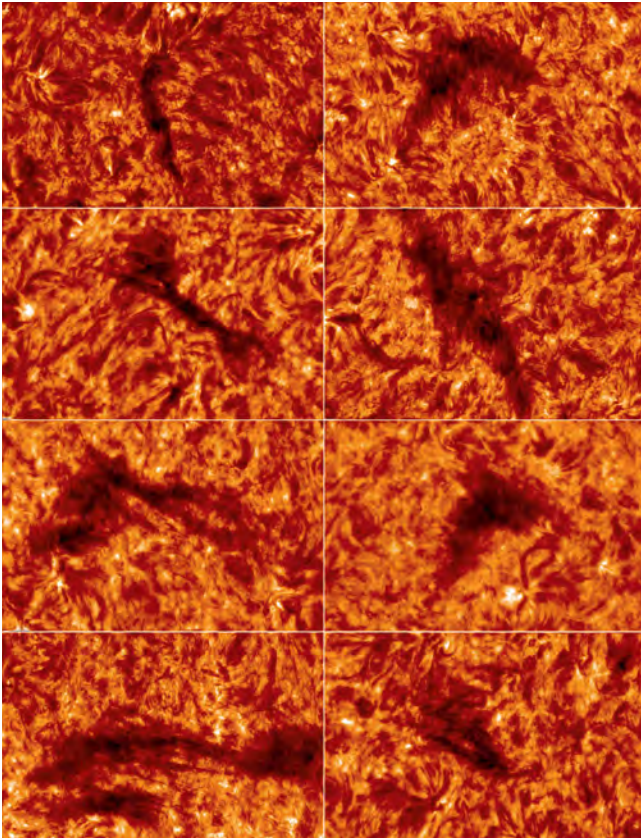
LOFAR: DIE SONNE UNTER DOPPELTER BEOBACHTUNG

Das Radioteleskop Low Frequency Array (LOFAR) ist ein dynamischer spektroskopischer Radio-Imager der Sonne. Einer der wissenschaftlichen Höhepunkte waren die gleichzeitig mit der Weltraumsonde Parker Solar Probe durchgeführten Beobachtungen der Sonne. Weitere koordinierte Beobachtungen sind für die Zukunft geplant. Die wissenschaftlichen Ziele betreffen die Analyse der Beschleunigung und Ausbreitung energetischer Elektronen in Korona und Heliosphäre durch Nutzung von Synergien. Beispiele sind die Überprüfung von Modellen beschleunigter Elektronen in Flares mit STIX, die Verfolgung von Elektronen im interplanetaren Raum mit LOFAR, die Charakterisierung von Elektronen in-situ mit EPD, sowie die Untersuchung der Wechselwirkung energetischer Elektronen mit der unteren Sonnenatmosphäre anhand von Fernerkundungsinstrumenten auf Solar Orbiter sowie bodengebundenen Teleskopen.

The Sun is an active and dynamic star where strong magnetic fields interact with plasma in diverse environments governed by a broad range of temperatures and densities. Research at AIP focuses on small-scale magnetic fields, pores, sunspots, active regions, filaments, flares, and related explosive or eruptive phenomena.

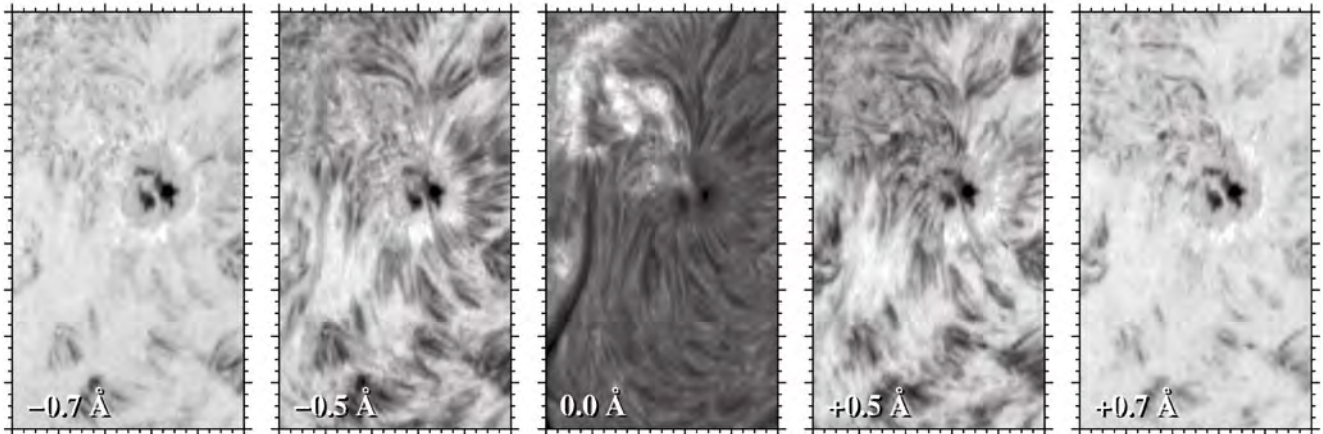
GREGOR: WATCHING THE SUN

The Sun's proximity to Earth makes it the only star whose surface and atmosphere can be observed with high spatial, temporal, and spectral resolution, as well as with precision polarimetry. The 1.5-metre GREGOR telescope, part of the Observatorio del Teide in Tenerife, is Europe's largest solar telescope and a premier facility for high-resolution solar physics. The GREGOR Fabry-Pérot Interferometer (GFPI) and the High-resolution Fast Imager (HiFI)



Details von Filamenten in der Nähe der Polkappen der Sonne, beobachtet mit dem Vakuumturmteleskop. Ein Abbildungssystem mit zwei Hochgeschwindigkeitskameras (100 Bilder pro Sekunde) ermöglicht nachträgliche Bildrekonstruktionen, um kleinste Details zu verdeutlichen. Details of polar crown filaments observed with the Vacuum Tower Telescope. An imaging system with two high-speed cameras (100 images per second) facilitates image restoration after the fact, enabling the study of minute details. (Credits: AIP/A. Diercke)

Komplexer Sonnenfleck mit Filamenten, beobachtet mit dem Echelle-Spektrographen am Vakuumturmteleskop an fünf Wellenlängenpunkten entlang der H α Spektrallinie. Aufnahmen im Linienkern (Mitte) und Linienflügel zeigen unterschiedliche Schichten in der Sonnenatmosphäre. Complex sunspot with filaments observed using the echelle spectrograph at the Vacuum Tower Telescope at five wavelength points along the H α spectral line. Images at the line's core (centre) and at the line's wings show different layers of the solar atmosphere. (Credits: AIP/C. Denker & Meetu Verma)



are AIP's major contributions to the GREGOR project. Extensive software development and close collaborations with the E-Science and Supercomputing section at AIP offer around 100 registered users access to hundreds of terabytes of curated GREGOR data within a collaborative research environment. The unique light distribution system of GREGOR facilitates simultaneous observations with GFPI, HiFI, and the GREGOR infrared spectrograph, operated by the Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC). Thus, multi-wavelength data can be gathered across the entire optical range of the solar spectrum. Embedded in EU infrastructure projects such as PRE-EST, SOLARNET, and ESCAPE, the research centred

on high-resolution GREGOR observations also contributes to next-generation solar telescopes such as the European Solar Telescope (EST) and the Daniel K. Inouye Solar Telescope.

The Vacuum Tower Telescope, also situated on Tenerife, is equipped with a powerful echelle spectrograph. A resourceful use of existing facility cameras has enabled fast spectral scans that cover a large field-of-view at a one-minute cadence. This in turn made adaptive, optics-corrected, off-limb observations possible. Such data are ideal for complementing observations from space with the Solar Dynamics Observatory, Parker Solar Probe, and Solar Orbiter.

SOLAR ORBITER MISSION

Solar Orbiter is going to be the most important space mission for the solar physics community in the next decade. Of the major science questions that the mission will address, two are particularly relevant: (1) How do solar transients drive heliospheric variability? (2) How do solar eruptions produce energetic particle radiation that fills the heliosphere? AIP contributed major hardware components to the X-ray telescope STIX. The institute was involved in the design and manufacturing of parts of the imager and of the STIX Aspect System (SAS). STIX will determine the intensity, spectrum, timing, and location of thermal and accelerated electrons near the Sun through their bremsstrahlung X-ray emission. Furthermore, the institute made hardware contributions to the Energetic Particle Detector (EPD), which consists of four units that provide comprehensive in-situ measurements of solar energetic particles. Operation of the STIX Aspect System and operational support for STIX during its commissioning, cruise, and science phases are the next steps, followed by data evaluation during the science phase. In summary, Solar Orbiter will be a major asset for the Solar Physics section during the next decade.

LOFAR: SUN UNDER DOUBLE OBSERVATION

The radio telescope Low Frequency Array (LOFAR) is a dynamic spectroscopic radio imager of the Sun. Scientific highlights included simultaneous observations with NASA's Parker Solar Probe. More observations are planned for the future. The scientific aims concern analysis of the acceleration and propagation of energetic electrons in the corona and heliosphere by exploiting synergies. This is achieved by constraining accelerated electrons



Andrea Diercke, Jürgen Rendtel, Alexander Warmuth, Horst Balthasar, Ioannis Kontogiannis, Robert Kamlah, Yihong Shirley Wu, Gottfried Mann, Malte Bröse, Christoph Kuckein, Frederic Schuller, Ekaterina Dineva, Christian Vocks, Carsten Denker, Senthamizh Pavai Valliappan, Doris Lehmann, Partha S. Pal, Meetu Verma

in flares with STIX, tracking electron beams in interplanetary space with LOFAR, constraining escaping electron characteristics in-situ with EPD, and investigating the interaction of energetic electrons with the lower solar atmosphere with remote sensing instruments on Solar Orbiter and on ground-based telescopes.

AUSGEWÄHLTE PUBLIKATIONEN

SELECTED PUBLICATIONS

Cauley, P. W., Kuckein, C., Redfield, S., Shkolnik, E. L., Denker, C., Llama, J., Verma, M. (2018): **The effects of stellar activity on optical high-resolution exoplanet transmission spectra**, *The Astronomical Journal* 156, 189

Denker, C. et al. (2018): **High-cadence imaging and imaging spectroscopy at the GREGOR solar telescope – A collaborative research environment for high-resolution solar physics**, *The Astrophysical Journal Supplement Series* 236, 5

González Manrique, S. J. et al. (2018): **Temporal evolution of arch filaments as seen in He I 10830 Å**, *Astronomy & Astrophysics* 617, A55

Kouloumvakos, A., Rouillard, A. P., Wu, Y., Vainio, R., Vourlidis, A., Plotnikov, I., Afanasiev, A., Önel, H. (2019): **Connecting the properties of coronal shock waves with those of solar energetic particles**, *The Astrophysical Journal* 876, 80

Mann, G. et al. (2018): **Tracking of an electron beam through the solar corona with LOFAR**, *Astronomy & Astrophysics* 611, A57


Morosan, D. E. et al. (2019): **Multiple regions of shock-accelerated particles during a solar coronal mass ejection**, *Nature Astronomy* 3, 452

Tziotziou, K., Tsiropoula, G., Kontogiannis, I. (2019): **A persistent quiet-Sun small-scale tornado. II. Oscillations**, *Astronomy & Astrophysics* 623, A160

Verma, M. (2018): **The origin of two X-class flares in active region NOAA 12673. Shear flows and head-on collision of new and preexisting flux**, *Astronomy & Astrophysics* 612, A101

Vocks, C. et al. (2018): **LOFAR observations of the quiet solar corona**, *Astronomy & Astrophysics* 614, A54

Zucca, P. et al. (2018): **Shock location and CME 3D reconstruction of a solar type II radio burst with LOFAR**, *Astronomy & Astrophysics* 615, A89

An artist's impression of a hot Jupiter planet, HD 189733b, and its host star. The star is a large, bright orange-red sphere on the left, with a turbulent, fiery surface. The planet is a smaller, blue sphere on the right, with a thin atmosphere. The background is a dark, starry space. A dashed blue circle highlights the text on the left.

*Mit hochaufgelösten Spektren gelang erstmalig der Nachweis des Elements Kalium in der Atmosphäre des heißen Jupiter-ähnlichen Planeten HD 189733b (künstlerische Darstellung).
The element potassium was detected in the atmosphere of the hot Jupiter HD 189733b for the first time using high-resolution spectroscopic observations (artist's impression).
(Credits: AIP/K. Riebe)*

STERNPHYSIK UND EXOPLANETEN

STELLAR PHYSICS AND EXOPLANETS

Exoplaneten und ihre Zentralsterne müssen zusammen betrachtet werden, um ihre Eigenschaften korrekt verstehen zu können. Exoplaneten, insbesondere solche in engen Umlaufbahnen, wechselwirken mit ihrem Zentralgestirn durch Gezeitenkräfte und Magnetfelder. Energiereiche Photonen ihrer Sonnen heizen die Atmosphären von Exoplaneten auf und können diese so während der Lebenszeit des Planeten stark verändern. Dieses Zusammenspiel von Sternen und Exoplaneten untersucht das AIP durch eine Kombination von Beobachtungen und Simulationen.

STERN-PLANETEN-INTERAKTION: VERDAMPFUNG VON ATMOSPHÄREN

Exoplaneten um junge Sterne werden so stark vom hochenergetischen Licht der Sterne bestrahlt, dass große Teile ihrer Atmosphäre aufgeheizt und verkocht werden können. Um zu verstehen, wie groß ein typischer Atmosphärenverlust sein kann, muss die magnetische Aktivität des Sterns genau betrachtet werden. Für das junge Planetensystem V1298 Tau, das vier bekannte Planeten um einen vergleichsweise sehr jungen Stern mit einem Alter von etwa 25 Millionen Jahren besitzt, wurde die derzeitige magnetische Aktivität mit Röntgenbeobachtungen gemessen. Mehrere der Planeten könnten ihre komplette Atmosphäre verlieren, bis das System das Alter des Sonnensystems erreicht hat.

EXOPLANETEN-ATMOSPHÄREN AN DER TAG-NACHT-GRENZE

Mit Hilfe von Transmissionsspektroskopie können die Atmosphären von Exoplaneten an der Grenze ihrer Tag- und Nachtseite untersucht werden. Licht unterschiedlicher Wellenlängen ist dabei sensitiv auf das Vorhandensein unterschiedlicher Elemente in der Planetenatmosphäre. Mit dieser Technik konnten Forscherinnen und Forscher am AIP erstmals eine spektral hochaufgelöste Signatur des Elements Kalium in der Atmosphäre eines heißen Jupiters nachweisen. Dazu wurde der am AIP entwickelte Spektrograph PEPSI eingesetzt. Die Ergebnisse weisen den Weg zu neuen Studien der Ionisationsprozesse in solchen Planetenatmosphären.

TEAM 2018/19

Hemayil Adogozalzade, Xanthippi Alexoudi, Julián Alvarado-Gómez, Sydney Barnes, Thorsten Carroll, Elizabeth Cole-Kodikara, Grace Foster, Dario Fritzewski, Helen Giles, David Gruner, Gohar Harutyunyan, Marzieh Hosseini, Nikoleta Ilic, Ekaterina Ilin, Silva Järvinen, Engin Keles, Laura Ketzer, Adriane Liermann, Matthias Mallonn, Alessandro Mott, Katja Poppenhäger (head), Sarah Jane Schmidt, Manuel Flores Soriano, Matthias Steffen, Klaus Strassmeier

TAGSEITEN VON EXOPLANETEN: DIE SUCHE NACH WOLKEN

Heiße Jupiter besitzen vermutlich reflektierende Wolken, da ihre gemessene Oberflächentemperatur niedriger ist, als für den wolkenlosen Fall erwartet. Für ultraheiße Jupiter wurde aber bislang trotz Suche in mehreren Wellenlängenbereichen keine Reflektion gemessen. Bei der Beobachtung solcher Planeten messen Astronominen und Astronomen den winzigen Helligkeitsverlust, wenn der Planet kurzzeitig hinter seinem Zentralstern verschwindet, auch als Sekundärtransit bezeichnet. Es erfolgten erstmals die Untersuchungen von Sekundärtransits mehrerer ultraheißer Jupiter im Nahinfraroten mit dem AIP-Teleskop STELLA, wobei sich eine sehr geringe Reflektion zeigte. Damit kann ein weiterer Wellenlängenbereich ausgeschlossen werden und die Jagd nach den Wolken geht weiter.

MAGNETISCHE AUSBRÜCHE VON STERNEN

Der Magnetismus von Sternen schwächt ab, wenn sie altern. Damit sollten auch alle magnetisch verursachten Phänomene, wie magnetische Ausbrüche in der Sternatmosphäre – sogenannte Flares – mit dem Sternalter abnehmen. Die genaue Verbindung von Flares und Sternalter wurde mit Daten des Weltraumteleskops Kepler untersucht. Ein eigens dazu entwickelter Computeralgorithmus wurde genutzt, um alle Flares in drei jungen Sternhaufen zu vermessen. Tausende solcher Flares zeigen, dass die durchschnittliche Intensität von Flares mit dem Sternalter abnimmt, und zwar um so schneller, je massereicher der Stern ist.

ENTWICKLUNG VON JUNGEN STERNEN

Die Entwicklung von jungen zu alten Sternen zu untersuchen ist wichtig für das Verständnis aller magnetischen Phänomene von kühlen Sternen. Der junge Sternhaufen NGC 3532 enthält mehr als 2000 Sterne und ist daher besonders gut für statistische Studien der Sternentwicklung geeignet. Besonders im Bereich der Farben und Helligkeiten von Sternen mit geringer Masse sind theoretische Modelle noch nicht im Einklang mit beobachteten Werten, so dass hier in Zukunft fundamentale neue Einsichten erlangt werden können.

STERNENFLECKEN IM VISIER

Dass Sterne Flecken haben können wie die Sonne, ist seit langer Zeit bekannt. Doch wie solche Sternenflecken aussehen und welche Struktur sie aufweisen, ließ sich bisher nicht erfolgreich beobachten. Nun wurde erstmals mit dem Spektrographen PEPSI die Oberflächenstruktur eines Flecks auf dem kühlen Riesenstern EK Draconis rekonstruiert. Dabei zeigte sich, dass dieser Fleck, ähnlich wie auf der viel kleineren Sonne, einen dunklen Kern, eine Umbra und einen weniger dunklen Rand, eine Penumbra, besitzt. Ohne die extrem hohe spektrale Auflösung von PEPSI wäre so eine Messung nicht möglich gewesen.

MAGNETISMUS VON ALTERNDEN SONNEN

Wie verändert sich die magnetische Aktivität von Sternen wie der Sonne, wenn sie altern? Diese Frage war bisher schwierig zu beantworten, da Sternhaufen mit einem Alter größer als dem der Sonne nur in großer Entfernung zu finden sind. Doch mit Hilfe von Techniken wie Asteroseismologie kann das Alter von einzelnen



Der junge Sternhaufen NGC 3532 besteht aus über 2000 Sternen. Heiße Sterne sind in blau zu sehen. Mehrere Sterne mit hoher Masse haben sich bereits zu kühlen Riesensternen, zu sehen in rot, entwickelt. Dieser Sternhaufen ist durch seine hohe Anzahl von Sternen besonders gut geeignet, um die Entwicklung von jungen Sternen zu untersuchen. The young open cluster NCG 3532 consists of more than 2,000 stars. Hot stars are seen in blue, and several high-mass stars have already evolved into cool giant stars, visible in red. The cluster's large number of member stars make it particularly well-suited to studying the evolution of young stars. (Credit: ESO)

Sternen in der solaren Nachbarschaft bestimmt werden. Wie sich die äußeren, magnetisch geheizten Schichten Chromosphäre und Korona solcher alten Sterne verhalten, wurde mit Beobachtungen im UV- und Röntgenbereich untersucht. Dabei stellte sich heraus, dass die magnetische Aktivität bei älteren Sternen als der Sonne noch stärker abnimmt, als bisher erwartet. Dies kann vorteilhaft für das Überleben von Exoplaneten-Atmosphären über lange Zeitskalen sein.

SIMULATIONEN DER SONNENGRANULATION

Kühle Sterne wie die Sonne haben Oberflächen, auf denen aufsteigendes heißes Plasma helle Stellen erzeugt und das absinkende kühlere Plasma umgebende dunklere Linien verursacht. Dieses Phänomen nennt man Granulation. Mit dem Strahlungs-Hydrodynamik-Code CO5BOLD können Astronominen und Astronomen realistische Simulationen der äußeren Atmosphärenschichten von Sternen berechnen. Wie wichtig die Mikrophysik für das genaue Aussehen der Granulationsmuster auf der Sonne ist, wurde durch Simulationen mit veränderten physikalischen Eigenschaften für Wasserstoff überprüft. Wird „Gott gespielt“ und die Ionisationsrate von Wasserstoff oder die Durchsichtigkeit von negativen Wasserstoffionen leicht geändert, ergeben sich Granulationsmuster, die nicht mehr mit den Beobachtungen vereinbar sind.

ZEEMAN-DOPPLER-IMAGING VON STERNEN

Die Oberflächen von Sternen und die durch ihre Oberflächen hindurchstoßenden Magnetfelder können durch die Techniken des Doppler-Imaging und des Zeeman-Doppler-Imaging untersucht werden. Mehrere Sterne wurden auf diese Weise unter die Lupe genommen, einer davon der Unterriesen-Stern II Pegasi. Bei diesem Stern zeigte sich, dass sich Bereiche mit starkem Magnetfeld sowohl über dunklen als auch über hellen Flecken auf der Sternoberfläche befinden. Solche Beobachtungen erfordern die hohe spektrale Auflösung des PEPSI-Spektrographen im Polarisationsmodus.

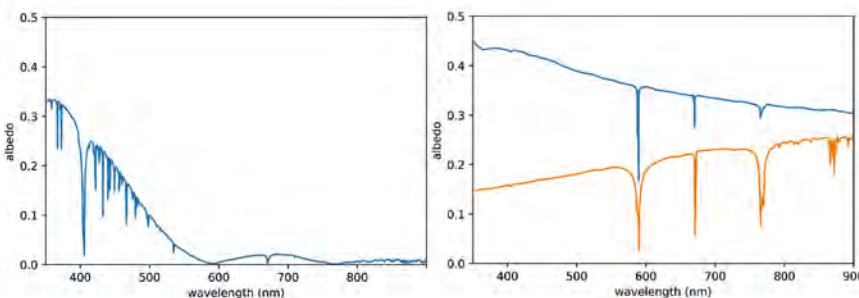
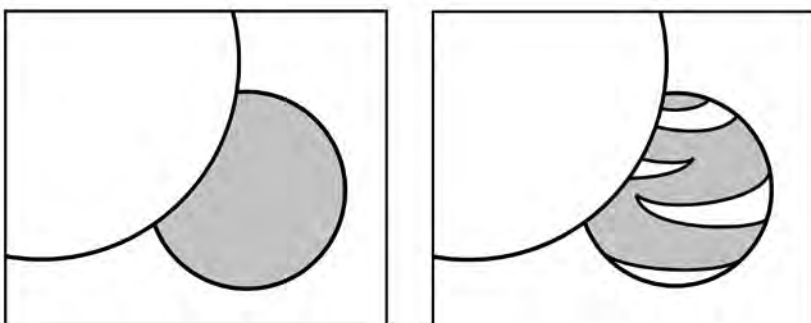
Exoplanets and their host stars have to be studied together to understand their properties and evolution correctly. Exoplanets, especially those in close orbits around their central stars, interact with them through tidal and magnetic forces. The atmospheres of planets are heated by high-energy photons from the host stars and can change dramatically over the lifetime of the planet. This interplay of stars and exoplanets is studied through a combination of observations and simulations at AIP.

STAR-PLANET INTERACTION: EVAPORATION OF ATMOSPHERES

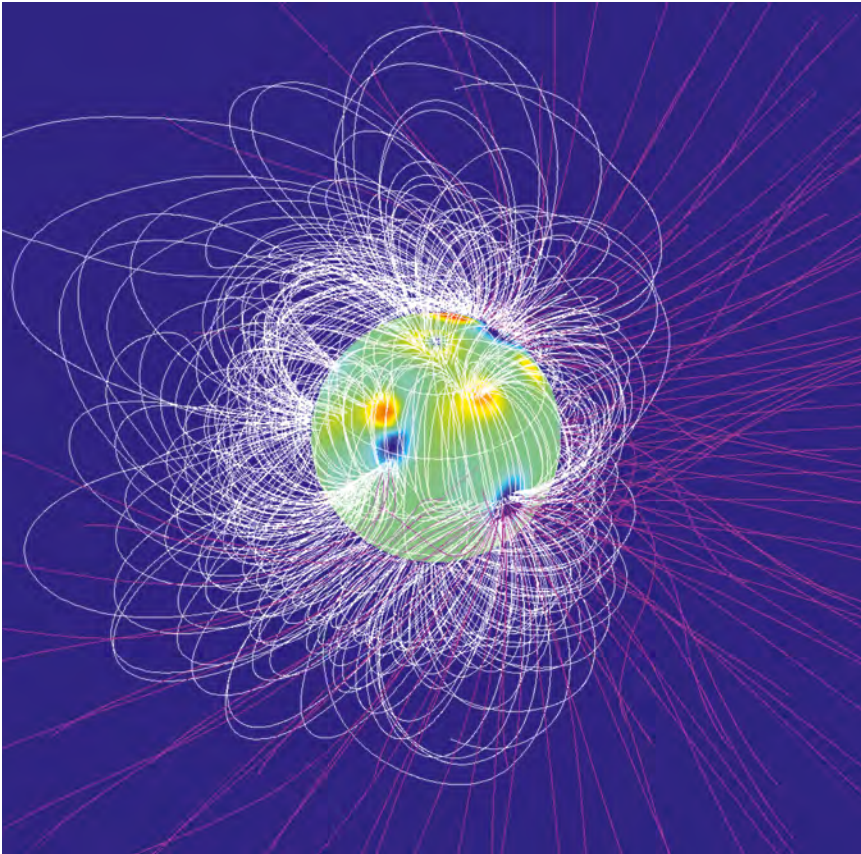
Exoplanets around young stars are so strongly irradiated by highly energetic photons from their host stars that large parts of their atmospheres heat up and evaporate over time. Understanding the scale of this loss of atmosphere requires detailed study of the magnetic activity of host stars. For the young exoplanet system V1298 Tau, which hosts four known planets orbiting a relatively young star with an age of about 25 million years, the stellar magnetic activity was measured using X-ray observations. Several of the planets could lose their entire atmosphere by the time this system has reached the age of the Sun.

EXOPLANET ATMOSPHERES AT THE DAY-NIGHT TERMINATOR

The atmospheres of exoplanets, specifically the part of the atmosphere located at the boundary between day and night, can be studied using transmission spectroscopy. Light of different wavelengths is sensitive to the presence of different chemical elements in the planet’s atmosphere. Astronomers at AIP detected the presence of potassium in the atmosphere of a hot Jupiter using high-resolution spectroscopy. The data was collected with the AIP-developed spectrograph PEPSI. The results clear the way towards investigating ionisation processes in the atmospheres of such planets.



Wolken auf Exoplaneten können untersucht werden, kurz bevor oder nachdem der Planet von seinem Stern verdeckt wird. Das Farbspektrum eines Planeten ohne Wolken (links) unterscheidet sich stark von dem eines Planeten mit Wolken (rechts). Sogar unterschiedliche Zusammensetzungen der Wolken können auf diese Weise untersucht werden (blaue und orange Linie, rechts). Clouds on exoplanets can be studied shortly before or after the planet moves behind its host star. The colour spectrum of a planet without clouds (left) is very different from a planet with clouds (right), and even different compositions of clouds can be tested for in this way (blue and orange line, right). (Credits: AIP/K. Poppenhäger, M. Mallon)



Die Magnetfeldstruktur des kühlen Unterriesen-Sterns II Pegasi wurde mittels der Technik des Zeeman-Doppler-Imaging enthüllt. Es stellte sich heraus, dass starke Magnetfelder sowohl bei hellen als auch dunklen Flecken auf der Sternoberfläche auftreten. The magnetic field structure of the cool subgiant star II Pegasi was revealed through the technique of Zeeman-Doppler Imaging. For this star, it was found that strong magnetic fields are located in areas of both dark and bright spots on the stellar surface. (Credits: AIP/T. Carrol)

DAYSIDES OF EXOPLANETS: THE SEARCH FOR CLOUDS

Hot Jupiters should possess reflecting clouds, because their measured surface temperatures are lower than expected if they were cloud-free. For ultra-hot Jupiters, no reflectivity of clouds has been measured so far, despite observations in different wavelength bands. Observationally, this requires a measurement of the tiny drop in brightness when the planet moves behind its star, also called a secondary transit. The AIP telescope STELLA has measured the reflectivity of ultra-hot Jupiters in the near-infrared for the first time, and very low reflectivity was found. Thus yet another wavelength range can be excluded as the main source of cloud reflection, and the hunt for clouds continues.

MAGNETIC EXPLOSIONS OF STARS

The magnetism of stars becomes weaker as they age. Accordingly, all phenomena caused by magnetism, such as magnetic explosions in the stellar atmosphere, also known as flares, should become weaker with increasing stellar age. The specific relationship between flares and stellar age was investigated with data from the space telescope Kepler. Flares in three young stellar clusters were detected and measured with a specifically developed computer algorithm. Thousands of the detected flares show that the average intensity of flares decreases with the stellar age, and that the decrease is stronger for stars with higher mass.

EVOLUTION OF YOUNG STARS

The evolution from young to old stars is an important tool in understanding the magnetic phenomena of cool stars over time. The young open cluster NGC 3532 was studied in detail. This cluster contains more than 2,000 stars and is therefore particularly well-suited to for statistical studies of stellar evolution. Observations of stellar colours and brightnesses for low-mass stars show that existing theories and observations do not fully agree, which paves the way for new, fundamental insights concerning the physics of these low-mass stars.

A CLOSE-UP VIEW OF STARSPOTS

Stars can have spots just like the Sun. However, what exactly starspots look like and what their structure is has so far not been successfully observed. Now, the surface structure of a cool spot on the cool giant star EK Draconis has been reconstructed from observations using the spectrograph PEPSI. It was shown that the spot is indeed similar to a sunspot: it has a dark core, the umbra, and a less dark ring, the penumbra, around it. These measurements could only be performed due to PEPSI's extremely high spectral resolution.

MAGNETISM OF OLD SUNS

What happens to the magnetic activity of stars like the Sun when they get older? This question could not be properly answered for a long time because star clusters with ages older than the Sun are located very far from Earth. However, techniques such as

asteroseismology allow astronomers to determine the ages of individual nearby stars. X-ray and UV observations were used to investigate the behaviour of the outer atmospheric layers, the corona and chromosphere, of these kinds of old, sun-like stars. Studies showed that the magnetic activity of very old solar analogues becomes weaker even more quickly than previously expected. This can be helpful for the survival of exoplanet atmospheres over long time scales.

SIMULATIONS OF SOLAR GRANULATION

Cool stars like the Sun are covered by a pattern of bright convection cells of hot, rising gas surrounded by dark lanes of cool, sinking material. The COSBOLD radiation hydrodynamics code enables realistic simulations of convective flows in the outer layers of stars. Simulations with altered physical properties of hydrogen demonstrate the importance of microphysics for the exact appearance of granulation patterns. If one “plays God” and slightly changes the ionisation of hydrogen or the opacity of negative hydrogen ions, the simulations become incompatible with observations.

ZEEMAN-DOPPLER IMAGING OF STARS

The surfaces of stars and the magnetic fields that pierce them can be visualised using the techniques of Doppler Imaging and Zeeman-Doppler Imaging. Several stars were scrutinised in this way, one of them being the subgiant star II Pegasi. Observation of this star revealed areas with a strong magnetic field in both



Katja Poppenhäger, Silva Järvinen, Dario Fritzewski, Ekaterina Ilin, Nikoleta Ilic, Xanthippi Alexoudi, Mary Grace Foster, Laura Ketzer, Matthias Mallonn, Sarah J. Schmidt, Julián Alvarado-Gómez, David Gruner, Sydney Barnes, Marzie Hosseini, Matthias Steffen, Alexandre Gillet, Hemayil Adogozalzade, Thorsten Carroll, Engin Keles, Klaus Strassmeier, Elizabeth Cole-Kodikara

bright and of dark spots on the stellar surface. Such investigations require the high resolution and polarimetric mode of the PEPSI spectrograph.

AUSGEWÄHLTE PUBLIKATIONEN

SELECTED PUBLICATIONS

Booth, R. S., Poppenhaeger, K., Watson, C. A., Silva Aguirre, V., Stello, D., Bruntt, H. (2019): **Chromospheric emission of solar-type stars with asteroseismic ages**, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 491, 455

Fritzewski, D. J., Barnes, S. A., James, D. J., Geller, A. M., Meibom, S., Strassmeier, K. G. (2019): **Spectroscopic membership for the populous 300 Myr-old open cluster NGC 3532**, Astronomy & Astrophysics 622, A110

Harutyunyan, G., Steffen, M., Mott, A., Caffau, E., Israelian, G., González Hernández, J. I., Strassmeier, K. G. (2018): **3D non-LTE corrections for Li abundance and $6\text{Li}/7\text{Li}$ isotopic ratio in solar-type stars**, Astronomy & Astrophysics 618, A16

Ilin, E., Schmidt, S. J., Davenport, J. R. A., Strassmeier, K. G. (2019): **Flares in open clusters with K2**, Astronomy & Astrophysics 622, A133

Järvinen, S. P., Hubrig, S., Scholz, R., Niemczura, E., Ilyin, I., Schöller, M. (2018): **A magnetic study of the δ Scuti variable HD 21190 and the close solar-type background star CPD -83°64B**, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 481, 5163

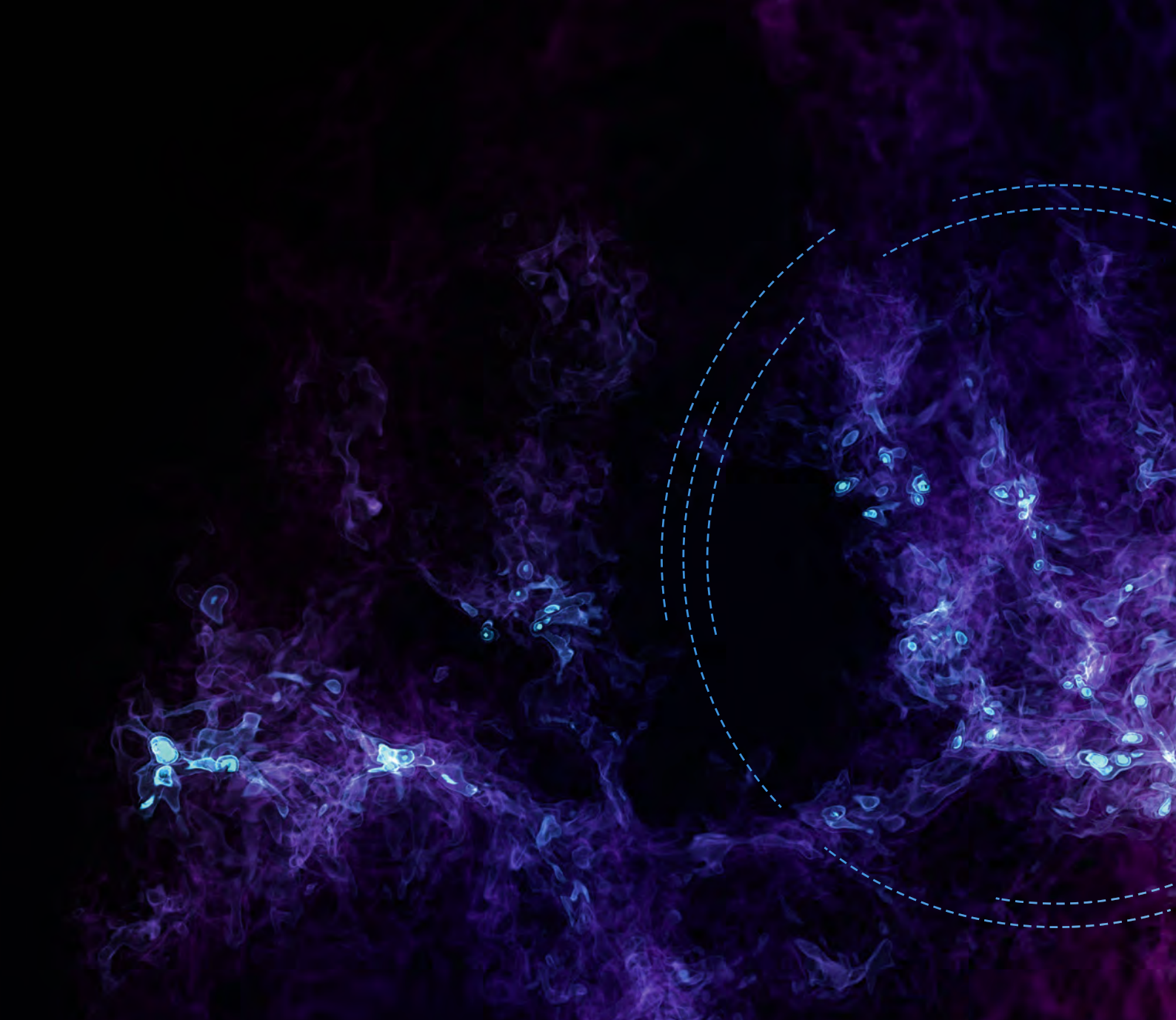
Järvinen, S. P., Strassmeier, K. G., Carroll, T. A., Ilyin, I., Weber, M. (2018): **Mapping EK Draconis with PEPSI**, Astronomy & Astrophysics 620, A162

Keles, E. et al. (2019): **The potassium absorption on HD189733b and HD209458b**, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society Letters 489, L37

Mallonn, M., Köhler, J., Alexoudi, X., von Essen, C., Granzer, T., Poppenhaeger, K., Strassmeier, K. G. (2019): **Low albedos of hot to ultra-hot Jupiters in the optical to near-infrared transition regime**, Astronomy & Astrophysics 624, A62

Poppenhaeger, K. (2019): **How stars and planets interact: A look through the high-energy window**, Astronomische Nachrichten 340, 329

Strassmeier, K. G., Carroll, T. A., Ilyin, I. V. (2019): **Warm and cool starspots with opposite polarities**, Astronomy & Astrophysics 625, A27



Dichtestruktur des interstellaren Mediums. Die dichten Molekülwolken, in denen Sterne entstehen (hellblau), sind über ein Netz von diffusen Filamenten aus atomarem Gas (violett) miteinander verbunden. Density structures of the interstellar medium. Dense molecular clouds, which are the birthplaces of stars (light blue), are connected via a network of diffuse atomic filaments (purple). (Credits: AIP/P. Girichidis)

Die Extragalaktische Astrophysik widmet sich Galaxien als grundlegenden kosmischen Bausteinen. Auf den größten Skalen dienen Galaxien als Marker, um die Verteilung der Materie im Universum zu untersuchen, wobei aktive Galaxien und Quasare aufgrund ihrer intrinsischen Helligkeit besonders wichtig sind. Nahe Objekte lassen sich räumlich auflösen und bestehen aus Populationen mit sehr unterschiedlichen Bewegungsmustern, Sternentstehungsgeschichten und chemischen Häufigkeiten. Die Methode der 3D- und Multiobjektspektroskopie ist für die Analyse dieser Objekte besonders relevant. Galaxien in unserer unmittelbaren kosmischen Nachbarschaft, insbesondere die

Milchstraße und ihr Satellitensystem, können in einzelne Sterne aufgelöst werden. Da Sternpopulationen die chemischen und kinematischen Bedingungen ab dem Zeitpunkt ihrer Geburt bewahren, kann die Entstehungsgeschichte dieser Galaxien in erstaunlicher Detailtiefe rekonstruiert werden. Galaxien stellen so kosmische Labore dar. Dieses Forschungsgebiet ist auch als „Galaktische Archäologie“ oder „Nahfeld-Kosmologie“ bekannt. Hochauflösende numerische Simulationen verbinden die verschiedenen Aspekte der extragalaktischen Forschung und bilden den zugrunde liegenden theoretischen Rahmen.

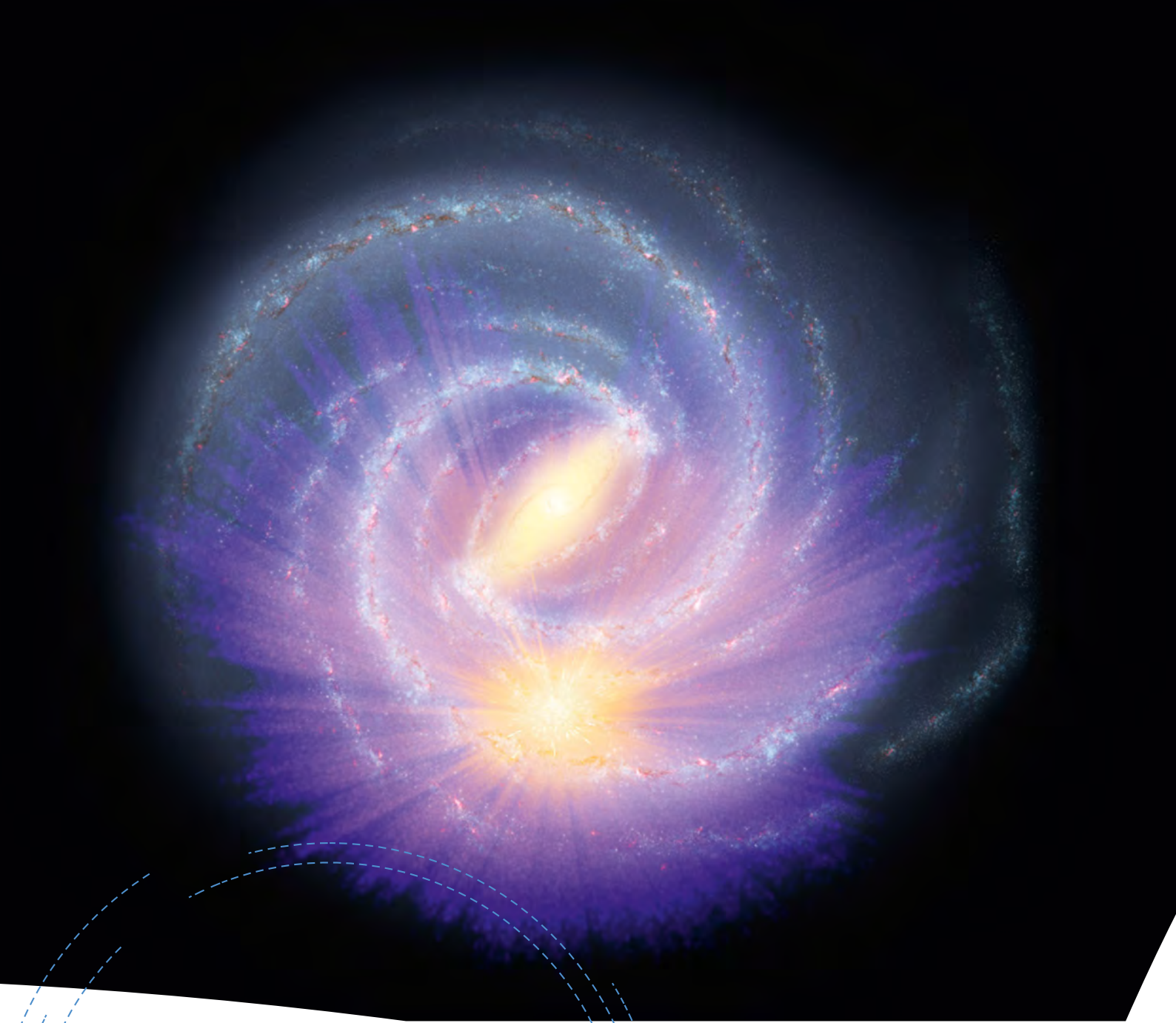


EXTRAGALAKTISCHE ASTROPHYSIK

EXTRAGALACTIC ASTROPHYSICS

The Extragalactic Astrophysics research section is devoted to galaxies as fundamental cosmic building blocks. On the largest scales, galaxies serve as markers for exploring the distribution of matter in the Universe, with active galaxies and quasars being particularly important on account of their intrinsic brightness. Nearby objects can be resolved spatially and consist of populations with very diverse kinematics, star formation histories and chemical abundance patterns. The method of 3D and multi-object spectroscopy is particularly relevant for analysing these objects. Galaxies in our immediate cosmic neighbourhood particularly the Milky Way and its satellite system, can be resolved into individual stars.

As stellar populations conserve the chemical and kinematic conditions from the time of their birth, the formation history of those galaxies can be reconstructed in astonishing detail and a galaxy becomes a cosmic laboratory. This field of research is also known as “galactic archaeology” or “near-field cosmology”. High-resolution numerical simulations link these different aspects of extragalactic research and provide the underlying theoretical framework.



Die Verteilung von 150 Millionen Milchstraßensternen, die mit dem StarHorse-Code anhand von Beobachtungen der Gaia-Weltraummission bestimmt wurde, projiziert auf eine künstlerische Darstellung der Milchstraße. Orange/gelbe Farbtöne markieren höhere Dichten. Die höchste Dichte kennzeichnet die Position der Sonne. The distribution of 150 million Milky Way stars, determined with the StarHorse code using observations from the Gaia space mission, superimposed on an artistic top view of the Milky Way. Orange/yellow hues signify higher densities. The highest density marks the position of the Sun. (Credits: Data: ESA/Gaia/DPAC, Arman Khalatyan (AIP) & StarHorse team, Galaxy map: NASA/JPL-Caltech/R. Hurt (SSC/Caltech))

MILCHSTRASSE UND DIE LOKALE UMGEBUNG

MILKY WAY AND THE LOCAL VOLUME

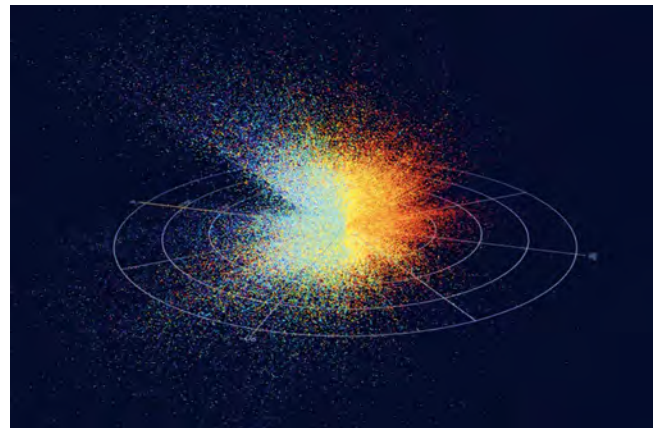
Unsere Milchstraße und ihre nächstgelegenen Nachbargalaxien sind nahe genug, um im Detail – d.h. Stern für Stern und in drei Dimensionen – erforscht zu werden. Die größten spektroskopischen, astrometrischen und asteroseismologischen Himmelsdurchmusterungen helfen dabei, die Struktur und Entstehungsgeschichte der Milchstraße zu verstehen und die stellare Entwicklung der jeweiligen Galaxie abzuleiten. Das Studium der Entstehung und Evolution galaktischer Systeme mittels Untersuchungen ihrer aufgelösten Sternpopulationen und deren chemischer Zusammensetzung und Dynamik aus kosmologischer Sicht nennt man Galaktische Archäologie oder Nahfeld-Kosmologie.

DIE STRUKTUR DER MILCHSTRASSE

Die Untersuchung der Struktur der Milchstraße durchläuft derzeit eine Revolution dank der ESA-Weltraummission Gaia, die genaue Parallaxen, Eigenbewegungen, Photometrie und Radialgeschwindigkeiten von Hunderten von Millionen von Sternen liefert. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler am AIP sind an der Mission beteiligt, indem sie zur Datenreduktion in den Bereichen der Hintergrundsubtraktion von Spektren, der Analyse von Sternen in überfüllten Feldern und dem öffentlichen Archiv beitragen.

Am Institut wurde ein Bayes'scher Softwarecode namens StarHorse entwickelt, der die Gaia-Parallaxen mit Photometrie und Spektroskopie kombiniert, um Sternparameter, Entfernungen und Extinktionen für mehr als 265 Millionen Sterne abzuleiten. Mit StarHorse gelingt es, die dreidimensionale Struktur unserer Galaxie abzubilden. Die Vielseitigkeit und Qualität der StarHorse-Daten wird durch abstands- und extinktionskorrigierte Farben-Helligkeits-Diagramme, Extinktionskarten als Funktion der Entfernung und umfangreiche Sterndichtekarten demonstriert. Insbesondere erscheint der galaktische Balken im Zentrum der Milchstraße in den Sterndichteverteilungen erstmals deutlich sichtbar.

Die StarHorse-Distanzen wurden auch mit spektroskopischen Untersuchungen wie dem RADial Velocity Experiment (RAVE) kombiniert, um die Bewegungsmuster und Massenverteilung der Milchstraße zu untersuchen. Dies erlaubte eine neue und genauere Bestimmung der Masse und der lokalen Fluchtgeschwindigkeit der Milchstraße von etwa 580 km/s. Es zeigte sich, dass die Galaxie in ihrer vertikalen Geschwindigkeitsstruktur sowohl Atmungs- als auch Biegungsmodi besitzt und in ihrem zentralen Bereich radiale Geschwindigkeitsbewegungen aufweist, die auf



Radialgeschwindigkeiten von Sternen der RAVE-Himmelsdurchmusterung. Die Farben kodieren die gemessenen Geschwindigkeiten, von Rot für < -50 km/s über Orange, Gelb und Cyan bis hin zu Blau für Sterne mit > 50 km/s.

Radial velocities of stars from the RAVE survey. Colours denote the measured velocities, from red for < -50 km/s over orange, yellow and cyan to blue for > 50 km/s. (Credit: AIP/ K. Riebe/ RAVE Collaboration)

eine starke Gezeitenwechselwirkung mit der die Milchstraße passierenden Zwerggalaxie Sagittarius hindeuten.

Zur Analyse der Elementhäufigkeiten der Sterne wurde eine neue Technik zur Dimensionsreduktion, t-SNE, verwendet. Die t-SNE-Technik ermöglicht eine klarere Unterscheidung von Scheibensternen mit hoher oder niedriger Häufigkeit von Alpha-Elementen. Sie gibt Hinweise auf Mehrfachpopulationen und zeigt, dass die chemische Entwicklung der metallreichen Sterne mit hoher Alpha-Häufigkeit mit den höchsten Gesamtelementhäufigkeiten zusammenhängt. Die im t-SNE-Raum identifizierten Sterngruppen unterscheiden sich in verschiedenen Kombinationen der Elementhäufigkeiten.

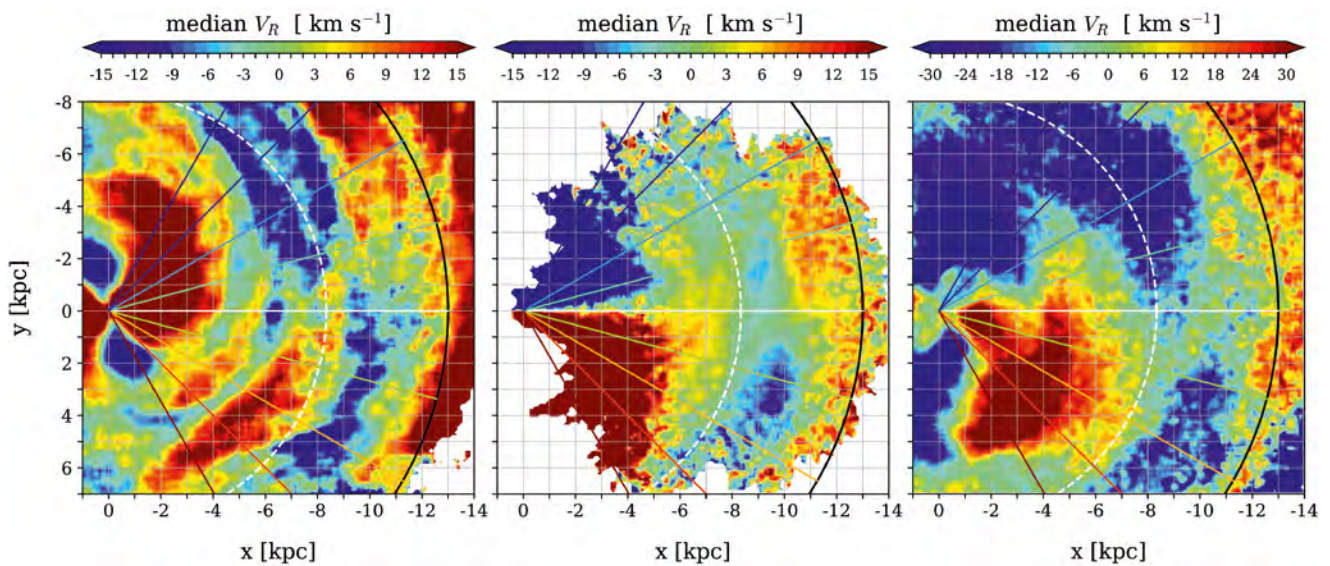
Mit Hilfe eines neu entwickelten semi-empirischen Ansatzes lassen sich die galaktischen Geburtsradien für Milchstraßen-Scheibensterne und die zeitliche Entwicklung der radialen chemischen Elementverteilung in der Milchstraße abschätzen. Dieser beruht auf der Annahme, dass ein Häufigkeitsgradient im interstellaren Gas während des größten Teils der Lebenszeit der Galaxie existierte. Die Sterne können entsprechend dem beobachteten Alter und der Elementhäufigkeit auf ihre Geburtsposition zurückprojiziert werden. Ein Ergebnis ist, dass der Geburtsradius der Sonne auf $7,3 \pm 0,6$ Kiloparsec geschätzt wird, für einen aktuellen Abstand vom galaktischen Zentrum von 8 Kiloparsec.

UNTERSUCHUNGEN VON NAHEN, MASSEREICHEN GALAXIEN

Bisher nahm man an, dass einige wenige nahegelegene Spiralgalaxien wie NGC 300 und Messier 101 reine Scheibengalaxien ohne umgebendes Sternhalo-Licht seien. Diese These basierte nur auf Beobachtungen des visuellen Erscheinungsbildes, bei denen diese Galaxien die charakteristische Helligkeitsverteilung von Scheibensystemen aufwiesen. Bei der Messung von Sterndichten in tiefen Bildern des Hubble-Weltraumteleskops in den

TEAM 2018/19

Friedrich Anders, Kate Attard, Ismael Enrique Carrillo Rivas, Cristina Chiappini, Guillaume Guiglion, Tariq Hilmi, In-Sung Jang, Roelof de Jong (head), Ivan Minchev, Giacomo Monari, Kawa Noman, Anna Queiroz, Olivier Schnurr, Ralf-Dieter Scholz, Matthias Steinmetz, Marica Valentini, Katja Weingrill, Jennifer Wojno



Mitte: die durchschnittliche Radialgeschwindigkeit der Sterne in unserer Galaxie relativ zum galaktischen Zentrum. Links: erwartete Radialgeschwindigkeiten für eine Modellgalaxie mit Balken ohne kürzliche Gezeitenwechselwirkungen. Das passendere Modell auf der rechten Seite berücksichtigt dagegen eine Störung durch einen Vorbeiflug der Sagittarius-Zwerggalaxie. Central panel: distribution of the average radial velocity of stars in our Galaxy relative to the Galactic centre. Left panel: expected radial motions in a model of a barred galaxy without any recent interactions. The better matching model on the right was perturbed by the recent flyby of a satellite similar to the Sagittarius Dwarf galaxy. (AIP)/I. Carrillo and I. Minchev

schwächsten Außenbezirken dieser Galaxien zeigten sich Abweichungen von rein exponentiellen Sternichteverteilungen. Diese Sterne erwiesen sich außerdem als sehr alt und zeigen geringe Elementhäufigkeiten, also Eigenschaften, die normalerweise mit akkretierten Sternhalopopulationen assoziiert werden.

The Milky Way and the Local Volume research section studies our Milky Way and its neighbouring galaxies. These nearby galactic stellar systems are close enough to be studied in great detail, star-by-star and in three dimensions. Large spectroscopic, astrometric, and asteroseismology surveys help us to understand the Milky Way's structure and formation history, along with the stellar accretion history of nearby galaxies. This research field is called galactic archaeology or 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.

STRUCTURE OF THE MILKY WAY

The ESA space mission Gaia is currently revolutionising the study of the Milky Way structure by providing accurate parallaxes, proper motions, photometry, and radial velocities for hundreds of

millions of stars. Scientists at AIP contribute to the data reduction effort of Gaia in the areas of background subtraction of spectra, crowded field analyses, and the public archive.

They also developed the Bayesian software code StarHorse that combines Gaia parallaxes with photometry and spectroscopy to derive stellar parameters, distances, and extinctions for more than 265 million stars. Thanks to StarHorse, the three-dimensional structure of our Galaxy can be mapped and demonstrated through distance- and extinction-corrected colour-magnitude diagrams, extinction maps as a function of distance, and extensive stellar density maps. In particular, a first clear manifestation of the Galactic bar is visible in the stellar density distributions based on Gaia data.

The StarHorse distances were also combined with spectroscopic surveys such as the RAdial Velocity Experiment (RAVE) survey to study the kinematics and mass distribution of the Milky Way. This allowed for a new, more accurate determination of the mass and the local escape speed of the Milky Way at about 580 km/s. It was also shown that the Galaxy has both breathing and bending modes in its vertical velocity structure as well as radial velocity motions in its central region, as indicated by strong tidal interaction with the Sagittarius dwarf galaxy passing the Milky Way.

A new dimensionality-reduction technique known as t-Distributed Stochastic Neighbour Embedding (t-SNE) was used to analyse the distribution of stars in element abundance-space. The t-SNE technique enables clearer separations of disc stars with high or low abundance in alpha elements, gives hints for multiple populations in the high-alpha population, and provides indications that the chemical evolution of the high-alpha metal-rich stars is connected with the super-metal-rich stars. Stellar groups identified in the t-SNE space are often distinct in different combinations of abundance space.

A new semi-empirical approach was developed for estimating Galactic birth radii for Milky Way disk stars and the time evolution of radial chemical element distribution in the Milky Way. The technique relies on the assumption that an abundance gradient in the interstellar gas existed for most of the Galaxy's lifetime. Stars can be projected back to their birth positions according to the observationally derived age and element abundance. As one result the solar birth radius was estimated to be 7.3 ± 0.6 kiloparsecs, for a current Galactocentric radius of 8 kiloparsecs.

EXPLORING NEARBY MASSIVE GALAXIES

A few nearby spiral galaxies, including NGC 300 and Messier 101, were hypothesised to be pure disk galaxies, lacking any surrounding stellar halo light. These statements were based on observations of their shape only, as the galaxies showed radial luminosity distributions typical for disk systems. However, when measuring star densities in deep Hubble Space Telescope images in the faintest outskirts of these galaxies, it turned out that they do have



Guillaume Guiglion, Roelof de Jong, Ralf-Dieter Scholz, Anna Queiroz, Cristina Chiappini, In-Sung Jang, Ivan Minchev, Marica Valentini, Samir Nepal, Katja Weingrill, Matthias Steinmetz

slight deviations from purely exponential stellar density distributions. These stars were furthermore shown to be very old with low elemental abundances, properties normally associated with accreted stellar halo populations.

AUSGEWÄHLTE PUBLIKATIONEN

SELECTED PUBLICATIONS

Anders, F. et al. (2019): **Photo-astrometric distances, extinctions, and astrophysical parameters for Gaia DR2 stars brighter than $G = 18$** , *Astronomy & Astrophysics* 628, A94

Anders, F., Chiappini, C., Santiago, B. X., Matijević, G., Queiroz, A. B., Steinmetz, M., Guiglion, G. (2018): **Dissecting stellar chemical abundance space with t-SNE**, *Astronomy & Astrophysics* 619, A125

Barbuy, B., Chiappini, C., Gerhard, O. (2018): **Chemodynamical History of the Galactic Bulge**, *Annual Review of Astronomy and Astrophysics* 56, 223

Carrillo, I. et al. (2018): **Is the Milky Way still breathing? RAVE-Gaia streaming motions**, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 475, 2679

Carrillo, I. et al. (2019): **Kinematics with Gaia DR2: the force of a dwarf**, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 490, 797

De Jong, R. S. et al. (2019): **4MOST: Project overview and information for the First Call for Proposals**, *The Messenger* 175, 3

Minchev, I. et al. (2018): **Estimating stellar birth radii and the time evolution of Milky Way's ISM metallicity gradient**, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 481, 1645

Monari, G. et al. (2018): **The escape speed curve of the Galaxy obtained from Gaia DR2 implies a heavy Milky Way**, *Astronomy & Astrophysics* 616, L9

Queiroz, A. B. A. et al. (2018): **StarHorse: a Bayesian tool for determining stellar masses, ages, distances, and extinctions for field stars**, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 476, 2556

Valentini, M. et al. (2019): **Masses and ages for metal-poor stars**, *Astronomy & Astrophysics* 627, A173



Das VISTA-Teleskop, die zukünftige Heimat des 4MOST-Instruments. Im Hintergrund bildet die Milchstraße einen dramatischen Bogen über dem Nachthimmel der Atacama-Wüste. The VISTA telescope, future home of the 4MOST instrument. In the background, the Milky Way forms a dramatic arc across the Atacama Desert night sky. (Credits: ESO/Y. Beletsky)

4-METRE MULTI-OBJECT SPECTROSCOPIC TELESCOPE 4MOST

4-METRE MULTI-OBJECT SPECTROSCOPIC TELESCOPE 4MOST

Das 4-Meter spektroskopische Multi-Objekt-Teleskop 4MOST soll als größte Beobachtungseinrichtung ihrer Art in der südlichen Hemisphäre den aktuell drängendsten astronomischen Fragen der Galaktischen Archäologie, der Hochenergie-Astrophysik, der Entwicklung von Galaxien sowie der Kosmologie nachgehen. Der Bau von 4MOST erfolgt für das VISTA-Teleskop der Europäischen Südsternwarte (ESO).

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 $2,6^\circ$ durchmessendes Gesichtsfeld verfügen, in dem 2.436 Spektren simultan aufgenommen werden können: 1.624 Spektren mit einer mittleren Auflösung ($R \sim 6500$) und einer Wellenlängenabdeckung von 370 – 950 nm parallel zu 812 hochauflösten Spektren ($R \sim 20.000$) in drei Wellenlängenbändern.

Mit 4MOST wird eine vollständige dreidimensionale Karte der Bewegung und der Elementhäufigkeiten der Sterne in der Milchstraße erstellt, die es ermöglicht, die Geheimnisse der Entstehung unserer Galaxie zu entschlüsseln. Außerdem soll die weitreichende dreidimensionale Verteilung von Galaxien und aktiven Galaxiekernen vermessen werden, um sowohl die Ausdehnungsgeschichte und das Wachstum großer Strukturen innerhalb des Universums zu messen, als auch die Entwicklungsgeschichte von Galaxien und Schwarzen Löchern zu studieren. Im 4MOST Konsortium unter der Leitung des AIP arbeiten mehr als 350 Fachkräfte aus Wissenschaft und Ingenieurwesen aus 25 Instituten in Europa und Australien zusammen. Zu seinen Aufgaben zählt die Entwicklung und der Bau des Instruments, aber auch der Betrieb und die wissenschaftliche Auswertung. Im Jahr 2019 bestand das Projekt die abschließende Designprüfung und das Instrument befindet sich nun in vollem Umfang im Bau. Die meisten Subsysteme werden 2020 an das AIP geliefert. Die Integrationshalle des Instituts wurde so modernisiert, dass alle Subsysteme zu einem vollständigen System zusammengesetzt und getestet werden können, bevor das Instrument an das Observatorium in Chile versandt wird.

Die Vorbereitungen für den Operationsbetrieb und die wissenschaftliche Nutzung des Instruments sind ebenfalls in vollem Gange. Im Jahr 2019 führte das Konsortium die erste von mehreren geplanten Betriebsproben durch und testete dabei die gesamte Software zur Vorbereitung und Analyse der Beobachtungen. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Konsortiums veröffentlichten außerdem ihre zehn Beobachtungsprogramme, die 70% der verfügbaren Beobachtungszeit umfassen. Anschließend begann der Auswahlprozess der ESO für Gemeinschaftsprogramme, der in der zweiten Jahreshälfte 2021 abgeschlossen wird.

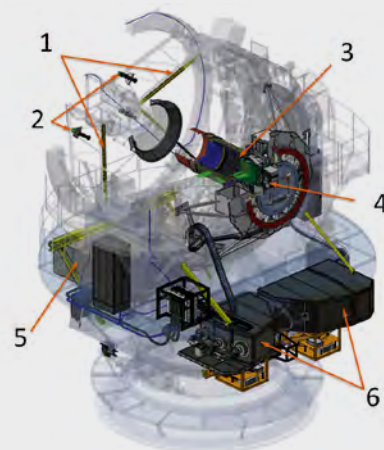
3D-Modell des 4MOST-Instruments auf dem VISTA-Teleskop. 1 Lichtleisten für die Kalibrationseinheit, 2 Metrologie Kameras, 3 Weitwinkelkorrektur-Optik, 4 Faser-Positionierer, 5 Hochauflösender Spektrograph, 6 Niedrig-auflösende Spektrographen 3D model of the 4MOST instrument on the VISTA telescope. 1 Calibration Illumination, 2 Metrology Cameras, 3 Wide Field Corrector, 4 Fibre Positioner, 5 High Resolution Spectrograph, 6 Low-Resolution Spectrographs (Credits: AIP/A. Saviak, 4MOST Consortium)


The 4MOST 4-metre spectroscopic multi-object telescope will be the largest observing facility of its kind in the southern hemisphere and investigate the most pressing astronomical questions of galactic archaeology, high-energy astrophysics, the evolution of galaxies, and cosmology. 4MOST is being built for the VISTA telescope of the European Southern Observatory (ESO).

Once completed, 4MOST will be a worldleading spectroscopic survey facility that is unique in its combination of wide-field, multiplex, spectral resolution, and sensitivity. The instrument will provide a 2.6° -diameter field-of-view in which 2,436 spectra are obtained simultaneously: 1,624 spectra of medium resolution ($R \sim 6,500$) and wavelength coverage from 370–950 nm in parallel with 812 high-resolution spectra ($R \sim 20,000$) in three wavelength bands.

4MOST will be used to create a full three-dimensional map of the motion and element abundances of the stars in the Milky Way, enabling astronomers to unravel the mysteries of the formation of our galaxy. Another scientific goal is to create an expansive three-dimensional map of galaxies and active galactic nuclei to measure the expansion history of the universe and the growth of structures within it. Also, the evolutionary history of galaxies and black holes will be charted. The 4MOST consortium under AIP leadership consists of more than 350 scientists and engineers from 25 institutes in Europe and Australia. It is tasked with developing, constructing, commissioning, operating, and scientifically exploiting the facility. In 2019, the project passed the Final Design Review and is now in full construction. Most subsystems will be completed and delivered to AIP in 2020. The integration hall facilities have been upgraded to receive, integrate, and test all subsystems into the full system configuration before it is shipped to the observatory in Chile.

Preparations for operating and making scientific use of the facility are also in full swing. In 2019, the first of many planned operation rehearsals was conducted, testing all software used for the preparation and analysis of observations and its associated data flow. The consortium scientists published their ten science programmes to be conducted in 70% of the available observing time. This enabled ESO to start the selection process for community programmes, a process that will be concluded in the second half of 2021.





VISTA-Aufnahme der großen Magellanschen Wolke im Rahmen der VMC-Himmelsdurchmusterung. Die drei Farben (blau, grün, rot) zeigen Sterne mit unterschiedlichen Eigenschaften. VISTA image of the Large Magellanic Cloud obtained from the VMC survey. The three colours (blue, green, red) indicate stars with different properties. (Credits: ESO/VISTA/VMC)

ZWERGGALAXIEN UND DER GALAKTISCHE HALO

DWARF GALAXIES AND THE GALACTIC HALO

Der Halo der Milchstraße umfasst sowohl dort geborene Sterne als auch Überbleibsel von Zwerggalaxien, die mit der Milchstraße verschmolzen sind. Dazu gehören auch die Magellanschen Wolken – zwei Galaxien, die sich im frühen Stadium der Verschmelzung befinden – sowie seltene Sterne, deren chemische Zusammensetzung der des frühen Universums ähnelt.

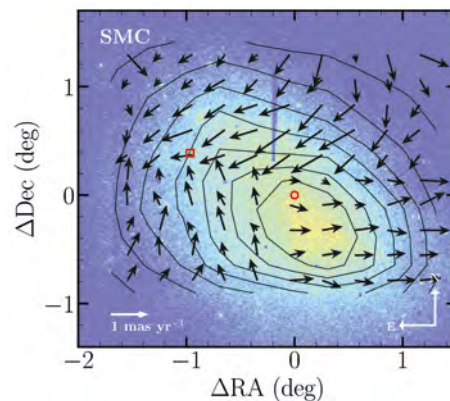
DIE MAGELLANSCHEN WOLKEN

Die Große und die Kleine Magellansche Wolke sind zwei leuchtkräftige Zwerggalaxien und Begleiterinnen der Milchstraße. Ihre Entstehung und Entwicklung zu verstehen, stellt uns vor mehrere Herausforderungen: Beide Galaxien haben mehrere Episoden der Sternentstehung hinter sich und Gezeitenkräfte prägten ihre Struktur. Die bekanntesten Strukturen sind die Brücke, die beide Magellanschen Wolken miteinander verbindet, sowie der Strom, der von beiden ausgeht und die Scheibe der Milchstraße umrundet. Von 2009 bis 2018 wurden mit Hilfe der VMC-Himmelsdurchmusterung (VISTA near-infrared public survey of the Magellanic Clouds system) die räumlich aufgelöste Sternentstehungsgeschichte und die dreidimensionale Struktur der Magellanschen Wolken erforscht.

MORPHOLOGIE UND INTERSTELLARER STAUB

Die Morphologie beziehungsweise das Erscheinungsbild von Galaxien liefern Hinweise auf ihre Entstehung und Entwicklung. Unter Verwendung von 10 beziehungsweise 2,5 Millionen Sternen aus der VMC-Himmelsdurchmusterung wurden Karten der Sterndichte innerhalb der Großen und der Kleinen Magellanschen Wolke erstellt. Diese Karten zeigen erstmals detailliert die räumliche Verteilung von Sternen verschiedenen Alters innerhalb der beiden Galaxien. In der Großen Magellanschen Wolke befinden sich junge Sterne innerhalb mehrerer Spiralarme, einem dünnen zentralen Balken und Sternentstehungsregionen, während Sterne mittleren Alters in einer regelmäßigen Scheibe und einem dicken Balken verteilt sind. In der Kleinen Magellanschen Wolke folgen junge Sterne einem lückenhaften Balken, unregelmäßigen Strukturen und Gezeitenarmen, während Sterne mittleren und höheren Alters gleichmäßig verteilt sind. Die erzeugten Karten spiegeln die komplexe Geschichte der beiden Galaxien wider und bieten Rahmenbedingungen für die neue Generation numerischer Modelle, um die Geschichte der Galaxien nachzuzeichnen.

Eine neu entwickelte Methode ermöglicht es, den Gesamtgehalt an interstellarem Staub innerhalb der Magellanschen Wolken durch die Analyse von Hintergrundgalaxien zu kartieren. Dafür verwendete das Team des AIP Langzeitaufnahmen im optischen und nahen



Eigenbewegung der Sterne innerhalb der Kleinen Magellanschen Wolke (schwarze Pfeile) nach Abzug der Systembewegung der Galaxie. Im Hintergrund zeigt eine Karte die Sterndichte innerhalb der Kleinen Magellanschen Wolke, erstellt mit Daten der VMC-Himmelsdurchmusterung. Die Karte ist im optischen Zentrum der Galaxie (roter Kreis) zentriert, während das kinematische Zentrum des neutralen Wasserstoffgases (rotes Quadrat) ebenfalls angegeben ist. Die Konturen beziehen sich auf Quellen mit einer gemessenen Eigenbewegung und variieren von 500 bis 9500 Sternen. Residual proper motion (black arrows) of the SMC after subtraction of the systemic velocity of the SMC, superimposed on a density map of objects detected by the VMC survey. The map is centred at the optical centre (red circle) while the kinematic centre of the hydrogen gas (red square) is also indicated. Contours refer to sources with a measured proper motion and vary from 500 to 9,500 stars. (Credits: Niederhofer et al., 2018, A&A, 613, L8)

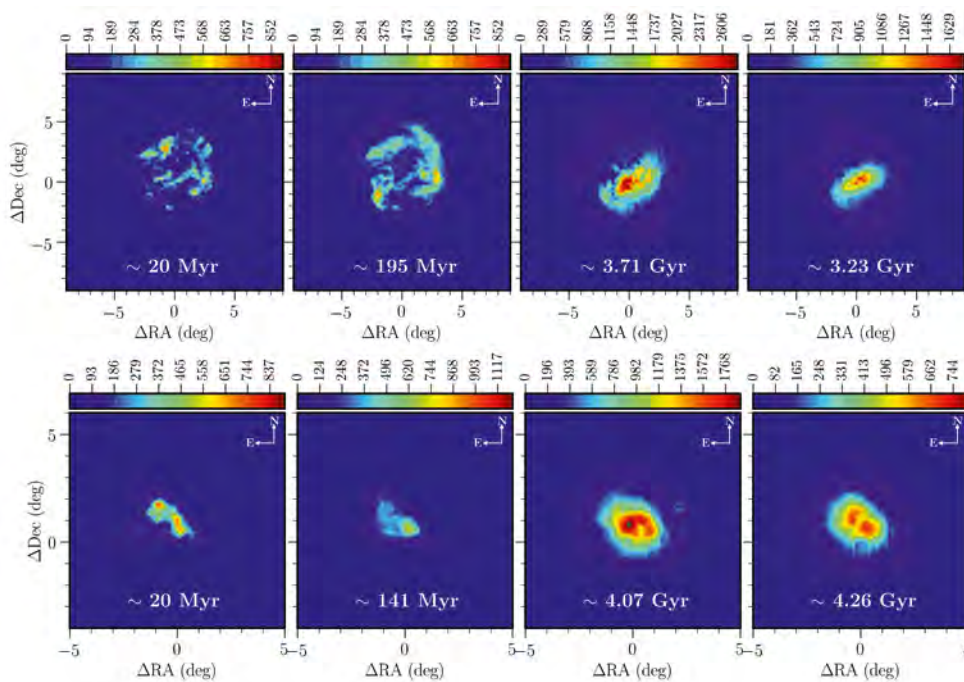
Infrarot, um die Hintergrundgalaxien zu identifizieren. Danach erzeugten sie für die Galaxien spektrale Energieverteilungen im Wellenlängenbereich innerhalb des Nahinfraroten und passten diese im Folgenden mit Hilfe eines Programms an Modelle an, um auf die Rötung zu schließen. Werden dabei nur Galaxien mit geringer intrinsischer Rötung verwendet, stimmen die resultierenden Karten gut mit früheren Ergebnissen überein. Diese am AIP entwickelte Technik findet Anwendung auf die zentralen Regionen der Kleinen Magellanschen Wolke und bald auch auf die gesamte Galaxie. Die so entstandenen Karten der interstellaren Rötung leisten einen wichtigen Beitrag für zukünftige Untersuchungen zum Alter und Metallgehalt verschiedener Sternpopulationen in den Magellanschen Wolken.

ENTFERNUNG UND BEWEGUNGSMUSTER

Cepheiden sind sehr helle, pulsierende junge Sterne. Ihre Pulsationsperiode ist abhängig von ihrer Leuchtkraft und damit ein Indikator für Entfernungen. Somit stellen sie eine wichtige Stufe in der extragalaktischen Entfernungsleiter dar. Umfangreiche neue Datensätze von Cepheiden in der Kleinen Magellanschen Wolke, kombiniert mit ähnlichen Daten von Cepheiden in der Großen Magellanschen Wolke und der Milchstraße erlauben eine detaillierte Untersuchung darüber, wie der Metallgehalt der Cepheiden die Perioden-Leuchtkraftbeziehung beeinflusst. Da die Kleine Magellansche Wolke deutlich metallärmer ist als die Große Magellansche Wolke und die Milchstraße, konnten diese Auswirkungen mit einer hohen statistischen Sicherheit festgestellt werden. Mit Hilfe

TEAM 2018/19

Anke Arentsen, Cameron Bell, Maria-Rosa Cioni (head), Dalal El Youssoufi, Alexey Mints, Florian Niederhofer, Lydia Pangsy, Joerg-Uwe Pott, Thomas Schmidt, Else Starckenburg, Jesper Storm, Kristopher Youakim



Karten der Sternsdichte, erstellt aus den Daten der VMC-Himmelsdurchmusterung, für die Große (oben) und die Kleine Magellansche Wolke (unten). Die einzelnen Abbildungen haben eine räumliche Auflösung von 0,03 Quadratgrad und zeigen Sterne mit unterschiedlichen Durchschnittsaltern. Die Farben beziehen sich auf die Anzahl der Sterne pro Auflösungselement. Stellar density maps of the LMC (top) and SMC (bottom) stellar populations, extracted from VMC data. Each panel has a spatial resolution of 0.03 square degrees and refers to a different median age. The colour bar depicts the number of stars per resolution element. (Credits: El Youssoufi et al., 2019, MNRAS 490, 1076)

der VMC-Daten lassen sich die Eigenbewegungen von Sternen innerhalb der Magellanschen Wolken messen. Dabei wurde die Änderung der Sternpositionen in den einzelnen Beobachtungsepochen als Funktion der Zeit bestimmt. Die absoluten Bewegungen wurden schließlich mit Hilfe von Hintergrundgalaxien berechnet, die als ruhende Referenzpunkte dienen. In den zentralen Regionen der Kleinen Magellanschen Wolke fand sich ein ungleichmäßiges Bewegungsmuster, das auf eine Ausdehnung der Galaxie oder einen hinter ihr befindlichen Gezeitenarm hinweist. Eine ähnliche Studie erfolgte für die Magellansche Brücke, bei der VMC- und Gaia-Daten kombiniert wurden, wobei die Anzahl der Vordergrundsterne der Milchstraße bei weitem die Anzahl der Sterne innerhalb der Brücke übersteigt. Unter Berücksichtigung des Einflusses der Sterne innerhalb der Milchstraße ließ sich mit Hilfe des Bayes'schen Statistikprogramms StarHorse, die erste zuverlässige Eigenbewegung des Brückenentrums messen.

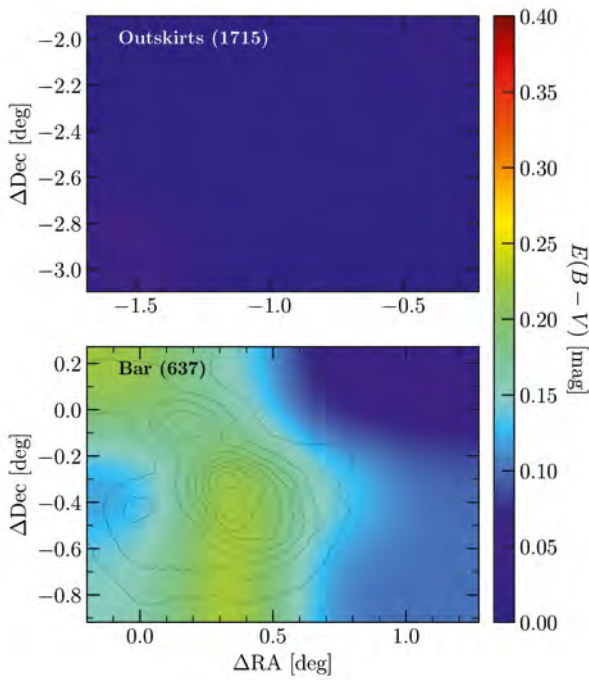
DIE FRÜHE MILCHSTRAßE

Durch Betrachtung der metallärmsten Sterne können wir viel über die Milchstraße lernen. Das Universum enthielt zu Beginn nur

Wasserstoff, Helium und Lithium – folglich ist dies das Material, aus dem die ersten Sterne bestehen. Der Gehalt an schweren Elementen in Sternatmosphären, wie zum Beispiel Eisen und Kalzium, nimmt in der Folge in Sternen späterer Generationen zu. Die metallreicheren und jüngeren Sterne übernehmen das Material von explodierenden Sternen, die diese Elemente einst in ihrem Inneren erzeugten. Mit einer einzigartigen Methode können Astroninnen und Astronomen seltene Populationen von Sternen finden, die nur sehr wenige schwere Elemente in ihrer Atmosphäre enthalten. Das AIP führt hierzu eine Studie mit dem Namen Pristine am Canada-France-Hawaii-Teleskop mit einem speziell entwickelten Schmalbandfilter durch, mit dessen Hilfe diese seltenen und vermutlich sehr alten Sterne unter den viel zahlreicheren metallreicheren Sternen ausgewählt werden können.

BOTEN AUS DEM FRÜHEN UNIVERSUM

Im Jahr 2019 erschien ein Katalog mit den Ergebnissen für über 1.000 aus dieser Durchsuchung ausgewählten und anschließend spektroskopisch untersuchten Sterne. Insgesamt erreichte das Team eine äußerst hohe Erfolgsrate bei der Identifizierung sehr

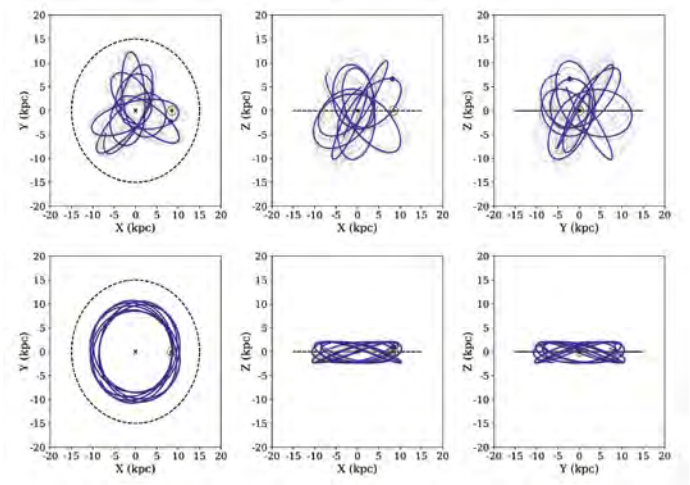


Karte der interstellaren Rötung für die Außenbezirke (oben) und den zentralen Balken (unten) der Kleinen Magellanschen Wolke, erstellt aus den Untersuchungen der spektralen Energieverteilungen von Hintergrundgalaxien. Die Werte in Klammern geben die Anzahl der Galaxien in jedem Beispiel an, die Konturen im unteren Feld die Staubemission. Reddening map for the outskirts (top) and bar (bottom) regions of the SMC, derived from analyses of spectral energy distributions of background galaxies. The values in parenthesis denote the number of galaxies in each sample while contours in the lower panel represent the dust emission. (Credits: Bell et al., 2019, MNRAS, 489, 3200)

metallarmer Sterne, was die Effizienz im Vergleich zu früheren Arbeiten um ein Vielfaches steigerte. Ein Stern stach dabei heraus, da er weniger als ein Zehntausendstel des Gehalts an schweren Elementen der Sonne enthält. Außerdem ist sein Profil der verschiedenen Elemente einzigartig: Die meisten metallarmen Sterne mit einem so niedrigen Gehalt an Eisen und Kalzium weisen zusätzlich einen signifikant höheren Gehalt an Kohlenstoff auf – dieser Stern jedoch nicht. Damit ist er der zweite Stern dieser Art, der jemals entdeckt wurde.

WAS IST IHRE BOTSCHAFT?

Metallarme Sterne können uns viel über das frühe Universum erzählen. Sie sind geprägt von der damaligen chemischen Umgebung, bewahren aber auch dynamische Informationen, mit deren Hilfe der Aufbau der Galaxie besser nachvollziehbar ist. Es zeigte sich, dass eine überraschende Anzahl dieser ultra-metallarmen Sterne in der Milchstraßenscheibe existiert. Dies stellt das Verständnis ihrer Herkunft in Frage. Eine andere Studie ergab, dass viele dieser Sterne Teil eines Doppelsternsystems sind, einschließlich einiger der bekannten metallärmsten Sterne. Der Anteil an Doppelsternen



Galaktische Umlaufbahnen für zwei alte, ultra-metallarme Sterne in drei Projektionen, wobei X und Y in der Ebene der Milchstraßenscheibe liegen und Z die vertikale Achse ist. Die obere Reihe zeigt, dass sich der Stern SDSS 1204 + 1201 scheinbar zufällig in allen verschiedenen Projektionen bewegt, was von alten Sternen im Halo der Milchstraße erwartet wird. Die untere Reihe zeigt, dass sich der Stern SDSS 1029 + 1729 komplett anders verhält. Galactic orbits for two old, ultra-metal-poor stars in three projections, where X and Y are in the plane of the Milky Way disc and Z is the vertical axis. The top row shows that the star SDSS 1204 + 1201 moves seemingly randomly in all different projections, which is what is expected of old stars in the Milky Way halo. The bottom row shows that star SDSS 1029 + 1729 behaves very differently. (Credits: Sestito et al., 2019, MNRAS, 484, 2166)

unter diesen Sternen ist höher als bisher angenommen. Dies hilft dabei, die Bedingungen der frühesten Sternentstehungs-Epochen in unserer Galaxie zu verstehen.

The stellar content of the Galactic halo contains both primitive stars and the relicts of accreted dwarf galaxies. The Dwarf Galaxies and the Galactic Halo section studies the Magellanic Clouds, two galaxies at an early stage of accretion, and searches for stars with a chemical composition similar to that of the early universe.

THE MAGELLANIC CLOUDS

The Large and Small Magellanic Clouds (LMC and SMC) are bright dwarf satellite galaxies of the Milky Way. Deciphering their formation and evolution is a challenging process because they have experienced multiple episodes of star formation and their structure has been shaped by tidal interactions. The most prominent tidal features are the Bridge, connecting the LMC with the SMC, and the Stream that emanates from the clouds and wraps around the Milky Way disc.

Conducted between 2009 and 2018, VISTA near-infrared public survey of the Magellanic Cloud system (VMC) aimed at deriving the spatially resolved star formation history and three-dimensional structure of the system.

MORPHOLOGY AND DUST

The appearance, or morphology, of galaxies offers insight into their formation and evolution. Using 10/2.5 million VMC sources, maps of stellar density in the LMC and SMC were produced. These maps show morphological features of the galaxies at different median ages for the first time. In the LMC, young stars trace multiple spiral arms, a thin bar, and star forming regions, while intermediate-age stars display a regular disc and a thick bar. In the SMC, young stars depict a broken bar, fuzzy and tidal features, while intermediate-age and old stars are smoothly distributed. These high-resolution morphological maps reflect the complex dynamical history of the Magellanic Clouds and provide constraints for a new generations of numerical models aimed at explaining the history of the galaxies.

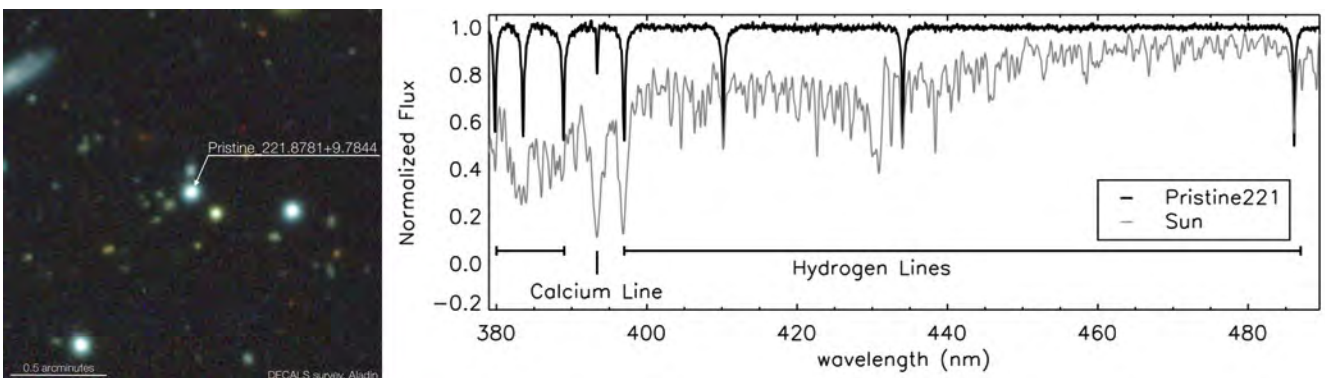
Scientists at AIP developed a method for mapping the total dust content of the Magellanic Clouds via the analysis of spectral energy distributions of background galaxies. They used a combination of deep optical and near-infrared photometry and a template-based routine to infer the reddening. Using only galaxies with low levels of intrinsic reddening, they find that the resultant maps are in reasonable agreement with previous determinations. This technique has been applied to the central regions of the SMC and is currently being expanded to the entire galaxy. The reddening maps will be important tools in future investigations regarding the age and metallicity of various stellar populations across the Magellanic Clouds.

DISTANCE AND MOTION PATTERNS

The Cepheid variable stars are very bright, pulsating young stars that follow a tight relation between luminosity and period, an important step in the extra-galactic distance ladder. Combining a large, new data set on Cepheids in the SMC with similar data in the LMC and the Milky Way allowed for a detailed study of the influence of metallicity on the Cepheid period-luminosity relation. As the SMC is significantly metal-poorer than the LMC and the Milky Way, the impact could be established with a high degree of confidence. Using VMC data, the proper motions of stars within the Magellanic Clouds can be measured. For this, the positional offset of the stellar centroids within the individual epochs was determined as a function of time. Absolute proper motions were finally calculated using background galaxies as non-moving reference objects. In the central regions of the SMC, a non-uniform velocity pattern indicative of stretching of the SMC or a tidal feature behind the main body of the galaxy was found. A similar study was performed in the Magellanic Bridge. This study combined VMC and Gaia data and used a Bayesian inference code, StarHorse, to remove the influence of Milky Way stars. As a result, the first reliable proper motion measurement of the Bridge centre was derived.

THE EARLY MILKY WAY

We can learn a lot about the Milky Way from looking at its most metal-poor stars. The universe started out with only hydrogen, helium, and lithium and consequently this is the material that the first stars are made of. The content of heavy elements in stellar atmospheres, such as iron and calcium, subsequently increases in stars of later generations. The more metal-rich and younger stars inherit material from exploding stars that fused those elements in their interiors. The AIP group has a unique pathway to finding the



Der metallarme Stern Pristine_221.8781 + 9.7844 und seine Umgebung (links). Das Spektrum des Sterns wird mit einem Modellspektrum der Sonne verglichen (rechts). Im Sonnenspektrum sind viele Linien für viele Elemente sichtbar, während die Hauptmerkmale im Spektrum des Pristine-Sterns Wasserstofflinien und nur eine kleine Anzahl an Kalziumlinien sind. Dies zeigt, dass dieser Stern ungewöhnlich wenige schwere Elemente hat. The metal-poor star Pristine_221.8781+9.7844 and its surroundings (left). The spectrum of the star is compared with a modelled spectrum for the Sun (right). In the solar spectrum many lines for many elements can be seen, whereas the main features in the spectrum of the Pristine star are hydrogen lines and only a small amount of calcium. This tells us that this star has an unusual lack of heavier elements. (Credits: Starkenburg et al., 2018, MNRAS, 481, 3838)

rare population of stars that have very few heavy elements in their atmospheres. They are co-leading a photometric survey named “Pristine” on the Canada-France-Hawaii Telescope with a specially designed narrow-band filter that helps to pick out these rare, and presumably very old, stars among the much more numerous, more metal-rich stars.

MESSENGERS FROM THE EARLY UNIVERSE

In 2019, a catalogue was published that presented the results for over 1,000 stars selected from the photometric searches and followed up with spectroscopy. Overall, researchers obtained a very high success rate in identifying very metal-poor stars, multiplying efficiency compared to previous efforts. One star stood out because it contains less than one ten-thousandth of the heavy elements in the Sun. Moreover, its detailed pattern of elements is peculiar. Most metal-poor stars show an enhancement of carbon next to a low level of iron and calcium, but this star does not. This makes it the second star of its kind ever discovered.

WHAT IS THEIR MESSAGE?

Metal-poor stars can tell us a lot about conditions in the early universe. They bear the imprint of the chemical environment at the time, but also retain dynamical information that helps us understand the build-up of the galaxy. It was discovered that a surprising number of ultra-metal-poor stars live inside the Milky Way disc. This challenges our understanding of its origin. An-



Kris Youakim, Maria-Rosa Cioni, Else Starkenburg, Anke Arentsen, Dalal El Youssoufi, Alexey Mints, Thomas Schmidt, Cameron Bell, Florian Niederhofer, Roisin Brogan, Jesper Storm, Viswajith Vanaraj, Sonja Sautter, Sara Vitali

other study revealed that many of these stars are part of a binary system, including some of the most metal-poor stars known. The fraction of binaries among these stars is higher than previously thought, which helps us understand the conditions of the earliest star formation epochs in our Galaxy.

AUSGEWÄHLTE PUBLIKATIONEN

SELECTED PUBLICATIONS

Arentsen, A., Starkenburg, E., Shetrone, et al. (2019): **Binarity among CEMP-no stars: an indication of multiple formation pathways?**, *Astronomy & Astrophysics* 621, A108

Bell, C. P. M., Cioni, M.-R. L., Wright, A.H., et al. (2019): **The intrinsic reddening of the Magellanic Clouds as traced by background galaxies – I. The bar and outskirts of the Small Magellanic Cloud**, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 489, 3200

El Youssoufi, D., Cioni, M.-R. L., Bell, C. P. M., et al. (2019): **The VMC survey – XXXIV. Morphology of stellar populations in the Magellanic Clouds**, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 490, 1076

Gieren, W., Storm, J., Konorski, P., et al. (2018): **The effect of metallicity on Cepheid period-luminosity relations from a Baade-Wesselink analysis of Cepheids in the Milky Way and Magellanic Clouds**, *Astronomy & Astrophysics* 620, A99

Groenewegen, M. A. T., Cioni, M.-R. L., Girardi, L., et al. (2019): **The VMC Survey – XXXIII. The tip of the red giant branch in the Magellanic Clouds**, *Astronomy & Astrophysics* 622, A63

Niederhofer, F., Cioni, M.-R. L., Rubele, S., et al. (2018): **The VMC survey – XXX. Stellar proper motions in the central parts of the Small Magellanic Cloud**, *Astronomy & Astrophysics* 613, L8

Niederhofer, F., Cioni, M.-R. L., Rubele, S., et al. (2018): **The VMC survey – XXVIII. Improved measurements of proper motion of the Galactic globular cluster 47 Tucanae**, *Astronomy & Astrophysics* 612, A115

Sestito, F., Longaerd, N., Martin, N. F., et al. (2019): **Tracing the formation of the Milky Way through ultra metal-poor stars**, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 484, 2166

Starkenburg, E., Aguado, D. S., Bonifacio, P., et al. (2018): **The Pristine survey IV: approaching the Galactic metallicity floor with the discovery of an ultra-metal-poor star**, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 481, 3838

Starkenburg, E., Youakim, K., Martin, N. F., et al. (2019): **The Pristine survey – VII. A cleaner view of the Galactic outer halo using blue horizontal branch stars**, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 490, 5757



*Leuchtende Wasserstoffwolken um ferne Galaxien.
Das Bild ist eine Synthese aus Beobachtungen des
MUSE-Instruments am ESO-VLT und des Hubble-
Weltraumteleskops. Clouds of cosmic hydrogen sur-
rounding distant galaxies. The image is synthesised
from observations with the MUSE instrument on
the ESO-VLT and with the Hubble Space Telescope.
(Credits: ESO/L. Wisotzki)*

GALAXIEN UND QUASARE **GALAXIES AND QUASARS**

Wie entstehen und entwickeln sich Galaxien? Wie wichtig sind Rückkopplungsprozesse bei der Reionisierung des Universums und bei der Sternentstehung? Wie beeinflussen massereiche Schwarze Löcher ihre Heimatgalaxie und wie ändert sich diese Wechselwirkung im Laufe der kosmischen Entwicklung? Welche Rolle spielt die Umgebung einer Galaxie bei ihrer Entwicklung? Was ist die Natur der Röntgenemission auf extragalaktischen und galaktischen Skalen und wie können Entwicklungswege aufgezeigt werden?

NAHEZU DER GESAMTE HIMMEL IST MIT LYMAN-ALPHA-STRAHLUNG VON ENTFERNTEN GALAXIEN BEDECKT

Langzeitaufnahmen des Hubble-Weltraumteleskops, sogenannte „Deep Fields“, zeigen Tausende lichtschwache und weit entfernte Galaxien vor einem scheinbar völlig dunklen Himmel. Solche Bilder ermöglichen die Untersuchung des jungen Universums und der Kinderstube von Galaxien. Beobachtungen mit dem MUSE-Integralfeldspektrographen haben gezeigt, dass diese Galaxien umgeben sind von ausgedehnten Wasserstoffwolken, die – wenn auch nur schwach – in der Lyman-Alpha-Spektrallinie leuchten. Diese Emission ist so weit verteilt, dass so gut wie jede Sichtlinie durch mindestens eine solche Gashülle hindurchführt. Anders gesagt: Im Licht der Lyman-Alpha-Strahlung ist der Himmel auch zwischen den Galaxien keineswegs dunkel. Ein Vergleich des Bedeckungsgrades des Himmels in Lyman-Alpha mit der Statistik von neutralem Wasserstoff, gemessen anhand von Absorptionslinien in den Spektren heller Hintergrundquasare, führt zu der Schlussfolgerung, dass so gut wie aller atomarer Wasserstoff bei Rotverschiebungen zwischen 3 und 6 nunmehr auch in Emission nachgewiesen werden konnte.

DIE ERSTE DATENVERÖFFENTLICHUNG DER MUSE-WIDE-HIMMELSDURCHMUSTERUNG

Die Himmelsdurchmusterung „MUSE-Wide“ ergänzt tiefe Aufnahmen des Hubble Weltraumteleskops, indem sie eine dreidimensionale Anschauung dieser Felder zur Verfügung stellt und so ermöglicht, das ganze Gesichtsfeld der Hubble-Bilder unvoreingenommen spektroskopisch zu untersuchen. Es lassen sich nun 98% der Galaxien, darunter auch sehr lichtschwache, spektroskopisch identifizieren.

TEAM 2018/19

Anika Beer, Mark den Brok, Fabian Emmerich, Oliver Franke, Alina Friemel, Yohana Herrero Alonso, Sanja Jonic, Josephine Kerutt, Davor Krajinović, Mirko Krumpke, Jan Kurpas, Man I Lam, Georg Lamer, Adriana Mancini Pires, Justus Neumann, Adriana Pires, Rikke Saust, Kasper Schmidt, Axel Schwöpe, Sabine Thater, Iris Traulsen, Aashana Tripathi, Tanya Urrutia, Jakob Walcher, Lutz Wisotzki (head), Joseph Wittingham, Hauke Wörpel

Darüber hinaus fand die MUSE-Wide-Durchmusterung mehr als 1000 der sogenannten Lyman-Alpha Emitter, eine noch nie zuvor gesehene Dichte. Diese sternbildenden Galaxien könnten die Gegenstücke zu unserer Milchstraße im frühen Universum darstellen. Ende 2018 ging der erste Teil der MUSE-Wide-Himmelsdurchmusterung unter <https://musewide.aip.de> online. Die Datenveröffentlichung beinhaltet verarbeitete MUSE-Datenkuben, Bilder, Spektren und Kataloge. Zusätzlich sind die Daten in der Datenbank des internationalen Virtuellen Observatoriums gespeichert, so dass Astronominnen und Astronomen weltweit die Durchmusterung nutzen können.

DIFFUSES IONISIERTES GAS

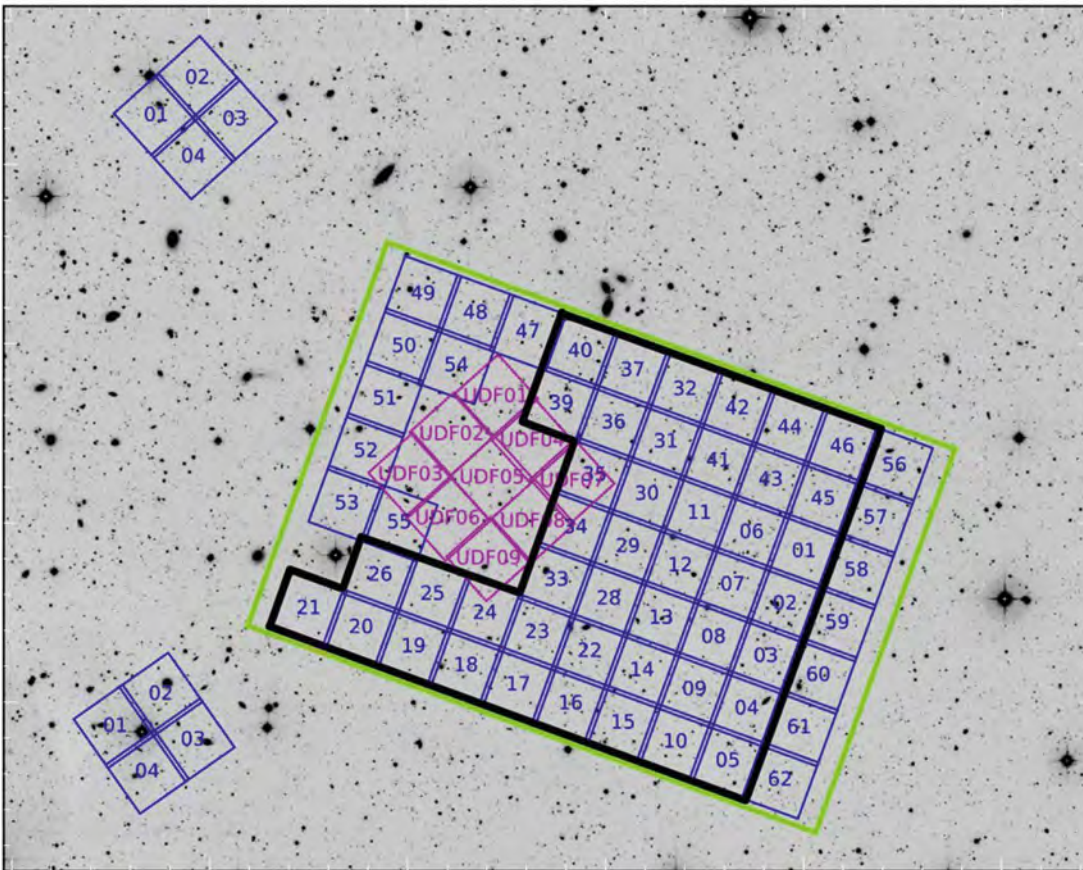
Das meiste ionisierte Gas in Galaxien liegt in der direkten Umgebung heißer, junger Sterne. Zwischen Sternentstehungsregionen findet man jedoch auch diffuses ionisiertes Gas. Die gegenwärtig unbekannte Ionisierungsquelle kann durch die räumliche Verteilung des diffusen Gases studiert werden. Dadurch wurde nachgewiesen, dass sich das diffuse ionisierte Gas in von oben betrachteten Galaxien vom sternbildenden Gas unterscheiden lässt, indem man seine Geschwindigkeiten bestimmt. Mit seiner hohen räumlichen Auflösung kann das MUSE-Instrument auch die Eigenschaften des diffusen Gases studieren. Es rotiert langsamer als das sternbildende Gas und hat eine höhere Geschwindigkeitsdispersion. Dennoch rotiert es immer noch langsamer als die alten Sterne. Das bedeutet, dass es in vertikaler Richtung weniger ausgedehnt ist als die alten Sterne.

DIE MASSEN DER SCHWARZEN LÖCHER

Die Beziehung zwischen den Massen von massereichen Schwarzen Löchern in Galaxienzentren und den globalen Eigenschaften der sie umgebenden Galaxien ist eine der bedeutendsten Korrelationen in der Astronomie. Jedoch gibt es Unsicherheiten hinsichtlich der genauen Beschaffenheit dieser Beziehung in Bezug auf ihren Gültigkeitsbereich, ihre genaue Form und ihre eventuelle Abhängigkeit vom Galaxientypus. Fortschritte in der Instrumentierung und in Beobachtungstechniken, wie zum Beispiel der adaptiven Optik unter Verwendung von Laserleitsternen, erlauben es, die Bewegungen von Sternen in der Nähe massereicher Schwarzer Löcher zu messen. Dynamische Modelle können anschließend die Massen der Schwarzen Löcher direkt berechnen. Die Verwendung der Instrumente NIFS am GEMINI-Teleskop und SINFONI am Very Large Telescope erhöhte die Anzahl gemessener Massen von Schwarzen Löchern um beinahe 25%. Die Ergebnisse legen eine größere Vielfalt bei dem Verhältnis von Schwarzes-Loch-Masse zu Galaxienmasse nahe.

ENTDECKUNGEN AM RÖNTGENHIMMEL MIT XMM-NEWTON, EROSITA UND DEM LBT

XMM-Newton ist der größte je von der ESA gestartete Wissenschaftssatellit und das leistungsfähigste je betriebene Röntgenobservatorium. Es ist seit 1999 unterwegs – und wird aller Voraussicht nach noch ein weiteres Jahrzehnt Daten liefern. Angesichts des großartigen Potenzials der Mission hat die ESA ein Survey Science Centre (SSC) ins Leben gerufen. Das SSC-Konsortium erstellte die nötigen Software-Werkzeuge, um Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern in aller Welt die Analyse



Die Anordnung der 68 Beobachtungsfelder der MUSE-Wide Himmelsdurchmusterung (blau) in der Hubble/CANDELS Region (grün) in der Umgebung des Hubble Ultra Deep Field (magenta). Die Fläche der ersten Datenveröffentlichung ist schwarz umrandet. Layout of the 68 fields observed in the MUSE-Wide Survey in the Hubble/CANDELS region (green) surrounding the Hubble Ultra Deep Field (magenta). Each blue square represents one MUSE pointing. The thick black line encompasses the first data release. (Credits: AIP/T. Urrutia)

der komplexen Daten von sechs Instrumenten zu ermöglichen. Mit Hilfe dieser Werkzeuge veröffentlichte es die bis dato umfangreichsten Röntgenquellkataloge. Grundlage dafür war die am AIP erstellte Software zur Quelldetektion in Röntgenbildern. Die jüngste, im Dezember 2019 zum 20-jährigen Betriebsjubiläum veröffentlichte Version des Katalogs, enthält detaillierte Informationen zu mehr als 800.000 Röntgenquellen. Eine Besonderheit ist der am AIP zusammengestellte Katalog von mehrfach beobachteten Röntgenquellen, der die oft sehr hohe Variabilität auf kurzen und langen Zeitskalen der Quellen erschließt.

Nach 13-jähriger Vorbereitung konnte am 13. Juli 2019 das in deutscher Gemeinschaftsarbeit entwickelte Röntgenteleskop eROSITA auf der russisch-deutschen Raumfahrtmission Spektrum-Röntgen-Gamma von Baikonur aus ins All gebracht werden. 1,5 Millionen Kilometer von der Erde entfernt, tastet das Teleskop in den kommenden vier Jahren den gesamten Himmel mit zuvor

nicht erreichter Empfindlichkeit auf der Suche nach neuen Röntgenquellen ab. eROSITA wird somit eine vollständige Inventur aller möglichen Arten von Röntgenquellen durchführen: von Sternen sowie Supernova-Überresten in unserer eigenen Milchstraße bis hin zu supermassereichen Schwarzen Löchern in den Kernen aktiver Galaxien und Galaxienhaufen bei sehr großen kosmischen Entfernungen.

Während Röntgenbeobachtungen mit XMM-Newton und eROSITA erste Aufschlüsse auf die Natur der zugrundeliegenden hochenergetischen Prozesse bieten, sind begleitende bodengebundene Beobachtungen ausschlaggebend für ein Gesamtverständnis. So wird z.B. eROSITA viele tausend Zielobjekte für den am AIP entwickelten Multi-Objekt-Spektrographen 4MOST liefern, um die kosmische Entstehungsgeschichte zu entziffern. Besonders interessante Einzelobjekte jedoch werden durch gezielte Nachbeobachtungen entschlüsselt. So wurde die Beobachtungszeit am Large Binocular

Teleskop in Arizona genutzt, um zwei leuchtkräftige Röntgenquellen in der benachbarten Whirlpool-Galaxie M51 detailliert zu untersuchen. Die Spektroskopie der assoziierten optischen Emissionsblasen hat gezeigt, dass eine dieser Blasen wohl durch einen aus der Umgebung eines Schwarzen Lochs ausströmenden Jet ionisiert wurde.

How do galaxies form and evolve? What is the role of feedback, both in ionising the universe and in regulating star formation? How does the existence of massive black holes affect their host galaxy over cosmic time? How large is the role of a galaxy's environment in determining its final appearance? What is the nature of galactic and extragalactic X-ray emitters and how can it be used to trace evolution on all scales?

NEARLY ALL OF THE SKY IS COVERED BY LYMAN-ALPHA EMISSION FROM HIGH REDSHIFT GALAXIES

Very long exposures with the Hubble space telescope, so-called "deep fields", show thousands of faint and distant galaxies scattered across an apparently totally dark sky, enabling researchers to study the young universe and the infancy of galaxies. Observations with the MUSE integral field spectrograph demonstrate that the space around these galaxies is far from empty; in them we see the faint glow of Lyman-alpha emission lines from cosmic hydrogen clouds surrounding the galaxies. The emission is so widely distributed that practically every line of sight intercepts at least one such gaseous envelope. In other words, even the sky between galaxies is actually not dark at all when mapped in Lyman-alpha radiation. Comparing the sky coverage of Lyman-alpha with the statistics of neutral hydrogen measured in absorption against bright background quasars leads

to the conclusion that essentially all atomic hydrogen at redshifts between 3 and 6 has now also been detected in emission.

THE FIRST DATA RELEASE OF THE MUSE-WIDE SURVEY

The MUSE-Wide survey complements the Hubble Deep Fields by providing a three-dimensional view and by spectroscopically covering the entirety of the fields without the need for pre-selection. Not only were 98% of galaxies identified (down to very faint ones), well over 1,000 Lyman-alpha emitters – an unprecedented density – were found as well. These emitters are star-forming galaxies in the early universe that may represent young Milky Way analogues. At the end of 2018, the first portion of the survey was released to the public at <https://musewide.aip.de>. The data release includes links to processed data-cubes, images, spectra, and catalogues. Astronomers worldwide can also access all data at the International Virtual Observatory.

DIFFUSE IONISED GAS

Although most of the ionised gas in galaxies is in the immediate vicinity of massive young stars, scientists also find diffuse ionised gas between star-forming regions. One way to constrain the unknown ionisation source is by looking at the spatial extent of the diffuse gas. It was shown that the diffuse gas could be separated from the star-forming gas by measuring the velocities and velocity dispersions of ionised gas in face-on galaxies. Taking advantage of the high spatial resolution of the MUSE instrument, the properties of the diffuse gas can be studied. Despite having a slower rotation and a higher velocity dispersion than the star-forming gas around the galactic centres, it still rotates slower than the old stars. This implies that its vertical extent is smaller than that of the old stars.

*AIP-Team am Weltraumbahnhof Baikonur kurz vor dem Start von eROSITA an Bord der russisch-deutschen Raumfahrtmission Spektrum-Röntgen-Gamma.
AIP team at the spaceport Baikonur before the launch of eROSITA aboard the Russian-German space mission Spektrum-X-Gamma. (Credit: AIP)*



DYNAMICAL MASSES OF SUPERMASSIVE BLACK HOLES

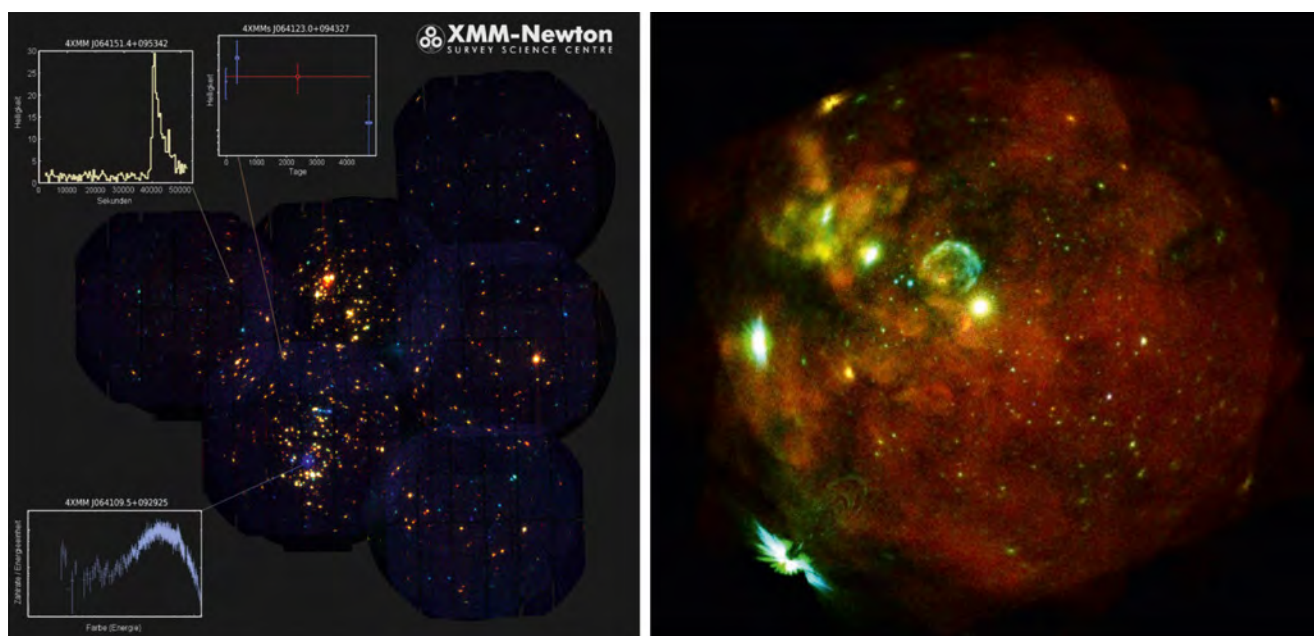
The relationship between the masses of supermassive black holes (SMBH) residing in centres of galaxies and global properties of their host galaxies is one of the most important empirical scaling relations. It is, however, still not observationally established in terms of its extent, shape, and demographics. The advances in instrumentation and observational techniques, such as laser guide star adaptive optics, allow astronomers to probe motions of stars in the vicinity of SMBHs and, by constructing state-of-the-art dynamical models, determine the masses of supermassive black holes in a direct way. Using the GEMINI NIFS and ESO SINFONI instruments, AIP scientists have increased the number of currently measured SMBH masses by nearly 25%, pointing to a larger than expected diversity of SMBH masses.

EXPLORING THE X-RAY SKY WITH EROSITA, XMM-NEWTON, AND THE LBT

XMM-Newton is Europe's flagship space X-ray observatory and its largest-ever science satellite. Launched in December 1999, it is still in excellent condition and ready to deliver first class science

for years to come. Within the XMM-Newton Survey Science Centre Consortium (SSC), AIP, being one of its founders, develops and maintains the software that finds and characterises all X-ray sources in all X-ray observations performed so far. The SSC will eventually create and publish the world's most comprehensive catalogue of X-ray detected celestial objects based on all public XMM-Newton observations. The most recent catalogue, published in December 2019, lists the properties of more than 800,000 unique X-ray sources, the nature of which spans from nearby objects in our Solar System to supermassive black holes at the edge of the universe. A special feature implemented by AIP is the stacked catalogue of more than 200,000 multiply observed sources that allows astronomers to study their variability on short and long time scales ranging from seconds to years.

After a 13-year preparatory phase, the German-built X-ray telescope eROSITA was launched aboard the Russian-German Spectrum-X-Gamma mission on 13 July 2019. It will survey the entire sky to unprecedented depth in the years to come. AIP contributed hard- and software components to this revolutionary new mission. eROSITA will deliver a complete inventory of all sorts of X-ray emitters from



Links: Bildausschnitt aus dem XMM-Newton Katalog überlappender Beobachtungen. Rechts: Das erste Bild von eROSITA: Ausschnitt der großen Magellanschen Wolke. Left: Image illustrating the source content of the stacked XMM-Newton catalogue. Right: First light image of eROSITA showing part of the large Magellanic Cloud. (Credits: AIP/I. Traulsen and MPE/IKI)

our own Milky Way galaxy to our galactic neighbours up to the most distant quasars, which emitted X-rays several billion years in the past. The eROSITA consortium will build comprehensive samples of all those X-ray emitters. These samples will uncover evolutionary relationships among them and further develop the big picture of cosmic evolution on small and large scales.

X-ray sources found by XMM-Newton and eROSITA often do not tell all about the physical processes that lead to their high-energy emission. To establish a complete picture, astronomers need multi-wavelength data. While eROSITA will deliver thousands of targets for the AIP-built 4MOST instrument, particularly interesting objects are followed individually. Observations with the Large Binocular Telescope were used to perform a spectroscopic study of two ultra-luminous X-ray sources found in the Whirlpool Galaxy M51, our galactic neighbour. Dedicated long-slit spectroscopy revealed that one of the associated optical bubbles was shock-ionised by a supersonic jet emanating from a black hole, while the other bubble seems to be unrelated to the detected X-ray emission.



Jakob Walcher, Lutz Wisotzki, Davor Krajnović, Mark den Brok, Anika Beer, Kasper Schmidt, Sowgat Muzahid, Tanya Urrutia, Peter Weilbacher, Yohana Herrero Alonso, Alina Friemel, Takamitsu Miyaji, Adriana Pires, Axel Schwobe, Jan Kurpas, Hauke Wörpel, Iris Traulsen, Miquel Colom i Bernadich, Georg Lamer, Claudio Rivera Pizarro, Mirko Krumpe, Aashana Tripathi

AUSGEWÄHLTE PUBLIKATIONEN

SELECTED PUBLICATIONS

Herenz, E. C. et al. (2019): The MUSE-Wide Survey: **A determination of the Lyman-alpha emitter luminosity function at $3 < z < 6$** , *Astronomy & Astrophysics* 621, A107

Krajnović, D., Emsellem, E., den Brok, M., Marino, R. A., Schmidt, K. B., Steinmetz, M., Weilbacher, P. M. (2018): **Climbing to the top of the galactic mass ladder: evidence for frequent prolate-like rotation among the most massive galaxies**, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 477, 5327

Krumpe, M., Miyaji, T., Coil, A. L., Aceves, H. (2018): **Spatial clustering and halo occupation distribution modelling of local AGN via cross-correlation measurements with 2MASS galaxies**, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 474, 1773

Pires, A. M., Schwobe, A. D., Haberl, F., Zavlin, V. E., Motch, C., Zane, S. (2019): **A deep XMM-Newton look on the thermally emitting isolated neutron star RX J1605.3+3249**, *Astronomy & Astrophysics* 623, A73

Schmidt, K. B. et al. (2019): **Three-Dimensional Optimal Spectral Extraction (TDOSE) from integral field spectroscopy**, *Astronomy & Astrophysics* 628, A91

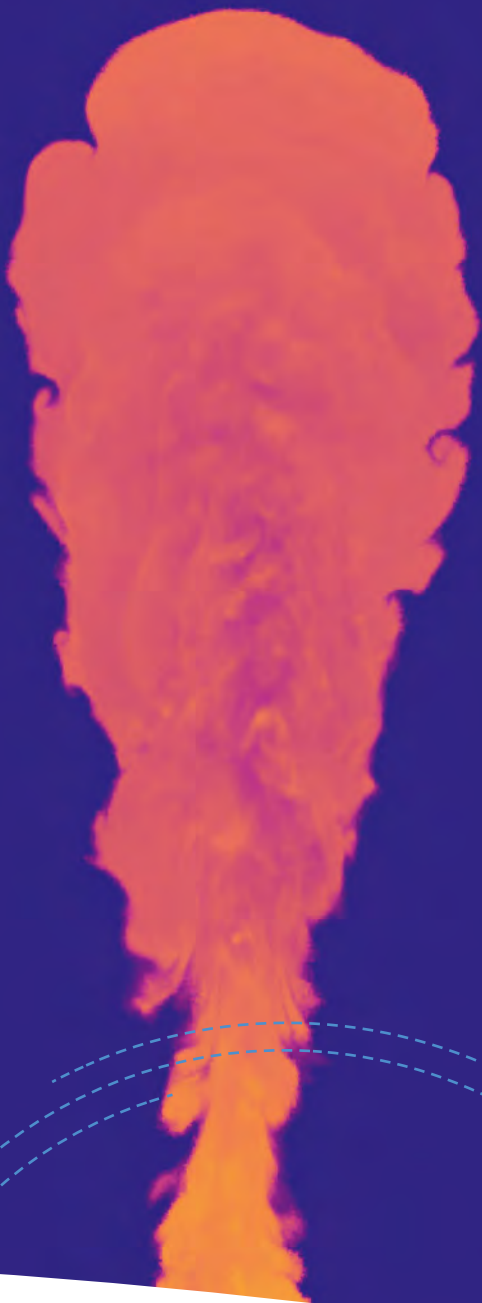
Schwobe, A. D. (2018): **Exploring the space density of X-ray selected cataclysmic variables**, *Astronomy & Astrophysics* 619, A62

Thater, S., Krajnović, D., Cappellari, M., Davis, T. A., de Zeeuw, P. T., McDermid, R. M., Sarzi, M. (2019): **Six new supermassive black hole mass determinations from adaptive-optics assisted SINFONI observations**, *Astronomy & Astrophysics* 625, A62

Traulsen, I. et al. (2019): **The XMM-Newton serendipitous survey, VIII. The first XMM-Newton serendipitous source catalogue from overlapping observations**, *Astronomy & Astrophysics* 624, A77

Urquhart, R., Soria, R., Johnston, H. M., Pakull, M. W., Motch, C., Schwobe, A., Miller-Jones, J. C. A., Anderson, G. E. (2018): **Multiband counterparts of two eclipsing ultraluminous X-ray sources in M 51**, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 475, 3561

Wisotzki, L. et al. (2018): **Nearly all the sky is covered by Lyman-alpha emission around high-redshift galaxies**, *Nature* 562, 229



Massereiche Schwarze Löcher stoßen relativistische Jets aus, die mit kosmischer Strahlung und Magnetfeldern gefüllte Blasen formen, welche im Haufenpotential ansteigen. Hier gezeigt sind Querschnitte durch dreidimensionale Simulationen der Energiedichte der kosmischen Strahlung (links) und von der Dichte (rechts). Central super-massive black holes launch relativistic jets, which inflate bubbles filled with cosmic rays and magnetic fields that rise buoyantly in the cluster potential. Shown are cross-sections through the 3D simulations of cosmic ray energy density (left) and density (right). (Credits: Ehlert et al. 2019)

KOSMOLOGIE UND HOCHENERGIE-ASTROPHYSIK

COSMOLOGY AND HIGH-ENERGY ASTROPHYSICS

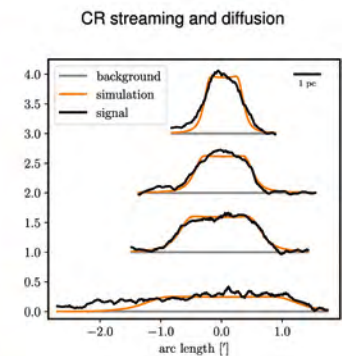
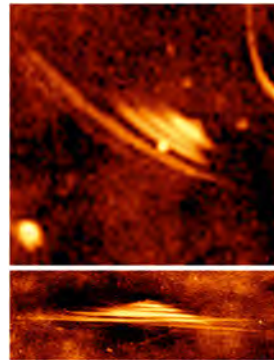
In den vergangenen 13,8 Milliarden Jahren seit dem Urknall entstand – aus einem ursprünglich nahezu homogenen Medium – das „Cosmic Web“. Das gewaltige Netz aus Filamenten durchzieht unser Universum und umspannt kosmische Leerräume. Die Physik der Entstehung kosmologischer Strukturen ist Gegenstand der Kosmologie. Sie erforscht den Ursprung und die Entwicklung des Universums. So nutzt sie einerseits Beobachtungen des lokalen Universums dazu, kosmologische Modelle einzuschränken. Andererseits testen Kosmologinnen und Kosmologen ihre Theorien durch Computersimulationen. Mit deren Hilfe bilden sie die Entstehung und Entwicklung kosmischer Strukturen nach – von den ersten Galaxien über das intergalaktische Medium bis hin zu den Populationen von Galaxien und Galaxienhaufen und der großräumigen Struktur des Universums selbst. So erlangen sie Erkenntnisse über das Strukturwachstum auf Grund der anziehenden Wirkung der Gravitation und darüber, wie magneto-hydrodynamische Prozesse im Gas zur Entstehung von Sternen und supermassereichen Schwarzen Löchern führen. Eine wichtige Rolle spielt dabei auch die dynamische und thermische Rückwirkung dieser Objekte auf die Eigenschaften des kosmischen Gases, die als Rückkopplung bezeichnet wird. Wir analysieren, wie plasma-physikalische und hoch-energetische, 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 Computerclustern am AIP gerechnet und ausgewertet.

DIE AUSBREITUNG DER KOSMISCHEN STRAHLUNG

Obwohl die kosmische Strahlung vor mehr als einem Jahrhundert entdeckt wurde, ist ihr Transport durch das Universum und die Galaxie immer noch rätselhaft. Die Kosmologinnen und Kosmologen am AIP konnten eine Theorie entwickeln, welche die Ausbreitung der kosmischen Strahlung in einem magnetischen Plasma auf großen Skalen sehr gut beschreibt. Hierbei regen die Teilchen die Magnetfelder zu Schwingungen an, welche wiederum die Teilchen in einem strömenden Fluid zusammenhalten. Diese Theorie erklärt Radiobeobachtungen von Objekten im galaktischen Zentrum, die Formen wie Harfen annehmen, was die bisherige Annahme umstößt, dass die kosmische Strahlung nur diffundiert.

TEAM 2018/19

Thomas Berlok, Tobias Buck, Edoardo Carlesi, Arianna Di Cintio, Kristian Ehlert, Fabian Emmerich, Oliver Franke, Philipp Girichidis, Stefan Gottlöber, Noam Libeskind, Martin Lüders, Umberto Maio, Volker Müller, Matteo Pais, Marcel Pawlowski, Christoph Pfrommer (head), Ewald Puchwein, Alexander Scherrmann, Mohamad Shalaby, Martin Sparre, Matthias Steinmetz, Timon Thomas, Aurélien Valade, Peng Wang, Maria Werhahn, Joseph Whittingham, Georg Winner



Die linke Seite zeigt zwei radio-emittierende Objekte im galaktischen Zentrum. Das "Strömungs- und Diffusionsmodell" für den Transport kosmischer Strahlung stimmt im Gegensatz zum Diffusionsmodell sehr gut mit den Radiohelligkeitsprofilen der MeerKAT-Filamente überein (rechte Seite). The left-hand panel shows two radio-emitting objects in the Galactic centre. The "streaming and diffusion model" of cosmic ray transport matches the radio brightness profiles of the MeerKAT filaments very well (right-hand panel), unlike the diffusion model. (Credits: Thomas et al. 2020, Heywood et al. 2019)

STRAHLUNG IN GALAXIEN

Das Spektrum der kosmischen Strahlung erstreckt sich über mehr als zwölf Dekaden in der Energie. Um die Energiespektren von Protonen und Elektronen der kosmischen Strahlung zu verfolgen, wurden am AIP neuartige und effiziente Algorithmen entwickelt. Diese ermöglichen es, die Spektren in Stoßwellen von Supernova-Überresten und deren Entwicklung in Galaxien zu simulieren. Vergleiche stimmen mit Beobachtungsdaten von Supernova-Überresten sehr gut überein, was nun eine Herausforderung für die Interpretation von Plasmasimulationen von Teilchenbeschleunigung an Stoßwellen darstellt. Die simulierten Multifrequenz-Gleichgewichtsspektren von Galaxien im Radio- und Gammastrahlenbereich zeigen ebenfalls eine erstaunliche Übereinstimmung mit Beobachtungsdaten.

GEHEIMNISSE DER STERNENTSTEHUNG

Das zirkumgalaktische Medium – der Raum außerhalb der Galaxienscheibe, aber noch innerhalb ihrer Gravitationswirkung – ist ein großes Gasreservoir, das durch kosmische Akkretion und galaktische Winde angereichert wird und aus dem schließlich Sterne entstehen. Um diese Prozesse besser zu verstehen, haben die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler untersucht, wie ein heißer Wind je nach Wolkengröße entweder eine kalte Wolke in einzelne Stücke zertrümmern oder die Wolke anwachsen lassen kann. Diese Erkenntnisse fließen nun in ein Modell der unaufgelösten Skalen in kosmologischen Simulationen ein, was ein verbessertes Verständnis von Beobachtungen wie den Lyman-Alpha-Halos erlauben wird. In diesem Zusammenhang gelang auch die Entdeckung, dass Magnetfelder die Zerstörung von kalten Strömen, die Galaxien speisen, unterdrücken und so die rätselhaft hohen Sternentstehungsraten zu Beginn der Galaxienentstehung erklären.

SCHWARZE LÖCHER IN GALAXIENHAUFEN

Das Gas in den Zentren der Galaxienhaufen ist sehr dicht und verliert schnell Energie, was eine effiziente Sternentstehung zur Folge

haben sollte. Beobachtungen zeigen jedoch nur eine geringe Menge kalten Gases und wenig Sternentstehung – das „cooling flow problem“. Wenn das kühlende Gas ins Zentrum sinkt, verbindet es sich mit der Akkretionsscheibe um das massereiche Schwarze Loch und stößt relativistische Jets aus, die mit kosmischer Strahlung und Magnetfeldern gefüllte Blasen formen, welche wiederum im Haufenpotential ansteigen. Simulationen zeigen, dass kosmische Strahlung aus den Blasen austreten und entlang magnetischer Filamente zum Haufenzentrum geleitet werden. Die kosmische Strahlung isotropisiert im Zentrum und erwärmt das Haufengas mit einer Rate, die die Abkühlung genau kompensiert, wodurch das Problem möglicherweise gelöst wird.

KOSMISCHE REIONISATION

Selbst die abgelegensten Winkel des Weltalls sind nicht leer. Das gesamte Universum ist von einem Gas niedriger Dichte durchdrungen: dem intergalaktischen Medium. Bevor sich erste Sterne und aktive Galaxienkerne im Universum bildeten, war dieses neutral. Mit zunehmender Emission energiereicher UV-Strahlung wurde es jedoch ionisiert und aufgeheizt. Dadurch wurde es schwieriger, genug Gas für die Galaxienbildung zu vereinigen. Am AIP werden diese Prozesse mit kosmologischen Simulationen und Strahlungstransportrechnungen modelliert. Ein Vergleich mit aktuellen Beobachtungen zeigt, dass der Prozess der Ionisierung des intergalaktischen Mediums später abläuft als bisher gedacht, und dass aktive Galaxienkerne dabei nur eine untergeordnete Rolle spielen.

DIE BEWEGUNG VON SATELLITENGALAXIEN

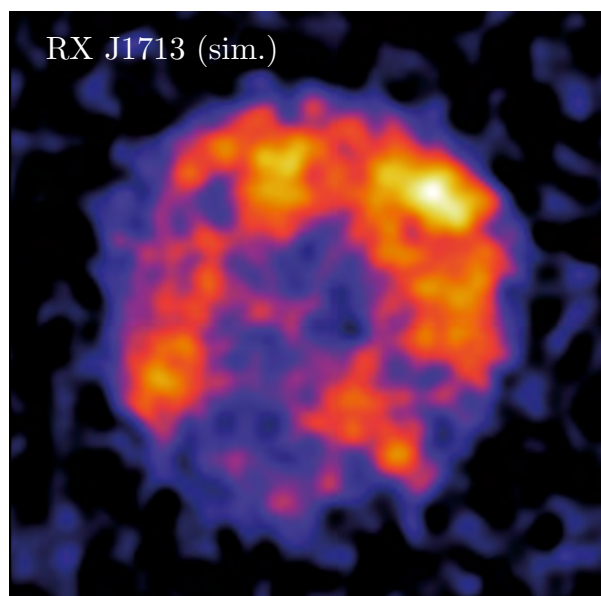
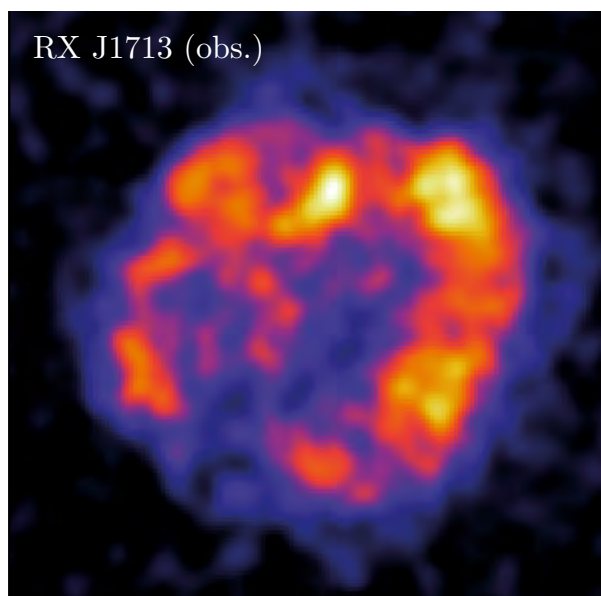
Satellitengalaxien umkreisen die Milchstraße ähnlich wie Monde einen Planeten. Neuere Beobachtungen erlauben es, die vollständige dreidimensionale Bewegung dieser Galaxien zu messen. Eine

Untersuchung der Polverteilung der Umlaufbahnen zeigt, dass der Drehimpuls dieser Galaxien korreliert ist, so dass sie sich zusammenhängend bewegen.

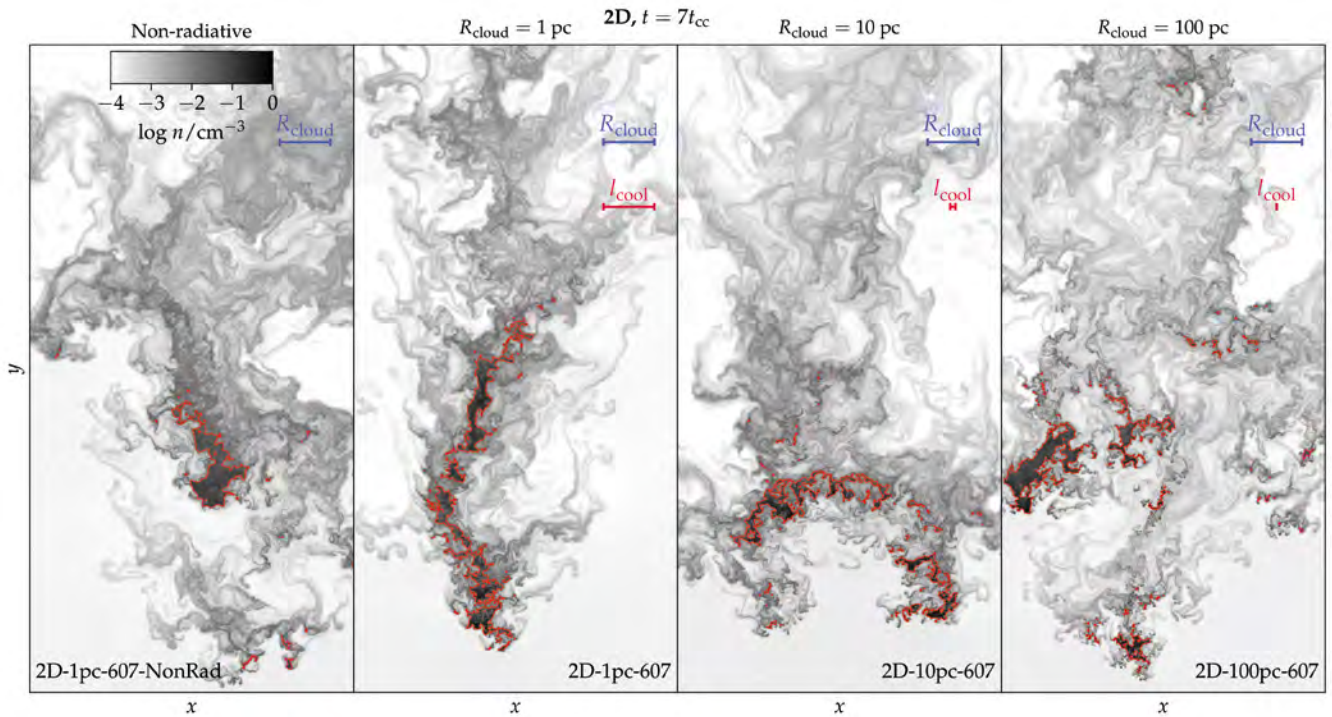
KARTIERUNG DES WELTALLS

Kosmographie ist die Kunst und Wissenschaft der Kartierung des Universums. Die unzähligen bereits beobachteten Galaxien sind jedoch nur ein winziger Bruchteil aller Galaxien im Weltall. Wie kann man aus einer so unvollständigen Stichprobe detailliertere Karten des Universums gewinnen? Am AIP wurde eine neue Methode entwickelt, um die gesamte Materie des lokalen Universums auf der Grundlage der Bewegung von Galaxien in Entfernungen von etwa einer halben Milliarde Lichtjahre zu kartographieren. Um so die detailliertesten Karten des Universums zu erstellen, werden numerische Simulationen mit Beobachtungen verknüpft.

Created in the past 13.8 billion years since the Big Bang, the “cosmic web” emerged from an originally almost homogeneous medium. The enormous network of filaments spans cosmic voids in our universe. Cosmology is concerned with understanding the physics of how cosmological structures are formed. It investigates the origin and development of the universe. On the one hand, it uses observations of the local universe to narrow down cosmological models. On the other hand, cosmologists test their theories through computer simulations. They use them to simulate the origin and evolution of cosmic structures – from the first galaxies and the intergalactic medium to the populations of galaxies and clusters of galaxies and the large-scale structure of the universe itself. In this way, they gain insight into structural growth caused by attractive effect



Vergleich von beobachteten (links) und simulierten (rechts) TeV-Gammastrahlen-Karten von Supernova-Überrest RX J1713. In unserem Modell werden diese von hadronischen Wechselwirkungen zwischen kosmischer Strahlung und dem Umgebungsgas verursacht. Comparison of observed (left) and simulated (right) TeV gamma-ray maps of supernova remnant RX J1713. In our model, the gamma rays are caused by hadronic interactions between cosmic rays and the surrounding gas (Credit: H.E.S.S. Collaboration 2018, Pais/AIP).



Wie interagiert ein heißer Wind mit einer kalten Wolke? Von links nach rechts sind die adiabatische 2D-Simulation und die Simulationen mit Strahlungskühlung für Wolkenradien von 1 Parsec, 10 Parsec und 100 Parsec sichtbar. Nur in der zweiten Simulation wird die Kühlänge aufgelöst, so dass die Wolke nicht fragmentiert. Die beiden Simulationen rechts zeigen eine Fragmentierung bis zur Gitterauflösung (rote Konturen). How does a hot wind interact with a cold cloud? From left to right, a 2D adiabatic simulation and radiative cooling simulations are shown for cloud radii of 1 parsec, 10 parsec, and 100 parsec. Only the second simulation resolves the cooling length (red bar) so that the cloud does not fragment. The two simulations on the right show clouds shattering into cloudlets at the grid resolution (red contours). (Credits: Sparre et al. 2019)

of gravity and learn how magneto-hydrodynamic processes in gas lead to the formation of stars and supermassive black holes. The dynamic and thermal effects of these objects on the properties of the cosmic gas, known as feedback, also play an important role. We examine how plasma physics and high-energy astrophysical processes generate cosmic rays and how these feed back on galaxies and galaxy clusters. The complex computer simulations are calculated and evaluated on European supercomputers and the computer clusters at AIP.

PROPAGATION OF COSMIC RAYS

Although cosmic rays were discovered more than a century ago, their transportation through the universe and the Galaxy is still puzzling. Cosmologists at AIP were able to develop a theory that convincingly describes the propagation of cosmic rays in a magnetic plasma on large scales. The particles stimulate the magnetic fields to oscillate and these in turn shape the particles into a streaming fluid. This theory explains radio observations of objects in the galactic centre that take the shape of a harp, for example, thus overturning the previous assumption that cosmic rays only diffuse.

RADIATION IN GALAXIES

The cosmic ray spectrum extends over more than twelve decades in energy. Novel and efficient algorithms were developed as a way

of tracking the energy spectra of cosmic ray protons and electrons. These enable astronomers to simulate the spectra in supernova remnant shocks and how they evolve in galaxies. Comparisons agree very well with observational data from supernova remnants, which now poses a challenge for the interpretation of plasma simulations of particle acceleration at shock waves. The simulated multi-frequency equilibrium spectra of galaxies in the radio and gamma-ray regimes also show an astonishing agreement with observational data.

SECRETS OF STAR FORMATION

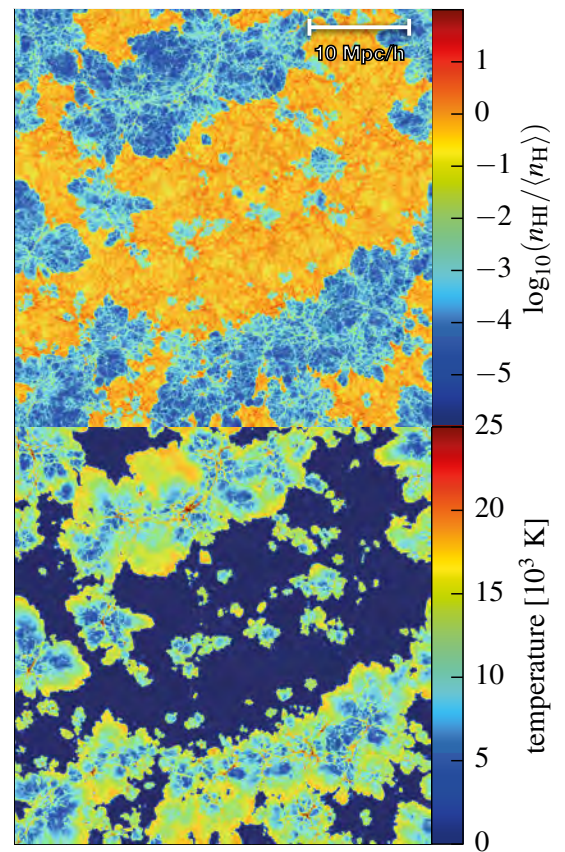
The circumgalactic medium – the region outside of the galaxy disc but still within its gravitational bound – is a large gas reservoir assembled by cosmic accretion and galactic winds; gas recycled out of it eventually forms stars. To better understand these processes, AIP scientists investigated how a hot wind can either shatter a cold cloud into individual pieces or cause the cloud to grow, depending on the size of the cloud. This is used to develop a model of the unresolved scales in cosmological simulations, which will improve our understanding of observations such as the Lyman-alpha halos. They also discovered that magnetic fields suppress the disruption of cold streams feeding galaxies, thus explaining the puzzling large star formation rates at the onset of galaxy formations.

BLACK HOLES IN GALAXY CLUSTERS

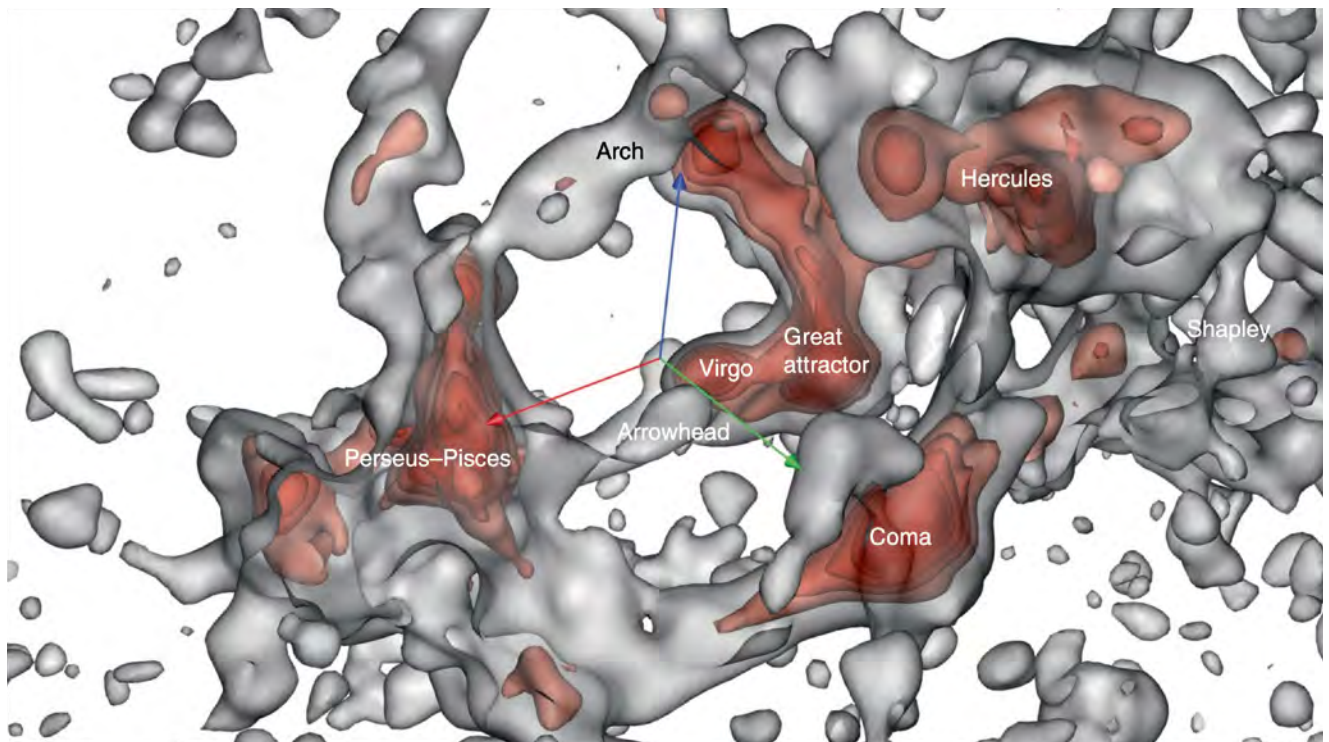
The gas at the centres of galaxy clusters is very dense and thus quickly loses energy: this implies the efficient formation of stars. However, observations only show a small amount of cold gas and a low rate of star formation – the “cooling flow problem”. As the cooling gas sinks to the centre, it joins the accretion disk around the central supermassive black hole and launches relativistic jets. Those inflate bubbles filled with cosmic rays and magnetic fields that rise buoyantly in the cluster potential. The simulations show that cosmic rays escape from the bubbles and are conducted along magnetic filaments towards the cluster centre. The cosmic rays isotropise in the centre and heat the cluster gas at a rate that exactly offsets cooling, thus potentially solving the problem.

COSMIC REIONISATION

Even the most remote corners of the universe are not empty. The entire universe is permeated with a low-density gas known as the intergalactic medium. This gas is neutral prior to the forma-



Dichte des neutralen Gases (oben) und die Temperatur des intergalaktischen Mediums (unten) während der kosmischen Reionisierung in einer Strahlungstransportrechnung. Density of neutral gas (top) and temperature of the intergalactic medium (bottom) in a radiative transfer simulation. (Credits: AIP/E. Puchwein)



Kosmographie ist die Kunst, den Kosmos zu vermessen. Zu sehen ist eine „quasilineare“ Karte des Universums. Die Erde befindet sich in der Mitte der drei Pfeile. Die großen Galaxienhaufen der Superhaufen sind tief eingebettet in dichten (roten) Regionen dargestellt. Cosmography is the art of charting the cosmos. Seen here is a “quasi-linear” map of the universe, with the Earth at the centre of the three arrows. The main clusters of superclusters are shown deep inside dense (red) regions. (Credits: Hoffman et al. 2018)

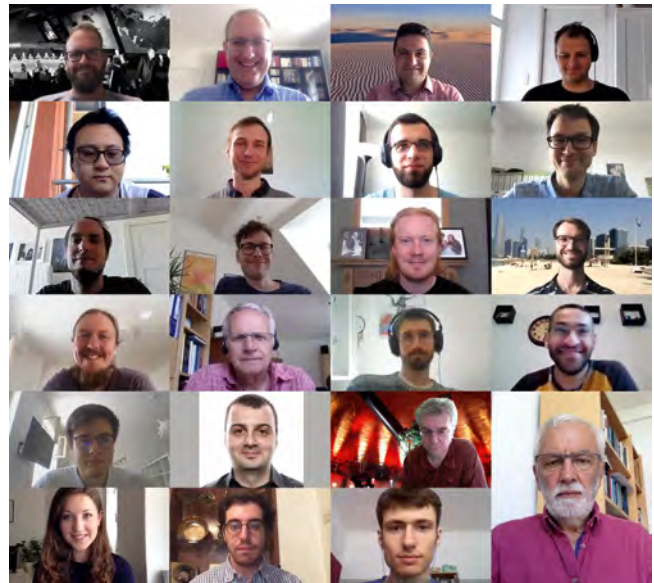
tion of first stars and active galactic nuclei. However, with an increasing level of energetic UV radiation, it becomes ionised and heated. This makes it difficult to combine enough gas to form galaxies. These processes were modelled with cosmological simulations and radiative transfer calculations. A comparison with current observations shows that the process of ionising the intergalactic medium takes place later than previously thought, and that active galactic nuclei only play a minor role.

THE MOTION OF SATELLITE GALAXIES

Satellite galaxies orbit the Milky Way much like moons orbit a planet. Recent observations allow astronomers to measure the full three-dimensional motion of these galaxies. Examination of the orbital pole distribution reveals correlated angular momentum of these galaxies, indicating that these galaxies move coherently.

MAPPING THE UNIVERSE

Cosmography is the art and science of mapping the universe. The problem is that the myriad of observed galaxies is only a tiny fraction of all the galaxies out there. How can more detailed maps of the universe be extracted from such an incomplete sample? AIP astrophysicists have devised a new way to map the total matter of the local universe based on how galaxies move, up until distances of roughly half a billion light-years. To achieve this, they married numerical simulations with observations to make the most detailed maps of the universe.



Noam Libeskind, Christoph Pfrommer, Philipp Girichidis, Martin Sparre, Peng Wang, Georg Winner, Timon Thomas, Ewald Puchwein, Oliver Franke, Thomas Berlok, Joseph Whittingham, Tobias Buck, Marcel Pawlowski, Volker Müller, Aurélien Valade, Mohamad Shalaby, Fabian Emmerich, Bogdan Corobean, Matthias Steinmetz, Maria Werhan, Matteo Pais, Kristian Ehlert, Stefan Gottlöber

AUSGEWÄHLTE PUBLIKATIONEN

SELECTED PUBLICATIONS

Berlok, T., Pfrommer C. (2019): **On the Kelvin-Helmholtz instability with smooth initial conditions – Linear theory and simulations**, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 485, 908

Ehlert, K., Weinberger, R., Pfrommer, C., Pakmor, R., Springel V. (2018): **Simulations of the dynamics of magnetised jets and cosmic rays in galaxy clusters**, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 481, 2878

Girichidis, P., Naab, T., Hanaasz, M., Walch, S. (2018): **Cooler and smoother – the impact of cosmic rays on the phase structure of galactic outflows**, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 479, 3042

Hoffman, Y. et al. (2018): **The quasi-linear nearby Universe**, Nature Astronomy 2, 680

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

Pawlowski, M. S. (2018): **The planes of satellite galaxies problem, suggested solutions, and open questions**, Modern Physics Letters A 33, 1830004

Puchwein E., Haardt F., Haehnelt M. G., Madau P. (2019): **Consistent modelling of the meta-galactic UV background and the thermal/ionization history of the intergalactic medium**, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 485, 47

Sparre, M., Pfrommer, C., Vogelsberger, M. (2019): **The physics of multiphase gas flows: fragmentation of a radiatively cooling gas cloud in a hot wind**, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 482, 5401

Thomas, T., Pfrommer C. (2019): **Cosmic-ray hydrodynamics: Alfvén-wave regulated transport of cosmic rays**, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 485, 2977

Winner, G., Pfrommer, C., Girichidis, P., Pakmor, R. (2019): **Evolution of cosmic ray electron spectra in magnetohydrodynamical simulations**, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 488, 2235



ENTWICKLUNG VON FORSCHUNGSTECHNOLOGIE UND -INFRASTRUKTUR

DEVELOPMENT OF RESEARCH TECHNOLOGY AND INFRASTRUCTURE

*AIP-Mitarbeiter bereiten an der Rückseite des VISTA-Teleskops die spätere Integration von 4MOST vor.
AIP staff working at the backside of the VISTA telescope to prepare the integration of the 4MOST facility at
a later stage. (Credits: AIP/A. Sauviak)*

Die Entwicklung und der Bau von Teleskopen und Instrumenten sind für Astronominen und Astronomen genauso wichtig wie die theoretische Forschung anhand von Modellen und detaillierten numerischen Simulationen mit Supercomputern. Am AIP werden neue Technologien entwickelt und auf das Management und die Veröffentlichung großer Datenmengen angewendet. Nur in Ausnahmefällen ist es möglich, kosmische Bedingungen im Labor nachzustellen. Daten werden daher überwiegend durch Beobachtungen mit Teleskopen und Spezialinstrumenten gewonnen und neue Erkenntnisse oft erst durch den Einsatz eines neuartigen Instruments erzielt. Am AIP kommen Großteleskope für alle Wellenlängen zum

Einsatz, sowohl bodengebunden als auch im Weltraum im Rahmen internationaler Kooperationen. Kleinere hochspezialisierte Teleskope werden für Durchmusterungen und Zeitserien genutzt. Die Entwicklung und Anwendung innovativer Instrumentierung ist daher eines der Hauptarbeitsgebiete des AIP. Schwerpunkte sind dabei robotische Kleinteleskope, hochauflösende Spektroskopie und Spektralpolarimetrie, sowie 3D- und Multi-Objekt-Spektroskopie. Ergänzt werden diese Entwicklungsarbeiten durch das Zentrum für Innovationskompetenz innoFSPEC rund um das Arbeitsgebiet der Astrophotonik.



The development and construction of telescopes and instruments are as important to astronomers as theoretical research using models and detailed numerical simulations with supercomputers. New technologies are developed at AIP and applied to the management and publication of huge data sets. Only in exceptional cases is it possible to simulate cosmic conditions in the laboratory. Data are therefore mainly gathered through observations with telescopes as well as special instruments, and new insights are often only obtained by using a novel instrument. At AIP, large telescopes are used in all wavelengths, both ground-based and, thanks to international cooperation, in space. Small, highly specialised telescopes are used for surveys and time series.

The development and application of innovative instrumentation is therefore one of AIP's main fields of activity. The main focus is on robotic small telescopes, high-resolution spectroscopy, and spectral polarimetry, as well as 3D and multi-object spectroscopy. This development work is complemented by the centre for innovation competence innoFSPEC around the field of astrophotonics.



Die BMK10k-Kuppel bei Sonnenuntergang auf dem Cerro Murphy in der chilenischen Atacama-Wüste. The BMK10k dome in the evening light on Cerro Murphy in the Atacama Desert, Chile. (Credits: AIP)

TELESKOPSTEUERUNG UND ROBOTIK

TELESCOPE CONTROL AND ROBOTICS

Automatisierungssoftware kann die Effizienz von astronomischen Instrumenten auf ein außergewöhnliches Niveau heben und gleichzeitig Wartungskosten minimieren. Als Nebeneffekt wird durch die einheitliche Durchführung von Kalibrationen eine außerordentlich hohe Messgenauigkeit erreicht. Das Team der Teleskopsteuerung und Robotik entwickelt nicht nur Software, sondern zusammen mit den Instrumentenbaugruppen am AIP auch innovative Hardwarelösungen.

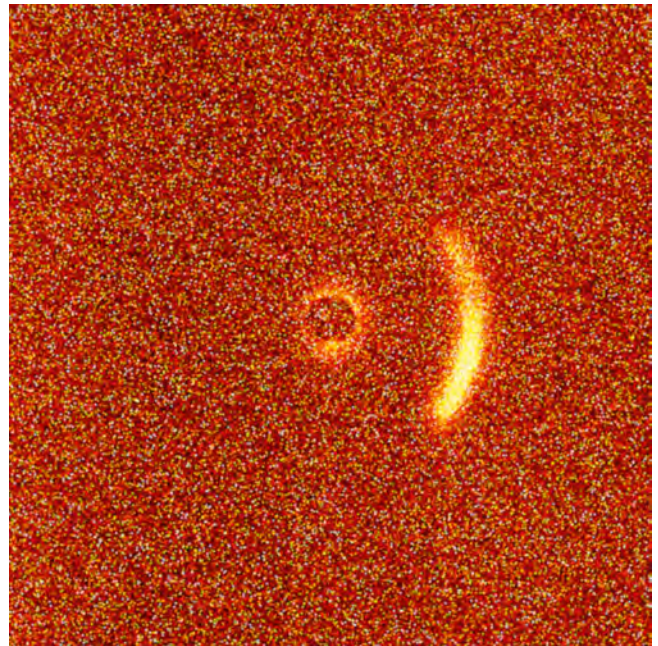
STELLA: SEIT MEHR ALS EINEM JAHRZEHT FÜHREND AUF DEM GEBIET DER ROBOTISCHEN ASTRONOMIE

Das robotische Observatorium STELLA besteht aus zwei 1,2-Meter-Teleskopen: STELLA-I mit seiner Kamera WiFSIP (Wide Field STELLA Imaging Photometer) ermöglicht hochpräzise Photometrie und Bildgebung. STELLA-II füttert mittels Lichtleiter den Echelle-Spektrographen SES für hochauflösende Spektroskopie.

Durch verbesserte Algorithmen zur Zielerfassung und durch die Umrüstung WiFSIPs zu einer CCD mit vier Verstärkern verlängerten sich die Öffnungszeiten beider Geräte auf nahezu konkurrenzlose 55% (WiFSIP) bzw. 85% (SES) der Gesamtbeobachtungszeit. Verbesserungen der Ausfallsicherheit steigerten die Betriebszeit des Observatoriums auf 98% des Jahres – es stand also nur an sieben Tagen still. Die Anzahl der notwendigen Wartungsbesuche ging weiter zurück auf nunmehr drei im Zeitraum 2018/19.

Die neueste Verbesserung der Nachführung betrifft Beobachtungen nahe am Zenit. Teleskopverzögerungen werden hier nun schon im Voraus bestimmt, wodurch sich der nicht nutzbare Beobachtungsbereich des Teleskops auf einen Radius von einem Grad innerhalb des Zenits verkleinerte. Bei diesen Höhen führt die durch die Montierung des Teleskops verursachte Bildrotation zu einer deutlich sichtbaren Verschmierung von nahen Doppelsternen

Der nächste Schritt für STELLA ist der Einsatz von künstlicher Intelligenz (KI) bei der Planung der Langzeitbeobachtungen. Derzeit verwendet STELLA ein Dispatcher Schema, einen klassischen „gierigen“ Algorithmus, d. h. zu jedem Zeitpunkt wählt er das derzeit ranghöchste Ziel aus. Ein höherer wissenschaftlicher Ertrag ist möglich, wenn die Auswahl über längere Zeiträume betrachtet wird. Dies ist ein Optimierungsproblem, das auf die einfache Frage zurückgeht, wie ein Rucksack optimal gefüllt werden kann. Bedingungserfüllungsprobleme und Job-Shop-Probleme liefern weitere Lösungsansätze. Die KI erfährt momentan einen wahren Schub an neuen Techniken, und das AIP bereitet sich auf deren Nutzung vor.



Das kombinierte Bild aller Nachführungseinzelaufnahmen, gewonnen während der Belichtung eines engen Doppelsterns mit STELLA/SES. Die Bildrotation, Konsequenz der azimutalen Montierung des Teleskops, verschmiert die Abbildung des Begleitsterns kreisförmig. Mittelwert aus 1672 Einzelbildern. A stacked image of all guiding frames obtained during an exposure of a close visual binary with STELLA/SES. The image rotation, consequence of an altazimuth mount, smears the image using the bright companion into an arc. Combined image of 1,672 guider frames. (Credits: AIP)

BMK10K: EIN TELESKOP MIT EINEM EXTREM GROSSEN GESICHTSFELD FÜR PLATO 2.0

Im Herbst 2019 erreichte die BMK (Ballistische Messkammer) ihr endgültiges Ziel am Cerro Murphy, in unmittelbarer Nähe des Cerro Armazones, der Heimat des zukünftigen ELT der ESO. Innerhalb der nächsten drei Jahre wird sie eine umfassende Untersuchung des PLATO-Südfeldes am Himmel durchführen. Für das gesamte PLATO-Feld mit einer Größe von 2250 Quadratgrad benötigt selbst die BMK mit ihrem Gesichtsfeld von etwas mehr als 50 Quadratgrad circa 50 Einzelaufnahmen, um es abzudecken. Aufbauend auf der seit mehr als einem Jahrzehnt bei STELLA eingesetzten Robotiksoftware ist zu erwarten, dass sie das gesamte Feld einmal pro Nacht abdeckt.

T7: EIN AUTOMATISIERTES TELESKOP IM WOHLVERDIENTEN RUHESTAND

Die ersten automatisierten Teleskope (Automatic Photoelectric Telescopes, APTs) weltweit betrieb das Fairborn-Observatorium in Arizona, USA. Im Jahr 2000 erwarb das AIP eines dieser APTs, mit Namen T7. Dieses kleine Teleskop, ausgerüstet mit einem Photomultiplier, kann auch sehr helle Sterne wie Beteigeuze beobachten. In einer Langzeitstudie, in der T7 mit STELLA/SES zusammenarbeitete, gelang die Messung einer kohärenten Lichtkurve bzw. Radialgeschwindigkeitskurve. Die dadurch erzielte

TEAM 2018/19

Igor Di Varano, Thomas Granzer (head), Arto Järvinen, Klaus Strassmeier, Jörg Weingrill



„Mein Gott, es ist voller Sterne.“ Ein Bild der Plejaden, aufgenommen während erster Tests mit der BMK10k am AIP. Mehr als eine Million Sterne wurden detektiert. “My God, it’s full of stars”. An image of the Pleiades cluster taken during commissioning of the BMK10k at AIP. More than a million sources have been detected. (Credits: AIP)

Reputation ermöglichte es dem AIP, exklusiven Zugriff auf photometrische Daten der BRITE-Satelliten zu erhalten. Mittels der T7-Daten gelang die Kalibrierung der BRITE-Photometrie, so dass verschiedene Beobachtungsepochen auf eine gemeinsame Skala zusammengeführt werden konnten. Beteigeuze erwies sich als glückliche Wahl: Zu Beginn des Jahres 2020 nahm die Helligkeit des Sterns immer weiter ab und erreichte einen historischen Tiefstand.

Automation software can raise the efficiency of astronomical instruments to a level that is difficult to achieve by human-made observations. Additionally, maintenance costs are kept low. As a side effect, the uniform execution of calibration measurements achieves an extraordinarily high measurement precision. Yet the Telescope Control and Robotics section does more than just develop software: it also collaborates with AIP’s strong instrument-building groups on the investigation of innovative hardware solutions.

STELLA: LEADING THE FIELD OF ROBOTIC ASTRONOMY

Two 1.2-metre telescopes make up the STELLA robotic observatory. STELLA-I with its single instrument WiFSIP (Wide Field

STELLA Imaging Photometer) offers high-precision photometry. STELLA-II offers high-resolution spectroscopy with its fibre-fed Echelle spectrograph SES.

Using improved algorithms for target acquisition and by upgrading the CCD in WiFSIP to a four-amplifier device, the shutter open times of both instruments could be raised to an almost unrivalled 55% (WiFSIP) and 85% (SES). Fail-safe improvements allow for a 98% uptime of the observatory, which also pays off in the number of maintenance visits: in 2018/19 only three trips were necessary. One recent improvement is the guiding software that concerns observations close to the zenith. Now telescope lags at high-elevation pointings are predicted in advance, which reduces the zone of avoidance to a radius of one degree within zenith. At these high elevations, image rotation caused by the mounting of the telescope leads to profoundly visible smearing of close companion stars.

The next step for STELLA is to utilise artificial intelligence (AI) in the planning of long-term observations. Currently, STELLA uses a dispatch scheduler – a simple “greedy” algorithm that selects the highest-ranked target at any given point in time. Higher scientific return can be achieved if selection is done at extended base lines.

This is an optimisation problem rooted in the simple question of how to optimally fill a knapsack. Constraint satisfaction issues and job-shop problems foster further insights. As AI is currently experiencing a boost in new techniques, the robotics section at AIP is preparing to join the endeavour.

BMK10K: A TRUE WIDE-FIELD INSTRUMENT FOR PLATO 2.0

In autumn 2019, the BMK (Ballistische Messkammer) reached its final destination at Cerro Murphy, a peak in the immediate vicinity of Cerro Armazones, home to the future ELT of ESO. Within the next three years, it will perform an extensive survey of the PLATO South field. Being as large as 2,250 square degrees, even the BMK with its field of view of slightly more than 50 square degrees will need some 50 pointings to cover the entire PLATO field. Still, thanks to the robotic software in use for more than a decade at STELLA, a nightly coverage of the entire field during optimal visibility will be achieved.

T7: AN AUTOMATED TELESCOPE GOES INTO WELL-EARNED RETIREMENT

The first Automatic Photoelectric Telescopes (APTs) worldwide were operated by Fairborn Observatory in Arizona, USA. In 2000, AIP acquired one APT, the T7 unit. As a small telescope equipped with a photomultiplier tube, this telescope is best suited to observing the brightest stars in the sky such as Betelgeuse, for example.

A decade-long campaign on Betelgeuse using the T7 in tandem with STELLA/SES put AIP in the unique position of producing a



Thomas Granzer, Jörg Weingrill, Arto Järvinen, Michael Weber, Igor di Varano, Klaus Strassmeier

combined light curve/radial velocity curve. Our reputation in long-term observation of Betelgeuse also earned us exclusive access to photometric data from the BRITE satellites. T7 ground-based data were used to mitigate problems arising from unknown photometric zero points in the BRITE photometry, so that the different observing seasons could be merged onto one common scale. This campaign turned out to be lucky indeed: at the beginning of 2020, the brightness of Betelgeuse dropped to an historic, all-time low.

AUSGEWÄHLTE PUBLIKATIONEN

SELECTED PUBLICATIONS

Deleuil, M. et al. (2018): **Planets, candidates, and binaries from the CoRoT/Exoplanet programme**, *Astronomy & Astrophysics* 619, A97

Di Marcantonio, P. et al. (2018): **ELT high resolution spectrograph: phase-A software architecture study**, *SPIE* 10707, 107071T

Di Varano, I. et al. (2018): **ELT-HIRES the high resolution spectrograph for the ELT: phase-A design of its polarimetric unit**, *SPIE* 10706, 107061Y

Di Varano, I., Yuan, S., Woche, M., Strassmeier, K. G., Weber, M. (2019): **ELT-HIRES the high-resolution spectrograph for the ELT: simulation results of polarimetric aberrations for the polarimetric module**, *SPIE* 11057, 1105715

Järvinen, A. et al. (2018): **GANS: a nighttime spectrograph for the GREGOR solar telescope**, *SPIE* 10702, 107026L

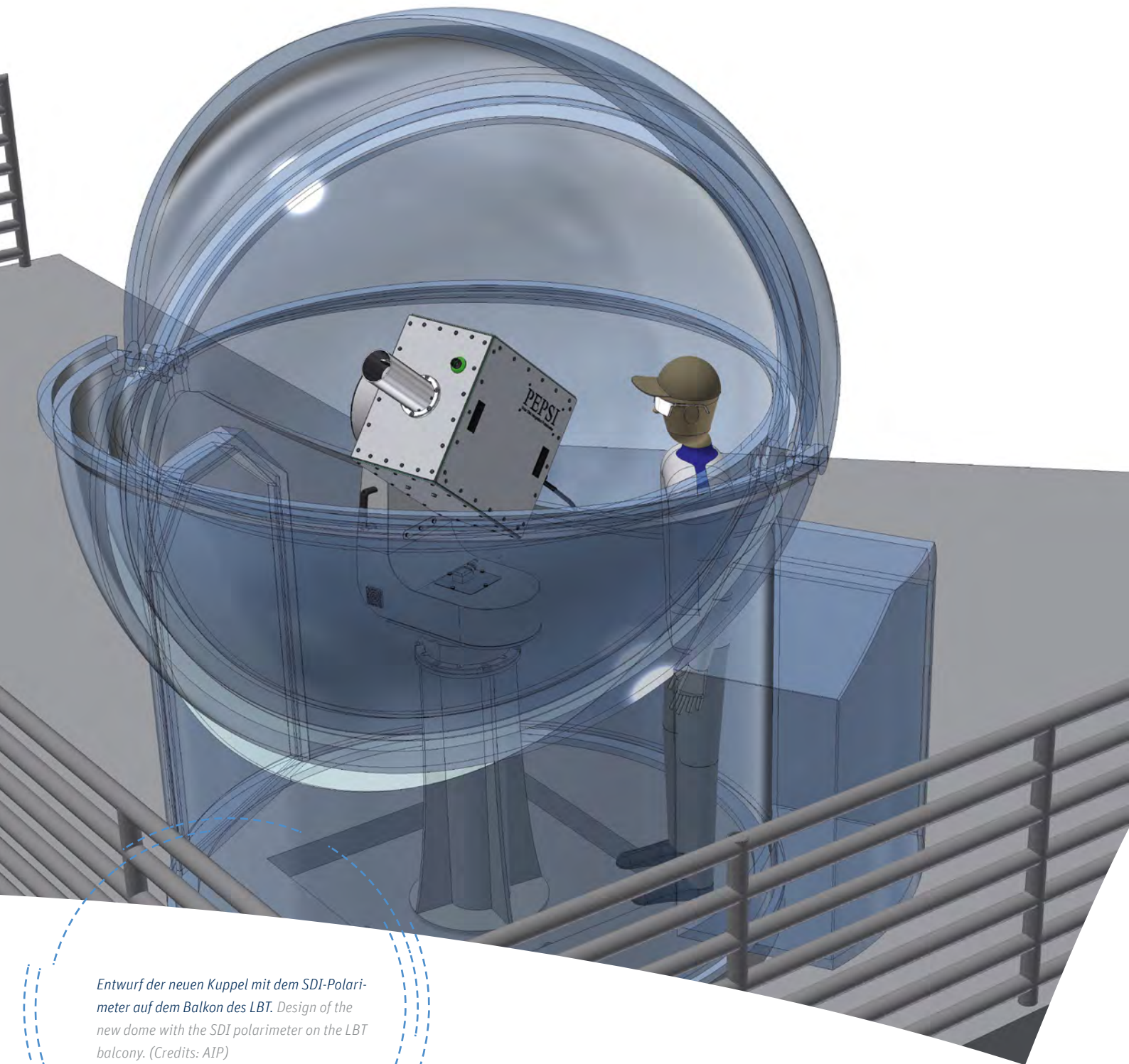
Kóvári, Z. et al. (2019): **Surface magnetic activity of the fast-rotating G5 giant IN Comae, central star of the faint planetary nebula LoTr 5**, *Astronomy & Astrophysics* 624, A83

Kraskovics, L., Kóvári, Z., Vida, K., Oláh, K., Carroll, T. A., Granzer, T. (2019): **Magnetic activity of the young solar analog V1358 Orinis**, *Astronomy & Astrophysics* 627, A52

Mallonn, M. et al. (2019): **Ephemeris refinement of 21 hot Jupiter exoplanets with high timing uncertainties**, *Astronomy & Astrophysics* 622, A81

Mallonn, M. et al. (2018): **GJ 1214: Rotation period, starspots, and uncertainty on the optical slope of the transmission spectrum**, *Astronomy & Astrophysics* 614, A35

Strassmeier, K. G., Granzer, T., Weingrill, J., Woche, M., Bittner, W., Bauer, S., Paschke, J., Chini, R. (2019): **Project BMK10k: Zeiss Ballistische Messkammer with a 10k × 10k CCD for ground-based PLATO support**, *Astronomische Nachrichten* 340, 712



Entwurf der neuen Kuppel mit dem SDI-Polarimeter auf dem Balkon des LBT. Design of the new dome with the SDI polarimeter on the LBT balcony. (Credits: AIP)

HOCHAUFLÖSENDE SPEKTROSKOPIE UND POLARIMETRIE

HIGH-RESOLUTION
SPECTROSCOPY AND
POLARIMETRY

Mit hochauflösenden Spektrographen und Polarimetern kann die Zusammensetzung von Atmosphären entfernter Sterne und Planeten genau untersucht werden. Mit PEPSI am Large Binocular Telescope (LBT) haben die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des AIP Zugang zu hochauflösender Spektropolarimetrie an einem Teleskop der 12-Meter-Klasse. Die Gruppe entwickelt auch ein Spektropolarimeter als Teil des HIRES-Instruments für das 39-Meter-Teleskop (ELT) der ESO und baut und betreibt hochauflösende Spektrographen des STELLA-Observatoriums des AIP auf Teneriffa.

PEPSI

Im Jahr 2019 erfolgten die letzten Beobachtungen zur Demonstration der wissenschaftlichen Leistungsfähigkeit mit den PEPSI-Polarimetern. Alle Module von PEPSI befinden sich nun im Routinebetrieb. Seit Februar 2020 ist PEPSI ein LBT Facility Instrument und kann von allen Partnerinstituten des LBT genutzt werden.

PEPSI SDI-POL: EIN POLARIMETER FÜR DIE SONNE

Das Sonnenscheibenteleskop (Solar Disk Integrated Telescope, SDI) nahm bisher integrales Licht auf, um täglich ultrahochoflösende Spektren der Sonnenscheibe zu erhalten.

Eine Erweiterung des LBT-Balkons ermöglichte es, das bislang kompakte SDI-Instrument durch eine kleine Kuppel zu ersetzen, in der ein Polarimeter das von der Sonne kommende polarisierte Licht dem PEPSI-Spektrographen zuführt, um in Zukunft Spektren von der gesamten Sonnenscheibe in allen vier Stokes-Parametern zur Bestimmung des Polarisationszustandes des Lichts zu erhalten. Der Bau des Instruments hat 2019 begonnen und wird 2020 abgeschlossen sein, sobald der neue Balkon fertiggestellt ist.

ERNEUERUNG DER PEPSI-CCD-CONTROLLER

In dem Bemühen, das Rauschen in den PEPSI-CCD-Bildern noch weiter zu reduzieren, begann man mit der Erneuerung der CCDs und ihrer Controller auf die neueste Generation. Im Jahr 2019 wurden die CCD-Steuereinheiten ausgetauscht. Dies beinhaltet einen Wechsel der Elektronik in den CCD-Dewars sowie den Austausch und die Neuprogrammierung der CCD-Ausleseelektronik und -software. Dadurch wurde das Ausleserauschen der beiden PEPSI-Kameras halbiert und ein flexibler Binning-Modus ermöglicht, der das Rauschen in den beiden Modi mit niedrigerer Auflösung des Spektrographen weiter reduziert. Die beiden CCDs werden in einem zweiten Schritt im Jahr 2020 nachgerüstet.

TEAM 2018/19

Ilya Ilyin, Prachi Rahate, Klaus Strassmeier, Michael Weber (head), Manfred Woche



Eine der beiden PEPSI CCD-Kameras bei der Qualitätskontrolle nach dem Austausch der Ausleseelektronik. One of the two PEPSI CCD cameras during quality check after replacing the readout electronics. (Credits: AIP)

STELLA – SPEKTROSKOPISCHE INSTRUMENTE DER 2. GENERATION

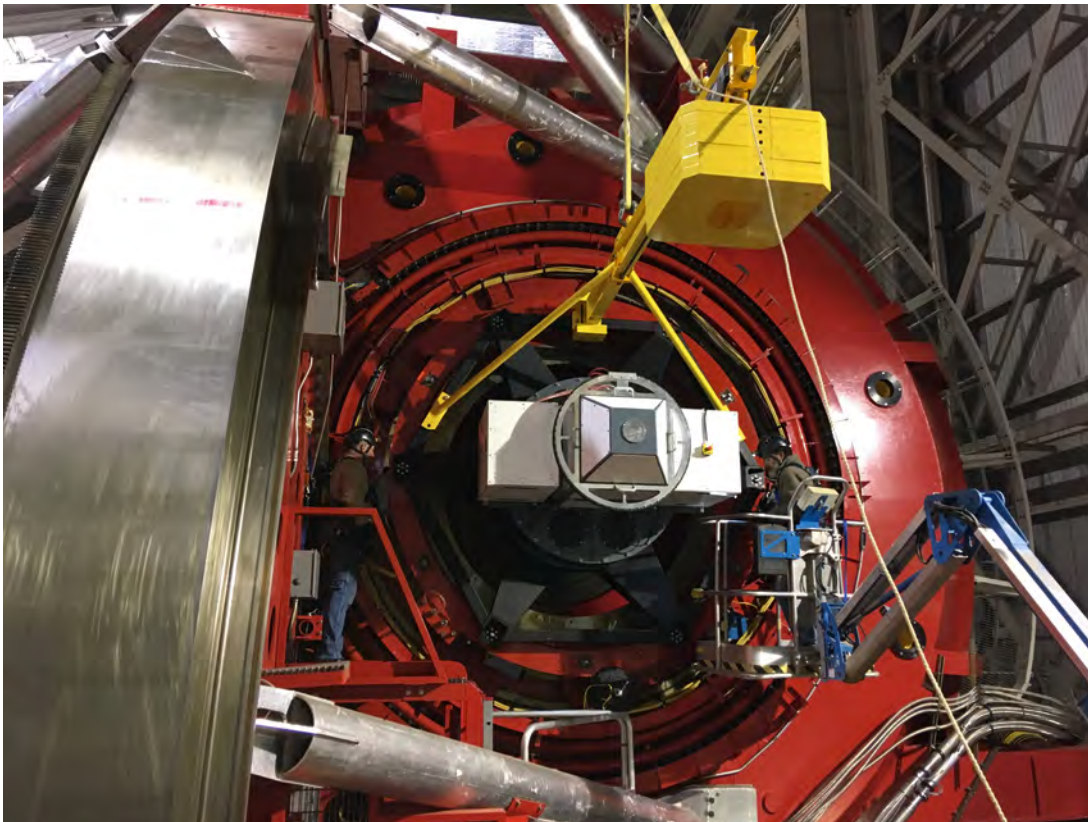
Um die Effizienz im ultravioletten Licht und die Genauigkeit der Radialgeschwindigkeitsstabilität zu verbessern, unterstützen zwei neue Spektrographen den ursprünglichen STELLA Echelle-Spektrograph (SES): Für das visuelle Licht kommt ein kompakter, stabiler und aktiv temperaturgesteuerter Echelle-Spektrograph zum Einsatz, der in einem Vakuumgefäß enthalten ist. Das Ziel dieses Spektrographen ist es, die Unsicherheit der instrumentellen Radialgeschwindigkeit auf 1–2 m/s zu reduzieren, während die volle Wellenlängenabdeckung und die hohe Effizienz des derzeitigen Aufbaus erhalten bleiben. Er wird im STELLA-Gebäude im Raum neben dem SES aufgestellt.

Zusätzlich entsteht ein ultraviolett-empfindlicher Spektrograph für Wellenlängen unter 450 Nanometern. Dieser soll neben anderen Linien in dieser Region die Untersuchung von Calcium H&K-Fraunhoferlinien ermöglichen, die als Indikatoren für die Aktivität von Sternen dienen. Um die Lichtverluste im Ultravioletten durch die optische Faser zu reduzieren, wird sie direkt am Teleskop angebracht.

Die Faserkopplung und die Korrekturoptik des Teleskops werden neugestaltet, um im ultravioletten Licht effizienter zu sein und zwei Strahlteiler zu ermöglichen, die das Licht auf drei separate optische Fasern für die drei Spektrographen aufteilen.

HIRES: DER HOCHAUFLÖSENDE SPEKTROGRAPH FÜR DAS ELT

Die Phase-A-Studie für einen hochauflösenden Spektrographen für das ELT wurde 2018 erfolgreich abgeschlossen. Das AIP trägt das polarimetrische Modul bei, das aufgrund seiner Lage im symmetrischen Zwischenfokus sehr präzise Beobachtungen von polarisiertem Licht ermöglichen soll. Aufgrund von Verzögerungen bei anderen Instrumentierungsprojekten für das ELT hat die Phase-B-Studie noch nicht begonnen. Neben der Fertigstellung des opto-mechanischen



*Montage der PEPSI-Polarimeter am LBT.
Mounting the PEPSI polarimeter on the LBT.*

Designs des polarimetrischen Frontends lag daher der Fokus auf der Entwicklung eines Werkzeugs zur Bestimmung der instrumentellen Polarisation großer Instrumente mit Anwendung auf das ELT. Dieses Werkzeug erlaubt es, Verformungen aufgrund der Schwerkraft oder Temperaturänderungen einzelner optischer Elemente in das optische Design zurück zu leiten, wo der Einfluss dieser Fehler auf das polarisierte Licht berechnet wird.

High-resolution spectrographs and polarimeters allow for the precise investigation of the composition of atmospheres of distant stars and planets. With PEPSI at the Large Binocular Telescope (LBT), AIP scientists have access to high-resolution spectropolarimetry on a 12-metre class telescope facility. The group is also designing a spectropolarimeter as part of the HIRES instrument for ESO's 39-metre Extremely Large Telescope (ELT), and is building and maintaining high-resolution spectrographs at AIP's STELLA facility on Tenerife.

PEPSI

In 2019 the last science demonstration observations were carried out with the PEPSI polarimeters. All modules of PEPSI are now in routine observations. PEPSI has been a facility instrument since February 2020 and can be used by all LBT partner institutes.

PEPSI SDI-POL: A POLARIMETER FOR THE SUN

Until recently, the solar disk integrated telescope (SDI) had only recorded integral light to obtain daily ultrahigh-resolution spectra

of the solar disk. Due to an extension of the LBT balcony, it is now possible to replace the compact SDI instrument with a small dome structure. The dome will house a small polarimeter that feeds polarised sunlight to the PEPSI spectrograph, making it possible to obtain full-disk spectra of all four Stokes parameters in the future. Instrument construction started in 2019 and will be completed 2020, as soon as the new balcony is finished.

PEPSI CCD CONTROLLER UPGRADE

An upgrade of the CCDs and its controllers to the latest generation should reduce noise in PEPSI CCD images even further. CCD control units were exchanged in 2019, a measure that included a change of the electronics inside the CCD dewars as well as the replacement and reprogramming of CCD readout electronics and software. These updates cut the readout noise of the two PEPSI cameras in half and allowed for a flexible binning mode, which further reduces noise in the two lower resolution modes of the spectrograph. The two CCDs will be upgraded in a second step scheduled for 2020.

STELLA – 2ND GENERATION SPECTROSCOPIC INSTRUMENTATION

To improve the efficiency in the UV and the accuracy of the radial velocity stability, the original STELLA Echelle spectrograph (SES) is supported by two new spectrographs: a compact, stabilised echelle spectrograph is being built for the visual light. Contained in a vacuum vessel and actively temperature controlled, the aim of this spectrograph is to reduce instrumental radial velocity

uncertainty to 1–2 m/s while keeping the full wavelength coverage and high efficiency of the current setup. It will be located in the STELLA support room next to the room that houses SES.

Additionally, a UV-sensitive spectrograph for wavelengths below 450 nm is being designed to allow the study of Calcium H&K indicators for stellar activity among other lines in that region. To reduce UV-light losses due to the optical fibre, it will be located directly at the telescope.

The fibre coupling and correction optics of the telescope will be redesigned to be more efficient in the UV, and to allow for two beam splitters that direct the light to three separate optical fibres for the three spectrographs.

HIRES: THE HIGH RESOLUTION SPECTROGRAPH FOR THE ELT

The phase A study for a high-resolution spectrograph for the ELT was successfully completed in 2018. AIP contributed the polarimetric module, an element that enables very precise observations of polarised light due to its location in the symmetric intermediate focus. Delays surrounding other instrumentation projects for the ELT have hindered the start of the phase B study. Besides completing the optomechanical design of the polarimetric front end, development of a tool to determine the instrumental polarisation of large instruments was carried out and applied to the ELT. This tool allows deformations on account of gravity or temperature changes to individual optical elements to be fed back into the optical design, where the impact of these imperfections on polarised light is calculated.



Arto Järvinen, Michael Weber, Ilya Ilyin, Igor di Varano, Jörg Weingrill, Thomas Granzer, Parikshit Biswas, Prachi Rahate, Klaus Strassmeier, Manfred Woche

AUSGEWÄHLTE PUBLIKATIONEN

SELECTED PUBLICATIONS

Di Varano, I. et al. (2018): **ELT-HIRES the high resolution spectrograph for the ELT: phase-A design of its polarimetric unit**, SPIE 10706, 107061Y

Di Varano, I., Yuan, S., Woche, M., Strassmeier, K. G., Weber, M. (2019): **ELT-HIRES the high-resolution spectrograph for the ELT: simulation results of polarimetric aberrations for the polarimetric module**, SPIE 11057, 1105715

Järvinen, A. et al. (2018): **GANS: a nighttime spectrograph for the GREGOR solar telescope**, SPIE 10702, 107026L

Sablowski, D. P., Järvinen, S., Ilyin, I., Strassmeier, K. G. (2019): **Carbon 12C/13C isotope ratio of α Aurigae revised**, Astronomy & Astrophysics 622, L11

Sablowski, D. P., Järvinen, S., Weber, M. (2019): **Spectangular: Disentangling variable spectra**, Astronomy & Astrophysics 623, A31

Strassmeier, K.G. et al. (2018): **Want a PEPSSI? Performance status of the recently commissioned high-resolution spectrograph and polarimeter for the 2x8.4m Large Binocular Telescope**, SPIE 10702, 1070212

Strassmeier, K. G., Ilyin, I., Steffen, M. (2018): **PEPSI deep spectra**, Astronomy & Astrophysics 612, A44

Strassmeier, K. G., Ilyin, I., Weber, M. (2018): **PEPSI deep spectra**, Astronomy & Astrophysics 612, A45

Weber, M., Strassmeier, K. G., Woche, M., Ilyin, I., Järvinen, A. (2018): **Radial velocity accuracy prediction of the GREGOR at night spectrograph based on simulated spectra**, SPIE 10705, 107051E

Woche, M., Di Varano, I., Strassmeier, K. G., Weber, M., Laux, U., Riva, M. (2018): **ELT-HIRES the high resolution spectrograph for the ELT: optical design studies for the polarimetric unit**, SPIE 10706, 1070653



*In der Kuppel von UT4 des Very Large Telescope strahlen die vier Laserguidesterne der Anlage für Adaptive Optik in den Himmel, während Beobachtungen mit dem MUSE-Instrument stattfinden, das auf der Nasmyth-Plattform installiert ist. Four laser guide stars of the Adaptive Optics Facility point from the UT4 dome of the Very Large Telescope into the sky during observations with the MUSE instrument mounted on the Nasmyth platform.
(Credits: Roland Bacon & ESO)*

3D- UND MULTI-OBJEKT-SPEKTROSKOPIE

3D AND MULTI-OBJECT SPECTROSCOPY

Die Methode der 3D- und Multi-Objekt-Spektroskopie (3DMOS) erlaubt Astronominen und Astronomen, Spektren für jeden Bildpunkt einer Teleskopaufnahme zu gewinnen. Das Team am AIP entwickelt innovative Forschungstechnologien, neue Instrumentierungen und Software in zwei Gebieten der Forschung und Entwicklung: 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, die Instrumente für große Observatorien, insbesondere für die Europäische Südsternwarte (ESO), bauen. Zusätzlich werden Studierende und junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in dieser Technologie ausgebildet.

DETAILREICHE SPEKTROSKOPIE MIT MUSE

Der Integralfeld-Spektrograph MUSE (Multi Unit Spectroscopic Explorer) wurde für das Very Large Telescope (VLT) der ESO entwickelt und ist eines der nachgefragtesten Instrumente am Paranal-Observatorium. In den letzten zwei Jahren wurden die Fähigkeiten von MUSE um den „Narrow-Field-Modus“ erweitert. Zusammen mit der Adaptiven Optik des VLT gleicht dieser Luftunruhen aus und ergibt so besonders detailreiche Aufnahmen. Eines der ersten so beobachteten Objekte war der Planet Neptun. Aus Potsdamer Sicht ein besonderer Himmelskörper: Im Jahre 1846 entdeckte Johann Gottfried Galle an der Berliner Sternwarte, einem Vorgängerinstitut des AIP, den Planeten am Rande unseres Sonnensystems. In den Jahren 2018 und 2019 leiteten AIP-Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter folgende wissenschaftliche Programme mit MUSE: Stellare Populationen in der Spiralgalaxie NGC 300, Wechselwirkungen von Gas und Sternen in der Antennengalaxie und die Durchmusterung eines extragalaktischen Feldes.

ENTWICKLUNG UND BAU VON 4MOST

Das 4-Meter Multi-Object Spectroscopic Telescope (4MOST) für das ESO-VISTA Teleskop soll Spektroskopie über ein großes

Gesichtsfeld ermöglichen. Die Beobachtungseinrichtung soll astronomischen Fragen der Galaktischen Archäologie, der Hochenergie-Astrophysik, der Entwicklung der Galaxien sowie der Kosmologie nachgehen. Zusätzlich wird 4MOST Millionen Spektren für die Satelliten-Missionen GAIA, eROSITA und Euclid beisteuern.

Das 4MOST-Projekt wird von einem europäisch-australischen Konsortium entwickelt und vom AIP geleitet. Die technischen Systeme im Bau beinhalten eine Weitfeld-Optik mit einem Gesichtsfeld von 4 Quadratgrad, was der Fläche von 20 Vollmonden am Himmel entspricht, einen Positionierer für über 2.400 Glasfasern, niedrig- und hochauflösende Spektrographen sowie Kalibrier-, Metrologie- und Nachführeinheiten. Zusätzlich wird Software entwickelt, um die wissenschaftlichen Himmelsdurchmusterungen und die Eigenschaften des Instruments zu simulieren.

MOSAIC FÜR DAS EXTREMELY LARGE TELESCOPE

Derzeit hat der Bau des Europäischen Extremely Large Telescope (ELT) mit einem 39 Meter großen Hauptspiegel für die bodengebundene europäische Astronomie Priorität. Das AIP beteiligte sich an der Entwicklung eines Konzeptdesigns für den ELT Multi-Objekt-Spektrographen MOSAIC. Das Institut steuert unter anderem das optische Fasersystem bei, welches die Fokalebene des Teleskops mit den optischen und Nahinfrarot-Spektrographen verbindet.

MOSAIC kombiniert bildgebende Methoden mit Multi-Objekt-Spektroskopie, um wissenschaftliche Ziele von der Beobachtung weit entfernter Galaxien und deren Entwicklung bis zur Erforschung aufgelöster Sternpopulationen in relativ nahen Galaxien zu verfolgen.

VERMESSUNG DER DUNKLEN ENERGIE MIT HETDEX

Das AIP beteiligt sich am Hobby-Eberly Telescope Dark Energy Experiment (HETDEX), mit dem die Verteilung von einer Million entfernter Galaxien vermessen werden soll, um die beschleunigte Ausdehnung des Kosmos durch die Wirkung der Dunklen Energie besser zu verstehen.

Das VIRUS-Instrument des Teleskops besitzt 75 vom AIP gebaute Glasfaserbündel und ebenso viele modulare Spektrographen. Dies ermöglicht die Gewinnung von 33.000 Spektren mit jeder Aufnahme des Nachthimmels.

PMAS AM CALAR-ALTO-OBSERVATORIUM

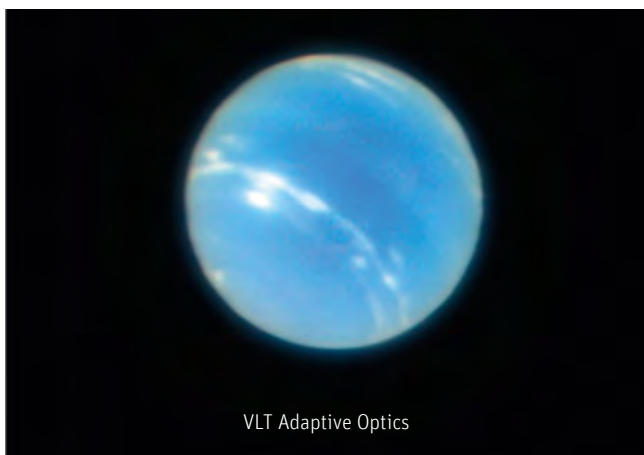
Der am AIP entwickelte Potsdam Multi-Apertur Spektrophotometer (PMAS) ist ein 3D-Spektrograph für den gesamten optischen Wellenlängenbereich am deutsch-spanischen Calar-Alto-3,5-Meter-Teleskop.

In der CALIFA (Calar Alto Legacy Integral Field Area) Durchmusterung wurden mit PMAS über 500 Galaxien räumlich und spektroskopisch vermessen und deren Struktur und Entwicklung untersucht. Ein anderes Projekt studierte die energiereiche UV-Strahlung von sogenannten „Green Pea“-Galaxien.

Zusätzlich wurde PMAS genutzt, um neue Astrophotonik-Technologien, entwickelt am Innovationszentrums innoFSPEC, zu testen.

TEAM 2018/19

Sam Barden, Oliver Franke, Dionne Haynes, Eloy Hernandez, Thomas Jahn, Maria Kegeler, Andreas Kelz (head), Jaagup Lember, Petra Nihsen, Sophie Penger, Johannes Piotrowski, Norberto Castro Rodríguez, Carlos Rodríguez, Sonja Sautter, Robin Schmidt, Ole Streicher, Tanya Urrutia, Peter Weilbacher, Roland Winkler, Florian Zscheyge



VLT Adaptive Optics



Hubble Space Telescope

Der Planet Neptun. Mit MUSE und Adaptiver Optik im Nahfeldmodus beobachtet, ist das Bild genauso scharf, wie mit dem Hubble Weltraumteleskop. Neptun wurde im Jahr 1846 an der Berliner Sternwarte entdeckt, einem Vorläufer des AIP. The planet Neptune, observed with MUSE and the adaptive optics facility of the VLT, yields an equally sharp image as with the Hubble Space Telescope. In 1846 Neptune was discovered at the Berlin observatory, a forerunner of AIP. (Credits: ESO/P. Weilbacher (AIP)/NASA, ESA, and M.H. Wong and J. Tollefson (UC Berkeley))

The 3D and multi-object spectroscopy (3DMOS) method allows astronomers to obtain spectra for each pixel of a telescope image. The eponymous section at AIP is dedicated to the development of innovative technologies, new instrumentation, and software tools in two areas of research and development: integral-field or 3D-spectroscopy (3DS) can map extended objects, such as nebulae, clusters and galaxies, while multi-object spectroscopy (MOS) is used to efficiently measure a large number of stars and galaxies, thus enabling huge surveys.

AIP engages in international consortia to build instruments for the European Southern Observatory (ESO) and other world-class facilities. In addition, the technological training of students and young scientists is an integral part of the programme.

DETAILED SPECTROSCOPY WITH MUSE

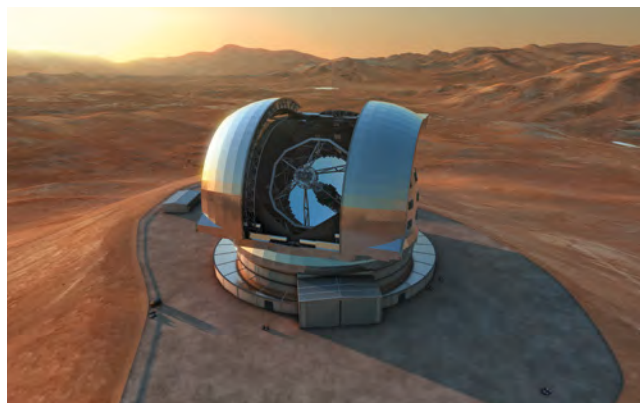
The integral field spectrograph MUSE (Multi Unit Spectroscopic Explorer) was developed for the ESO Very Large Telescope (VLT) and is one of the most sought-after instruments at the Paranal Observatory. In recent years, the capabilities of MUSE have been expanded to include the “narrow-field mode”, which, together with the adaptive optics of the VLT, allows the user to compensate for air turbulence and obtain particularly detailed images. One of the first objects thus observed was the planet Neptune, a special celestial body as far as Potsdam is concerned: Johann Gottfried Galle discovered the planet at the edge of our solar system in 1846 while at the Berlin Observatory, a forerunner of AIP.

During 2018/19, AIP staff continued to lead several scientific programmes with MUSE: Stellar populations of the spiral galaxy NGC 300, the interaction between gas and stars in the Antennae Galaxy, and a wide-field survey of extragalactic fields.

DEVELOPMENT AND MANUFACTURE OF 4MOST

The 4-metre Multi-Object Spectroscopic Telescope (4MOST) is being developed to enable high multiplex spectroscopy over a large field of view at the ESO-VISTA telescope. The main science drivers are galactic archaeology (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.

Design and construction of the 4MOST instrument is being carried out by a European-Australian consortium led by AIP. The technical subsystems include a wide-field optics to cover 4 square degrees,



Eine künstlerische Darstellung des Extremely Large Telescope (ELT) und seiner Kuppel. MOSAIC wird der zukünftige Multiobjekt-Spektrograph am ELT. Artist's impression of the ELT and its enclosure. MOSAIC will be the future Multi-Object Spectrograph for the ELT. (Credits: ESO)

which equates to the surface area of 20 full moons on the sky, a positioner for over 2,400 optical fibres, low- and high-resolution spectrographs, calibration, and metrology and guiding units. In addition, software is being developed to simulate the scientific surveys and the expected facility performance.

MOSAIC FOR THE EXTREMELY LARGE TELESCOPE

Development of the European Extremely Large Telescope (ELT) with a 39-metre primary mirror is a current priority for European ground-based astronomy. AIP participated in the concept study for a multi-object spectrograph (MOSAIC). Among other things, AIP provides 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 include the most distant galaxies, mass assembly, galaxy evolution, and resolved stellar populations in relative nearby galaxies.

MEASURING DARK ENERGY WITH HETDEX

AIP is participating in the Hobby-Eberly Telescope Dark Energy Experiment (HETDEX). The project aims to measure the three-dimensional distribution of one million distant galaxies and thus to study the accelerated expansion history of the cosmos.

The telescope's VIRUS instrument consists of 75 optical fibre bundles, built at AIP, and an equal number of spectrographs. Thus, in every exposure of the night sky, over 33,000 spectra can be recorded.

PMAS AT THE CALAR ALTO OBSERVATORY

The AIP-built Potsdam Multi-Aperture Spektrophotometer (PMAS) is a 3D spectrograph covering the entire optical wavelength



Peter Weilbacher, Tanya Urrutia, Petra Nihsen, Roland Winkler, Sonja Sautter, Thomas Jahn, Sophie Penger, Andreas Kelz, Eloy Hernandez, Ole Streicher

range at the German-Spanish Calar Alto Observatory's 3.5-metre telescope.

The CALIFA (Calar Alto Legacy Integral Field Area) survey spectroscopically mapped over 500 nearby galaxies to investigate galaxy structures and evolution. Another project studied the energetic UV photons emitted from so-called "green pea" galaxies.

PMAS has also been used for on-sky tests of astrophotonic technologies developed by innoFSPEC, a Potsdam-based research and innovation centre.

AUSGEWÄHLTE PUBLIKATIONEN

SELECTED PUBLICATIONS

Haynes, D. M. et al. (2018): **4MOST fibre feed: performance and final design**, SPIE 10702, 1070289

Hernandez, E., Roth, M. M., Kelz, A. (2018): **Analysis of mode excitation on different geometries of optical fibres for astronomical spectroscopy**, SPIE 10705, 107051k

Hill, G. J. et al. (2018): **VIRUS: status and performance of the massively replicated fiber integral field spectrograph for the upgraded Hobby-Eberly Telescope**, SPIE 10702, 107021k

Jagourel, P. et al. (2018): **MOSAIC: the ELT multi-object spectrograph**, SPIE 10702, 10702A4

Kamann, S. et al. (2018): **Cluster kinematics and stellar rotation in NGC 419 with MUSE and adaptive optics**, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 480, 1689

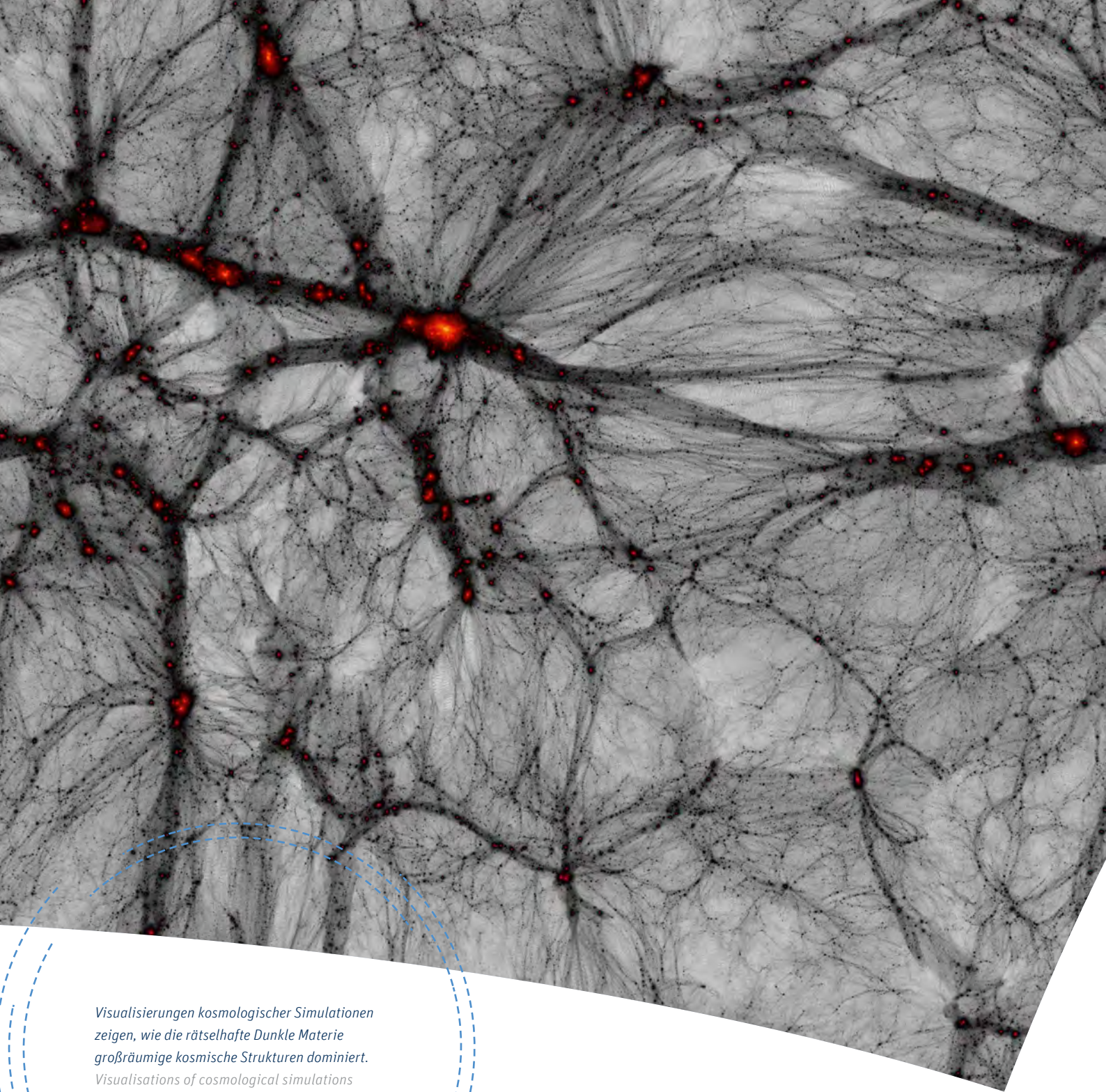
Monreal-Ibero A., Weilbacher P. M., Wendt M. (2018): **Diffuse interstellar bands $\lambda 5780$ and $\lambda 5797$ in the Antennae Galaxy as seen by MUSE**, Astronomy & Astrophysics 615, A33

Roth, M. M. et al. (2018): **MUSE crowded field 3D spectroscopy in NGC 300. I. First results from central fields**, Astronomy & Astrophysics 618, A3

Saviuk, A. et al. (2018): **Final design of optical fibre routing for 4MOST**, SPIE 10706, 107065Y

Weilbacher P. M. et al. (2018): **Lyman-continuum leakage as dominant source of diffuse ionized gas in the Antennae galaxy**, Astronomy & Astrophysics 611, A95

Winkler, R; Streicher, O; Frey, S; Bellido-Tirado, O; Haynes, D. (2018): **The 4MOST numerical instrument model: TOAD**, SPIE 10705, 1070524



Visualisierungen kosmologischer Simulationen zeigen, wie die rätselhafte Dunkle Materie großräumige kosmische Strukturen dominiert. Visualisations of cosmological simulations show how enigmatic dark matter dominates the cosmic large-scale structure. (Credits: AIP/A. Khalatyan)

SUPERCOMPUTING UND E-SCIENCE

SUPERCOMPUTING AND E-SCIENCE

Moderne Wissenschaft bedeutet vor allem den Umgang mit großen Datenmengen, die entsprechende wissenschaftliche Dienste und Infrastrukturen benötigen. In Kooperation mit den wissenschaftlichen Arbeitsgruppen und Projekten wird am AIP das FAIR-Prinzip sichergestellt, nach dem Arbeitsprozesse für die Verarbeitung und Veröffentlichung von Datensammlungen mit modernen Standards für Metadaten arbeiten und die Daten auffindbar, zugänglich, interoperabel und wiederverwendbar sind. Die Grundlage bilden kollaborative Arbeitsumgebungen, einschließlich effizienter Computing- und Speicherkapazitäten. Zusätzlich liegt ein Fokus auf der Entwicklung und Anwendung von Standards des Internationalen Virtuellen Observatoriums.

NATIONALE FORSCHUNGSDATENINFRASTRUKTUREN

Das AIP entwickelt zahlreiche Komponenten, die das Ökosystem von Diensten für die zukünftige Nationale Forschungsdateninfrastruktur (NFDI) bilden werden. Das Institut leitet das Astro@NFDI-Vorhaben, das von allen deutschen Astronomie-Instituten unterstützt wird.

COLLABORATIVE RESEARCH ENVIRONMENTS (CRE)

Für die Forschungskollaborationen, an denen AIP-Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler beteiligt sind, steht mit COLAB eine browserbasierte Umgebung bereit, die Zugang zu einer Fülle von im AIP vorhandenen Datensammlungen, Computer-Ressourcen und spezialisierten Arbeitsumgebungen bietet. Diese Umgebung wird durch eine Virtualisierungsschicht mit Hilfe der oVirt Software ermöglicht, die die institutseigenen Rechnerressourcen dafür effizient nutzbar macht.

Mit der COLAB-Umgebung gibt es nun ein Instrument, um „Code zu den Daten“ zu bringen, d.h. Nutzerinnen und Nutzer können ihre Analyse-Software ausführen, ohne zunächst die Daten auf ihre eigenen Computer laden zu müssen. Für die Entwicklung von wissenschaftlicher Software wird mit GitLab, GitLab-CI und Mattermost ein komplettes Sourcecode-Managementsystem angeboten, das neben Versionskontrolle viele Optionen für den Software-Entwicklungs-Workflow bietet. Zudem werden für spezialisierte Anforderungen auch eigene CRE entwickelt und gepflegt: CLUES für die Kosmologie, MUSEWIDE für die MUSE-Kollaboration und Gregor für die Beobachterinnen und Beobachter am Sonnenteleskop GREGOR.

SUPERCOMPUTING, SPEICHER AND VIRTUALISIERUNGS-INFRASTRUKTUR

Etwa 4 PB Speicherkapazität für wissenschaftliche Daten aus Beobachtungen und Simulationen, zwei Supercomputer-Cluster mit ca. 3000 Cores und mehrere Grafikprozessoren-Knoten (GPU-Nodes)

sowie eine wachsende Anzahl von Nodes für die virtuellen Maschinen sind über ein schnelles Infiniband-Netzwerk untereinander verbunden. Der Anschluss an das normale Institutsnetz wird über 10-GB-Leitungen realisiert. Die regelmäßige Aktualisierung von Betriebssystem, Virtualisierungssoftware und die Stabilisierung der Entwicklung der kollaborativen Arbeitsumgebungen sind dabei notwendige Arbeiten. Ein Teil der Hardware-Komponenten muss jährlich erneuert werden.

DATENPUBLIKATION UND VIRTUELLES OBSERVATORIUM (VO)

In den vergangenen zwei Jahren wurde die Software Daiquiri neu implementiert, ausgebaut und für Datenpublikationen und Datendienste genutzt. Die Datenveröffentlichungen (DR) beinhalten DR3 des Fotoplattenarchivs APPLAUSE, DR2 des Gaia-Satelliten (das AIP ist eines der 4 Partner-Datenzentren), DR1 des MUSEWIDE Survey und viele kleinere Datensammlungen. Die Daten sind sowohl über ein browserbasiertes SQL-Query-Interface bearbeitbar, als auch mit Programmen, die Standardprotokolle des Virtuellen Observatoriums verwenden. Alle publizierten Datensammlungen sind mit umfangreichen Metadaten versehen und haben registrierte DOI (Digital Object Identifiers), um sie leicht zitierbar zu machen. Der Standard des VO für Provenance von astronomischen Daten wurde unter wesentlicher Mitarbeit des AIP-Teams entwickelt und verabschiedet.

Neben der Aufbereitung der Daten und ihrer Publikation verbesserte das Team in Zusammenarbeit mit der wissenschaftlichen Community mit Hilfe der Kombination verschiedener Kataloge (Crossmatches) und der Entwicklung von gemeinsamen Anwendungen für Maschinelles Lernen die Nutzung der Beobachtungsdaten.

COMMUNITY- UND ÖFFENTLICHKEITSARBEIT

Das RDMO (Research Data Management Organiser) Projekt hat erheblichen Zuspruch gewonnen. Inzwischen nutzen mehr als 35 Institutionen (Universitätsbibliotheken, Landesprojekte, die Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Helmholtz-Zentren und Leibniz-Institute) die am AIP entwickelte Software als Bestandteil ihres Datenmanagements.

Das zweite Release des Betriebssystems Debian Astro Pure Blend erfolgte im Juli 2019. Es enthält mehr als 300 Software-Pakete von astronomischen Werkzeugen, einschließlich Astropy und sein Ökosystem von Paketen für Maschinelles Lernen, sowie klassische Pakete wie das Bildanalyse-Tool IRAF und die Software ESO-MIDAS. Debian Astro Pure Blend wird innerhalb der E-Science führend realisiert.

Das Pilotproject Virtual Reality (<https://vr.aip.de>) begann 2016 und fand auch beim IAU Symposium 334 im Juni 2017 erfolgreiche Anwendung. Die Teilnehmenden konnten, ausgestattet mit Virtual-Reality-Brillen, das Universum einer kosmologischen Computersimulation bereisen. Beim 18. Potsdamer Kongresspreis im März 2019 erhielt das Symposium einen Sonderpreis für seine innovative Technologie.

TEAM 2018/19

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

Above all, modern science means dealing with large amounts of data and having the right scientific services and infrastructure to accommodate that data is a must. AIP collaborates with scientific work groups and projects to ensure the FAIR principle, according to which work processes for the processing and publication of data collections use modern standards for meta data and that the data itself is findable, accessible, interoperable and reusable. Collaborative research environments, including efficient compute and storage facilities, are provided and developed. Another focus of this section is the development and application International Virtual Observatory standards.

NATIONAL RESEARCH DATA INFRASTRUCTURE

The Supercomputing and E-Science section develops a number of components that will form the eco-system of services for the future National Research Data Infrastructure (NFDI).

AIP is the lead institute for the Astro@NFDI endeavour, which is supported by all German astronomical institutes.

COLLABORATIVE RESEARCH ENVIRONMENTS (CRE)

Collaborations involving AIP scientists are provided with COLAB, a browser-based interface used to collect a variety of different kinds of data, compute resources, and customise work environments. This is enabled by a virtualisation layer based on oVirt software,

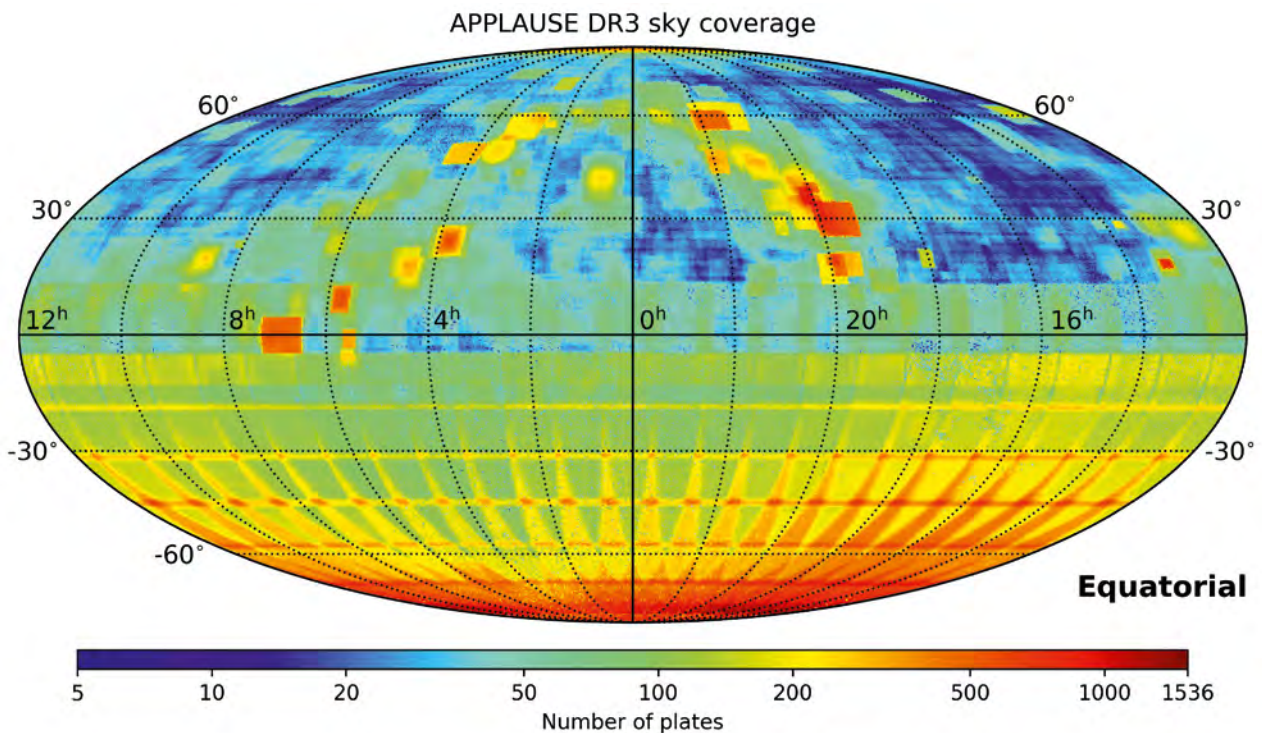
which provides efficient use of the institute's hardware resources. COLAB employs the "code to data" paradigm. Provision of GitLab, GitLab-CI, and Mattermost encompasses a complete source code management system for modern code development, offering version control along with a number of other options for various software development and workflow needs. Further, more specialised CRE include CLUES for cosmology, MUSEwise for the MUSE Collaboration, and Gregor for observers using the solar telescope GREGOR.

SUPERCOMPUTING, STORAGE, AND VIRTUALISATION INFRASTRUCTURE

Approximately 4 PB of storage capacity for scientific data from observation and simulation; two clusters with ~3,000 cores and a couple of GPU nodes; as well as a growing number of database and virtualisation nodes are connected via InfiniBand network. The link to the AIP backbone network is implemented with 10 GB switches. Both the operating system and the virtualisation software require regular updates, and developments such as collaborative environments require efforts to stabilise them. Parts of the underlying hardware resources need to be substituted on a yearly basis.

DATA PUBLICATION AND VIRTUAL OBSERVATORY (VO)

The past two years have seen the Daiquiri software implemented, extended and used for data publication and data services. Several



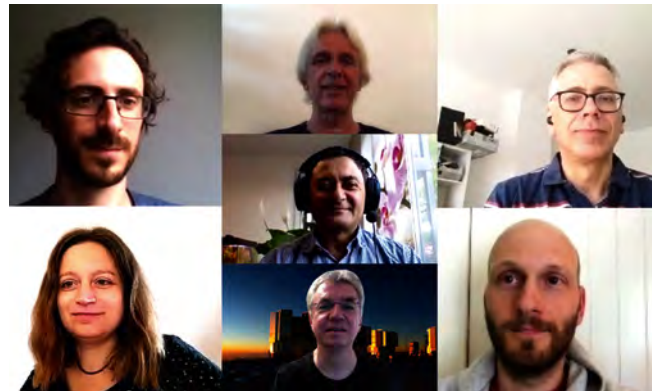
Diese Himmelskarte zeigt, wie der Himmel von den 2 Milliarden Katalog-Objekten von APPLAUSE, dem Digitalisierungsprojekt für astronomische Fotoplatten, abgedeckt wird. Die Farbe gibt die Anzahl der Platten für die jeweilige Himmelsregion an. This sky coverage map shows how much the sky is covered by the 2 billion catalogue objects of APPLAUSE, the digitisation project for astronomical photographic

data releases (DR) have been published within its framework, including the photographic plate archive APPLAUSE DR3, Gaia DR2 satellite data (AIP being one of 4 partner data centres), the MUSEWIDE survey, and many smaller data collections. The data can either be accessed by a browser based SQL query interface or via programmes using Virtual Observatory standards. All published data collections carry extensive metadata and have registered DOI (Digital Object Identifiers) to make them easily citable. The VO standard for provenance of astronomical data has been developed and finished with essential input from the E-Science section. Apart from curating and publishing data, and in collaboration with the scientific community, the team helped increase the use of data collections with the help of crossmatches and the application of machine learning methods.

COMMUNITY WORK AND OUTREACH

The RDMO (Research Data Management Organiser) project has gained considerable support. By now, around 35 institutions (university libraries, the Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Helmholtz centres, Leibniz institutes) use software developed by the E-Science section as a component of their data management.

The operating system Debian Astro Pure Blend published its second major release in July 2019. The new release features more than 300 software packages suitable for astronomy, including Astropy and its ecosystem and packages for machine learning. Classic packages such as the image processing tool IRAF or the



Yori Fournier, Harry Enke, Ole Streicher, Anastasia Galkin, Arman Khalatyan, Olaf Michaelis, Matthias Steinmetz

software ESO-MIDAS are also available. Debian Astro Pure Blend is mainly realised inside the E-Science section.

The pilot project Virtual Reality (<https://vr.aip.de>) was started in 2016 and successfully used at IAU Symposium 334 in June 2017. Equipped with virtual reality glasses, participants were able to travel through a universe generated by a cosmological computer simulation. The project received a special award at the 18th Potsdam Congress Award in March 2019 for its innovative technology.

AUSGEWÄHLTE PUBLIKATIONEN

SELECTED PUBLICATIONS

APPLAUSE Collaboration (2018): **The APPLAUSE Data Release 3**, <https://www.plate-archive.org/applause/>

Anders, F., Chiappini, C., Santiago, B. X., Matijević, G., Queiroz, A. B., Steinmetz, M., Guiglion, G. (2018): **Dissecting stellar chemical abundance space with t-SNE**, *Astronomy & Astrophysics* 619, A125

Anders, F.; A. et al. (2019): **Photo-astrometric distances, extinctions, and astrophysical parameters for Gaia DR2 stars brighter than G = 18**, *Astronomy & Astrophysics* 628, A94

Denker, C. et al. (2018): **High-cadence Imaging and Imaging Spectroscopy at the GREGOR Solar Telescope – A Collaborative Research Environment for High-resolution Solar Physics**, *The Astrophysical Journal Supplement Series* 236, 5

Helmi, A. et al., Gaia Collaboration (2018): **Gaia Data Release 2. Kinematics of globular clusters and dwarf galaxies around the Milky Way**, *Astronomy & Astrophysics* 616, A12

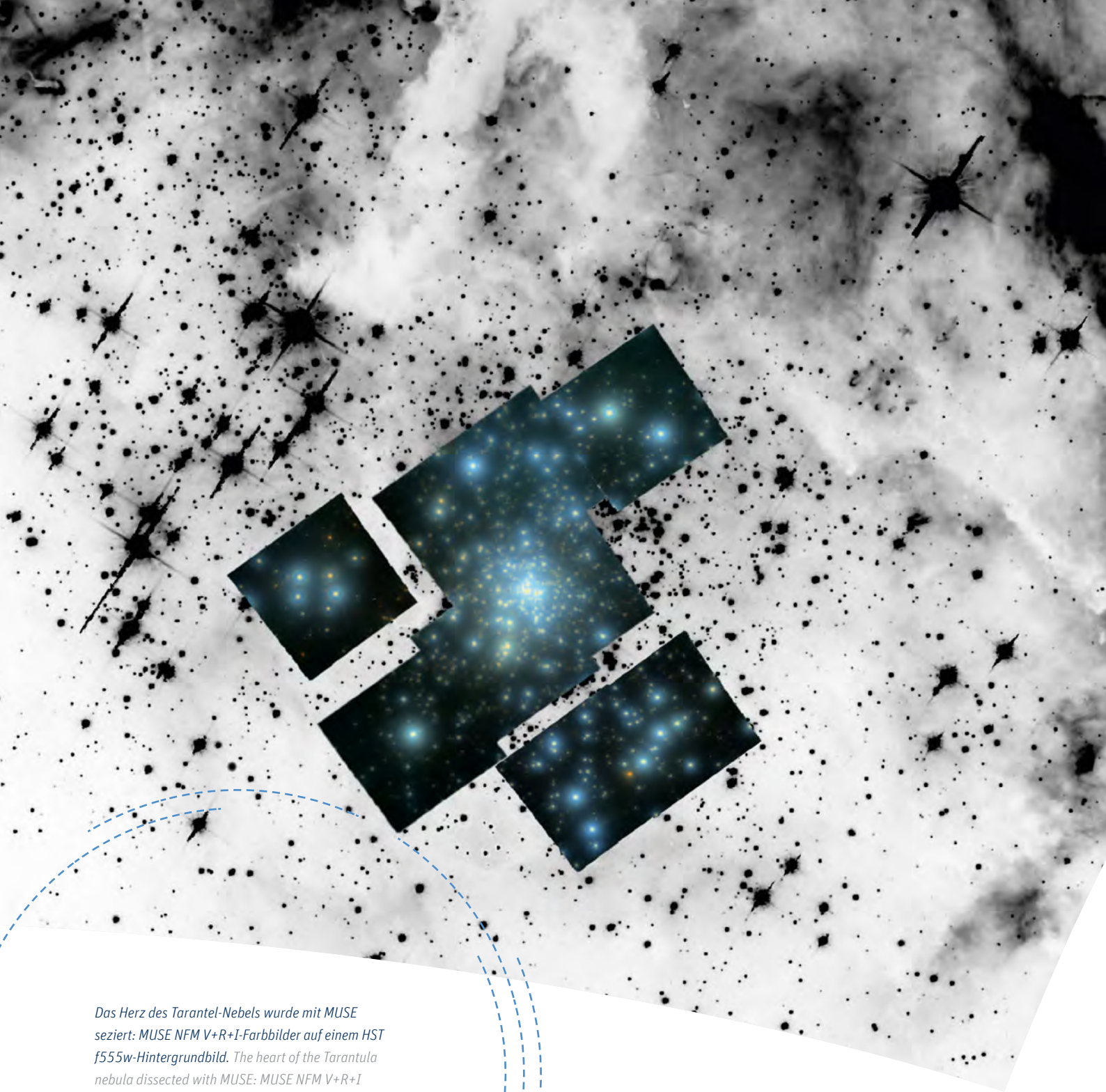
Heber, U. (Hrg.) (2019): **Large Surveys with Small Telescopes: Abstracts and Reader of the Conference Talks and Posters, Leibniz Institut für Astrophysik Potsdam (AIP)**, Dr. Reimis-Sternwarte Bamberg (FAU)

Minchev, I. et al. (2019): **Yule-Simpson's paradox in Galactic Archaeology**, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 487, 3946

Sakari, C. M. et al. (2018): **The R-Process Alliance: First Release from the Northern Search for r-process-enhanced Metal-poor Stars in the Galactic Halo**, *The Astrophysical Journal* 868, 110

Steinmetz, M., Zwitter, T., Matijević, G., Siviero, A., Munari, U. (2018): **A comparison between RAVE DR5 and Gaia DR2 Radial Velocities**, *Research Notes of the American Astronomical Society* 2, 194

Urrutia, T. et al. (2019): **The MUSE-Wide Survey: survey description and first data release**, *Astronomy & Astrophysics* 624, A141



*Das Herz des Tarantel-Nebels wurde mit MUSE
sezziert: MUSE NFM V+R+I-Farbbilder auf einem HST
f555w-Hintergrundbild. The heart of the Tarantula
nebula dissected with MUSE: MUSE NFM V+R+I
colour images on a HST f555w background image.
(Credits: AIP/P. Weilbacher, N. Castro and the
Hubble Tarantula Treasury Project)*

INNOFSPEC
INNOFSPEC

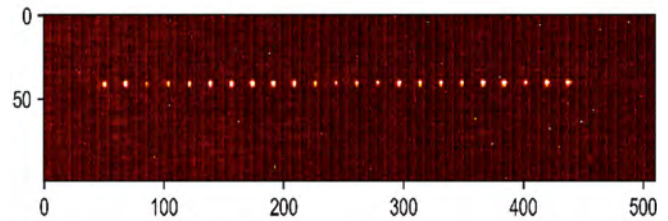
innoFSPEC Potsdam ist ein interdisziplinäres Innovationszentrum, gegründet 2008 als Joint Venture zwischen der Universität Potsdam (UP) und dem AIP. Das Zentrum wurde mit einer erheblichen Förderung aus dem Programm „Unternehmen Region“ des BMBF aufgebaut und arbeitet derzeit in einer zweiten Förderperiode von 2016 bis 2021. innoFSPEC basiert auf zwei Kerngruppen mit einer gemeinsamen Mission der Forschung und Entwicklung im Bereich der optischen Fasern, der fasergekoppelten Spektroskopie und der Sensorik: die Gruppe Angewandte Analytische Photonik am Institut für Chemie der UP und die Gruppe Astrophotonik am AIP. Insgesamt sieben Forschungsgruppen spezialisieren sich auf Themen der astronomischen Instrumentierung mit optischen Fasern und integrierter Photonik, auf physikalische Chemie und interdisziplinäre Forschung.

FREQUENZKÄMME

Die genaue Kalibrierung von hochauflösenden Spektrographen ist die Voraussetzung für die Messung der winzigen Dopplerverschiebungen, die von Exoplaneten auf Sternspektren induziert werden. Eine exakte Kalibrierung ist nur durch die Verwendung von Astrokämmen als Referenzquelle möglich geworden. Ein schlüsselfertiges Astrokammensystem im nahinfraroten und sichtbaren Licht befindet sich im Bau. Die Installation des VIS-Astrokamm für sichtbares Licht am STELLA Echelle-Spektrograph auf Teneriffa wird Ende 2020 bis Anfang 2021 erfolgen. Im Rahmen des ELT/MICADO-Projekts entwickelt innoFSPEC zusammen mit dem Max-Planck-Institut für Astronomie in Heidelberg eine Wellenlängen-Kalibrierungseinheit für das ELT-Instrument MICADO, die auf einem faserbasierten Fabry-Perot-Interferometer basiert.

STRAHLENKOMBINIERER FÜR DIE ASTRONOMIE

Unter Verwendung des ultraschnellen Laserbeschriftungsverfahrens wurde ein 4-Teleskop-Strahlkombinator erfolgreich durch Pupillen-Remapping am William-Herschel-Teleskop (WHT) demonstriert. Beim Pupillen-Remapping wird Licht von einzelnen Elementen des Primärspiegels des Teleskops in Wellenleiter eines Glas-Chips eingekoppelt und interferometrisch überlagert, ohne die räumlichen Koordinaten zu verlieren. Er entstand in Zusammenarbeit zwischen innoFSPEC, dem Institut für Photonik und



Das Licht des Sterns Vega, aufgenommen von der photonischen Komponente und einer empfindlichen Kamera im nahen Infrarot-Wellenlängenbereich am William-Herschel-Teleskop in La Palma, Spanien. Light from the star Vega, collected by photonic components and a sensitive camera in near infrared wavelengths at the William Herschel Telescope in La Palma, Spain. (Credits: Lucas Labadie Uni. Köln)

Nanotechnologie CNRIFN in Mailand und der Universität zu Köln. Nach dem Erfolg der H-Band-Demonstration befindet sich zusammen mit der Universität zu Köln und der Herriot-Watt-Universität ein K-Band-Strahlkombinator für das CHARA-Array in Entwicklung.

ADAPTIVE OPTIKEN

Um die Einkopplung von Sternenlicht aus der Brennebene des Teleskops in photonische Geräte zu optimieren, kann die Kombination von extrem adaptiver Optik (ExAO) und photonischen Laternen in einer Hybridlösung potenziell eine kostengünstige, einfache Lösung sein. Dazu stellte das Team von innoFSPEC verschiedene photonische Laternen her und untersuchte zusammen mit einem atmosphärischen Emulator und einem AO-System die Kopplungsabhängigkeit von Turbulenzen für Fasern mit unterschiedlichen Kerndurchmessern sowie verschiedenen Teleskopgrößen. Unter Ausnutzung der Tatsache, dass der Fokusfleck nahe der Beugungsgrenze unabhängig von der Teleskopöffnung ist, werden auch Pseudospalte mit Hilfe von Photonenlaternen entwickelt.

POTSDAM ARRAYED-WAVEGUIDE-SPEKTROGRAPH

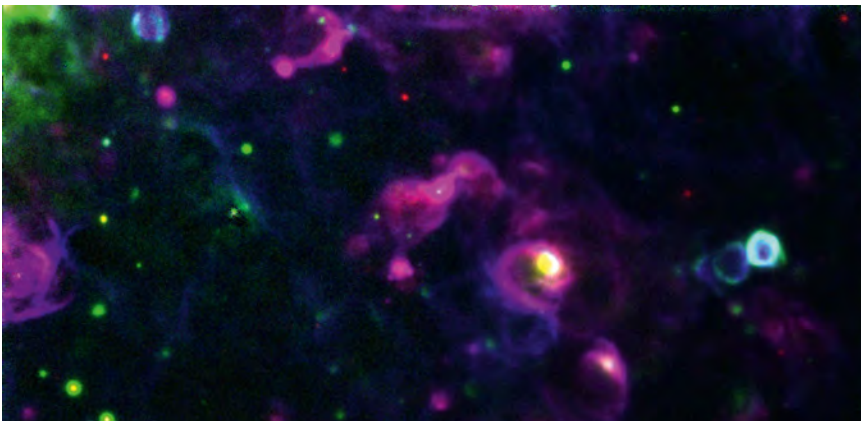
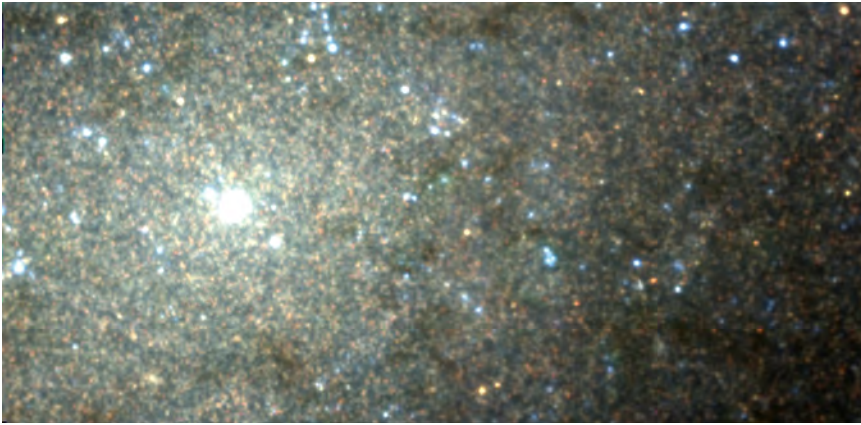
Arrayed-Waveguide-Gratings sind photonische Chips, die wie ein Prisma funktionieren und somit das einfallende Licht nach Wellenlängen auffächern. Nach der erfolgreichen qualitativen und quantitativen Bewertung dieser Gitter im Labor sind diese nun das Herzstück des ersten seiner Art, der für die Astronomie entwickelt wird, des Potsdam Arrayed-Waveguide-Spektrographen. Eine weitere Forschungslinie konzentriert sich auf photonische Echelle-Gitter mit erfolgreichen Komponenten der ersten Generation. Die Vision vom optischen Instrument auf einem Chip könnte einen Paradigmenwechsel in der astronomischen Instrumentierung auslösen, da die leichtgewichtigen programmierbaren Geräte gleichzeitig überlegene Funktionalitäten und größere Robustheit bieten.

OH-UNTERDRÜCKUNG MIT FASER-BRAGG-GITTERN

Das OH-Molekül entsteht durch die Wechselwirkung zwischen Ozon und Wasserstoff in der oberen Atmosphäre. Himmelsemissionen aus der Erdatmosphäre sind tausendfach heller als Sternenlicht und stören die Beobachtung durch bodengebundene Teleskope. Ein optischer OH-Unterdrückungsfilter wird dringend benötigt, um diese hellen atmosphärischen OH-Emissionslinien im nahen Infrarot

TEAM 2018/19

Syed Aslam Ahmed, Adnan Baig, Rafael Luiz Bernardi, Daniel Bodenmüller, Norberto Castro Rodriguez, Jose Manuel Chavez-Boggio, Mitali Damle, John Davenport, Momen Diab, Aline Dinkelaker, Alan Günther, Eloy Hernandez, Kalaga Madhav, Vadim Makan, Ettore Pedretti, Abani Shankar Nayak, Abhishrutha Raghavendra, Aashia Rahman, Martin Matthias Roth (head), Elmar Schmäzlin, Andreas Stoll, Tanya Urrutia, Yu Wang



Ein Blick auf die drei zentralen MUSE-Felder in der Spiralgalaxie NGC 300. Oberes Feld: MUSE-Farbbild. Untere Tafel, ISM-Farbbild in den gleichen zentralen Feldern basierend auf MUSE-Emissionslinienfiltern. A view of the three central MUSE fields in the spiral galaxy NGC 300. Top panel: MUSE colour image. Bottom panel: ISM colour image in the same central fields based on MUSE emission line filters. (Credits: AIP/P. Weilbacher)

zu entfernen, bevor sie das Instrument erreichen. innoFSPEC und Partner haben bereits gezeigt, dass aperiodische Faser-Bragg-Gitter 100 Spektrallinien auf einmal effizient herausfiltern können. Diese Gitter funktionieren wie ein Spiegel, der nur eine Lichtfarbe reflektiert, aber für jede andere Farbe völlig transparent ist. Faser-Bragg-Gitter reflektieren Wellenlängen, die vom Himmel emittiert werden, übertragen aber Sternenlicht. Solche Gitter können in optischen Fasern durch sorgfältige Kontrolle der Komplexität der Gitter entweder durch den Entwurf einer komplexen aperiodischen Phasenmaske, eines „Lauflicht“-Interferometers oder durch punktweise Laserbeschriftung gebildet werden. Erstere wurden in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik in Jena hergestellt.

WEITERENTWICKLUNG VON INFRAROTSPEKTROGRAPHEN

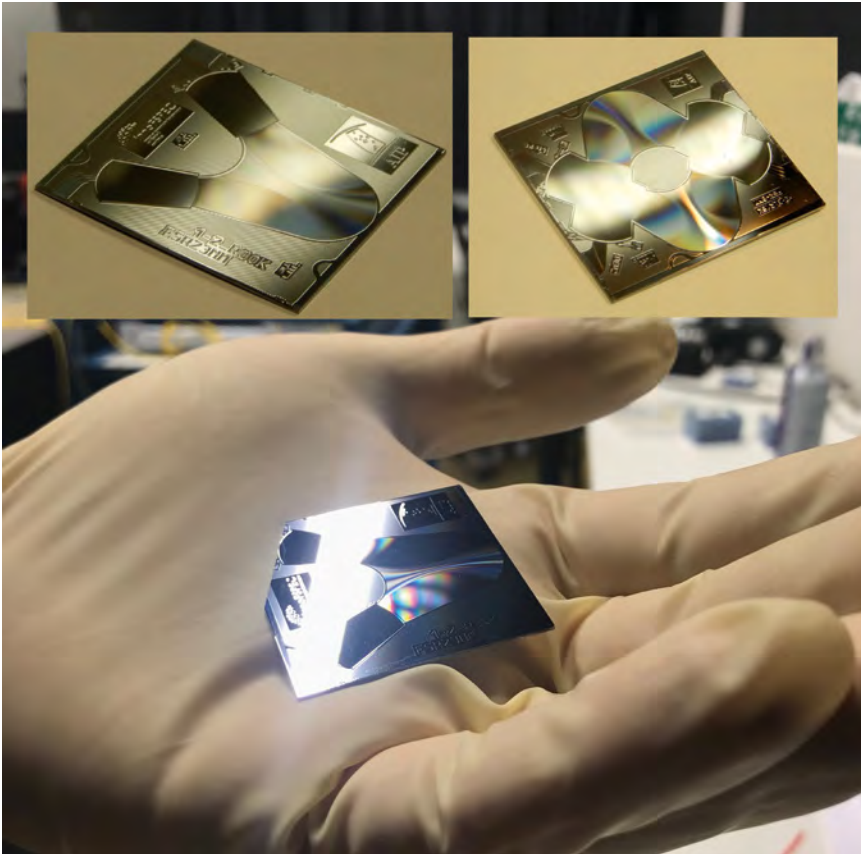
J- und H-Band-Spektrographen arbeiten bei bestimmten Wellenlängen im Infrarot und zeichnen die Wellenlängeninformation im Sternenlicht auf. InnoFSPEC arbeitet mit Partnern in Australien zusammen, um einen speziellen rauscharmen J- und H-Band-Spektrographen mit hohem Durchsatz sowie eine zugehörige Faser-speisungs- und Teleskop-Voroptikeinheit zu bauen, um das volle Potenzial von Faser-Bragg-Gittern zur atmosphärischen OH-Unterdrückung am Teleskop zu bestimmen. Um dies zu erreichen, ist ein Test des Instruments am VLT geplant.

VON DER ASTROPHYSIK ZUR MEDIZIN

Proben, wie zum Beispiel Hautzellen oder Chemikalien, erzeugen bei der Bestrahlung mit einem Laser gestreute Raman-Linien, die ähnlich einem Fingerabdruck zu Diagnosezwecken geeignet sind. Diese charakteristischen Raman-Linien sind sehr schwach und in der hellen, darunter liegenden Emission vergraben. Das HYPERAM-Projekt verwendet einen astronomischen Spektrographen und die in der Astronomie verwendete „Nod and Shuffle“-Methode, die mit zeitlichen und räumlichen Fluktuationen arbeitet, kombiniert mit bildgebender Raman-Spektroskopie zur Krebsfrüherkennung. Diese Verbesserung ermöglicht es, sowohl helle Probenfluoreszenz als auch Umgebungslicht zu entfernen. Die Pseudo-Farbbilder von einer Aspirin- und einer Paracetamol-Tablette wurden aus den völlig hintergrundfreien Raman-Spektren aufgenommen und zeigen die jeweiligen Positionen der chemischen Substanzen an. Die Spektren der beiden Tabletten sind auch bei eingeschaltetem Raumlicht getrennt. Die Neonröhrenlinien sind vollständig eliminiert.

STERNPOPULATIONEN IN NGC 300

Obwohl die Photonik-Forschung ein sehr spezielles Gebiet der Instrumentierung ist, betreibt innoFSPEC auch Forschung in der Grundlagenastronomie. MUSE-Weitfeldbelichtungen in der Galaxie NGC 300 lieferten Informationen über beispiellose Details ihrer Sterne und des interstellaren Mediums (ISM). Die einzigartigen Fähigkeiten von MUSE können die Sternentwicklung untersuchen,



Arrayed-Waveguide-Gitter vor der Integration in einen Spektrographen. Arrayed Waveguide Grating ready for integration into a compact spectrograph. (Credits: AIP/K. Madhav)

Bewegungen erforschen und die Geschichte von NGC 300 auf der Grundlage von Supernova-Überresten, planetarischen Nebeln und Emissionssternen ergründen. Der 2018 in Betrieb genommene Nahfeld-Modus von MUSE hat die vollständigste spektroskopische Zählung massereicher Sterne ermöglicht und das ISM im Kern des Tarantelnebels charakterisiert. In neun MUSE-Feldern wurde der massereichste Stern im Zentrum des Sternhaufens mit einer räumlichen Auflösung ähnlich dem Hubble-Weltraumteleskop spektroskopisch abgebildet – MUSE offenbart so das Herz des Tarantel-Nebels.

inoFSPEC Potsdam is an interdisciplinary innovation centre founded in 2008 as a joint venture between the University of Potsdam (UP) and AIP. The centre was established with a substantial grant from the Unternehmen Region programme of the Federal Ministry of Education and Research and is currently operating in a second period of funding from 2016 to 2021. inoFSPEC is based on two core groups with a shared mission of research and development in the area of optical fibres, fibre-coupled spectroscopy, and sensing: the Applied Analytical Photonics Group at the Institute of Chemistry of the UP and the Astrophotonics group at AIP. A total of seven research groups specialise on topics for astronomical instrumentation with optical fibres and integrated photonics, on physical chemistry, and interdisciplinary research.

ASTROCOMBS

Accurate calibration of high-resolution spectrographs is a prerequisite for measuring the tiny Doppler shifts induced by exoplanets on stellar spectra. An exact calibration has only become possible through the use of astrocombs as reference sources. A near-infrared and visible-light astrocomb “turn-key” system is being built. The VIS astrocomb for visible light will be deployed at the STELLA Echelle Spectrograph on Tenerife from late 2020 to early 2021. As part of the ELT/MICADO project, and in tandem with the Max Planck Institute for Astronomy in Heidelberg, inoFSPEC is developing a wavelength calibration unit for the MICADO long-slit spectrometer based on the fibre-based Fabry-Pérot interferometer.

BEAM COMBINERS FOR ASTRONOMY

Using an ultrafast laser inscription process, a four-telescope beam combiner – fabricated as part of a collaborative effort between inoFSPEC, CNR-IFN in Milan, and the University of Cologne (UoC) – was successfully demonstrated by pupil remapping at the William Herschel Telescope (WHT). Pupil remapping is the process of rearranging and matching one-to-one specific elements of the telescope’s primary mirror to waveguides inside the glass chip without losing the spatial coordinates. Following the success of H-band demonstration, a K-band beam combiner for the CHARA array is being co-developed with UoC and Herriot-Watt University.

ADAPTIVE OPTICS

A hybrid solution that combines extreme adaptive optics (ExAO) and photonic lanterns could be a simple, inexpensive option for optimising the coupling of starlight from the focal plane of a telescope. Various photonic lanterns were fabricated, and – along with an atmospheric emulator and an AO system – coupling dependency on turbulence for single- and few-mode fibres and different telescope sizes was explored. Exploiting the fact that near the diffraction limit, the focus spot is independent of the telescope aperture, innoFSPEC is also developing pseudo slits using photonic lanterns.

POTSDAM ARRAYED WAVEGUIDE SPECTROGRAPH

Arrayed waveguide gratings are photonic chips that function like a prism and thus split up incident light by wavelength. Following successful qualitative and quantitative evaluation of these gratings in the laboratory, this device is now at the heart Potsdam Arrayed Waveguide Spectrograph, the first of its kind being developed for astronomy. Another line of research focuses on photonic echelle gratings with successful first-generation components. The notion of an “instrument-on-a-chip” may spark a paradigm shift in astronomical instrumentation, as the lightweight and programmable devices simultaneously provide superior functionality and greater robustness.

OH SUPPRESSION FIBRE BRAGG GRATINGS

The OH molecule is formed by the interaction between ozone and hydrogen in the upper atmosphere. Sky emissions from the Earth’s

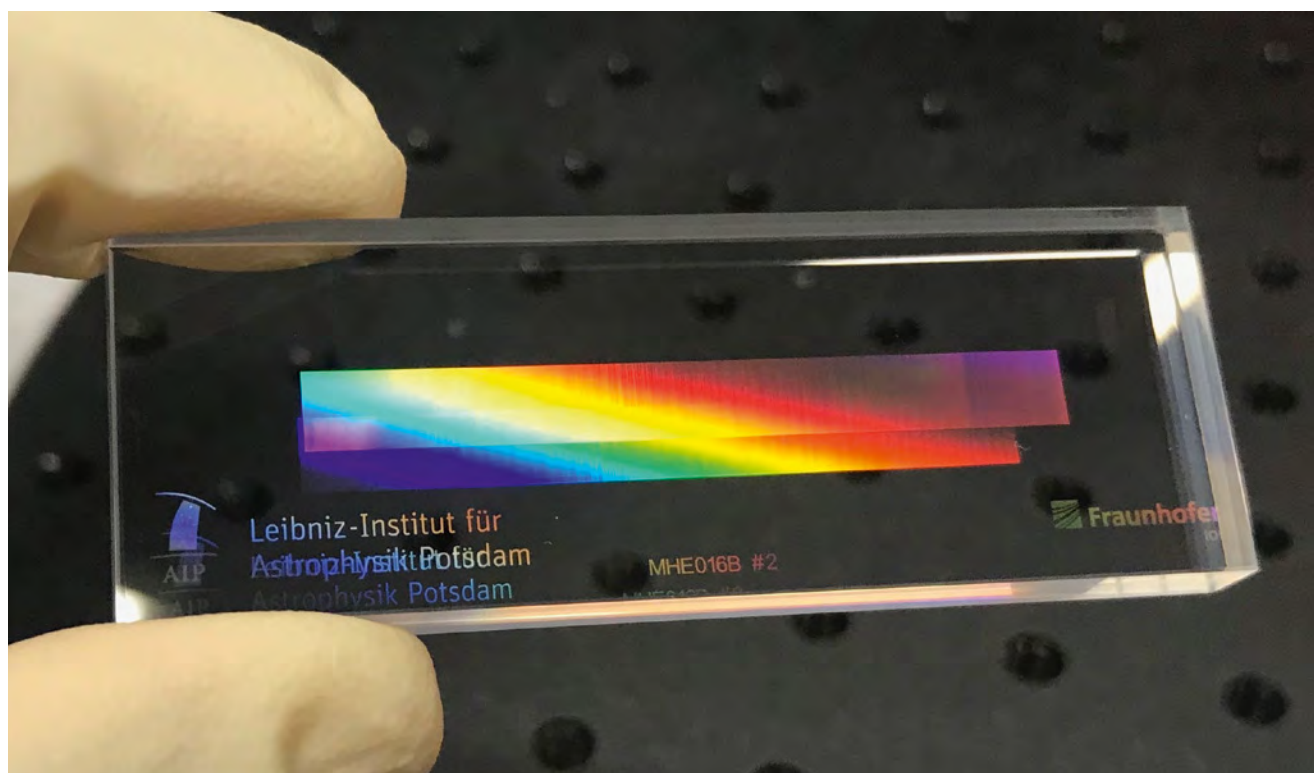
atmosphere are 1,000 times brighter than starlight and interfere with ground-based observation. An optical OH suppression filter is urgently needed to remove these bright atmospheric OH emission lines in near-infrared before they reach the instrument. innoFSPEC and partners have previously demonstrated that aperiodic fibre Bragg gratings can efficiently filter out 100 spectral lines at once. These gratings function like a mirror that reflects only one colour of light, but is completely transparent for any other colour. Fibre Bragg gratings reflect wavelengths emitted from the sky, but transmit starlight. Such gratings can be formed in optical fibres by carefully controlling the complexity of gratings either by designing a complex aperiodic phase mask, a “running-light” interferometer, or through point-by-point laser inscription. The former were fabricated through a collaboration with the Fraunhofer Institute for Applied Optics and Precision Engineering IOF in Jena.

INFRARED SPECTROGRAPHS

J and H band spectrographs work in specific wavelengths in infrared, and record the wavelength information in starlight. A collaboration with partners in Australia aims to build a dedicated high-throughput, low-noise J & H-band spectrograph as well as an associated fibre feed and telescope fore-optics unit to determine the full potential of fibre Bragg gratings for atmospheric OH suppression at the telescope. The instrument is to be tested at the VLT.

FROM ASTROPHYSICS TO MEDICINE

Samples – skin cells or chemicals, for example – create scattered “finger-print” Raman lines when irradiated with a laser. These



Komplexe aperiodische Phasenmasken, entworfen von innoFSPEC und hergestellt vom Fraunhofer IOF. Complex aperiodic phase masks designed by innoFSPEC and manufactured by Fraunhofer IOF.

characteristic Raman lines can then be analysed for diagnostics. They are very faint however and become obscured by the bright, underlying emission. The HYPERAM project uses an astronomical spectrograph and the “nod-and-shuffle” method used in astronomy, which works in the presence of temporal and spatial fluctuations, in combination with imaging Raman spectroscopy for early cancer detection. This enhancement allows for the removal of bright sample fluorescence as well as ambient light. Pseudo colour images of an aspirin- and a paracetamol tablet were obtained from the completely background-free Raman spectra and indicate the respective positions of the chemical agents. The spectra of the two tablets are separated even when the room light had been switched on. The neon tube lines are fully eliminated.

STELLAR POPULATIONS IN NGC 300

Although photonics research is a very specialised area of instrumentation, innoFSPEC also conducts research in fundamental astronomy. MUSE’s wide-field-mode exposures of the galaxy NGC 300 have provided information in unprecedented detail on its stars and the interstellar medium (ISM). The unique capabilities of MUSE enable the study of the stellar evolution, the exploration of the stellar and ISM kinematics, and the framing of the history of NGC 300 based on supernova remnants, planetary nebulae, and emission stars. MUSE’s narrow-field-mode, commissioned in 2018, has provided the most complete spectroscopic census of massive stars and characterised the ISM in the core of the Tarantula Nebula. In nine MUSE fields, the most massive stars in



Khalaga Madhav, Martin Roth, Sonja Sautter, Aashia Rahman, Norberto Castro Rodriguez, Aline Dinkelaker, Rafael Luiz Bernardi, Tanya Urrutia, John Davenport, Eloy Hernandez, Elmar Schmälzlin, Daniel Bodenmüller, Abani Shankar Nayak, Andreas Stoll, Abhishrutha Raghavendra, Alyssa Valerie Mayer, Alan Günther

the centre of the cluster have been spectroscopically mapped with a spatial resolution akin to the Hubble Space Telescope – the heart of the Tarantula Nebula has thus been uncovered with MUSE.

AUSGEWÄHLTE PUBLIKATIONEN

SELECTED PUBLICATIONS

Diab, M., Minardi, S. (2019): **Modal analysis using photonic lanterns coupled to arrays of waveguides**, *Optics Letters* 44, 1718

Ellis, S. C. et al. (2020): **First demonstration of OH suppression in a high-efficiency near-infrared spectrograph**, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 492, 2796

Giesers, B. et al. (2018): **A detached stellar-mass black hole candidate in the globular cluster NGC 3201**, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society Letters* 475, L15

Roth, M.M., Weilbacher, P.M., Castro, N. (2019): **Resolving stellar populations with integral field spectroscopy**, *Astronomische Nachrichten*, 340, 989

Micheva, G., Herenz, C., E., Roth, M. M., Östlin, G., Girichidis, P. (2019): **IFU investigation of possible Lyman continuum escape from Mrk 71/NGC 2366**, *Astronomy & Astrophysics* 623, A145

Moralejo, B., Schmälzlin, E., Bodenmüller, D., Fechner, T., Roth, M. M. (2017): **Improving the frame rates of Raman image sequences recorded with integral field spectroscopy using windowing and binning methods**, *Journal of Raman Spectroscopy* 49, 372

Roth, M. M. et al. (2018): **MUSE crowded field 3D spectroscopy in NGC 300**, *Astronomy & Astrophysics* 618, A3

Schmälzlin, E., Moralejo, B., Gersonde, I., Schleusener, J., Darvin, M. E., Thiede, G., Roth, M. M. (2018): **Nonscanning large-area Raman imaging for ex vivo/in vivo skin cancer discrimination**, *Journal of Biomedical Optics* 23, 1

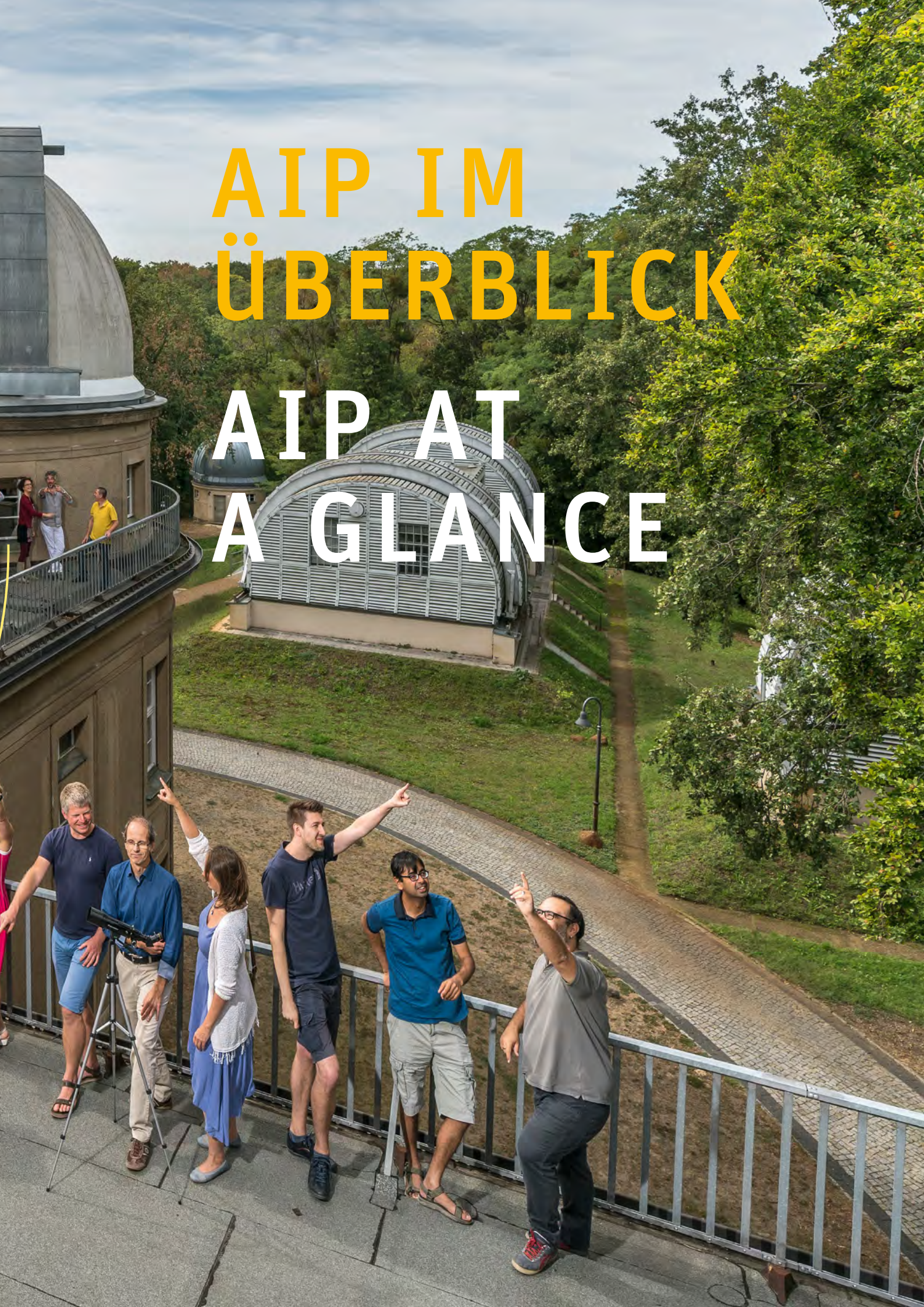
Stoll, A., Zhang, Z., Sun, K., Madhav, K., Fiebrandt, J., Roth, M. M. (2019): **Cross-dispersed in-fibre spectrometer based on helix core bundle**, *Journal of Modern Optics* 66, 829

Weilbacher, P. M. et al. (2018): **Lyman-continuum leakage as dominant source of diffuse ionized gas in the Antennae galaxy**, *Astronomy & Astrophysics* 611, A95



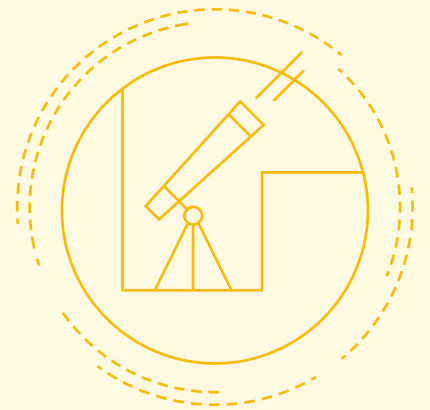
AIP IM
ÜBERBLICK

AIP AT
A GLANCE



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

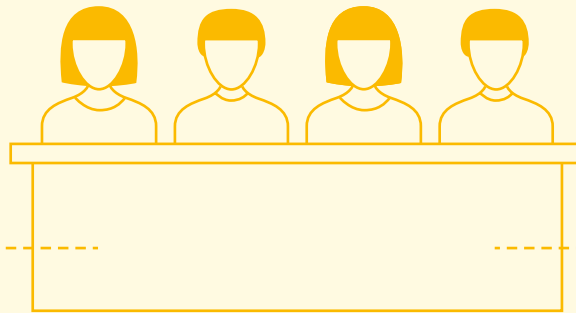
THE LEIBNIZ INSTITUTE FOR ASTROPHYSICS POTSDAM (AIP) AT A GLANCE



Aufsichtsgremien
Supervisory bodies

KURATORIUM
BOARD OF TRUSTEES

♀ 1 ♂ 3



WISSENSCHAFTLICHER
BEIRAT
SCIENCE ADVISORY
BOARD

♀ 4 ♂ 4

Gesamtbudget
Total budget

18,5 MIO.
EURO

Drittmittelinwerbungen
Third-party funding

8,1 MIO.
EURO



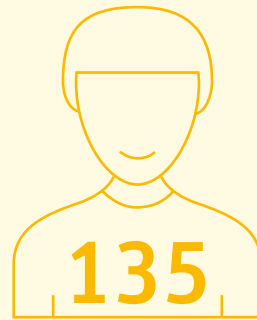
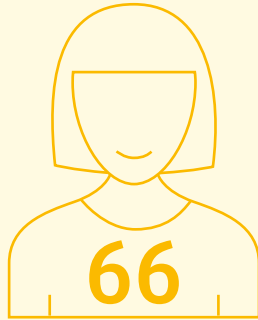
Besucherinnen und Besucher öffentlicher Veranstaltungen
Guests at public events



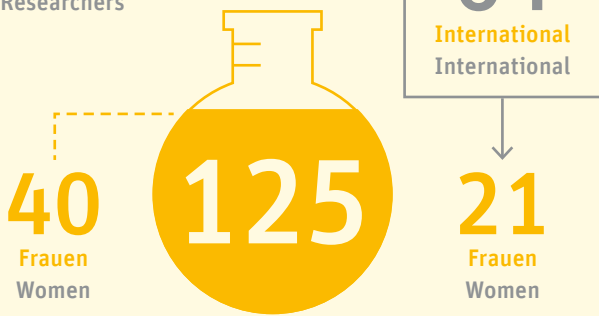
5.000

Gesamtpersonal
Total staff

201

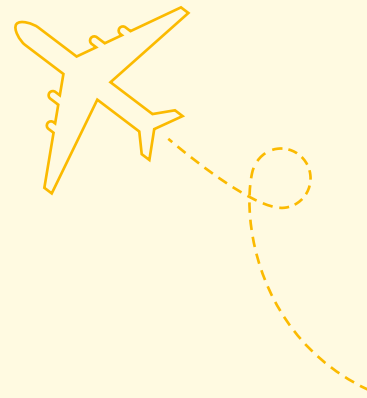


Wissenschaftlerinnen
und Wissenschaftler
Researchers

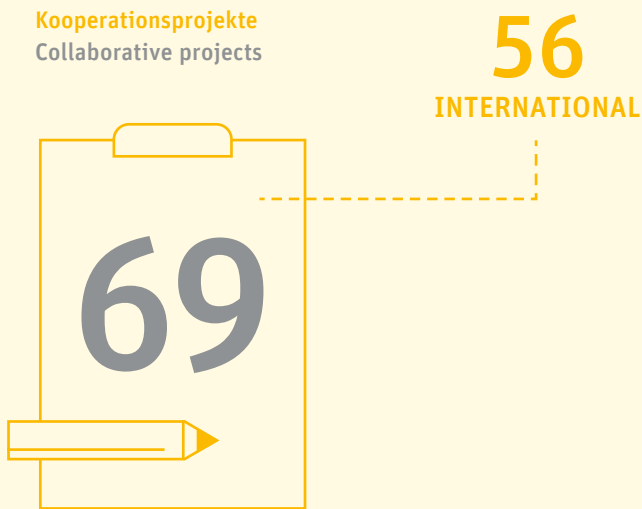


Gastwissenschaftlerinnen
und Gastwissenschaftler
Guest researchers

80



Kooperationsprojekte
Collaborative projects



Publikationen
Publications

350



Stipendiatinnen und Stipendiaten
Fellows



Medienberichte
Media reports



185





*Blick auf die Westkuppel des Humboldt-
hauses auf dem AIP-Campus in Potsdam-
Babelsberg. View of the western dome
of the Humboldthaus at the AIP Campus
in Potsdam Babelsberg. (Credit: AIP)*

**CAMPUS
POTSDAM-BABELSBERG**

**CAMPUS
POTSDAM-BABELSBERG**

Auf dem Forschungscampus des AIP kann in wenigen Schritten eine Zeitreise durch die Astronomiegeschichte vom Beginn des letzten Jahrhunderts an unternommen werden.

Das heutige Humboldthaus war ab 1913 neuer Sitz der Berliner Sternwarte, die aus der immer größer werdenden Großstadt unter den damals noch ungestörten Babelsberger Nachthimmel zog. Das im Original erhaltene Linsenteleskop vermittelt einen authentischen Eindruck von den Arbeitsbedingungen der Astronomie zu Beginn des 20. Jahrhunderts. Heute forschen im Humboldthaus Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Bereichs Kosmische Magnetfelder.

In direkter Nachbarschaft stehen die Meridianhäuser, die früher der Messung von Sternendurchgängen für eine exakte Zeit- und Positionsbestimmung dienten.

Aus dem heutigen Medien- und Kommunikationszentrum steuert das AIP robotische Teleskope auf Teneriffa und Datenströme laufen dort zusammen. Im 3D-Kino im Untergeschoss vermitteln kosmologische Simulationen Besucherinnen und Besuchern anschaulich astronomische Forschung.

In der ehemaligen Direktorenvilla sowie im Pförtnerhaus arbeiten heute Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Verwaltung. Auch das heutige Bibliotheksgebäude, 1922 errichtet, gehört zum historischen Teil des Forschungscampus, der in die UNESCO-Welterbestätte Park Babelsberg eingebettet ist. Einst befand sich darin ein Spiegelteleskop, seit 2002 ist die Bibliothek hier untergebracht.

Im Schwarzschild- und im Leibnizhaus, den beiden modernsten Gebäuden, befinden sich Arbeitsplätze für die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Bereichs Extragalaktische Astrophysik, den Vorstand, die Forschungstechnik, das Projektmanagement, die IT, sowie das innoFSPEC-Team. Zudem sind hier Hochleistungscomputer, Werkstätten und zwei Integrationshallen untergebracht.

Der Campus Babelsberg ist damit nicht nur ein Ort der Wissenschaftsgeschichte des 20. Jahrhunderts. Menschen aus aller Welt erforschen heute von hier aus mittels modernster Forschungsinfrastruktur die größten Skalen sowie den Ursprung, die Bestandteile und das Schicksal des Universums als Ganzes.

A short walk through the AIP research campus offers visitors a journey through the history of astronomy, starting with the beginning of the last century.

In 1913, today's Humboldthaus became the to the Berlin Observatory, which had moved from the ever growing metropolis to its current location under the then undisturbed Babelsberg night sky. Its originally preserved lenticular telescope gives an authentic impression of the working conditions in astronomy at the beginning of the 20th century. The building now serves as a workplace for scientists from the Cosmic Magnetic Fields section.

Next to the Humboldthaus are the meridian houses, from which the passages of stars for exact time and position determination

were measured. Today, they host AIP's media and communication centre, where robotic telescopes on Tenerife are remotely controlled and data streams converge. A 3D cinema in the building's basement projects cosmological simulations, offering visitors a vivid demonstration of astronomical research.

The former director's villa and porter's lodge now accommodate the administrative staff. Today's library building, built in 1922, is also part of the historical area of the research campus, which is embedded in the UNESCO World Heritage Babelsberg park landscape. Once housing a reflecting telescope, the building now hosts the library's partly historical collections.

The modern buildings Schwarzschildhaus and Leibnizhaus host the Extragalactic Astrophysics research area, the executive board, the technical section, project management, IT services, and the innoFSPEC team. High-performance computers, workshops, and two integration halls are also situated here.

Thus the Babelsberg campus is more than just a place where 20th century science history was made: it is also where people from all over the world use cutting-edge research infrastructure to explore the greatest possible dimensions as well as the origin, makeup, and fate of the universe as a whole.

VERWALTUNG

Die Verwaltung des AIP übernimmt zentrale Service- und Unterstützungsfunktionen für den Betrieb des Instituts und wird vom administrativen Vorstand geleitet. Die Mitarbeitenden der Verwaltung unterstützen Wissenschaft sowie Institutsleitung und sorgen so für einen reibungslosen Ablauf des Forschungsalltags. Dabei richten sie sich nach den Vorgaben durch die externe Finanzierung und institutsinternen Regelwerke. Zudem orientieren sie sich an den sich stetig ändernden Anforderungen an ein modernes Wissensmanagement. Drei Abteilungen bilden das strukturelle Gerüst der Verwaltung.

Finanzen

Die Abteilung Finanzen gliedert sich in vier Gruppen. Die Finanz- und Anlagenbuchhaltung ist verantwortlich für die Buchführung und den Zahlungsverkehr, steuerliche Angelegenheiten sowie den Jahresabschluss. Außerdem verwaltet die Gruppe die von Bund und Land zugewendeten Haushaltsmittel und das dem AIP anvertraute Stiftungsvermögen der Johann-Wempe-Stiftung.

Das Drittmittel- und Forschungsmanagement unterstützt die Wissenschaft bei der Einwerbung und reversionssicheren Abwicklung zahlreicher Forschungsvorhaben und Drittmittelprojekte. Darüber hinaus kümmert sich das Team gemeinschaftlich mit den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern um Fragen des Wissens- und Technologietransfers sowie das Patentwesen.

Im Sommer 2019 wurde nach einer ausführlichen Prozessverbesserungsanalyse das Vergabe- und Beschaffungswesen als neue Gruppe in die Finanzabteilung überführt. Neben der Abwicklung von Beschaffungsvorgängen, für die zum Teil aufwendige

Ausschreibungs- und Vergabeverfahren erforderlich sind, sind die Mitarbeitenden zuständig für Zollangelegenheiten und verwalten den zentralen Rechnungseingang.

Das weitgehend eigenständig arbeitende Controlling rundet das Portfolio der Finanzabteilung ab und widmet sich schließlich der finanziellen Steuerung des Instituts mittels Planungs- und Kosten-Leistungsrechnungen sowie dem internen und externen Reporting.

Personal und Recht

Die Mitarbeitenden der Abteilung Personal und Recht arbeiten schwerpunktmäßig in den Bereichen des Personalmanagements und Sozialwesens. Neben zahlreichen Personaleinzelangelegenheiten prüfen sie personelle Rechtsangelegenheiten, beraten bezüglich des Vertragsmanagements und verantworten letztlich das gesamte Aufgabenspektrum im Zusammenhang mit der Durchführung von Dienstreisen.

Zentrale Dienste

Zur Abteilung Zentrale Dienste gehören zwei Untereinheiten. Der Gruppe Bauangelegenheiten obliegt insbesondere die Planung und Umsetzung von Instandsetzungsmaßnahmen für die zum Teil denkmalgeschützten und historisch wertvollen Liegenschaften des AIP sowie aktuell die Planung, Steuerung, Bauleitung und Abrechnung eines Neubauvorhabens.

Die Haustechnik wartet und hält die haustechnischen Anlagen auf allen Campusarealen instand und erstellt zudem technische Gebäude- und Geländepläne. Die Mitarbeitenden dieser Gruppe sind darüber hinaus auch für die Geländepflege, den Fuhrpark und den Unterhalt der Gästewohnungen zuständig.

ADMINISTRATION

The AIP administration assumes central service and support functions for the operation of the institute and is managed by the administrative chairman. The administrative staff supports scientific staff and the institute's management, ensuring that research runs smoothly. They comply with the requirements of external funding and the institute's internal regulations while being guided by the constantly changing requirements of modern science management. Three sections form the structural framework of the administration.

Finance

The finance section consists of four groups. The financial and asset accounting group is responsible for bookkeeping and payment transactions, fiscal matters, and financial statements. It also manages funding allocated to AIP by the federal and state governments as well as the Johann-Wempe-Stiftung foundation assets, which are entrusted to AIP.

The third-party funding and research management supports the scientific sections in obtaining and executing numerous research and third-party funded projects. Furthermore, the team takes care of all matters concerning knowledge and technology transfer as well as the patent system in collaboration with the scientists.



Anne Wolf, Melanie Widra, Elke Helbig, Ulrich Boyer, Anne van de Kamp, Matthias Winker, Gernot Rosenkranz, Tiffany Schiemann, Nicole Reimann-Kriese, Christine Haase, René Hauße, Hillene Ites, Dennis Nagel, Oliver Heyn, Petra Knoblauch, Manuela Kuhl, Robert Hermsdorf

In summer 2019, after a thorough analysis of the correspondent processes, the procurement system was transferred to the finance section as a new group. In addition to handling procurement matters, which partly require time-consuming tendering and award procedures, the group's employees are responsible for issues related to customs and manage the central invoice receipt.

Largely autonomous controlling completes the portfolio of the finance section and focuses on the financial management of the institute by means of target-actual comparison and cost and performance accounting. It is also responsible for internal and external reporting.

Personnel and Legal Affairs

The employees of the personnel and legal affairs sections focus primarily on personnel management and social services. They handle individual staff matters along with labour-law related issues, offer consulting services regarding contract management and are responsible for plethora of tasks associated with business trips.

Central Services

The central services section includes two groups. Building supervision is responsible for the planning and realisation of repair measures related to AIP buildings, which are partly protected as historic monuments. Currently it is also dedicated to the planning, control, construction management, and financial settlement of a new building on the Potsdam-Babelsberg campus.

The building service group maintains and services building technology installations on the entire campus and systematically compiles and maintains technical building and site plans. Staff in this group are also tasked with maintaining the grounds, company cars, and guest apartments.

FORSCHUNGSTECHNIK

Die Forschungstechnik ist eine technische Serviceeinrichtung des Instituts, die in enger Zusammenarbeit mit den wissenschaftlichen Abteilungen die instrumentellen Voraussetzungen für die astronomische Forschung schafft. Sie stellt die technische Unterstützung für die Entwicklung, Konstruktion, Fertigung, Integration, Verifikation, aber auch für den Erhalt von Instrumenten bereit. Neben Aufbau und Inbetriebnahme neuer wissenschaftlicher Geräte gehören auch die Wartung und Verbesserung bereits im Einsatz befindlicher sowie die Pflege historischer Instrumente zu den Aufgaben der Abteilung. Je Ausbildungszyklus werden zudem zwei Feinwerkmechaniker bzw. Feinwerkmechanikerinnen ausgebildet. Die rund 20 Mitarbeitenden der Forschungstechnik bilden ein interdisziplinäres Team und sind in vier Gruppen unterteilt:

Die Konstruktion plant und entwirft rechnerunterstützt die Instrumente und ihre Komponenten. Für das Konstruieren stehen moderne Computerarbeitsplätze zur Verfügung.

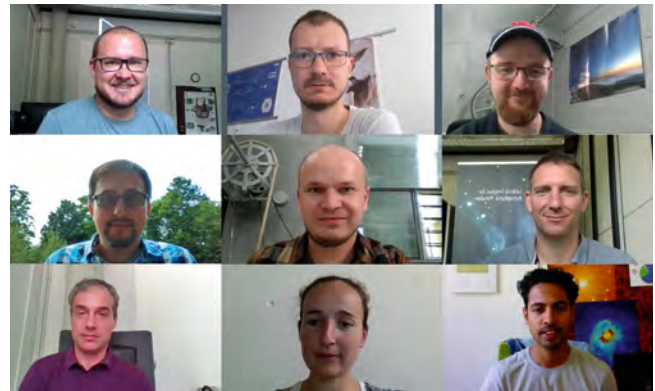
In der feinmechanischen Werkstatt werden die Bauteile aus den Konstruktionszeichnungen und 3D-Modellen größtenteils auf Maschinen, die mit moderner Steuerungstechnik und -software ausgestattet sind, aber auch auf konventionellen Werkzeugmaschinen hergestellt. Meist sind hochpräzise Einzelteile zu fertigen, wofür überwiegend Aluminiumlegierungen, rostfreier Edelstahl, aber auch Invar oder Kunststoffe verarbeitet werden.

Die Gruppe Technische Software, Elektronik, Detektoren unterstützt Instrumentierungsvorhaben mit Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik sowie bei der Erstellung von technischer Software. Neben dem Entwurf, der Bestückung, Inbetriebnahme und den Tests von Leiterplatten und Schaltschränken für Kuppel-, Teleskop- und Instrumentensteuerung wird hardware-nah programmiert. Zur Charakterisierung und Verifizierung von Detektorsystemen stehen Labore bereit.

Die Optik-Gruppe begleitet, berät und unterstützt Instrumentierungsvorhaben des Instituts mit ihren Kompetenzen bei allen Geräten, die Licht und Optik beinhalten. Neben Berechnungen von Strahlengängen, der Bewertung optischer Systeme unter Berücksichtigung



Die institutseigene feinmechanische Werkstatt mit modernem Maschinenpark. The institute's own precision mechanics workshop and its range of modern machinery. (Credit: AIP)



Allar Saviak, Daniel Sablowski, Dennis Plüschke, Hakan Önel, Lukas Wagner, Thomas Liebner, Tihomir Sivov, Ulrike Lemke, Ajay Kumar

TEAM 2018 / 19

Svend-Marian Bauer, Wilbert Bittner, Ariadna Calcínes Rosario, John Davenport, Frank Dionies, Daniel Döscher, Thomas Fechner, Dietrich Feuerstein, Thomas Hahn, Roger Haynes, Tristan Huet, Leander Leibnitz, Cornelius Lübke, Reik Mattner, Hakan Önel, Berrin Özbay, Sergei Pankratow, Jens Paschke, Volker Plank, Dennis Plüschke, Pranab Deka, Swara Rahurkar, Daniel Sablowski, Allar Saviak, Tihomir Sivov, Gregory Smith, Lukas Wagner, Elsa Wiesel, Herrero Alonso Yohana

der Anforderungen und der Bereitstellung von Spezifikationen von optischen Bauteilen unterstützt das Team sowohl beim Aufbau, als auch bei der Justage von Optikkomponenten. In diesem Zusammenhang werden Verifikationsprozeduren entwickelt, um die realisierten Systeme auf die oben erwähnten Anforderungen zu testen. Daneben entwickelt das Team spezielle Fertigungs- und Verifikationsprozesse für faseroptische Komponenten.

Die Forschungstechnik verwaltet die funktionalen Räume des Instituts. Neben der feinmechanischen Werkstatt und mehreren Optiklaboren stehen je ein Physik-, Faraday-, Detektor-, Elektronik- und ein Messlabor mit einer 3D-Koordinatenmessmaschine, ein Reinraum der ISO-Klasse 4, zwei große Integrationshallen mit je einem Hallenkran sowie ein großer Teleskopsimulator bereit.

TECHNICAL SECTION

AIP's technical section is a technical service facility. It works closely with scientific sections to create the instrumental prerequisites needed for astronomical research. It provides technical support for the development, design, manufacturing, integration, verification, and maintenance of instrumentation projects. Along with the construction and commissioning of new scientific instruments, the section's tasks include the maintenance and improvement of those already in use, and the care of historical instruments. It also trains two precision mechanics per training cycle. The technical section's interdisciplinary team has around 20 employees and is organised into four groups:

The construction group plans and designs instruments and their components using software. Modern computer workstations are available for computer-aided design. Components developed using design drawings and 3D models are manufactured in the precision mechanics workshop, either using software-assisted machines equipped with control technology or with conventional machine tools. Most cases require high-precision individual parts to be made on site; these are usually processed from aluminium alloys and stainless steel, but also invar or plastics.

The technical software, electronics, and detectors group supports instrumentation projects with measurement and control technology as well as by developing technical software. In addition to the design, assembly, commissioning, and testing of printed circuit boards and switch cabinets for dome, telescope, and instrument control, low-level programming of hardware is carried out. Laboratories are available for characterisation and verification of detector systems.

The optics group accompanies, advises, and supports instrumentation projects of the institute with its competences for all devices concerning light and optics. The team calculates beam paths, evaluates optical systems under consideration of the requirements, provides specifications of optical components, and supports both the assembly and the adjustment of optical components. In this context, verification procedures are developed in order to test the implemented systems for the above-mentioned requirements. The team also develops special manufacturing and verification processes for fibre optical components.

The technical section manages the institute's functional rooms. In addition to a precision mechanics workshop and several optics laboratories, there is a physics laboratory, a Faraday laboratory, a detector laboratory, an electronics laboratory, a measuring laboratory with a 3D coordinate measuring machine, an ISO class 4 clean room, two large integration halls - each equipped with an indoor crane - and a large telescope simulator.

PROJEKTMANAGEMENT

Die Abteilung Projektmanagement ist eine relativ junge Einheit am AIP. Sie wurde Anfang 2018 durch die Zusammenlegung von Mitgliedern des 4MOST-Projektbüros gebildet und hat derzeit 8 Mitglieder sowie Unterstützung durch studentische Hilfskräfte. Ihre Aufgaben umfassen Projekt- und Konsortialmanagement, Controlling, Systems Engineering, Produktsicherung und Instrument Science. Der Fokus liegt derzeit auf dem Management des AIP-geführten Projekts 4MOST. Hier ist die Abteilung für alle Disziplinen des 4MOST-Projektmanagements verantwortlich und koordiniert das Konsortium mit mehr als 350 Mitgliedern an 25 Instituten weltweit.

Derzeit befindet sich 4MOST in der Phase der Herstellung, Montage, Integration und Prüfung der Hardware. Parallel dazu leitet das Projektbüro die Vorbereitungen der Laborinfrastruktur des AIP zum Empfang aller Subsysteme und zur Durchführung der Systemintegration und -verifikation.



Steffen Frey, Genoveva Micheva, Olga Bellido, Joar Brynnel, Diana Johl, Domenico Giannone, Aida Ezzati Amini

Darüber hinaus stellt die Abteilung für das Projekt Dienstleistungen wie das Dokumentationsarchiv, das Ticketsystem, Kommunikationswerkzeuge, die Website, die Verwaltung der Konsortiumsmitglieder, das Softwarearchiv und die Organisation von Sitzungen und Konferenzen sicher.

Product Assurance – ein multidisziplinärer Ansatz zur Vermeidung von Fehlern und Mängeln im Design oder in der Herstellung eines Produkts – wurde für 4MOST umfassend umgesetzt. Ein weiteres Ziel ist die Minderung von Gefahren und die Sicherstellung einer angemessenen Rückverfolgbarkeit von Design und Dokumentation. Die 4MOST Product Assurance ist in vier Bereiche unterteilt:

- Qualitätssicherung,
- Konfigurationsmanagement,
- Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit und Wartbarkeit,
- Sicherheit.

Systems Engineering hat das Ziel, die erfolgreiche Realisierung eines Systems über seine Lebenszyklen hinweg zu ermöglichen – von der Identifizierung der Benutzeranforderungen bis zur Verifizierung der As-Built-Systeme. Gegenwärtig sind die Bemühungen des Systems Engineering vollständig auf 4MOST ausgerichtet. Seit 2012, kurz nach Beginn des Projekts, ist das AIP an seiner Entwicklung beteiligt: zunächst mit der Definition der Top-Level-Anforderungen, gefolgt von der Phase der Analyse und der Spezifikation der Anforderungen der 4MOST-Subsysteme sowie der detaillierten Systemanalyse und dem Design. Die ersten Tests werden in der zweiten Hälfte des Jahres 2020 beginnen, wenn das erste Subsystem am AIP eintrifft, und in den nächsten zwei Jahren in Potsdam und später in Paranal in Chile fortgesetzt.

PROJECT MANAGEMENT

The Project Management (PM) section is a recently-established unit at AIP. It was formed in early 2018 by consolidating members of the 4MOST project office into a new section project management area. The group currently consists of 8 members and receives support from student assistants. Tasks include project- and consortium management, controlling, systems engineering, product assurance, and instrument science. The section is currently focused on the AIP-led project 4MOST. PM is responsible for all

areas of 4MOST project management, coordinating the consortium of more than 350 members at 25 institutes worldwide. On the facility side, the 4MOST project is currently in the “Manufacturing, Assembly, Integration and Test” (MAIT) stage. In parallel, the PM section is leading preparations of the AIP lab infrastructure for receiving all subsystems and carrying out system integration and verification.

For 4MOST, PM provides services such as documentation archive, ticketing system, communication tools, website, consortium member management, software archive, and organisation of meetings and conferences.

Product assurance takes a multi-disciplinary approach to preventing flaws and defects in the design or manufacturing of a product. It has been implemented comprehensively within the 4MOST project. A further objective is to mitigate hazards and to assure the adequate traceability of design and documentation. 4MOST product assurance is divided into four areas:

- Quality Assurance,
- Configuration Management,
- Reliability, Availability and Maintainability,
- Safety.

Systems engineering works to enable the successful realisation of a system over its life cycles – from the identification of user needs to the verification of as-built systems. Currently, the systems engineering efforts in the PM section are entirely devoted to 4MOST. AIP systems engineering has been involved in its development since 2012, soon after project launch: first with the definition of top level requirements, followed by the analysis phase and specification for the 4MOST subsystems system

requirements, then a detailed system analysis and design. Initial tests will begin in the second half of 2020, when the first subsystem arrives at AIP, and will continue over the next two years in Potsdam and later at the Paranal Observatory in Chile.

IT-SERVICE

Um die IT-Infrastruktur am AIP zu gewährleisten, betreut die Abteilung IT-Service mit derzeit acht Mitarbeitenden die etwa 200 Arbeitsplatzcomputer am Forschungscampus Babelsberg. Sie stellt den kontinuierlichen Betrieb sicher und übernimmt neben Routineaufgaben des IT-Supports weitere Themen. Diese sind:

- die Sicherstellung zentraler Infrastruktur-Dienste (z. B. E-Mail, WWW, IP-Telefonie, Virenschutz, Firewall, Backup-Systeme, Virtualisierungsinfrastruktur),
- der Betrieb zentraler Server wie Software-, Lizenz- und Daten-Server,
- die Unterstützung der Mitarbeitenden bei der Beschaffung, Einrichtung, Instandhaltung und sicheren Entsorgung von IT-Hard- und Software sowie bei Problemen mit den Arbeitsplatzcomputern und anderen IT-Komponenten,
- der Betrieb von Collaborations-, Cloud-, Dokumentenmanagement- und Videokonferenz-Systemen, der Telefonanlage sowie der Netzwerk-Drucker,
- die technische Betreuung der High-Performance-Computing-Cluster,
- die System- und Netzsicherheit,
- das Management und die Planung der lokalen Netze (LAN, WLAN),
- die Sicherstellung der redundanten Anbindung an das Internet inklusive der Zusammenarbeit mit externen Dienstleistern,
- die Unterstützung der Nutzerinnen und Nutzer in Fragen des wissenschaftlichen Rechnens,
- die Einrichtung von Accounts und Verwaltung von Zugangsrechten.



Der Leibniz-Cluster des AIP. The Leibniz cluster at AIP. (Credit: AIP)



Rainer Herbst, Arman Khalatyan, Ronny Nickel, Christian Schmiel, Michael Furch, Karl-Heinz Böning, André Saar, Mario Dionies

Darüber hinaus verfügt das AIP über eine redundante Hochgeschwindigkeitsverbindung zum Wissenschaftsnetz X-WiN des Deutschen Forschungsnetzes (DFN) sowie – für die LOFAR-Station – über eine gesonderte Leitung zum Forschungszentrum Jülich. Alle Gebäude sowie ein großer Teil des Campus werden mit WLAN, einschließlich eduroam, versorgt. In den letzten Jahren sind Dienste wie die Collaborations- oder die Cloud-Plattform überdurchschnittlich schnell gewachsen; zu dieser erfolgreichen Entwicklung haben die Mitarbeitenden der Abteilung wesentlich beigetragen.

IT SERVICES

The IT Service section, with a current staff of 8 employees, looks after the approximately 200 workstation computers on the Babelsberg research campus with a view to maintaining the IT infrastructure at AIP. It ensures continuous system operation and also takes on other duties in addition to routine IT support tasks. These include:

- delivery of central IT services (e.g. email, internet, IP telephony, virus protection, firewall, backup, virtualisation),
- continuous operation of central servers including software distribution, licence management, and data server,
- providing support for AIP members in the areas of procurement, installation, maintenance, and proper disposal of IT hard- and software and in case of problems with personal computers or other IT equipment,
- operation of collaboration-, cloud-, document management, and videoconference systems, the telephone as well as the print facilities,
- technical operation of high-performance computing clusters,
- system and network security,
- design and management of the local network (LAN, WLAN),
- high availability of internet connectivity including cooperation with external service providers,
- user support concerning scientific computing,
- administration of user accounts and access rights.

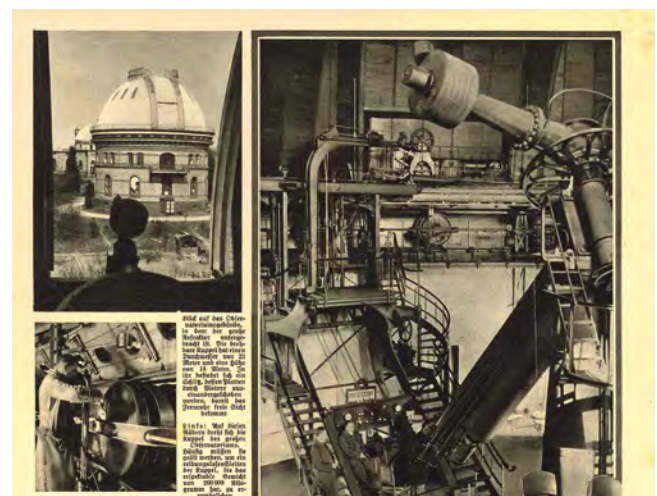
AIP has a redundant high bandwidth connection to the X-WiN network of the German National Research and Education Network (DFN) as well as a separate line to the Jülich Supercomputing Centre for the LOFAR station. All buildings and a large fraction of the campus are covered by WLAN, including eduroam. New services including a collaboration and a cloud platform have become hugely popular over the last two years, thanks in part to the work of IT service employees.

WISSENSCHAFTLICHE BIBLIOTHEK UND DOKUMENTATIONZENTRUM

Die Wissenschaftliche Bibliothek des AIP ist eine zentrale Serviceeinrichtung für die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Instituts, deren Ziel die effiziente Abdeckung des Informationsbedarfs der Forschung ist. Sie steht aber auch externen Interessierten, beispielsweise den Studierenden der umliegenden Universitäten, zur beruflichen und persönlichen Weiterbildung offen.

Astrophysik sowie Physik und Mathematik im Allgemeinen sind die maßgeblichen Bereiche des Bibliotheksbestandes. Umfangreiche Serviceangebote ergänzen und erleichtern den Zugriff auf die zahlreichen gedruckten und elektronischen Informationsressourcen. Dabei steht die optimale Nutzbarkeit der Bestände im Vordergrund.

Um den Herausforderungen des digitalen Zeitalters mit seinen sich schnell ändernden Anforderungen an Bibliotheks- und Informationsdienste in Wissenschaft und Forschung gerecht zu werden und geeignete und innovative Dienste anbieten zu können, arbeitet das AIP regional und überregional mit anderen Bibliotheken und Institutionen zusammen. Die Bibliothek ist beispielsweise Mitglied im Arbeitskreis Bibliotheken und Informationseinrichtungen der Leibniz-Gemeinschaft und dem Netzwerk Library and Information Services in Astronomy.



Bericht über den Großen Refraktor in einer Ausgabe der Sangerhäuser Illustrierten aus dem Jahr 1932. Editorial about the Great Refractor in a 1932 issue of the magazine Sangerhäuser Illustrierte.



Nur einige der Bücher aus dem Bestand der Bibliothek. Only a few of the books available in the library. (Credit: AIP)

Im Jahr 2019 wurde mit dem Aufbau eines Institutsarchivs begonnen, um Quellen zur Geschichte des Instituts zu sammeln, zu erschließen und zu erhalten. Im Moment sind im Archiv u. a. die Publikationsreihen des Instituts, Jahresberichte, Biographien, Publikationen zur Geschichte und Architektur des Instituts, Veröffentlichungen von Institutsmitarbeitenden, Konferenzbeiträge, Informationen zum Instrumentenbau, Filmarbeiten, Ausstellungen und Verwaltungsunterlagen zusammengestellt.

SCIENTIFIC LIBRARY AND DOCUMENTATION CENTRE

The AIP scientific library is a key service facility for the scientists of the institute. Its aim is to efficiently, quickly, and adequately cover the demand for information pertaining to research. Its services are also available to non-AIP users such as students from the surrounding universities and those seeking further professional training and personal education.

The library inventory focuses on astrophysics as well as physics and mathematics in general. It also offers a wide range of services to complement and facilitate access to numerous printed and electronic information resources. The library seeks to optimize use and accessibility of its holdings.

TEAM 2018/19

Regina von Berlepsch, Melissa Thies, Rebecca Klee

In order to meet the challenges of the digital age with its rapidly changing demands on library and information services in science and research, and to be able to offer suitable and innovative services, the library cooperates regionally and nationally with other libraries and institutions. For instance, it is a member of the working group Libraries and Information Facilities of the Leibniz Association and the Library and Information Services in Astronomy network.

In 2019, work began on the establishment of an institute archive aimed at collecting, indexing, and preserving sources pertaining to the institute's history. At the moment the archive contains, among other things, the institute's publication series, annual reports, biographies, publications on the history and architecture of the institute, publications by institute staff, conference papers, information on instruments, films, and exhibitions, as well as administrative documents.

ASTRONOMISCHE NACHRICHTEN

Mit dem letzten Heft 2019 endete das 198. Jahr des Erscheinens der Astronomischen Nachrichten (AN). Im Jahr 2021 werden die Astronomischen Nachrichten also 200 Jahre alt. Das AIP agiert weiterhin als Gastinstitut für das Herausgeberbüro. Gemeinsam mit dem Verleger Wiley VCH Berlin wurden 2018 und 2019 77 bzw. 151 referierte Forschungsartikel mit 724 bzw. 1039 Seiten publiziert. Wie jedes Jahr wurden auch 2018 und 2019 eine Vielzahl von wissenschaftlichen Themen bearbeitet, von Instrumentierungsberichten und Beobachtungskampagnen bis hin zu numerischen Simulationen und analytischer Magnetohydrodynamik. Der ISI-Journal Impact-Faktor der Astronomischen Nachrichten betrug bei der letzten Erhebung 1,29, und der Trend ist weiterhin steigend. Vier Spezialausgaben wurden 2019 und eine im Jahr 2018 verlegt.

Eine Spezialausgabe umfasste den achten „International Workshop on Astronomy and Relativistic Astrophysics“ in Peru (AN Vol. 340, Heft 1 – 3). Die Ausgabe präsentiert Beiträge aus theoretischen und experimentellen Studien und diskutiert die letzten Ergebnisse zu den Themenbereichen Allgemeine Relativitätstheorie, Gravitation und Kosmologie. Eine andere Ausgabe (AN Vol. 340, Heft 4) war dem Workshop „Time-Domain Astronomy: A High Energy View“ des XMM-Newton Science Operations Centre gewidmet, gefolgt vom 16. INTEGRAL / BART Workshop IBWS zu „High-energy astrophysics, small satellites, and related ground experiments“ in Karlovy Vary (AN Vol. 340, Heft 7).

Wie bereits in vergangenen Ausgaben, bleibt das Publizieren in den Astronomischen Nachrichten gebührenfrei. Auch sind weiterhin alle Artikel der Januar-Ausgabe frei verfügbar, wie auch alle Artikel mit dem Label „Editor’s Choice“. Letztere stellt meist ein Farbbild auf dem Umschlag der entsprechenden Ausgabe vor. Die Astronomischen Nachrichten sind mit allen wichtigen Netzbibliotheken verlinkt und auch in der SAO / NASA-ADS-Bibliothek eingetragen. Das Journal ist in den letzten Jahren elektronisch erschienen und kann ebenfalls mobil gelesen werden. In diesem Zusammenhang wurde Mitte 2019 auch ein neues Layout eingeführt. Spezialausgaben werden weiterhin als Druckausgabe erscheinen, falls gewünscht.

ASTRONOMICAL NOTES

The last issue of *Astronomische Nachrichten* (AN) in 2019 brought the publication’s 198th year of continuous publication to a close. As of 2021, the astronomy journal will be 200 years old. AIP continued hosting the editorial office in close collaboration with Wiley VCH Berlin. The 2018 and 2019 issues of *Astronomische Nachrichten* contained 77 and 151, respectively, peer-reviewed research articles in total of 724 and 1039 pages. A rather large variety of topics was covered, from instrumentation projects and observing campaigns to numerical simulations and analytical magnetohydrodynamics. *Astronomische Nachrichten*’s most recent ISI-Journal Impact Factor was 1.29 and continues to rise. The journal put out four special issues in 2019 and one in 2018.

One special issue covered the 8th “International Workshop on Astronomy and Relativistic Astrophysics” in Peru (AN vol. 340, issues

1 – 3). It presents theoretical, experimental, and observational studies that contemplate the latest findings in the fields of general relativity, gravitation, and cosmology. Another issue was devoted to the “Time-Domain Astronomy: A High Energy View” workshop at the XMM-Newton Science Operations Centre (AN vol. 340, issue 4), followed by a look at the 16th “INTEGRAL / BART Workshop” (IBWS) on high-energy astrophysics, small satellites, and related ground experiments in Karlovy Vary (AN vol. 340, issue 7).

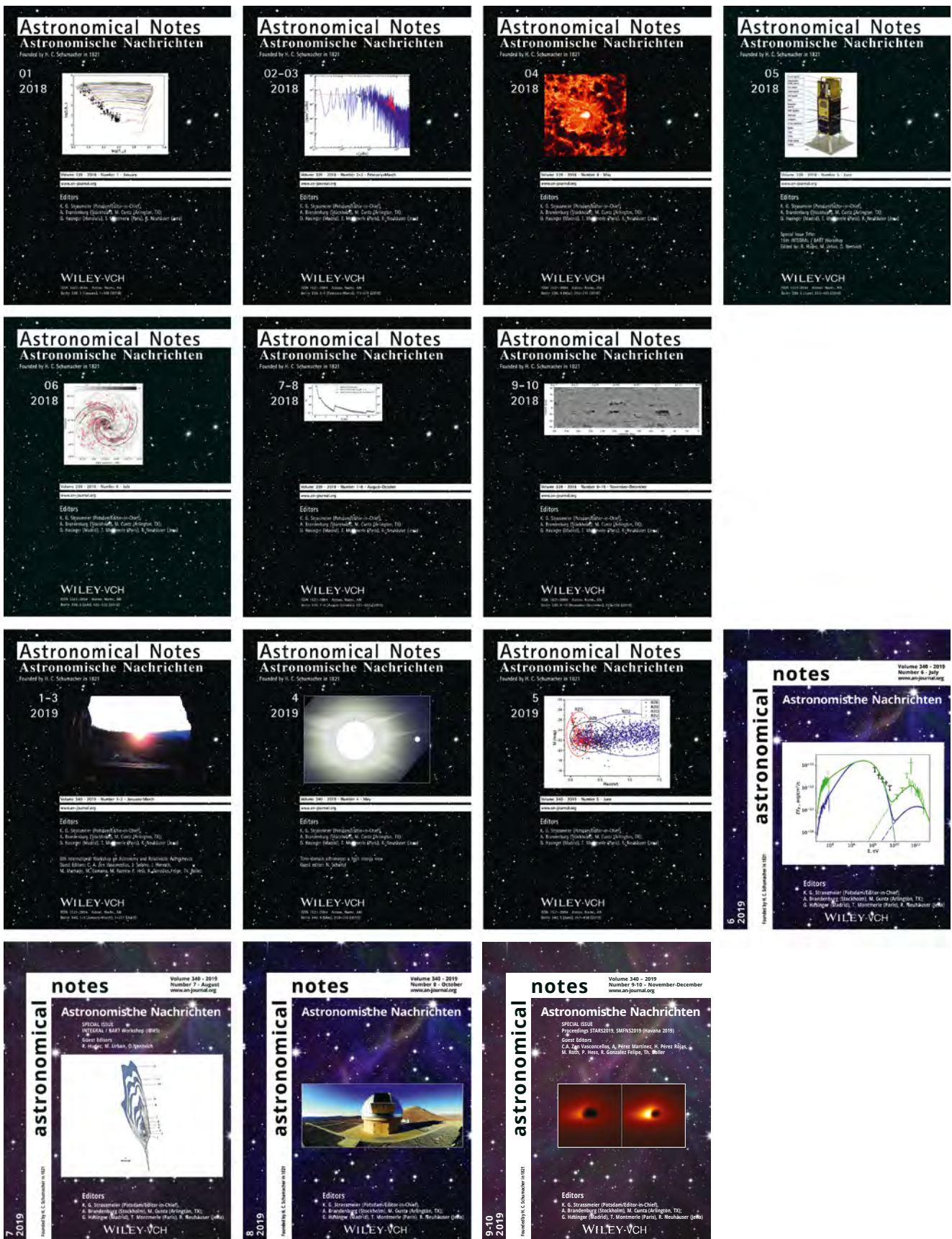
As in the past, publishing in *Astronomische Nachrichten* continues to be free of charge. Also, any article published in the first issue of each year can be downloaded for free, as can all articles labelled “Editor’s Choice”. These often feature a colour image on the front cover. Naturally, *Astronomische Nachrichten* is linked to all major net-based libraries and can be found in the SAO / NASA ADS library. *Astronomische Nachrichten* has been published electronically in past years and can now be read with a smartphone. Incidentally, the article layout also changed in mid-2019. Special issues might also appear in print.

AN TEAM 2018 / 19

Klaus. G. Strassmeier (Editor-in-Chief)

Günther Rüdiger (Managing Editor)

Matthias Steffen (Vice-Managing Editor)



Titel aller Ausgaben der Bände 339 und 340 (2018–2019). Front covers for all issues of volumes 339 and 340. (Credits: AIP, 2018–2019)

TAGUNGEN

CONFERENCES



*Gruppenfoto der CESRA-Tagung vor dem Einsteinturm.
CESRA group photo in front of the Einstein Tower.*

AIP THINKSHOPS

Unter dem Titel „The Role of Feedback in Galaxy Formation: From Small-Scale Winds to Large-Scale Outflows“ trafen sich vom 3. bis 7. September 2018 130 Astrophysikerinnen und Astrophysiker zum 15. Thinkshop, der institutseigenen Konferenzreihe des AIP, in Potsdam-Babelsberg. Der Schwerpunkt lag auf dem Verständnis der Rolle des Feedbacks bei der Galaxienbildung. Themen wie das Feedback stellarer und aktiver Galaxienkerne, das interstellare Medium und andere wurden aus beobachtender als auch aus theoretischer Sicht diskutiert.

Die Rotation von Sternen, deren Erforschung Erkenntnisse über ihr Verhalten jenseits der klassischen Messungen von Entfernung und Helligkeit liefert, war Thema des darauffolgenden 16. Thinkshops „The rotation periods of cool stars“ vom 23. bis 26. September 2019. Über 50 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler trafen sich dafür auf dem AIP-Campus in Babelsberg.

CESRA

Im Jahr 2019 lud das AIP vom 8. bis 12. Juni zur CESRA-Tagung „Die Sonne und die innere Heliosphäre“ ein, die auf dem Telegrafenberg in Potsdam die neuesten Forschungsergebnisse sowie die zu erwartenden Ergebnisse der aktuellen Weltraummissionen zur Sonne diskutierte. CESRA ist ein Zusammenschluss europäischer Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler zur Erforschung der Sonnenkorona, der äußeren Sonnenatmosphäre und des interplanetaren Raums mit Hilfe von Radiowellen und anderen Beobachtungsmethoden.

COSPAR MEETING

Die TeV Particle Astrophysics Conference (TeVPA) in Berlin 2018 war eine fünftägige Konferenz mit mehr als 500 Teilnehmerinnen und Teilnehmern mit dem Ziel, die jüngsten Fortschritte auf dem Gebiet der Astroteilchenphysik zu präsentieren. Sie bot eine breite Abdeckung von Themen von der Teilchenphysik bis zur Hochenergie-Astrophysik wie Supernovae, Gammastrahlenausbrüche und relativistische Jets bis hin zur Kosmologie. Die Konferenz brachte führende Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler auf diesen Gebieten zusammen und wurde vom AIP kofinanziert.

HUBBLE-SYMPIOSIUM

Eine besondere Veranstaltung, organisiert im Rahmen der Berlin Science Week 2018, vereinte Expertinnen und Experten aus den verschiedenen Bereichen der Astronomie und Astrophysik, die sich mit der Bestimmung der Hubble-Konstante befassen. Auf dem WE-Heraeus-Symposium „The Hubble constant controversy: status, implications and solutions“ diskutierten unter anderen die beiden Nobelpreisträger Brian Schmidt und Adam Riess die neuesten Ergebnisse und deren mögliche Implikationen und stellten sie am 10. November 2018 einem breiteren Fachpublikum vor. Die Australische Botschaft Berlin unterstützte das Symposium. Zur Eröffnung der Veranstaltung fand am AIP ein spezielles Pre-Symposium am 8. November 2018 auf dem Babelsberger Campus statt.

IAU-SYMPIOSIUM

Das AIP und das New Jersey Institute of Technology luden gemeinsam zum IAU-Symposium „Solar and Stellar Magnetic Fields: Origins and Manifestations“ vom 30. Juni bis 6. Juli 2019 in Copiapo, Chile, ein. Das Thema des Symposiums war eines der zentralen wissenschaftlichen Interessen des AIP: solare und stellare Magnetfelder. Totale Sonnenfinsternisse ermöglichen hochauflösende Messungen des Magnetfeldes in der unteren Korona, die mit keinem anderen Mittel erreicht werden kann. Das Symposium wurde daher im Hinblick auf die totale Sonnenfinsternis in Chile am 2. Juli organisiert.

RAVE

Anlässlich der finalen Datenveröffentlichung von RAVE veranstaltete das AIP im Juni 2019 ein Symposium mit dem Titel „15 years of Galactic Archeology with RAVE – past, present and future“. RAVE war die erste systematische stellare spektroskopische Durchmusterung, die sich auf Fragen der Struktur und Entwicklung der Galaxie konzentrierte. Die RAVE-Datenveröffentlichungen werden durch mehrere Kataloge ergänzt, die spektrophotometrische Entfernungen, automatisierte spektrale Klassifikationen sowie aktive Sterne und Kandidaten für sehr metallarme Sterne enthalten. Die herausragende Rolle von RAVE für die Erforschung der Milchstraße sowie für zukünftige Untersuchungen wurde während des Treffens diskutiert.

AIP THINKSHOPS

Titled “The Role of Feedback in Galaxy Formation: From Small-Scale Winds to Large-Scale Outflows”, 130 astrophysicists gathered from 3 to 7 September 2018 for the 15th Thinkshop in Potsdam Babelsberg, part of the institute’s own series of meetings. The conference focused on understanding the role of feedback in galaxy formation. Topics such as the feedback of stellar and active galactic nuclei and the interstellar medium were discussed from an observational as well as theoretical point of view.

The rotation of stars, the study of which provides new insights into their behaviour beyond the classical measurements of distance and brightness, was the topic of the subsequent 16th Thinkshop “The Rotation Periods of Cool Stars”. Held from 23 to 26 September 2019, it brought more than 50 scientists to the AIP campus in Babelsberg.

CESRA

AIP hosted the CESRA conference “The Sun and the Inner Heliosphere” in the week from 8 to 12 July 2019. Held at Telegrafenberg in Potsdam, some 100 scientists discussed their latest research results and expected findings from current space missions to the Sun. CESRA is an association of European scientists who study the solar corona, the outer solar atmosphere, and interplanetary space using radio waves and other observation methods. The international CESRA conference is held every three years.

COSPAR MEETING

The 2018 TeV Particle Astrophysics conference (TeVPA) in Berlin was a five-day conference with more than 500 participants aiming at presenting the most recent advances in the booming field of astroparticle physics. It covered a wide range of topics from particle physics to high-energy astrophysics such as supernovae, gamma-ray bursts, and relativistic jets, all the way to cosmology. The conference gathered leading members of the scientific communities that contribute to its success and was co-sponsored by AIP.

HUBBLE SYMPOSIUM

A special event organised as part of Berlin Science Week 2018 brought together experts in the various fields of astronomy and astrophysics concerned with the determination of the Hubble constant. At the WE-Heraeus-Symposium “The Hubble Constant Controversy: Status, Implications, and Solutions” world-leading astrophysicists including Nobel laureates Brian Schmidt and Adam Riess discussed the most recent results and possible implications, and presented them to a broader audience of physicists on 10 November 2018. The symposium was also supported by the Australian Embassy Berlin. As an opening for the event, AIP invited experts to a special pre-symposium at the Babelsberg campus on 8 November 2018.

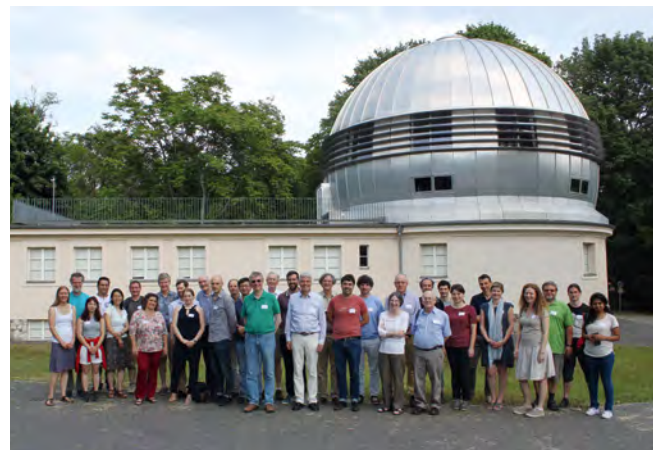
IAU SYMPOSIUM

AIP and the New Jersey Institute of Technology co-hosted the IAU symposium “Solar and Stellar Magnetic Fields: Origins and Manifestations” from 30 June to 6 July 2019 in Copiapo, Chile. Its topic was one of AIP’s central scientific interests: solar and stellar magnetic fields. Total solar eclipses provide high-resolution

measurements of the magnetic field in the low corona, which cannot be obtained by any other means. The symposium has thus been organised to welcome the total solar eclipse in Chile on 2 July. A special session was dedicated to a broad historical overview of solar eclipses, planetary transits, and their role in astronomy.

RAVE

On the occasion of concluding the RAVE final data release, AIP hosted a symposium entitled “15 years of Galactic Archeology with RAVE – Past, Present and Future” in June 2019. RAVE was the first systematic stellar spectroscopic survey focused on questions of the structure and evolution of the Galaxy. The RAVE data releases are complemented by value-added catalogues including spectrophotometric distances and automated spectral classification, as well as catalogues of active stars and of candidates for very metal-poor stars. Attendees discussed RAVE’s contribution to the exploration of the Milky Way, as well as its role in future surveys.



*Die Teilnehmenden des RAVE-Meetings vor der AIP-Bibliothek.
RAVE meeting attendees in front of the AIP library.*



*Hubble-Symposium im Rahmen der Berlin Science Week 2018.
Hubble Symposium as part of Berlin Science Week 2018.*

PREISE UND FELLOWS

AWARDS AND FELLOWS

JOHANN-WEMPE-PREIS

Am 26. September 2019 verlieh die Johann-Wempe-Stiftung den Wempe-Preis an Professor Elisabeth Newton vom Dartmouth College, USA, für ihre herausragenden Arbeiten zur Rotation und zum Magnetismus von massearmen Sternen.

Newtons Forschung befasst sich mit der Physik von Sternen und ihren Planeten, insbesondere mit langlebigen massearmen Zwergsternen der Klasse M, deren Rotation und Magnetismus und der Entstehung von Exoplaneten.

Zu Ehren des letzten Direktors des Astrophysikalischen Observatoriums Potsdam (AOP), Professor Johann Wempe (1906 – 1980), wird seit dem Jahr 2000 der Johann-Wempe-Preis an hervorragende Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler vergeben. Er wird aus Mitteln finanziert, die Johann Wempe hinterlassen hat.

KARL-SCHWARZSCHILD-FELLOWSHIP-PROGRAMM

In Erinnerung an den ehemaligen Direktor des Astrophysikalischen Observatoriums Potsdam, Karl Schwarzschild, verleiht das AIP Karl-Schwarzschild-Fellowships an herausragende Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler.

Das Programm erinnert an die wissenschaftlichen Leistungen Schwarzschilds in der Astrophysik, insbesondere in den Bereichen Optik, Sternphysik, Sternaktivität und der Allgemeinen Relativitätstheorie.

Seit 2018 ist Marcel Pawlowski als Schwarzschild-Fellow am AIP. In der Kosmologie forscht er zur Verteilung von Zwerggalaxien um die Milchstraße und zu Dunkler Materie. 2019 nahm

Julián Alvarado-Gómez seine Tätigkeit als Schwarzschild-Fellow in der Abteilung Sternphysik und Exoplaneten auf, wo er Magnetfelder und ihren Einfluss auf Aktivität, Winde und die Umgebung um die Sonne und andere Sterne erforscht.

WEITERE AUSZEICHNUNGEN UND WÜRDIGUNGEN

Mit dem Ludwig-Biermann-Förderpreis zeichnete die Astronomische Gesellschaft 2018 Else Starkenburg vom AIP für ihre wissenschaftlichen Arbeiten zur Entstehungsgeschichte unserer Milchstraße und ihrer Nachbargalaxien aus. Die Astronomische Gesellschaft (AG) ist der Fachverband der deutschen Astronomie / Astrophysik. Zu ihren Aktivitäten zählen die Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses und die Auszeichnung hervorragender Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler. Mit dem Ludwig-Biermann-Förderpreis würdigt die Astronomische Gesellschaft seit 1989 herausragende Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler.

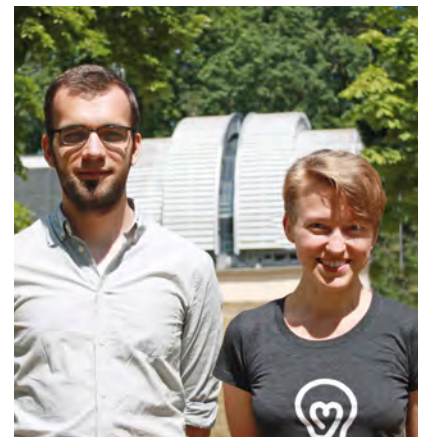
Im Februar 2019 wurde der Potsdamer Kongresspreis verliehen. Das vom AIP veranstaltete IAU-Symposium „Rediscovering our Galaxy – Die Milchstraße wiederentdecken“ gewann die Auszeichnung in der Kategorie Einzelveranstaltungen sowie einen Sonderpreis für den Einsatz innovativer Tagungstechnologien. Die internationale Konferenz fand im Juli 2017 mit fast 200 Teilnehmerinnen und Teilnehmern aus 25 Ländern statt. Das Symposium war unserer Heimatgalaxie gewidmet und zog Expertinnen und Experten auf dem Gebiet der Milchstraße nach Potsdam. Die Preisjury lobte die hohe wissenschaftliche Bedeutung, ein umfangreiches Rahmenprogramm mit hoher Imagewirkung für Potsdam und die Fachexkursionen in wissenschaftliche Einrichtungen. Auf die Themen Gleichstellung und Toleranz wurde großen Wert gelegt.



Else Starkenburg
Else Starkenburg



Die Gewinnerinnen und Gewinner des Potsdamer Kongresspreises
Winners of the Potsdam Conference Award



Timon Thomas und Ekaterina Ilin
Timon Thomas and Ekaterina Ilin

Die Physikalische Gesellschaft zu Berlin zeichnete zwei Studierende mit dem Physik-Studienpreis 2019 aus, die ihre Masterarbeiten am AIP angefertigt haben. Der statistischen Beschreibung von Strahlungsausbrüchen auf Sternen, die sich in offenen Sternhaufen befinden, widmete sich die Masterarbeit von Ekaterina Ilin. Timon Thomas verallgemeinerte in seiner Masterarbeit die bisherigen hydrodynamischen Theorien für kosmische Strahlung, so dass kleinskalige Effekte besser beschrieben werden können. Beide Studierenden setzen ihre Forschungen als Doktorandinnen und Doktoranden am AIP fort.

JOHANN WEMPE AWARD

On 26 September 2019, the Johann Wempe Foundation honoured Professor Elisabeth Newton of Dartmouth College, USA, with the Wempe Award for her outstanding work on the rotation and magnetism of low-mass stars.

Newton's research is concerned with the physics of stars and their planets, in particular with long-lived low-mass M-class dwarf stars, their rotation and magnetism, and the formation of exoplanets.

Named for Prof. Dr. Johann Wempe (1906 – 1980), the last director of the former Astrophysical Observatory of Potsdam (AOP), the Johann Wempe Award is granted to an outstanding scientist. It was first awarded in 2000 and is financed with funds from Johann Wempe's estate.

KARL SCHWARZSCHILD FELLOWSHIP PROGRAM

Granted in memory of Karl Schwarzschild, former director of the Astrophysical Observatory in Potsdam, AIP awards the Karl Schwarzschild Fellowship to outstanding young scientists. The programme commemorates Schwarzschild's scientific achievements in astrophysics, especially those in the fields of optics, stellar physics, stellar activity, and general relativity.

Marcel Pawlowski has been a Schwarzschild Fellow at AIP since 2018. He works in the area of cosmology, where he is conducting research on dark matter and the distribution of dwarf galaxies around the Milky Way and dark matter. In 2019, Julián Alvarado-Gómez was welcomed as a Schwarzschild Fellow in the Stellar Physics and Exoplanets section, where he is researching magnetic fields and their influence on activity, winds, and the environment around the Sun and other stars.

FURTHER AWARDS AND HONOURS

The German Astronomical Society awarded the 2018 Ludwig Biermann Award to Else Starkenburg at AIP for her scientific work on the evolutionary history of our Milky Way and its neighbouring galaxies.



Wempe-Preisträgerin Elisabeth Newton (Mitte) mit Katja Poppenhäger, Matthias Steinmetz, Jürgen Kroseberg und Matthias Winker. Wempe awardee Elisabeth Newton (centre) with Katja Poppenhäger, Matthias Steinmetz, Jürgen Kroseberg and Matthias Winker.

The Astronomical Society (Astronomische Gesellschaft, or AG for short) is the professional German national association for astronomy and astrophysics. The AG promotes activities in science and research and awards prizes for outstanding research in the field as well as for the dissemination of science to the public and in education. Since 1989, the Astronomical Society has honoured outstanding junior researchers with the Ludwig Biermann Award.

In February 2019, the Potsdam Conference Award honoured the IAU symposium "Rediscovering our Galaxy", organised by the AIP, with its award in the category of individual events as well as a special award for the use of innovative conference technologies. The international conference took place in July 2017 with almost 200 participants from 25 countries. It was dedicated to our home galaxy and drew experts in the field of the Milky Way to Potsdam. The award jury praised the high scientific importance, comprehensive supporting programme, along with its image-boost for Potsdam, and the study trips to other scientific institutions. The issues of equality and tolerance were a key consideration.

The Physikalische Gesellschaft zu Berlin awarded the 2019 Physics Study Prize to two students who completed their master's theses at AIP, where both are continuing their studies as PhD candidates. The Ekaterina Ilin's master's thesis was dedicated to the statistical description of radiation outbursts on stars in open star clusters. Timon Thomas's master's thesis generalised hydrodynamic theories for cosmic rays, so that small-scale effects are better described. Both students are continuing their research as PhD candidates at AIP.

GESCHICHTE DES AIP

HISTORY OF AIP



1700

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

10.5.1700 Erlass des Kalenderpatents für die neu zu gründende Berliner Sternwarte
Enactment of the calendar patent for the new Berlin Observatory

18.5.1700 Berufung Gottfried Kirchs zum Direktor der Sternwarte
Appointment of Gottfried Kirch as director of the observatory

11.7.1700 Gründung der Brandenburgischen Societät
Foundation of the Brandenburg Society

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

1832–35 Neue Berliner Sternwarte, Architekt: Karl Friedrich Schinkel, Berlin Lindenstraße
New Berlin Observatory, architect: Karl Friedrich Schinkel, Berlin, Lindenstraße

1800

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

1865 Berufung von Wilhelm Julius Foerster zum Direktor
Appointment of Wilhelm Julius Foerster as director

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

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

1876–79 Bau des Hauptgebäudes des Astrophysikalischen Observatoriums auf dem Potsdamer Telegrafenberg
Construction of the main building of the AOP on the Telegrafenberg at 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 Polhöhenchwankung 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 the interstellar matter by Johannes Hartmann

1904 Berufung von Karl Hermann Struve zum Direktor der Berliner Sternwarte
Appointment of Karl Hermann Struve as director of the Berlin Observatory

1931 Angliederung der Sonneberger Sternwarte an die Sternwarte Babelsberg
Sonneberg Observatory incorporated into 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)

2001 Klaus G. Strassmeier wird wissenschaftlicher Vorstand des AIP
Appointment of Klaus G. Strassmeier as scientific chairman of the AIP

2002 Beginn der Arbeit des Potsdamer Multiapertur-Spektrophotometers
First light for the Multi-Aperture Spectrophotometer

1900

2000

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

1911 – 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

1.1.1947 Übernahme von AOP und Sternwarte Babelsberg durch die Deutsche Akademie der Wissenschaften
Takeover of AOP and Babelsberg Observatory by the German Academy of Sciences

30.6.1954 Beginn der Radiobeobachtungen in Tremsdorf
Commencement of radio observations in Tremsdorf

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 of Astrophysics

1.1.1992 Beginn der Tätigkeit des Astrophysikalischen Instituts Potsdam (AIP)
Beginning of work at the Astrophysical Institute Potsdam (AIP)

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

2004 Matthias Steinmetz wird wissenschaftlicher Vorstand des AIP
Appointment of Matthias Steinmetz as scientific chairman of AIP

2005 „First Light“ des LBT
LBT “First Light”

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

2006 Einweihung von STELLA auf Teneriffa
Inauguration of STELLA on Tenerife

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

2012 Einweihung des GREGOR Sonnen-teleskops auf Teneriffa
Inauguration of the solar telescope GREGOR on Tenerife

2014 „First Light“ MUSE am VLT
MUSE “First Light” at VLT

2015 „First Light“ PEPSI am LBT
PEPSI “First Light” at LBT

2018 Beginn des Hobby-Eberly-Teleskope Dark Energy Experiment (HETDEX)
Start of the Hobby-Eberly-Teleskope Dark Energy Experiment (HETDEX)

2019 Start des eROSITA Röntgenteleskops
Launch of eROSITA

2020 Start der ESA-Mission Solar Orbiter
Launch of Solar Orbiter



1921 – 24 Bau des Einstein-Turmes auf dem Telegrafenberg
Construction of Einstein Tower at the Telegrafenberg

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

1998 Günther Hasinger wird wissenschaftlicher Vorstand des AIP
Appointment of Günther Hasinger as scientific chairman of the AIP



In der Feinmechanischen Werkstatt werden hochpräzise Einzelteile gefertigt. Individual, high-precision parts are manufactured in the precision mechanics workshop. (Credit: AIP)

ARBEITEN AM AIP
WORKING AT AIP

Zwischen Historie und Hightech: Der Campus des AIP liegt eingebettet in das UNESCO-Weltkulturerbe Babelsberger Parklandschaft und in direkter Nähe zur Metropole Berlin. Der einst wegen der besseren Beobachtungsbedingungen gewählte neue Standort der Berliner Sternwarte auf dem Babelsberg bietet heute rund 200 Mitarbeitenden ein einzigartiges Arbeitsumfeld.

Die Internationalität der Belegschaft prägt die Atmosphäre am Institut. In Wissenschaft, Verwaltung und Forschungsinfrastruktur arbeiten Menschen aus 33 Nationen am Institut zusammen. Ihre Interessen werden durch verschiedene Gremien vertreten.

Der Betriebsrat des AIP, bestehend aus sieben Personen, unterstützt und vermittelt die Anliegen der Mitarbeitenden gegenüber dem Vorstand. 2019 verabschiedete er einen institutseigenen Code of Conduct, der als Leitlinie zum Schutz vor Diskriminierung, Belästigung und Gewalt die Umgangskultur des Instituts festschreibt. Den besonderen Anforderungen einer Forschungseinrichtung trägt das Institut mit einem Ombudsmann für gute wissenschaftliche Praxis sowie einem Internen Wissenschaftlichen Komitee Rechnung. Das Interne Wissenschaftliche Komitee besteht aus gewählten wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Instituts und ermöglicht deren Mitwirkung an der wissenschaftlichen Planung und Entwicklung des AIP.

Den Themen Vereinbarkeit, Gleichstellung und Inklusion widmet sich das AIP sowohl in Form von Gremien als auch mittels verschiedener Angebote wie flexible Arbeitszeiten, der Möglichkeit zum Home Office oder Unterstützung bei der Kinderbetreuung. Darüber hinaus weist das Prädikat TOTAL-E-QUALITY das Institut als familienfreundlichen Arbeitgeber aus. Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter können sich mit ihren Anliegen außerdem an eine Gleichstellungs- bzw. eine Inklusionsbeauftragte wenden.

Ausbildung von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern
Nachwuchsförderung am AIP beginnt früh: Regelmäßig kommen Kita- und Schulgruppen auf den Campus Babelsberg, um hinter die Kulissen eines Forschungsinstituts und durch Teleskope zu blicken. Schülerinnen und Schüler lernen während Praktika bei den Mitarbeitenden des AIP den Arbeitsalltag in der Wissenschaft kennen. In den Jahren 2018/19 beendeten drei Bachelorstudierende und sechs Masterstudierende ihr Studium mit einer Arbeit am AIP. Elf Doktorandinnen und Doktoranden promovierten erfolgreich in den verschiedenen Arbeitsgruppen des Instituts. Bei Tagungen, Thinkshops und Summer Schools vernetzen sich Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler und sprechen über aktuelle Projekte. Das Institut bietet zudem Ausbildungsplätze in der Forschungstechnik und in der Verwaltung an.

Between history and high-tech: the AIP campus is embedded in a UNESCO World Heritage site park landscape in the direct vicinity of Berlin. What was once the new location of the Berlin Observatory because of its better observation conditions now offers a unique working environment for about 200 employees.

The internationality of the staff characterises the atmosphere at the institute. People from 33 nations work together at the institute, whether in science, administration, or research infrastructure. Their interests are represented by various committees.

The works council of the AIP, consisting of 7 persons, supports and conveys the concerns of the employees to the Executive Board. In 2019, it adopted the institute's own Code of Conduct, which lays down the institute's culture of conduct as a guideline for protection against discrimination, harassment, and violence. The institute meets the special requirements of a research institution with an ombudsman for good scientific practice and the Internal Scientific Committee. The Internal Scientific Committee is a body elected by AIP scientists. It supports their involvement in the scientific development of the institute and facilitates their proper participation.

AIP is committed to issues of reconciliation, equality, and inclusion, both in the form of committees and through various accommodations including flexible working hours, the possibility of home office, or childcare support. Furthermore, the TOTAL-E QUALITY certification identifies the institute as a family-friendly employer. Employees can also address their concerns to an equal opportunities or inclusion officer.

Training of scientists and scholars

Promoting young talent starts early at AIP: day nursery and school groups regularly visit the Babelsberg campus for a look behind the scenes of a research institute and through the telescopes. During internships supervised by AIP staff, schoolchildren get to know the daily work routine in science.

2018/19 saw three bachelor students and six master students complete their studies with a thesis at AIP. Eleven PhD candidates successfully completed their doctorates in various working groups of the institute. Researchers network and discuss current projects at conferences, thinkshops and summer schools. The institute also offers apprenticeships in administration and research technology.

AUSBILDUNG VON DOKTORANDINNEIN UND DOKTORANDEN UND LEIBNIZ-GRADUIERTENSCHULE

Ausbildung von Doktorandinnen und Doktoranden

Das AIP koordiniert die Ausbildung von etwa 35 Doktorandinnen und Doktoranden aus mehr als zehn Ländern, die hauptsächlich an der Universität Potsdam immatrikuliert sind. Es bestehen darüber hinaus enge Kooperationen mit den Berliner Universitäten. Zusätzlich (ko-)betreuen am AIP tätige Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler Promotionsprojekte an anderen deutschen oder internationalen Universitäten. Die Promotionsordnung der Universität Potsdam legt den Schwerpunkt auf die Betreuung durch Dissertationskomitees und Mentoring im Rahmen einer Betreuungsvereinbarung, die einen strukturierten Ansatz für die Forschungsausbildung und Lehre bietet. Darüber hinaus fördert



Die AIP-Doktorandinnen Ekaterina Dineva und Andrea Diercke beobachten die Sonnenfinsternis am 2. Juli 2019 während des IAU Symposiums 354 in Copiapo, Chile. AIP PhD candidates Ekaterina Dineva and Andrea Diercke observe the solar eclipse on 2 July 2019 during IAU Symposium 354 in Copiapo, Chile. (Credits: AIP/A. Diercke)

die Zusammensetzung der Dissertationskomitees, denen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler von Universitäten und Forschungseinrichtungen gleichermaßen angehören, die wissenschaftliche Zusammenarbeit und macht die Studierenden mit breiteren Forschungsperspektiven vertraut.

Leibniz-Graduiertenschule

Übergeordnetes Ziel der Leibniz-Graduiertenschule für Quantitative Spektroskopie in der Astrophysik ist es, einen Beitrag zur Ausbildung der nächsten Generation junger Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler zu leisten und sie damit für die anstehenden Herausforderungen in Wissenschaft, Hochschule und Industrie gut vorzubereiten. Der Erwerb von methodischen Fähigkeiten wird mit dem Zugang zu modernster Forschungstechnologie sowie mit beispielhaften Einblicken in aktuelle Themen der astrophysikalischen Forschung kombiniert. Die Graduiertenschule stärkt auch die Zusammenarbeit des AIP mit der Universität Potsdam bei der Ausbildung von Doktorandinnen und Doktoranden. Die Leibniz-Graduiertenschule ist eingebettet in das bestehende strukturierte Forschungs- und Ausbildungsprogramm an der Universität Potsdam. Dieses stellt den langfristigen Kontext für die Ausbildung aller Doktorandinnen und Doktoranden in der Astrophysik dar, unabhängig von der tatsächlichen Finanzierungsquelle oder dem Gastinstitut. Schlüsselkomponenten sind die Betreuung durch das Dissertationskomitee, Mentoring, gemeinsame Kolloquien und spezielle Lehr- und Ausbildungskurse, die sowohl wissenschaftliche Themen als auch Soft Skills abdecken.

Die Graduiertenschule startete 2013 zunächst mit acht, im Rahmen des Leibniz-Wettbewerbs der Leibniz-Gemeinschaft geförderten, Doktorandinnen und Doktoranden und erhielt 2014 vier zusätzliche Promotionsstipendien im Rahmen des vom Deutschen Akademischen Austauschdienst (DAAD) geförderten Graduate School Scholarship

Programms. Im Jahr 2020 werden drei verbleibende Doktorandinnen und Doktoranden ihre Forschungsprojekte abschließen und ihre Dissertation verteidigen.

DOCTORAL TRAINING AND LEIBNIZ GRADUATE SCHOOL

Doctoral Training

AIP coordinates a PhD programme with around 35 PhD candidates from more than ten countries, most of whom are enrolled at the University of Potsdam. We also have close collaboration with the Berlin universities, and scientists working at AIP (co-)supervise PhD projects at other German or international universities. PhD regulations at the University of Potsdam emphasise supervision by PhD committees and mentoring, which is expressed by a formal supervision agreement that provides a structured approach for teaching and research training. In addition, the composition of the PhD committees – which include scientists from both universities and research institutions – fosters collaborations and exposes the students to a broader range of research perspectives.

Leibniz Graduate School

The overall goal of the Leibniz Graduate School for Quantitative Spectroscopy in Astrophysics is to contribute to the education of the next generation of young scientists so that they are positioned to face the upcoming challenges within science, academia, and industry. The acquisition of methodical skills is combined with access to cutting-edge research technology and exemplary insights into current topics of astrophysical research. The graduate school also considerably strengthens cooperation between AIP and the University of Potsdam in the training of PhD students. The Leibniz Graduate School is embedded in the existing Structured Doctoral Research and Training Programme at the University of Potsdam. The structured programme provides the long-term context for all doctoral students in astrophysics, independent of their actual funding source or host institute. Key components include supervision through thesis committees, mentoring, joint colloquia, and dedicated teaching and training courses covering scientific topics as well as soft skills.

The graduate school started in 2013 with eight doctoral students funded within the framework of the Leibniz Competition of the Leibniz Association. Four additional doctoral stipends were granted as part of the 2014 Graduate School Scholarship Programme, with support from the German Academic Exchange Service (DAAD). Three remaining doctoral students will finish their research projects and defend their dissertations in 2020.

ABGESCHLOSSENE FORSCHUNGSARBEITEN

COMPLETED RESEARCH PROJECTS

2018

BACHELORARBEITEN BACHELOR THESES

Chris Böttner: The Effect of Observational Bias on the Mean Peculiar Velocity of Galaxy Groups – N. Libeskind, M. Kowalski

Robert Kamlah: Bestimmung optischer Aberrationen in Instrumenten für räumlich hochaufgelöste Beobachtungen der Sonne – C. Denker

Nina Kunert: Characterization of X-ray Sources in Chandra Deep Field South – T. Urrutia, L. Wisotzki

MASTERARBEITEN MASTER THESES

Ekaterina Ilin: Flares in Clusters using K2 Data – K. Strassmeier, S. Barnes

Timon Thomas: Alfvén-wave regulated Cosmic-ray Hydrodynamics – Ch. Pfrommer

Maria Werhahn: Non-thermal emission from galaxies – Ch. Pfrommer

DISSERTATIONEN DISSERTATIONS

Simona Bekeraite: Spins of galaxies – J. Walcher, L. Wisotzki

Abhijit Bendre: Growth and Saturation of Dynamos in Spiral Galaxies via Direct Simulations – D. Elstner

Gohar Harutyunyan: Spectroscopy at the limit: lithium isotopic abundances in solar-type stars and time-series Doppler imaging of an active sub-giant – M. Steffen, K. Strassmeier, M. Weber

Martin Mitzkus: Spectroscopic Surface Brightness fluctuations: A new approach to solve the AGB star puzzle – J. Walcher, M. M. Roth

Alessandro Mott: Analysis of the lithium resonance doublet in cool stars with 3D model atmospheres and NLTE line formation – K. Strassmeier, M. Steffen

Senthamizh Pavai Valliappan: Solar Activity Reconstruction from Historical Observations of Sunspots – R. Arlt

2019

BACHELORARBEITEN BACHELOR THESES

Floor van Donkelaar: The Star Formation Rate, Metallicity and Thermal Pressure in Galaxies at $z=0.4$ – K. B. Schmidt

Kristian Riebesel: MUSE observations of a quasar at $z \sim 3$ and its surroundings – L. Wisotzki

MASTERARBEITEN MASTER THESES

Malte Bröse: A Study of the Temperature Evolution in Solar Flares using Differential Emission Measure (DEM) Reconstruction Techniques – A. Warmuth, G. Mann

Maria Kegeler: Hidden Structure of Early-Type Galaxies – L. Wisotzki, D. Krajnović

Lydia Pangsy: Search for L-type Brown Dwarf Candidates towards the Magellanic Clouds – M.-R. Cioni

Yohana Herrero Alonso: Clustering of Lyman-alpha emitters in MUSE surveys – M. Krumpke, L. Wisotzki

DISSERTATIONEN DISSERTATIONS

Rachel Booth: The activity-rotation-age relationship of cool stars – K. Poppenhäger

Nicholas Henden: Exploring Galaxy Clusters and Groups with Cosmological Simulations – E. Puchwein

Daniel Sablowski: Spectroscopic analysis of the benchmark system alpha Aurigae – M. Weber, K. Strassmeier

Sabine Thater: The interplay between supermassive black holes and their host galaxies – D. Krajnović, L. Wisotzki

Robert Wells: The properties of transiting exoplanets – K. Poppenhäger



Sonnenstrahlen brechen durch die Wolken an einem Spätwintertag in Izana. Im Hintergrund der Teide, der höchste Berg Spaniens. Sunlight breaks through the clouds on a late winter evening in Izana. Rising in the distance is Mount Teide, the highest peak in Spain. (Credits: AEMET Izana, Centro de Investigacion Atmosferica de Izana)

STANDORTE

SITES

POTSDAM-BORNIM

POTSDAM-BORNIM

LOFAR

Das AIP beteiligt sich mit seiner eigenen LOFAR (LOW Frequency ARray)-Station in Potsdam-Bornim am Internationalen LOFAR Teleskop (ILT). LOFAR ist ein Radiointerferometer für den Frequenzbereich von 10 – 250 MHz. Es wurde ursprünglich von ASTRON in den Niederlanden entwickelt und besteht aus einem Kern von 24 Stationen bei Exloo, 14 weiteren Stationen in den Niederlanden und 13 internationalen Stationen, die über Europa verteilt sind – von Irland bis Polen und von Schweden bis Frankreich. Die längste Basislinie in Ost-West-Richtung beträgt 1.885 km, in Nord-Süd-Richtung 1.301 km. Derzeit befindet sich eine weitere Station bei Irbene, Lettland, im Bau. In den nächsten Jahren kommt noch eine Station bei Bologna, Italien, hinzu.

Die wissenschaftliche Auswertung der LOFAR-Daten ist in sechs „Key Science Projects“ organisiert. Eines von ihnen – „Solar Physics and Space Weather with LOFAR“ – wird vom AIP geleitet. 43 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus zehn Ländern arbeiten in diesem Projekt zusammen. Das AIP organisiert gemeinsame Beobachtungszeiten für LOFAR, die das gesamte Projekt nutzt.

Im Jahr 2018 ermöglichte ASTRON Langzeitanträge für Beobachtungen über einen Zeitraum von zwei Jahren. Das AIP stellte einen Antrag für LOFAR-Beobachtungen während der Periheldurchgänge der NASA-Sonde Parker Solar Probe (PSP), d. h. wenn der sonnennächste Punkt erreicht ist. Das Proposal nutzt LOFARs Flexibilität und Vielseitigkeit optimal aus. Es verbindet gleichzeitige interferometrische und „beam-formed“ (Strahl-formende) Abbildungen, solare dynamische Radiospektren, interplanetare Szintillationsmessungen zur Erkundung der Heliosphäre und Messungen polarisierter Pulsaremission zur Messung von Magnetfeldern in koronalen Massenauswürfen im interplanetaren Raum. Diese Beobachtungen liefern ein umfassendes Bild der Sonnenkorona sowie des sonnennahen Weltraums und bilden eine ideale Ergänzung zu den Messungen der NASA-Sonde Parker Solar Probe von Radiowellen, energetischen Teilchen und heliosphärischen Strukturen vor Ort und in der näheren Umgebung. Der Antrag wurde mit 1.064 Stunden Beobachtungszeit bewilligt. In den Jahren 2018 und 2019 fanden während der ersten drei Periheldurchgänge jeweils vierwöchige Beobachtungskampagnen statt.

LOFAR und Parker Solar Probe ergänzen sich dabei gegenseitig. LOFAR beobachtet Typ-III-Radiobursts, d. h. die Signatur von sich durch die Korona bewegenden energetischen Elektronen. Auf ihrem Weg in den interplanetaren Raum sinkt die Frequenz dieser Ausbrüche unter LOFARs Frequenzbereich und die Grenzfrequenz der Ionosphäre der Erde. Das FIELDS-Instrument der Parker Solar Probe ist in der Lage, diese Elektronen weiter durch die Heliosphäre zu verfolgen.

Das Solare Key Science Projekt plant ähnliche Beobachtungskampagnen während der Perihelpassagen der Solar Orbiter Mission.

LOFAR

AIP contributes to the International LOFAR Telescope (ILT) with its own LOFAR (LOW Frequency ARray) station in Potsdam-Bornim. LOFAR is a radio interferometer that observes in the frequency range 10 – 250 MHz. It was originally designed by ASTRON in the Netherlands and consists of 24 core stations near Exloo, 14 other remote stations across the Netherlands, and 13 international stations in countries across Europe, from Ireland to Poland, Sweden to France. The longest baseline in East-West direction is 1,885 km, in North-South direction it is 1,301 km. Another station is presently being constructed in Irbene, Latvia, and a further one will be built near Bologna, Italy, in the near future.

The science with LOFAR is organised in six “Key Science Projects” (KSPs). One of them is “Solar Physics and Space Weather with LOFAR”, led by AIP. Forty-three scientists from ten countries have joined this KSP. AIP is organising common observing time proposals for LOFAR that are used by the entire project.

In 2018, ASTRON issued a call for long-term proposals that cover a period of two years. AIP, together with the Solar KSP, submitted a proposal for LOFAR observations during the NASA Parker Solar Probe (PSP) perihelion passes, where the spacecraft reaches its position nearest to the Sun. This proposal makes optimal use of LOFAR's flexibility and versatility. It includes simultaneous interferometric and “beam-formed” imaging, solar dynamic spectra, interplanetary scintillation measurements probing the heliosphere, and observations of polarised pulsar emission to measure magnetic fields in interplanetary coronal mass ejections. These observations provide a comprehensive picture of the solar corona and interplanetary space near the Sun, and are ideally complemented by PSP in-situ and remote measurements of radio waves, energetic particles, and heliospheric structure. This proposal has been awarded a total 1,064 hours of observing time. The first three PSP perihelia were studied during four-week observing campaigns in 2018 and 2019.

During these observations, LOFAR and PSP data complement each other. LOFAR observed a type III radio burst, i.e. the signature of energetic electrons moving through the solar corona. As they enter interplanetary space, the burst frequency drops below LOFAR's frequency range and Earth's ionospheric cut-off. The PSP FIELDS instrument is able to follow these electrons further through the heliosphere. The Solar KSP is planning similar observing campaigns during the perihelion passes of the Solar Orbiter mission.

POTSDAMER TELEGRAFENBERG

POTSDAM TELEGRAFENBERG

Auf dem Telegrafenberg in Potsdam stehen in direkter Nachbarschaft der Große Refraktor und der Einsteinturm. Die beiden historischen Bauten wurden zu Beginn des 20. Jahrhunderts zur Beobachtung des Nachthimmels bzw. der Sonne errichtet und gehören heute zum AIP.

GROßER REFRAKTOR

Der Große Refraktor, fertiggestellt im Jahr 1899 und eingeweiht durch Kaiser Wilhelm II., war zu seiner Zeit das viertgrößte Linsenteleskop der Welt. Die Vorlage für das eindrucksvolle Kuppelgebäude entwarf der Architekt Paul Spieker.

Der Doppelrefraktor besteht aus zwei fest miteinander verbundenen parallelen Fernrohren, die auf einer parallaktischen Montierung befestigt sind. Das größere Rohr ist für den fotografischen Spektralbereich bestimmt. Sein Objektiv misst 80 Zentimeter im Durchmesser und hat eine 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 Teleskop steht auf einem eigenen Fundament im Boden und wird vom Kuppelgebäude umhüllt. Die Bauweise verhindert, dass sich beispielsweise Schwingungen durch Tritte vom Boden auf das Instrument übertragen und so die Beobachtung stören.

Noch bis Ende der 1960er Jahre fanden im Großen Refraktor wissenschaftliche Beobachtungen statt. Danach führten mangelnde Wartung und Denkmalpflege zu einem langsamen Verfall. Das änderte sich erst 1997 mit der Gründung des Fördervereins Großer Refraktor Potsdam e.V.: Ab 2003 fanden umfangreiche Baumaßnahmen zur Wiederherstellung statt und stellten die Funktionsfähigkeit des historischen Linsenteleskops wieder her. Die vorläufig letzten Sanierungsarbeiten waren im Mai 2017 abgeschlossen. Im Rahmen von öffentlichen Beobachtungsabenden und Führungen können interessierte Gruppen das historische Instrument bestaunen. Auch für Dreharbeiten und Veranstaltungen bietet der Kuppelsaal des Großen Refraktors eine einzigartige Atmosphäre.

EINSTEINTURM

20 Jahre nach dem Großen Refraktor entstand zwischen 1919 und 1924, nur wenige Meter entfernt, der Einsteinturm. Auch wenn dessen Errichtung nach Plänen von Erich Mendelsohn in die Hochzeit des Bauhauses fiel, wird er stilistisch dem Expressionismus zugeordnet. Der Turm gilt bis heute als architektonisches Meisterwerk und zieht Architekturinteressierte aus aller Welt an.

Im Vordergrund steht jedoch seine wissenschaftliche Bedeutung: Mit dem Sonnenteleskop sollte der Nachweis der in Einsteins

Relativitätstheorie vorhergesagten Rotverschiebung von Spektrallinien durch das Schwerefeld der Sonne gelingen.

Das Sonnenlicht wird in dem Turmteleskop durch ein System aus zwei Umlenkspiegeln vertikal nach unten auf ein Objektiv gelenkt. Im Keller des Turmteleskops 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. Der Schwerpunkt der Beobachtungen liegt auf spektralpolarimetrischen Messungen in Sonnenfleckengruppen. Spektren- und Polarisationsanalyse gestatten Rückschlüsse auf das Magnet- und Geschwindigkeitsfeld an der Oberfläche der Sonne. Der Bau des Einsteinturms entstand in einer Mischbauweise aus Beton, Ziegelmauerwerk und Stahl. Die ungewöhnliche Form machte den Turm zwar bis heute einzigartig, aber auch anfällig für Schäden. Dank Mitteln der Wüstenrot Stiftung wurde Ende der Neunziger Jahre eine gründliche Sanierung durchgeführt. Im Jahr 2015 erhielt das AIP eine Förderung der Getty Foundation, die eine umfassende Studie für den Erhalt des Einsteinturms ermöglichte.

Auch heute noch wird das Sonnenteleskop für Tests von neuen Experimenten sowie die Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses genutzt.

Located on the Telegrafenberg in Potsdam, the Great Refractor and the Einstein Tower have been neighbours for almost a hundred years. The two historical buildings were erected at the beginning of the 20th century to observe the night sky and the Sun, respectively. Today, both telescopes are part of AIP.

THE GREAT REFRACTOR

The Great Refractor, completed in 1899 and inaugurated by Kaiser Wilhelm II, was the fourth largest refracting telescope in the world at the time. The impressive domed building was designed by architect Paul Spieker.

The double refractor consists of two parallel telescopes firmly connected to each other and installed on a parallactic mount. The larger tube is intended for the photographic spectral range. Its lens measures 80 centimetres in diameter and has a focal length of 12.2 metres. The smaller lens, for the visual spectral range, has a diameter of 50 centimetres and a focal length of 12.5 metres. The movable part of the telescope weighs seven tons. The diameter of the 200-ton rotating dome measures 21 metres.

The telescope itself stands on a foundation in the ground and is enclosed by the dome building. This is intended to prevent vibrations, such as from walking, from being transmitted from the ground to the instrument, which could disturb observations. The Great Refractor was still being used for scientific observations until the end of the 1960s.

Lack of maintenance and monument preservation eventually led to partial decay. This changed in 1997 with the foundation of the Förderverein Great Refractor Potsdam e.V.: extensive restoration measures from 2003 onwards restored the functionality of the historical lens telescope. The most recent renovation work was completed in May 2017. Interested groups can marvel at the historical instrument during public observation evenings and guided tours. The cupola hall of the Great Refractor also offers a unique atmosphere for filming and events.

EINSTEIN TOWER

The Einstein Tower was built between 1919 and 1924, 20 years after the Great Refractor and just a few metres away. Even though its construction according to plans by Erich Mendelsohn coincided with the golden age of Bauhaus, it is stylistically ascribed to Expressionism. The tower is still considered an architectural masterpiece and continues to attract interested people from all over the world.

More important is its crucial contribution to science: the solar telescope was built to prove the redshift of spectral lines through the Sun's gravitational field, as predicted in Einstein's theory of relativity.

The tower telescope features a system of two deflecting mirrors that direct sunlight vertically onto a lens. A 14-metre-long, thermally insulated spectrograph room is located in the basement of the tower telescope. There, the light is broken down into its spectral components and analysed. The optical and mechanical equipment in the laboratory allows for a spectral resolution of 1:1 million and highly sensitive polarisation measurements of light. The focus of the observations is on spectral polarimetric measurements in sunspot groups. Spectrum and polarisation analysis offers insights into the magnetic and velocity field on the Sun's surface.

The tower around the instrument is a mixed construction of concrete, brick masonry, and steel. To this day, the unusual shape makes the tower unique, but also prone to damage. Thanks to funds from the Wüstenrot Foundation, a thorough restoration was carried out at the end of the 1990s. In 2015, AIP received funding from the Getty Foundation, enabling a comprehensive study for the preservation of the Einstein Tower.

Even today, the solar telescope is still used for testing new experiments and training young scientists.



Die Kuppeln der historischen Teleskope Einsteinurm und Großer Refraktor auf dem Telegrafenberg. The domes of the historical telescopes Einstein Tower and Great Refractor on Telegrafenberg. (Credit: dronearchive.org)

TENERIFFA

TENERIFE

STELLA

Eine wunderbare Maschine seit fast 15 Jahren

Das robotische Observatorium STELLA besteht aus zwei 1,2-Meter-Teleskopen. Eines davon, STELLA I, ist der hochpräzisen Photometrie und das andere, STELLA II, der hochauflösenden Spektroskopie von Sternen gewidmet. Die Instrumente bestehen aus der Weitfeld-Kamera WiFSIP und dem hochauflösenden Spektrographen SES. Die Teleskope wurden 2006 eingeweiht und befinden sich seither in vollem robotischen Betrieb. Dadurch stellt STELLA nicht nur bei den Betriebskosten andere Observatorien in den Schatten: Der technisch bedingte Ausfall der Teleskope beträgt nur 2 % der zur Verfügung stehenden Zeit. Auch die Öffnungszeiten der Kuppeln sind beeindruckend: 87,5 % bei SES und 67,9 % bei WiFSIP. Nur eine vollautomatische Beobachtung mit optimaler Ausnutzung der Latenzzeiten ermöglicht eine solche Leistung.

Weitfeld-Kamera mit neuer CCD

Im Oktober 2018 wurde eine 4k x 4k CCD mit neuer Elektronik installiert und in den Dewar eingebaut. Bei dem neuen Detektor handelt es sich um eine klassische astronomische CCD mit vier Verstärkern, gebaut von Semiconductor Technology Associates. Eine Breitbandbeschichtung mit UV-Verstärkung liefert eine relativ flache Quanteneffizienz mit bis zu 90 % bei 600 nm. Die Verstärker haben ein Ausleserauschen von jeweils 6 – 8 Elektronen und können gleichzeitig in weniger als 30 Sekunden ausgelesen werden, im Vergleich zu vormals 60 Sekunden. Bei üblichen Belichtungszeiten von 30 – 60 s erhöht sich dadurch die effektive Belichtungszeit um 33 % und durch die höhere Anzahl möglicher Belichtungen

während begrenzter Zeitintervalle, wie z.B. bei der Beobachtung von Exoplanetentransits, auch die erreichbare Präzision. Zusätzlich verdoppelt sich nun fast die Anzahl der in der Dämmerung aufgenommenen Flachfelder, so dass innerhalb einer Dämmerung drei Filter kalibriert werden können. Wechselseitige Signaleinstreuung, ein Effekt, der bei Mehrverstärker-CCDs unvermeidbar ist, beträgt jetzt nur noch $1,3 \times 10^{-5}$ Elektronen pro gemessenem Elektron in den benachbarten Verstärkern. Der größte Gewinn gegenüber der alten CCD ist jedoch das überlegene Flachfeldverhalten, das die photometrische Präzision und die Nullpunkt-Kalibrierung erhöht.

Neue Spektrographen

Der Spektrograph SES von STELLA wird in den nächsten Jahren zwei Cousins bekommen. Der erste wird bereits im Sommer 2020 ausgeliefert, der zweite ist für 2023 geplant. STELLA-II wird dann drei Spektrographen gleichzeitig füttern, alle mit einer spektralen Auflösung von etwa 55.000. Der derzeitige rot-optimierte Spektrograph SES bleibt unverändert, wird aber zukünftig nur noch für den Wellenlängenbereich 690 – 900 nm verwendet. Der Bereich 470 – 680 nm wird von einem neuen Spektrographen abgedeckt, der in einer eigenen Vakuumröhre montiert ist und damit hochpräzise Radialgeschwindigkeitsmessung auf dem Niveau von 2 m/s ermöglicht. Ein dritter Spektrograph wird den blauen Wellenlängenbereich von 380 – 460 nm abdecken und für die Wellenlänge der Linien Ca II H&K optimiert. Die Endkonfiguration deckt damit das gesamte optische Spektrum von 380 bis 900 nm bei einer Zwei-Pixel-Auflösung von 55.000 und mit vergleichbarem Durchsatz vom Blauen bis ins Rote ab.



Kurz bevor die Sonne aufgeht, zeichnen die STELLA-Teleskope noch letzte Kalibrationsbilder der Nacht auf. The Sun is about to rise as the STELLA telescopes take their last calibration frames for the night. (Credit: AIP)



Sonnenuntergang am Teide Observatorium. Während sich STELLA auf eine neue Beobachtungsnacht vorbereitet, wurde das Sonnenteleskop GREGOR (großes Gebäude links) gerade geschlossen. Sunset at the Teide Observatory on Tenerife. While STELLA prepares for the night, the solar telescope GREGOR (big building on the left) just closed. (Credits: AIP)

STELLA

A marvelous machine for almost 15 years

The STELLA robotic observatory consists of two 1.2-meter telescopes. One of them, STELLA I, is dedicated to high-precision photometry while the other, STELLA II, is dedicated to high-resolution spectroscopy of stars. The instruments consist of the wide-field camera WiFSIP and the high-resolution spectrograph SES. The telescope was inaugurated in 2006 and has been in fully robotic operation ever since. It dwarfs commonly operated telescopes, and not only in running costs: over the years, the STELLA team has successfully reduced the technical downtime of the telescopes to a mere 2%. Also the shutter-open times are impressive: 87.5% for SES and 67.9% for WiFSIP. Its performance comes courtesy of fully automatic observing, where readout times for the CCDs are already used to slide the telescope to the next target, combined with fast-acquiring, fast-focusing algorithms.

Wide field camera with new CCD

A new 4k x 4k CCD and package were installed in October 2018. A complete new Invar package was manufactured and implemented in the Dewar. The new detector is a thinned, backside illuminated, four-amplifier standard silicon device from Semiconductor Technology Associates. A broadband coating with UV enhancement

returns a fairly flat, peak quantum efficiency of up to 90% at 600 nm. The four amplifiers each have a readout noise of 6–8 electrons and can be read out simultaneously in less than 30 sec, down from the previous 60 sec. At common exposure times of 30–60 sec, this rises the shutter-open time by 33%. Increasing the number of possible exposures during a limited time interval (e.g. exoplanet transits) also increases the attainable precision. Moreover, the number of sky flat fields taken during the short time of twilight has now almost doubled. Hence, three filters can be calibrated within one twilight phase. Amplifier crosstalk, common on multi-amplifier CCD, is now down to $1.3 \cdot 10^{-5}$ electrons per electron in adjacent amplifiers. However, the major gain with respect to the old CCD is the superior flat field behaviour and cosmetics, which will increase the photometric precision and zero point calibration.

New spectrographs

STELLA's Echelle Spectrograph (SES) will get two cousins in the next years. The first is already planned for arrival in 2020; the second is coming in 2023. STELLA-II will then feed three spectrographs simultaneously, all with a spectral resolution of around 55000. The current red-optimised SES will remain as is but will be used only for the wavelength range 690–900 nm. The range 470–680 nm will be covered by a new spectrograph mounted in its own vacuum vessel and thus optimised for high-precision



Observatorio del Teide mit dem 1,5-Meter-Sonnenteleskop GREGOR auf der linken Seite und dem 0,7-Meter-Vakuurmteleskop im Hintergrund.

Observatorio del Teide with the 1.5-metre GREGOR solar telescope on the left and the 0.7-metre Vacuum Tower Telescope in the background.

(Credits: AIP / M. Verma)

radial velocities at the 2 m/s level. A third spectrograph will finally cover the blue wavelength range from 380–460 nm and will be optimised for the wavelengths of Ca II H&K lines. The final configuration thus covers the entire optical spectrum from 380–900 nm at a two-pixel resolution of 55,000, with comparable throughput from the blue to the red.

GREGOR

Sonnenbeobachtung auf Teneriffa

Die Kanarischen Inseln Teneriffa und La Palma gehören zu den besten Standorten für hochauflösende Sonnenbeobachtungen. Sie zeichnen sich durch viele Sonnenstunden und stabile atmosphärische Bedingungen aus, die eine Voraussetzung für das Studium der aktiven und dynamischen Sonne bis ins kleinste Detail sind. Das 0,7-Meter-Vakuurmteleskop und das 1,5-Meter-Sonnenteleskop GREGOR am Observatorio del Teide auf Teneriffa bilden die zentrale Forschungsinfrastruktur für die bodengebundene Sonnenphysik in Deutschland. Ein Konsortium unter der Leitung des Leibniz-Instituts für Sonnenphysik in Freiburg mit dem Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung in Göttingen und dem AIP als Partnern betreibt diese Teleskope und ihre spezielle Kombination von Post-Fokus-Instrumenten. In Zusammenarbeit mit dem Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) werden neuartige Instrumentenkonzepte und Datenanalysetechniken entwickelt, die

den Weg für Teleskope der nächsten Generation wie das Europäische Sonnenteleskop mit vier Metern Öffnung ebnen werden. Typischerweise werden Bild- und spektro-polarimetrische Daten an 250 Beobachtungstagen während der Beobachtungszeit von April bis Dezember gesammelt. Großformatige und schnelle Detektoren erhöhen das Datenvolumen stetig. Daher wird in enger Zusammenarbeit mit dem E-Science- und Supercomputing-Team den Herausforderungen bei der Datenarchivierung und -verarbeitung begegnet.

Magnetfelder hinterlassen deutliche Spuren auf der Sonnenoberfläche, der Photosphäre. Die markantesten Erscheinungsformen sind Sonnenflecken und aktive Regionen. Aber auch auf viel kleineren Skalen treten Magnetfelder als magnetische Knoten, Filigree, helle Punkte, Mikroporen und Poren auf. Beobachtungen in verschiedenen Wellenlängenbereichen sind notwendig, um die Physik klein-skaliger Magnetfelder, ihre Höhenabhängigkeit und ihre Einbettung in Plasmaströme in der Photosphäre zu entschlüsseln. Dies ist eine der wichtigsten wissenschaftlichen Aufgaben für hochauflösende Beobachtungen mit dem 1,5-Meter-Sonnenteleskop GREGOR.

GREGOR

Solar observations in Tenerife

The Canary Islands of Tenerife and La Palma rank among the best sites for high-resolution solar observations. The locations are characterised by many hours of sunshine and stable atmospheric conditions, which are a prerequisite for studying the minute details of the active and dynamic Sun. The 0.7-metre Vacuum Tower Telescope and 1.5-metre GREGOR solar telescope at Observatorio del Teide, Tenerife, form the core research infrastructure for ground-based solar physics in Germany. A consortium led by the Leibniz Institute for Solar Physics in Freiburg with the Max Planck Institute for Solar System Research in Göttingen and AIP as partners operates these telescopes and their dedicated suite of post-focus instruments. Novel instrument concepts and data analysis techniques are developed in collaboration with the Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC). These will pave the way for next-generation telescopes such as the 4-metre European Solar Telescope. Typically, imaging and spectropolarimetric data are gathered on 250 observing days during the observing season from April to December. Large-format and high-cadence detectors steadily increase data volume. Close collaborations with the E-Science and Supercomputing team address the resulting challenges for data archiving and processing.

Magnetic fields leave distinct imprints on the solar surface, i.e., the photosphere, of the Sun. The most prominent ones are sunspots and active regions. However, even on much smaller scales, magnetic fields appear as magnetic knots, filigree, bright points, micro-pores, and pores. Multi-wavelength observations are essential to unravel the physics of small-scale magnetic fields, their height dependence, and how they are embedded in plasma flows at the photospheric level. This is one of the key science cases for high-resolution observations with the 1.5-metre GREGOR solar telescope.

ARIZONA

ARIZONA

LARGE BINOCULAR TELESCOPE (LBT)

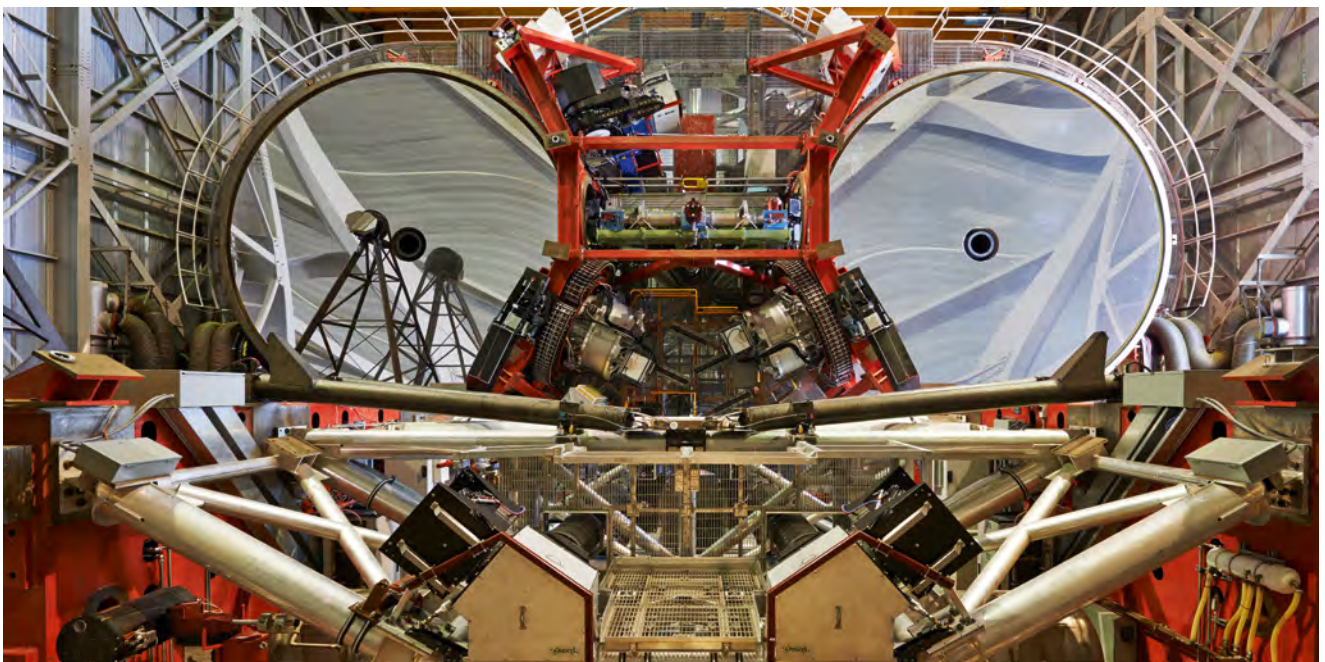
Auf dem 3.200 Meter hohen Mount Graham in Arizona steht das LBT. Mit seinen beiden 8,4-Meter-Spiegeln ist es das derzeit größte optische Teleskop der Welt. Es entspricht dem Lichtsammelvermögen eines einzelnen 11,8-Meter-Teleskops und liefert, wenn interferometrisch gekoppelt, eine räumliche Auflösung am Himmel entsprechend eines einzelnen 22,8-Meter-Giganten. Seit 2018 ist das Teleskop nun im Routinebetrieb, die komplexe Instrumentierung aber noch nicht ganz vollständig.

Das AIP beteiligte sich am LBT u.a. durch die Entwicklung und den 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 der beiden Hauptspiegel liefern. Als wissenschaftliches Instrument baute das AIP den hochauflösenden Spektrographen und Polarimeter PEPSI. PEPSI liefert Spektren allerhöchster Qualität und steht der gesamten deutschen sowie LBT-Partner-Gemeinschaft zur Verfügung. Auch ein kleines Sonnenteleskop, sowie eine 450 Meter lange Faserkopplung mit dem 1,8-Meter-Vatikan-Teleskop können mit PEPSI benutzt werden. Entsprechend der Expertise am AIP sind das Sonnenteleskop und sein Tagbetrieb natürlich vollständig automatisiert.

LARGE BINOCULAR TELESCOPE (LBT)

The LBT is located at an altitude of 3,200 metres on Mount Graham in Arizona. With its two 8.4-metre mirrors, it is currently the largest optical telescope in the world. It has the light-gathering capacity of a single 11.8-metre telescope and, when combined interferometrically, provides a spatial resolution in the sky corresponding to a single 22.8-metre giant. The telescope has been in routine operation since 2018, but the complex instrumentation is not yet complete.

AIP participated in the LBT by developing and building the “Acquisition Guiding and Wavefront Sensing” units, which analyse light entering the telescope and provide signals for controlling the telescope and optimising the shape of the two primary mirrors. PEPSI is a high-resolution spectrograph and polarimeter built as a scientific instrument. It provides spectra of the highest quality and is available to the entire German and LBT partner community. A small solar telescope and a 450-metres-long fibre link with the 1.8-metre Vatican telescope can also be used in conjunction with PEPSI. Corresponding to the expertise at AIP, the solar telescope and its daytime operation are fully automated.



Die beiden 8,4-Meter-Spiegel des Large Binocular Telescope und die Instrumentenplattform dazwischen.

Top-down view of the two 8.4-metre LBT mirrors and the instrument platform between them. (Credit: LBTO)



ARTE-Dreh mit Journalistin Ronja von Rönne und AIP-Wissenschaftler Noam Libeskind im Park Babelsberg. ARTE filming with journalist Ronja von Rönne and AIP scientist Noam Libeskind in Babelsberg park.

PRESSE- UND ÖFFENTLICHKEITSARBEIT

PUBLIC OUTREACH

Von Babelsberger Sternennächten bis zu internationaler Berichterstattung: Das AIP bietet ein breites Spektrum von Formaten und Themen für die Öffentlichkeit mit dem Ziel, den Menschen die Faszination der Astronomie und die Forschungsarbeit am Institut näher zu bringen. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des AIP informieren in Vorträgen, Interviews oder bei Beobachtungsabenden und prägen mit ihrem Engagement so den direkten und medialen Austausch des AIP mit der Öffentlichkeit.

AIP IN DEN MEDIEN

Ob astronomische Ereignisse, neue wissenschaftliche Entdeckungen oder Einblicke in den Forschungsalltag: Die Expertise der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des AIP ist regelmäßig in Presse und Rundfunk gefragt. Dabei sind sie in lokalen und überregionalen Medien gleichermaßen vertreten, wie zum Beispiel in der Märkischen Allgemeinen, dem Spiegel, der ZEIT oder über die Deutsche Presseagentur dpa.

Neben der Beantwortung von Presseanfragen kommuniziert das Institut zudem über verschiedene Kanäle mit regionalen und überregionalen Medien. So versendete das Institut in den Jahren 2018 und 2019 über 50 Pressemitteilungen und News zu wissenschaftlichen Highlights, aktuellen Entwicklungen in Projekten sowie anstehenden öffentlichen Veranstaltungen. Auch die Onlinekommunikation über die Institutshomepage sowie über Social-Media-Kanäle auf Facebook und Twitter spielt eine wichtige Rolle im Dialog mit dem Publikum.

Die Pressemitteilungen des Instituts stießen auf ein breites Medienecho, sowohl national als auch international. Es berichteten unter anderem das ZDF, CNN und The Independent über die Veröffentlichungen des AIP.

Auf Seiten der lokalen Medien war 2018 der rbb in zwei Abteilungen des AIP zu Gast. Im Rahmen der International Space Week porträtierte je ein Beitrag die Arbeit von Dr. Iris Traulsen mit dem Röntgenteleskop XMM-Newton sowie die der Sonnenphysiker apl. Gottfried Mann, Alexander Warmuth und Christian Vocks. Für das Format Arte Street Philosophy sprach Ronja von Rönne mit Noam Libeskind über die Bedeutung der Kosmologie. Ein Journalist des österreichischen Senders Servus TV begleitete für den Film „Terra Mater: Die Sonne – Inferno im All“ die Beobachtungen von apl. Carsten Denker und Meetu Verma am Sonnenteleskop GREGOR auf Teneriffa.

Im Großen Refraktor entstanden in Zusammenarbeit mit dem ZDF vier neue Folgen von „Faszination Universum“. Die von Professor Harald Lesch moderierte Wissenschaftssendung wird im Rahmen der Reihe Terra X ausgestrahlt und widmet sich verschiedenen Themen: „Die Schwerkraft: Der Dirigent der Welt“ und „Der Urknall – das Rätsel des Anfangs“ (2018) bzw. „Im Bann der Astrologie“ und „Unser kosmisches Schicksal“ (2019).

Im Frühjahr 2019 empfing das AIP im Großen Refraktor prominente Gäste: Am 20. März besuchte die Bundesforschungsministerin Anja Karliczek im Rahmen ihres Antrittsbesuchs gemeinsam mit



*Teilnehmerinnen des Girls' Day 2018 besuchen eines der AIP-Teleskope.
Participants in Girls' Day 2018 visit one of the AIP telescopes.*

Landesministerin Dr. Martina Münch die Institute auf dem Telegrafenberg in Potsdam. Am 22. Mai informierten sich Seine Majestät König Willem-Alexander und Ihre Majestät Königin Máxima der Niederlande im Großen Refraktor über die Forschung auf dem Telegrafenberg. Anlass für den Besuch war die feierliche Unterzeichnung zweier Kooperationsvereinbarungen zwischen dem Deutschen GeoForschungsZentrum (GFZ) und der Technischen Universität Delft sowie dem Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK) und der Vrije Universiteit Amsterdam.

VERANSTALTUNGEN

In den Jahren 2018 und 2019 strömten insgesamt rund 20.000 Gäste zu öffentlichen Veranstaltungen sowie zu zahlreichen Führungen auf den Babelsberg und Telegrafenberg. Die hausinternen Veranstaltungsreihen Babelsberger Sternennächte und die Beobachtungsabende im Großen Refraktor erfreuen sich immer weiter steigender Beliebtheit. Auch die Führungen über den Campus Babelsberg sowie den Telegrafenberg sind ein stark nachgefragtes Angebot der Öffentlichkeitsarbeit des Instituts. Auf Anfrage bietet das AIP individuelle und zielgruppengerechte Vorträge sowie auch Touren über das Gelände, deren Schwerpunkte je nach Vorwissen, Alter und Interessen der Gäste variieren.

In den Sommern 2018 / 2019 nahm das AIP traditionell an der Langen Nacht der Wissenschaften teil und öffnete dabei seine wissenschaftshistorischen Standorte auf dem Telegrafenberg. Das Programm reichte von spannenden Vorträgen zur aktuellen astrophysikalischen Forschung bis zur Beobachtung mit dem historischen Großen Refraktor.

Am Abend des 27. Juli 2018 standen gleich zwei besondere astronomische Ereignisse an: die längste Mondfinsternis des 21. Jahrhunderts und der Mars in großer Erdnähe und gleichzeitiger Opposition zur Sonne. Das AIP und das Urania Planetarium Potsdam luden zu diesem Anlass gemeinsam zu einem Themenabend mit Vorträgen und anschließender öffentlicher Beobachtung im Zentrum von Potsdam ein. Alle Interessierten konnten einen Blick durch mobile Teleskope werfen und Fragen rund um das seltene Himmelschauspiel stellen.



Seine Majestät König Willem-Alexander und Ihre Majestät Königin Máxima der Niederlande beim Besuch des Großen Refraktors auf dem Telegrafenberg. His Majesty King Willem-Alexander and Her Majesty Queen Máxima of the Netherlands visiting the Great Refractor on the Telegrafenberg. (Credit: Reinhardt & Sommer / GFZ)

VERNETZUNG

Wie auch in den Jahren zuvor engagierte sich das Institut im Potsdamer Netzwerk Astrophysik – dem neben dem AIP noch das Deutsche Elektronen-Synchrotron DESY in Zeuthen, das Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik und die Universität Potsdam angehören – sowie im Verein proWissen Potsdam. Im Jahr 2018 war das AIP zusammen mit vielen anderen Instituten im Heft „Nachgefragt!“ von proWissen vertreten. Darin beantworten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus der Region Fragen von Kindern. Bei einem von LAUF e.V. und proWissen Potsdam organisierten Parlamentarischen Abend im April 2018 lud das AIP im Landtag Brandenburg zum Eintauchen in Virtuelle Universen und den Besuch von Observatorien, an denen das Institut mit Teleskopen oder Instrumenten beteiligt ist, ein. Interessierte Abgeordnete konnten dreidimensionale 360-Grad-Videos und Panoramen, die das AIP öffentlich über die Webplattform vr.aip.de zur Verfügung stellt, direkt über eine VR-Brille oder auch per Klick am Bildschirm navigieren. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des AIP erläuterten die gezeigten Visualisierungen.

Von Januar bis August 2019 präsentierte sich das AIP gemeinsam mit anderen wissenschaftlichen Einrichtungen im Zentrum Potsdams im Rahmen der Ausstellung „Wissenschaft im Zentrum“. Auf 130 Metern zwischen Landtag und Platz der Einheit erfuhren Passantinnen und Passanten mehr über aktuelle Forschungsprojekte, unterschiedliche Standorte und die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Stadt.

Das DESY in Zeuthen, die Technische Hochschule Wildau und das AIP starteten anlässlich des Wahljahres 2019 gemeinsam die Kampagne „Wissen schafft“, um den Wert der freien Wissenschaft und ihre gesellschaftliche Verantwortung zu verdeutlichen. Einzelne über Gruppen bis zu gesamten Einrichtungen oder Organisationen sind eingeladen, sich individuell zu beteiligen und die große Bandbreite, die Wissenschaft erst ermöglicht, aufzuzeigen.

Im Jahr 2018 präsentierte das AIP seine Forschung auf dem Potsdamer Tag der Wissenschaften. Diese Veranstaltung gastiert jedes Jahr an einem anderen wissenschaftlichen Standort in Potsdam und bietet ein breites Programm für alle Altersgruppen, bei dem die Arbeit von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern in und um Potsdam hautnah erlebbar wird.

NACHWUCHSFÖRDERUNG

Neben den regelmäßigen Veranstaltungen widmet sich das AIP auch kontinuierlich der Wissensvermittlung in der Astronomie an Kinder und Jugendliche. Neben Führungen für Kitas und Schulklassen in Babelsberg und auf dem Telegrafenberg, der Vermittlung von Praktika für Schülerinnen und Schüler sowie von Vorträgen der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus allen Bereichen des AIP, nimmt das Institut bereits seit 15 Jahren am Girls' Day / Zukunftstag Brandenburg teil und fördert so das Interesse an der Astrophysik bereits ab dem Kindergartenalter.

From Babelsberg Starry Nights to international reporting: AIP offers a wide range of formats and topics for the public with the aim of sparking a fascination with astronomy and, especially, the research work at the institute. Scientists at AIP provide information in lectures, interviews, or at observation evenings, thus shaping AIP's direct and media-initiated dialogue with the public.

AIP IN THE MEDIA

Whether astronomical events, new scientific discoveries, or insights into everyday research: AIP's scientists regularly act as experts in the press, TV, and radio. They are represented equally in local and national media, appearing in outlets such as the Märkische Allgemeine, the Spiegel, the ZEIT or through the German press agency dpa. In addition to answering media enquiries, the institute also communicates via various channels with regional and international media. Over 50 press releases and news items were sent out in 2018 and 2019 – on scientific highlights, current developments in projects, and upcoming public events. Online communication via the institute's homepage and social media channels on Facebook and Twitter also play an important role in facilitating dialogue with the public.

In 2018 and 2019, the press releases of the AIP attracted broad media attention, both nationally and internationally. Among others, ZDF, CNN, and The Independent featured the institute's findings.

Local media also followed the AIP's work with great interest. In 2018, Berlin and Brandenburg's regional public-broadcasting TV channel rbb was a guest in two sections. As part of International Space Week, one broadcast each portrayed the work of Dr. Iris Traulsen with the x-ray telescope XMM-Newton and that of solar physicists Gottfried Mann, Alexander Warmuth, and Christian Vocks. For the ARTE Street Philosophy format, Ronja von Rönne spoke with Noam Libeskind about cosmology. For the film "Terra Mater: The Sun – Inferno in Space", a journalist from the Austrian channel Servus TV accompanied the observations of Carsten Denker and Meetu Verma at the solar telescope GREGOR on Tenerife.

In cooperation with the German TV channel ZDF, four new episodes of “Fascination Universe” were produced in the Great Refractor. The science programme, which is hosted by Professor Harald Lesch, is broadcasted as part of the documentary series Terra X and is devoted to various topics: “Gravity: The Conductor of the World” and “The Big Bang – the Enigma of the Beginning” (2018) or “Under the Spell of Astrology” and “Our Cosmic Destiny” (2019).

In spring 2019, AIP welcomed prominent guests in the Great Refractor: On 20 March, Federal Minister of Education and Research Anja Karliczek visited the institutes on Telegrafenberg together with State Minister Dr. Martina Münch as part of her inaugural visit. On 22 May, His Majesty King Willem-Alexander and Her Majesty Queen Máxima of the Netherlands came to Telegrafenberg. The occasion for the visit was the ceremonial signing of two cooperation agreements between the German Research Centre for Geosciences (GFZ) and the Delft University of Technology, and between the Potsdam Institute for Climate Impact Research (PIK) and Vrije Universiteit Amsterdam.

EVENTS

In 2018 and 2019, a total of around 20,000 guests flocked to public events as well as to numerous guided tours in Babelsberg and on Telegrafenberg. The in-house event series Starry Nights in Babelsberg and public observation nights with the Great Refractor enjoyed ever-increasing popularity from autumn to spring. Guided tours of the Babelsberg campus and Telegrafenberg are also in great demand as part of AIP’s public relations work. Individual and target-group-oriented public talks and tours of the grounds are offered on request; the focus of these can vary depending on the previous knowledge, age, and interests of the guests.

AIP participated in the Long Night of Sciences in the summer of both years, opening its historical sites on Telegrafenberg to the public. The programme ranged from exciting lectures on current astrophysical research to observations with the Great Refractor.

The evening of 27 July 2018 saw two special astronomical events: the longest lunar eclipse of the 21st century and Mars in close proximity to the Earth and in simultaneous opposition to the Sun. AIP and the Urania Planetarium Potsdam jointly welcomed visitors to a themed evening with lectures and subsequent public observation in the centre of Potsdam. Guests were invited to take a look through mobile telescopes and ask questions about this rare celestial spectacle.

NETWORKING

As in previous years, the institute was involved in the Astrophysics Network Potsdam – which also includes the DESY in Zeuthen, the Max Planck Institute for Gravitational Physics and the University of Potsdam, as well as the proWissen association. In 2018, AIP, together with many other institutes, was featured in proWissen’s publication “Nachgefragt!”, where questions from Brandenburg’s children were answered by scientists from the region’s institutes. During an event in the Landtag Brandenburg, the state’s parliament, organised by LAUF e.V. and proWissen, AIP invited members of the Landtag to immerse themselves in virtual universes and to visit

observatories in which the institute is involved with telescopes or instruments. Participants could navigate three-dimensional, 360-degree videos and panoramas on AIP’s public web platform vr.aip.de directly, through VR glasses, or by clicking on a screen. AIP scientists explained the visualisations shown.

From January to August 2019 AIP, together with other scientific institutions, staged a presentation on itself in the centre of Potsdam as part of the exhibition “Science at the Centre”. On 130 metres between the state parliament and unity square Platz der Einheit, passers-by learned more about current research projects, different institutes, and the city’s scientists.

DESY in Zeuthen, the Technical University of Wildau, and AIP jointly launched the campaign “Wissen schafft” (“Knowledge Creates”) to mark election year 2019. Its purpose was to visibly demonstrate the value of free science and its social responsibility. Individuals, groups, and even entire institutions or organisations were invited to participate individually and to demonstrate the wide range made possible by science.

In 2018 AIP presented its research at the Potsdam Science Day. This event is hosted by a different scientific campus in Potsdam every year and offers a broad programme for all age groups. Visitors came for a day-long, first-hand look at the work of scientists in and around Potsdam.

PROMOTION OF YOUNG TALENTS

In addition to hosting regular events, AIP is active in the transfer of knowledge in astronomy to children and adolescents. The institute organises guided tours for preschool children and school classes in Babelsberg and on Telegrafenberg, arranges internships for pupils, and organises lectures by scientists from all areas of AIP. AIP focuses on the promotion of girls and has been participating in Girls’ Day / Future Day for 15 years.



Die Ausstellung „Wissenschaft im Zentrum“ in der Potsdamer Innenstadt. The “Science in the Centre” exhibition in inner-city Potsdam.

The image is a cover page for an appendix. It features a light blue sky background with a large, thin, dark red circle that is partially open at the top and bottom. The text 'ANHANG' is written in a bold, dark red, sans-serif font, and 'APPENDIX' is written in a bold, white, sans-serif font below it. In the bottom right corner, there is a photograph of a modern building's overhang and a tree with green leaves. The overall design is clean and professional.

ANHANG

APPENDIX





*Das Leibnizhaus auf dem Campus Babelsberg.
The Leibnizhaus on campus Babelsberg. (Credit: AIP)*

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

GREMIEN UND ORGANE

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 implements its decisions. The Executive Board accomplishes all tasks that are not explicitly assigned to other supervisory bodies.

INSTITUTSLEITUNG INSTITUTE MANAGEMENT

Prof. Dr. Matthias Steinmetz
Wissenschaftlicher Vorstand
Scientific Member of the Board

Vorsitzender des Vorstands
Chairman of the Board

Direktor Forschungsbereich „Extragalaktische Astrophysik“
Director Research Branch “Extragalactic Astrophysics”

Matthias Winker
Administrativer Vorstand
Administrative Chairman

Prof. Dr. Klaus Strassmeier
Direktor Forschungsbereich „Kosmische Magnetfelder“
Director Research Branch “Cosmic Magnetic Fields”

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 on important political and financial issues affecting of the foundation. It supervises the legitimacy, purposefulness, and economic efficiency of the Executive Board's business management.

Dr. Nicole Münnich
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. Ralf Bender
**Universitäts-Sternwarte München,
Ludwig-Maximilians-Universität,
Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik**
University Observatory Munich,
Ludwig-Maximilians-University,
Max Planck Institute for Extraterrestrial Physics

WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT

Der aus externen Mitgliedern bestehende Wissenschaftliche Beirat berät das Kuratorium und den Vorstand in allen bedeutenden wissenschaftlich-technischen Fragen. 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, advises the Board of Trustees and the Executive Board on all major scientific and technical matters. 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. Ralf Bender

Vorsitzender / Chair

Universitäts-Sternwarte München, Ludwig-Maximilians-Universität, Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik

Prof. Dr. Sami K. Solanki

Max-Planck-Institut für Sonnenforschung

Prof. Dr. Gibor Basri

The University of California at Berkeley

Prof. Dr. Eva K. Grebel

Astronomisches Rechen-Institut
Zentrum für Astronomie der Universität Heidelberg

Prof. Dr. 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

BETRIEBSRAT

Der Betriebsrat des AIP unterstützt und vermittelt die Anliegen der Mitarbeitenden gegenüber dem Vorstand.

WORKS COUNCIL

The AIP Works Council supports and conveys the concerns of employees to the Executive Board.

apl. Prof. Dr. Carsten Denker, Dr. Thomas Granzer, Thomas Jahn, Arto Järvinen, Dr. Kristin Riebe, Dr. Michael Weber, Dr. Jörg Weingrill

GLEICHSTELLUNGSBEAUFTRAGTE

Die Gleichstellungsbeauftragte ist Ansprechperson für alle Themen rund um die Gleichstellung und die Vereinbarkeit von Familie und Beruf.

COMMISSIONER FOR GENDER ISSUES

The Equal Opportunities Officer is the contact person for all issues relating to equality and the compatibility of family and career.

Katrin Böhrs

Regina v. Berlepsch

Stellvertreterin / Deputy Commissioner

INTERNES WISSENSCHAFTLICHES KOMITEE

Das Interne Wissenschaftliche Komitee wird von den wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Instituts gewählt und ermöglicht deren Mitwirkung an der wissenschaftlichen Planung und Entwicklung des AIP.

INTERNAL SCIENTIFIC COMMITTEE

The Internal Scientific Committee is elected by AIP scientists and facilitates their participation in the scientific planning and development of the institute.

Dr. John Davenport

Sprecher / Chair

Dr. Alexander Warmuth, Andrea Diercke, Dr. Yuri Fournier, Dr. Davor Krajnović, Dr. Genoveva Micheva, Dr. Iris Traulsen, Dr. Meetu Verma

**KURATORIUM
BOARD OF TRUSTEES**

Dr. Nicole Männich (Vorsitzende/Chair)
Ministerium für Wissenschaft,
Forschung und Kultur des Landes Brandenburg

Dr. Jürgen Kroseberg (Stv. Vorsitzender/Vice Chair)
Bundesministerium für Bildung und Forschung

Prof. Dr. Ralf Bender (Vorsitzender/Chair)

**WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT
SCIENCE ADVISORY BOARD**

INSTITUTSLEITUNG INSTITUTE MANAGEMENT

**VORSTAND
EXECUTIVE BOARD**

Prof. Dr. Matthias Steinmetz (Sprecher/Chair)
Matthias Winker

**KOSMISCHE MAGNETFELDER
COSMIC MAGNETIC FIELDS**

Prof. Dr. Klaus Strassmeier

**EXTRAGALAKTISCHE ASTROPHYSIK
EXTRAGALACTIC ASTROPHYSICS**

Prof. Dr. Matthias Steinmetz

**Magnetohydrodynamik und Turbulenz
Magnetohydrodynamics and Turbulence**

Dr. Dettlef Elsner

**Milchstraße und die lokale Umgebung
Milky Way and the Local Volume**

Dr. Roelof de Jong

**Sonnenphysik
Solar Physics**

apl. Prof. Dr. Carsten Denker

**Zwerggalaxien und der Galaktische Halo
Dwarf Galaxies and the Galactic Halo**

Prof. Dr. Maria-Rosa Cioni

**Sternphysik und Exoplaneten
Stellar Physics and Exoplanets**

Prof. Dr. Katja Poppenhäger

**Die frühe Milchstraße
The Early Milky Way**

Dr. Else Starkenburg

**Sternaktivität
Stellar Activity**

Dr. Sydney Barnes

**Galaxien und Quasare
Galaxies and Quasars**

Prof. Dr. Lutz Wisotzki

**Teleskopsteuerung und Robotik
Telescope Control and Robotics**

Dr. Thomas Granzer

**Röntgenastronomie
X-ray Astronomy**

PD Dr. Axel Schwobe

**Hochauflösende Spektroskopie und
Polarimetrie
High-resolution Spectroscopy and
Polarimetry**

Dr. Michael Weber

**Kosmologie und Hochenergie-Astrophysik
Cosmology and High-Energy Astrophysics**

Prof. Dr. Christoph Pfrommer

**Kosmographie und großräumige Strukturen
Cosmography and Large-Scale Structure**

Dr. Noam Libeskind

**3D- und Multi-Objekt-Spektroskopie
3D and Multi-Object Spectroscopy**

Dr. Andreas Kelz

**Supercomputing und E-Science
Supercomputing and E-Science**

Dr. Harry Enke

**ADMINISTRATION
ADMINISTRATION**

Matthias Winker

**Finanzen und Beschaffung
Finance**

Ulrich Boyer

**Personal und Recht
Personnel and Legal Affairs**

Gernot Rosenkranz

**Zentrale technische Dienste
Central Technical Services**

N.N.

**Haustechnik
Building Service**

Dennis Nagel

**Bauangelegenheiten
Building Supervision**

Karin Tygö

**Presse- und
Öffentlichkeitsarbeit
Public Relations**

Dr. Janine Fohlmeister

**inoFSPEC
inoFSPEC**

Prof. Dr. Martin Roth

**Astrophotonik
Astrophotonics**

Dr. Kalaga Madhav

**Forschungstechnik
Technical Section**

Dr. Hakan Önel

**Projektmanagement
Project Management**

Joar Brynnel

**IT-Service
IT Services**

Rainer Herbst

**Wissenschaftliche Bibliothek
und Dokumentationszentrum
Scientific Library and
Documentation Centre**

Regina v. Berlepsch

**Betriebsrat
Works Council**

John Davenport

**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

**Inklusion
Inclusion**

Melanie Widra

**Datenschutz
Data Protection**

Dr. Harry Enke

**IT Sicherheit
IT Security**

Mario Dionies

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.

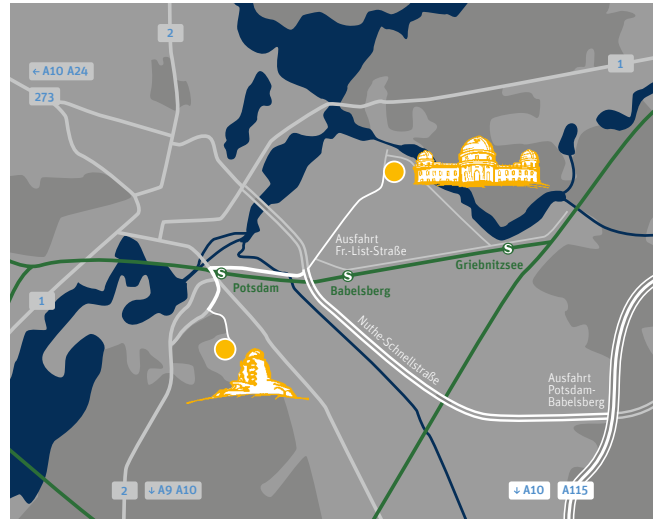
Mit dem Auto: Ab Berlin über die A115 bis zur Abfahrt „Potsdam-Babelsberg“ fahren; auf der Nuthe-Schnellstraße bleiben bis zur Ausfahrt „Friedrich-List-Straße“. Der Straße „Alt Nowawes“ geradeaus folgen, bergauf, bis zur Rechten die Einfahrt zum AIP zu sehen ist.

Nächste Flughäfen: Berlin-Tegel und Berlin-Schönefeld

Potsdam 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.



Standorte in Potsdam-Babelsberg und auf dem Telegrafenberg.

AIP locations at Potsdam-Babelsberg and Telegrafenberg.

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. Search for the most convenient train and bus connection on www.bvg.de.

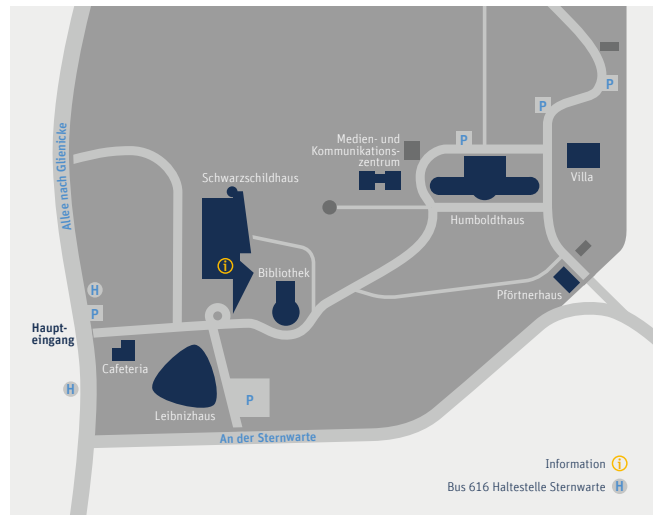
By Car: Drivers from Berlin can best reach the Babelsberg campus from the A115 motorway, exit “Potsdam-Babelsberg”. From there, follow the Nuthe Expressway (“Nutheschnellstraße”) until you reach exit “Friedrich-List-Straße”. Turn right and follow the road “Alt Nowawes” straight uphill until you see the AIP entrance on the right hand side.

Nearest airports: Berlin-Tegel, Berlin Schönefeld

Potsdam-Telegrafenberg, Great Refraktor and Einstein Tower

Public Transport: Bus No. 691, which stops at Telegrafenberg, leaves from Potsdam main station. Please note that this bus runs only at peak times on weekdays.

By Car: Drivers from Berlin can best reach Telegrafenberg from the A115 motorway, exit “Potsdam-Babelsberg”. From the Nuthe Expressway (“Nutheschnellstraße”) take Friedrich-Engels-Straße towards Potsdam main station. Turn onto Brauhausweg and Albert-Einstein-Straße till you reach “Wissenschaftspark Albert Einstein”. Park near the gate at the side of the road.



Forschungscampus Potsdam-Babelsberg.

Research campus in Potsdam-Babelsberg.

IMPRESSUM

IMPRINT

Zweijahresbericht 2018 / 19

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,

Sarah Hönig, Kristin Riebe

Gestaltung:

KRAUT & KONFETTI, Berlin

Auflage:

500 Exemplare

ISSN:

2367-3664

Potsdam, 2020

**Leibniz-Institut für
Astrophysik Potsdam (AIP)**

An der Sternwarte 16
14482 Potsdam
+49 331 74 99-0

www.aip.de

