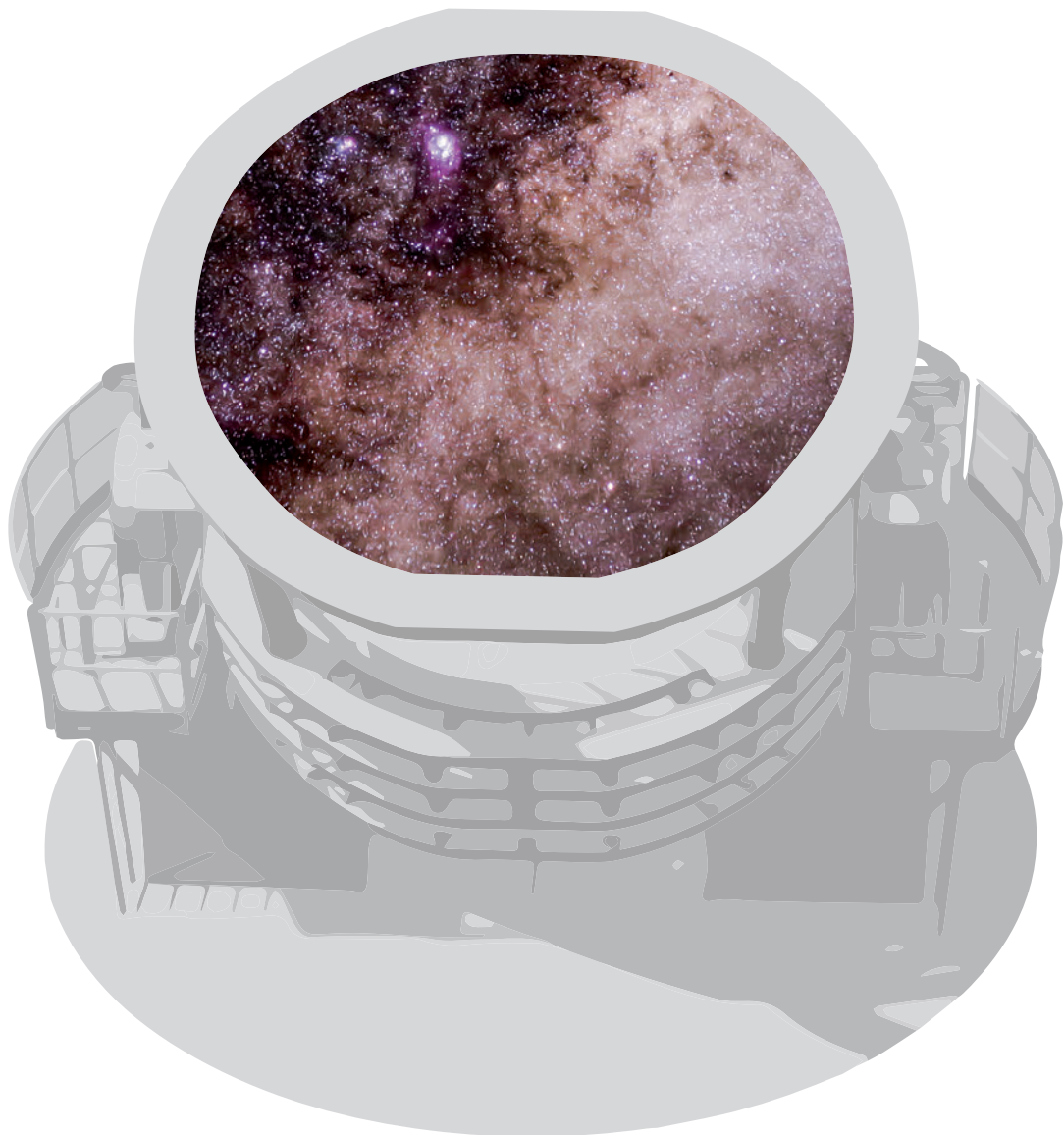




Leibniz-Institut für
Astrophysik Potsdam

BIENNIAL REPORT

2022 – 2023



Das Titelbild zeigt eine Illustration des VISTA-Teleskops der Europäischen Südsternwarte (ESO) am Paranal-Observatorium in Chile. An diesem 4-Meter-Teleskop wird das Instrument 4MOST installiert, das etwa 2400 Spektren gleichzeitig aufnehmen kann. Das AIP leitet das Konsortium für den Bau, den Betrieb und die wissenschaftliche Nutzung des Instruments.

The cover picture shows an illustration of the VISTA telescope of the European Southern Observatory (ESO) at the Paranal Observatory in Chile. This 4-metre telescope is the future host of the 4MOST instrument, which can record about 2400 spectra simultaneously. The AIP is leading the consortium for the construction, operation and scientific utilisation of this instrument.

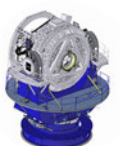


▲ Aufnahme des Nachthimmels mit unzähligen Sternen und einigen dunklen Staubwolken der Milchstraße, unserer Heimatgalaxie, fotografiert am Paranal-Observatorium in Chile. Die Forschung am AIP reicht von der Sonne über die Sterne der Milchstraße und ihren Zwerggalaxien bis zu fernen Galaxien und dem Ursprung des Universums.

Long-term exposure of the night sky with countless stars and some dark dust clouds of the Milky Way, our home galaxy, photographed at the Paranal Observatory. Research at the AIP ranges from the sun to the stars of the Milky Way and its dwarf galaxies to distant galaxies and the origin of the universe. (Credits: AIP / A. Saviuk)

Das Daumenkino zeigt beim Durchblättern Schritt für Schritt eine Animation der Installation des 4MOST-Instrumentes am VISTA-Teleskop.

The flipbook in the corner shows a step-by-step animation of the installation of the 4MOST instrument on the VISTA telescope. (Credits: AIP / A. Saviuk)





▲ Klaus G. Strassmeier, Matthias Steinmetz
und Wolfram Rosenbach

**SEHR GEEHRTE LESERINNEN UND LESER,
LIEBE HIMMELSBEGEISTERTE,**

DEAR READERS, DEAR SKY ENTHUSIASTS,

der gestirnte Himmel fesselt den Menschen seit Urzeiten. Er regt zum Staunen, zum Wundern aber auch zum Träumen an. All diese Begeisterung gilt auch für Astronomie und Astrophysik als Wissenschaft, hinzukommt aber die Faszination, neue Geräte und neue Methoden zu entwickeln, mit denen man dem Universum seine Geheimnisse entreißen kann. Nicht immer ist der Weg vorgezeichnet, wie eine Erkenntnis erarbeitet werden kann, und mancher Ansatz erweist sich als Holzweg. Wissenschaft geht selten nach Plan.

Als Institut der Leibniz-Gemeinschaft genießen wir von unseren größten Förderern – Bund und Ländern, also letztendlich von Ihnen als Steuerzahler, liebe Leserinnen und Leser – einen großen Vertrauensvorschuss. Alle sieben Jahre wird die Grundlage für diesen Vorschuss kritisch hinterfragt und überprüft: eine Gruppe von externen internationalen Experten begutachtet die Forschungsleistungen des Instituts, die Angemessenheit seiner Finanzierung, die Stichhaltigkeit der strategischen Planungen und gibt gegebenenfalls auch

Empfehlungen für das weitere Handeln des Instituts und seiner Förderer. Eine solche Evaluierung fand im Jahr 2022 statt und es erfüllt uns mit Freude und auch ein wenig Stolz, dass wir, wie bereits 2007 und 2015, diese Überprüfung mit Bravour bestanden haben. So konnten wir das Jahr 2023 mit neuem Elan beginnen, neue Ideen entwickeln und auf den Weg bringen.

All dies finden Sie auf den folgenden Seiten beschrieben – die Ergebnisse, die über 220 Kolleginnen und Kollegen am Institut über die vergangenen beiden Jahre erarbeiteten und auch neue Vorhaben, mit denen wir uns in den kommenden Jahren beschäftigen wollen.

Lassen Sie sich verzaubern, von den Objekten des Himmels und von den Geheimnissen, die wir Ihnen entlockt haben. Oder kommen Sie uns besuchen bei einer unserer Veranstaltungen!

The starry sky has fascinated people since ancient times. It inspires us to marvel, to wonder, but also to dream. This enthusiasm also applies to astronomy and astrophysics as a science, complemented by the fascination of developing new devices and new methods to unlock the secrets of the universe. The path to gaining knowledge is not always mapped out, and some approaches turn out to be the wrong way round. Science rarely goes according to plan.

As an institute of the Leibniz Association, we enjoy a great deal of trust from our largest sponsors – the federal and state governments, which ultimately means from you, dear readers, as taxpayers. Every seven years, the basis for this advance is critically scrutinised and reviewed: a group of external international experts assesses the Institute's research performance, the appropriateness of its funding, the validity of its strategic planning and, if necessary, makes recommendations for the future actions of the institute and its funders. Such an evaluation took place in 2022 and it fills us with joy and also a little pride that we passed this review with flying colours, as we did in 2007 and 2015. This enabled us to start 2023 with renewed vigour and also to develop and launch new ideas.

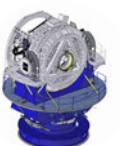
You will find all of this described in the following pages – the results that the more than 220 colleagues at the institute have achieved over the past two years, as well as the new projects that we want to focus on in the coming years.

Let yourself be enchanted by the objects in the sky and the secrets we have revealed. Or come and visit us at one of our events!

Prof. Dr. Matthias Steinmetz
Wissenschaftlicher Vorstand
Direktor Forschungsbereich
Extragalaktische Astrophysik

Wolfram Rosenbach
Administrativer Vorstand
Direktor Administration

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





▲ Das Schwarzschildhaus, eines der Technologiegebäude des AIP, und die Bibliothek im historischen Kuppelgebäude auf dem Institutsgelände in Babelsberg

The Schwarzschildhaus, one of the AIP's technology buildings, and the library in the historic dome building on the institute's premises in Babelsberg (Credits: Reinhardt & Sommer Fotografen)

Am Leibniz-Institut für Astrophysik Potsdam (AIP) trifft über 300-jährige Geschichte auf hochmoderne Forschungstechnologien. Das traditionsreiche Institut zeichnet sich vorwiegend durch seine beiden Forschungsschwerpunkte „Kosmische Magnetfelder“ und „Extragalaktische Astrophysik“ sowie die Entwicklung von unverzichtbarer Forschungsinfrastruktur und Forschungstechnologie aus. Das Profil des AIP reicht von A für Astrophotonik bis zu Z für Zwerggalaxien und ist damit besonders breit aufgestellt. Als größte astronomische Forschungseinrichtung in den neuen Bundesländern behauptet sich das AIP nicht nur im gesamtdeutschen, sondern auch im europäischen und weltweiten Forschungswettbewerb.

Das AIP besteht seit 1992 als Stiftung des bürgerlichen Rechts und wird vom Land Brandenburg, der Ländergemeinschaft und vom Bund institutionell gefördert. Es ist die Nachfolgeeinrichtung der 1700 gegründeten Berliner Sternwarte und des 1874 gegründeten Astrophysikalischen Observatoriums Potsdam und vereint heute den Babelsberger Institutscampus sowie die beiden historisch bedeutsamen Gebäude Einsteinturm und Großer Refraktor auf dem Telegrafenberg im Wissenschaftspark Albert Einstein. Weitere Standorte sind die Radioteleskopstation LOFAR in Potsdam-Bornim, das Sonnenteleskop GREGOR und die robotischen STELLA-Teleskope auf Teneriffa sowie das Large Binocular Telescope in Arizona. Seit 1992 gehört das Institut zur Leibniz-Gemeinschaft.

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des AIP untersuchen Strukturen auf der Sonne, galaktische Winde, Exoplaneten oder den Aufbau und die Entstehung unserer Milchstraße und erzielen mit ihrer täglichen Arbeit national und international herausragende Forschungsergebnisse. Das Institut ist zudem weltweit an zahlreichen Forschungsprojekten beteiligt. Hierfür werden astronomische Großinstrumente entwickelt, projiziert und integriert sowie notwendige Daten ausgewertet.

Durch mehrere gemeinsame Berufungen mit der Universität Potsdam sowie Kooperationen mit Universitäten und Forschungseinrichtungen in den Bundesländern Brandenburg und Berlin ist das AIP eng mit der universitären Forschungslandschaft und weiteren Partnerinstitutionen in der Region vernetzt.

At the Leibniz Institute for Astrophysics (AIP), over 300 years of history meet state-of-the-art research technologies. The institute, rich in tradition, is characterized in particular by its two main research areas 'Cosmic Magnetic Fields' and 'Extragalactic Astrophysics' as well as the development of indispensable research infrastructure and research technologies. The profile ranges from A for astrophotonics to z for redshift and is therefore very broad. As the largest astronomical research facility in the new federal states, the AIP holds its own not only in Germany, but also in Europe and worldwide.

The AIP has existed as a foundation under civil law since 1992 and receives institutional funding from the state of Brandenburg, the community of states, and the federal government. It is the successor to the Berlin Observatory founded in 1700 and the Astrophysical Observatory Potsdam founded in 1874. Today it encompasses the Babelsberg institute campus and two historically significant buildings: the Einstein Tower and the Great Refractor on the Telegrafenberg site in the Albert Einstein Science Park. Other locations include the LOFAR radio telescope station in Potsdam Bornim, the GREGOR solar telescope and the robotic STELLA telescopes at Tenerife, as well as the Large Binocular Telescope in Arizona. The institute has been part of the Leibniz Association since 1992.

Scientists at the AIP study the sun, galactic winds, exoplanets and the structure and formation of our Milky Way, achieving outstanding national and international research results with their day-to-day work. The institute is also involved in numerous national and international research projects. For this purpose, large astronomical instruments are developed, planned and integrated and the necessary data analyzed.

Through several joint appointments with the University of Potsdam, as well as collaborations with universities and research institutions in the federal states of Brandenburg and Berlin, the AIP is closely linked to the university research landscape and other partner institutions in the region.

INHALT

CONTENT

- | | |
|---|---|
| <p>6 WISSENSCHAFTLICHE HIGHLIGHTS
RESEARCH HIGHLIGHTS</p> <p>8 KOSMISCHE MAGNETFELDER
COSMIC MAGNETIC FIELDS</p> <p>10 Magnetohydrodynamik und Turbulenz
Magnetohydrodynamics and Turbulence</p> <p>14 Sonnenphysik
Solar Physics</p> <p>18 Sternphysik und Exoplaneten
Stellar Physics and Exoplanets</p> <p>24 EXTRAGALAKTISCHE ASTROPHYSIK
EXTRAGALACTIC ASTROPHYSICS</p> <p>26 Milchstraße und die lokale Umgebung
Milky Way and the Local Volume</p> <p>30 4-metre Multi-Object Spectroscopic Telescope 4MOST
4-metre Multi-Object Spectroscopic Telescope 4MOST</p> <p>32 Zwerggalaxien und der Galaktische Halo
Dwarf Galaxies and the Galactic Halo</p> <p>38 Galaxien und Quasare
Galaxies and Quasars</p> <p>44 Kosmologie und Hochenergie-Astrophysik
Cosmology and High-Energy Astrophysics</p> <p>50 ENTWICKLUNG VON FORSCHUNGSTECHNOLOGIE
UND -INFRASTRUKTUR
DEVELOPMENT OF RESEARCH TECHNOLOGY AND
INFRASTRUCTURE</p> <p>52 Teleskopsteuerung und Robotik
Telescope Control and Robotics</p> <p>56 Hochauflösende Spektroskopie und Polarimetrie
High-resolution Spectroscopy and Polarimetry</p> <p>60 3D- und Multi-Objekt-Spektroskopie
3D and Multi Object Spectroscopy</p> <p>64 Supercomputing und E-Science
Supercomputing and E-Science</p> <p>68 Astrophotonik (innoFSPEC)
Astrophotonics (innoFSPEC)</p> | <p>72 DAS AIP IM ÜBERBLICK
THE AIP AT A GLANCE</p> <p>74 Das Leibniz-Institut für Astrophysik Potsdam (AIP)
im Überblick
The Leibniz Institute for Astrophysics Potsdam (AIP)
at a Glance</p> <p>76 Forschungscampus Potsdam-Babelsberg
Babelsberg Research Campus</p> <p>87 Preise und Auszeichnungen
Awards and Honours</p> <p>90 Tagungen
Conferences</p> <p>92 Geschichte des AIP
History of AIP</p> <p>94 Arbeiten am AIP
Working at AIP</p> <p>98 Abgeschlossene Forschungsarbeiten
Completed Research Projects</p> <p>100 Standorte
Sites</p> <p>108 Presse- und Öffentlichkeitsarbeit
Public Outreach</p> <p>112 ANHANG
APPENDIX</p> <p>114 Institutsstruktur
Institute Structure</p> <p>118 Anreise
How to Get to AIP</p> |
|---|---|





**WISSENSCHAFTLICHE
HIGHLIGHTS**

**RESEARCH
HIGHLIGHTS**



The image shows a star (51 Pegasi) with a planet orbiting it. The star's surface is resolved, and magnetic field lines are shown as white, wavy lines extending from the star's surface. The background is a dark space filled with stars. The title 'KOSMISCHE MAGNETFELDER' and 'COSMIC MAGNETIC FIELDS' is overlaid on the image.

KOSMISCHE MAGNETFELDER

COSMIC MAGNETIC FIELDS

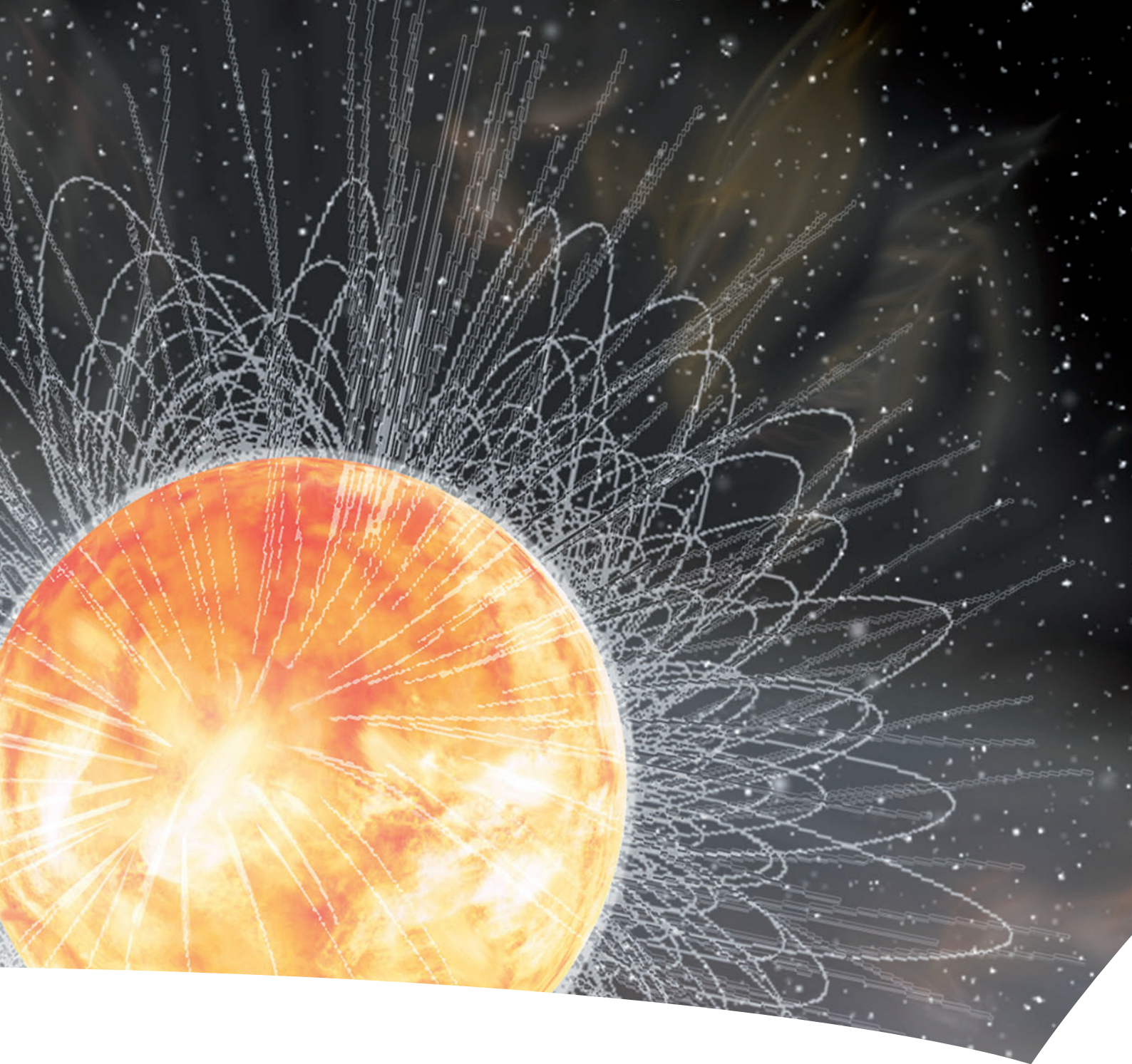
▲ Das Bild zeigt den Stern 51 Pegasi mit einem Planeten. Die Oberfläche des Sterns wurde mithilfe der Zeeman-Doppler-Imaging-Technik des am AIP entwickelten Instruments PEPSI am Large Binocular Telescope in Arizona sichtbar gemacht. Die Feldlinien sind Extrapolationen der beobachteten Feldstruktur der stellaren Oberfläche.

The image above shows the star 51 Pegasi with a planet. The surface of the star was resolved using the Zeeman Doppler imaging technique of the PEPSI instrument which was developed at AIP at the Large Binocular Telescope in Arizona. The field lines are extrapolations of the observed field structure of the stellar surface. (Credits: AIP / K. G. Strassmeier & J. Fohlmeister)

Der Forschungsbereich Kosmische Magnetfelder erforscht solare und stellare Magnetfelder und die sie erzeugenden magnetohydrodynamischen Mechanismen (MHD). Das Ziel ist ein umfassendes Verständnis der komplexen Zusammenhänge zwischen der Struktur der Materie und der Geometrie und Stärke von Magnetfeldern sowie deren Verknüpfung mit einem einschließenden astrophysikalischen Plasma. Dies schließt auch den Einfluss des Magnetfeldes auf die Bewohnbarkeit von extrasolaren Planeten ein. Der Forschungsbereich verknüpft die Sonne und deren Heliosphäre, die wir detailliert beobachten können, mit anderen Sternen. Physikalische Prozesse wie Konvektion und Rotation, Turbulenz und Diffusion, Magnetfeldzerstörung und -verstärkung sowie Teilchenbeschleunigung sind dabei die Schlüsselkomponenten. Die Forschenden nutzen für MHD-Simulationen leistungsfähige Supercomputer und beobachten mit

Großteleskopen wie dem LBT, VLT oder LOFAR. Ein weiterer Schwerpunkt ist der Bau von Instrumenten wie dem hochauflösenden Spektrographen ANDES für das Extremely Large Telescope (ELT) in Chile. Hinzu kommen kleinere, aber hochspezialisierte Teleskope wie das optische Sonnenteliskop GREGOR, das Röntgenteleskop STIX an Bord des ESA-Satelliten Solar Orbiter oder robotische Teleskope wie STELLA und BMK10k für Spektroskopie und bildgebende Photometrie.

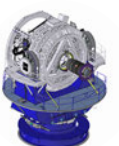
Zusammen mit den beiden technologischen Forschungs- und Entwicklungsabteilungen Robotik und Hochauflösende Spektroskopie und Polarimetrie verbindet der Bereich die genannten Schwerpunkte durch die Thematik der Beziehungen zwischen unserer Sonne und anderen Sternen sowie zwischen Sternen und ihren Planeten.

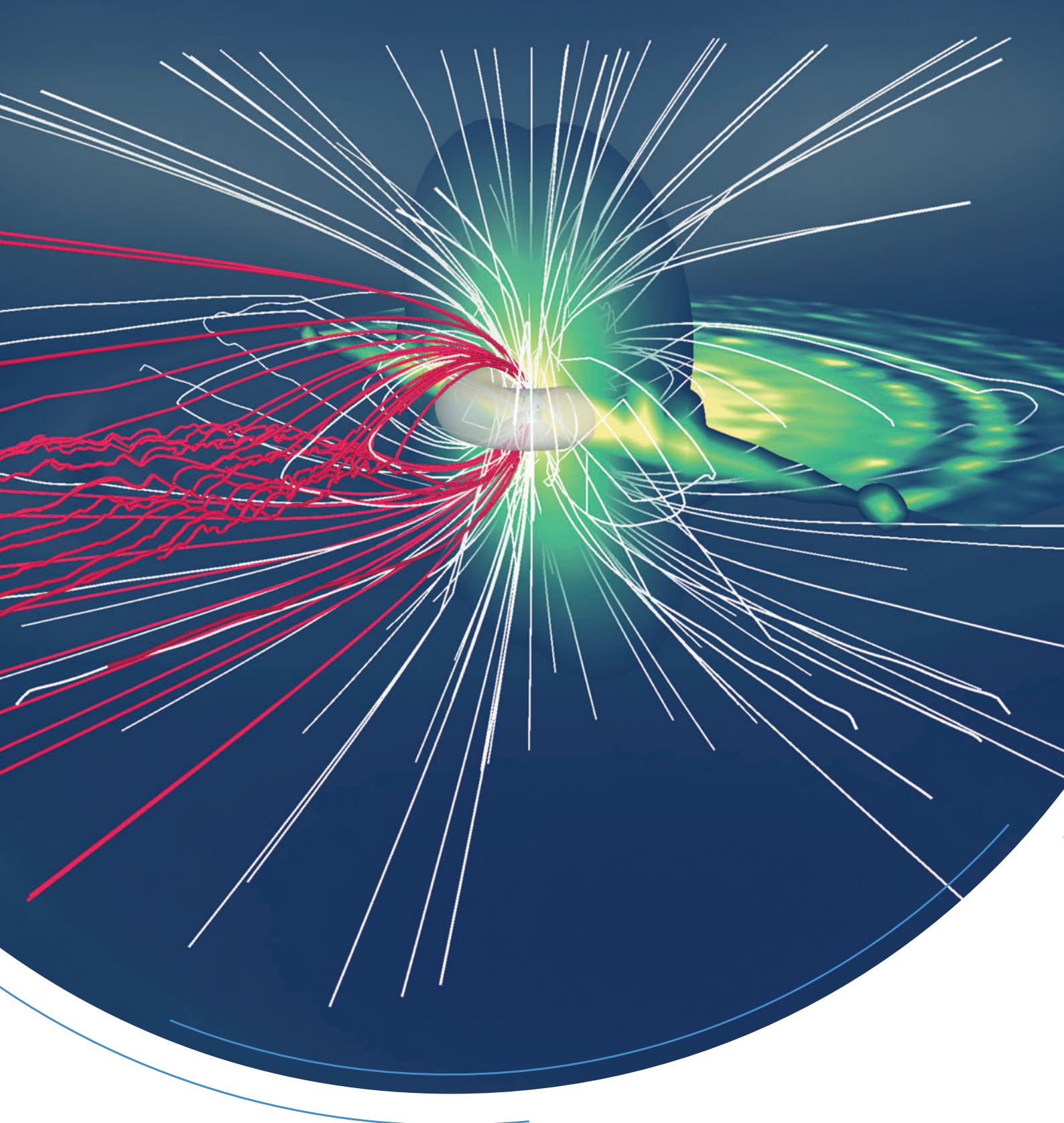


The Cosmic Magnetic Fields research area explores solar and stellar magnetic fields, along with the magnetohydrodynamic (MHD) mechanisms that generate them, and constructs instruments that can measure them. The goal is to understand the complex relationship between the structure of matter and the geometry and strength of magnetic fields and their recoupling with the surrounding astrophysical plasma, including the effects on the habitability of exoplanets. It links the sun and its heliosphere, seen in great detail, to that of other stars. The underlying processes of convection and rotation, turbulence and diffusion, magnetic field reconnection and amplification, and particle acceleration are the key physics drivers. The researchers use supercomputers for MHD simulations and large telescopes such as the LBT, VLT and LOFAR.

Another focus is the construction of instruments such as the high-resolution spectrograph ANDES for the Extremely Large Telescope (ELT) in Chile. Furthermore, smaller but highly specialized telescopes are also employed, e.g. the solar optical telescope GREGOR, the solar X-ray telescope STIX on board the ESA satellite Solar Orbiter and even fully robotic telescopes like STELLA and BMK10k for spectroscopy and imaging photometry.

Together with the two research and development sections Robotics and High-Resolution Spectroscopy and Polarimetry, this research area combines the topics discussed above through the joint themes of the solar-stellar connection and star-planet relations.





▲ Magnetohydrodynamik-Simulation eines stark magnetisierten Sternenwindes. Das Dipol-Magnetfeld des Sterns (weiße Linien) drängt den strömenden Wind (beispielhafte rote Strömungslinien) in die Äquatorebene und führt zur Bildung einer Scheibe (gelbgrüne Gasdichte).

Magnetohydrodynamic simulation of a strongly magnetized stellar wind. The stellar dipole magnetic field confines the outflow (represented by selected red stream lines) to the equatorial plane and leads to the formation of a disc (yellow-green gas density).
(Credits: AIP / M. Küker & O. Gressel)

MAGNETOHYDRODYNAMIK UND TURBULENZ

MAGNETOHYDRODYNAMICS AND TURBULENCE

Der Kosmos ist durchzogen von Magnetfeldern, da sich der Großteil der baryonischen Materie im Plasmazustand befindet. Turbulente Strömungen verstärken Magnetfelder durch die Umwandlung von Bewegungsenergie in magnetische Energie, ähnlich zu den aus der Technik bekannten Dynamomaschinen. Diese Prozesse wirken in der Erde, anderen Planeten, der Sonne, Sternen und Galaxien. Um sie zu erklären, werden die stellare Konvektion und die Akkretionsscheibenturbulenz mit numerischen magnetohydrodynamischen (MHD) Simulationen untersucht.

FRÜHZEIT VON PLANETEN-ENTSTEHUNGSGEBIETEN

Es gibt inzwischen zahlreiche Belege für junge protoplanetare Scheiben, die reich an interner Struktur sind. Eine der wichtigsten Erklärungen für diese Strukturen sind eingebettete Planeten, was darauf hindeutet, dass die Planetenbildung in der Frühphase der Scheibe stattfinden könnte. In dieser Phase sind die Scheiben so massereich, dass die Eigengravitation eine wichtige Rolle spielt. Bisherige Studien zur Wechselwirkung zwischen Gravitationsinstabilität und Magnetfeldern beschränkten sich auf den Fall der idealen Magnetohydrodynamik oder betrachteten die Randfälle der ohmschen und ambipolaren Diffusion. Das von der EU im Rahmen eines ERC-Vorhabens geförderte Forschungsteam innerhalb der MHD-Abteilung möchte diese Lücke durch spezielle Simulationen schließen. Zu diesem Zweck verwenden die Forschenden den NIRVANA-Code und messen den Dynamo-effekt mit der Testfeldmethode. Zu den wichtigsten Fragen gehören: Können Flusskonzentrationen, die in der Hall-MHD auftreten, die Gravitationsinstabilität im Scheibengas anregen oder hemmen? Wie wird der gravito-turbulente Dynamo durch nicht-ideale MHD-Effekte beeinflusst? Welche Rolle spielt der Gravitationsinstabilitäts-Dynamo für die Gesamtentwicklung des vertikalen magnetischen Flusses? Neben den abgeleiteten Beobachtungsergebnissen liefern die theoretischen Aspekte dieser Untersuchungen wichtige Beiträge zum Forschungsgebiet der Planetenentstehung.

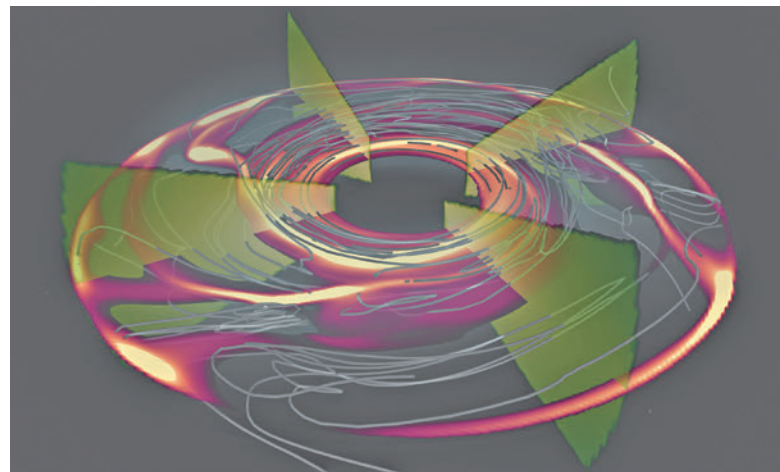
AKKRETION IN ÜBERGANGSSCHEIBEN

Beobachtungen zeigen vermehrt protoplanetare Scheiben, die im Innenbereich eine deutlich reduzierte Oberflächendichte aufweisen, sogenannte Übergangsscheiben. Unter der Annahme einer konstanten magnetischen Flussdichte bedeutet diese Reduktion der Dichte einen erhöhten Einfluss magnetischer Effekte. In der Tat könnten magnetisch getriebene Scheibenwinde die im Vergleich zur Dichte unverändert hohe Akkretionsrate im Innenbereich erklären.

WIRBEL UNTER EIGENGRAVITATION

Szenarien für die Entstehung von Planeten beruhen manchmal auf dem Vorhandensein von großräumigen Wirbeln. Ein Hauptmerkmal dieser Wirbel ist ihre Fähigkeit, driftende Feststoffteilchen einzufangen. Die Eigengravitation spielt eine Schlüsselrolle, da sie das Überleben der Wirbel und den Zusammenhalt der angesammelten Staubklumpen, die zu Planetesimalen oder sogar Planetenkernen kollabieren könnten, entscheidend beeinflusst.

Frühere Simulationen konnten nicht bestätigen, dass die Wirbel zur Bildung von durch die Schwerkraft gebundene Objekten führen können. Die in 2D-Modellen verwendete Näherungskraft kann die tatsächliche Kraft bei kurzen und mittleren Entfernungen um einen Faktor von 100% unterschätzen, wodurch der Gravitationskollaps von Gas und Staub abgeschwächt wird. Daher schlagen die Forschenden der MHD-Abteilung eine neue Korrektur vor, bei der ein Gravitationskollaps von Staub, gefolgt von einem Einfangen der Gashülle in einem Wirbel, möglich ist. Das neue Schema wirkt sich auf alle 2D-Simulationen aus, die sich mit der Eigengravitation und allgemeineren Szenarien der Planetenentstehung wie der gravitativen Instabilität befassen.

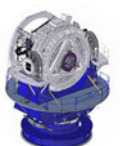


▲ NIRVANA-Simulation einer schwach magnetisierten protoplanetaren Scheibe unter Eigengravitation

NIRVANA simulation of a weakly magnetized protoplanetary disc under self-gravity (Credits: AIP/O. Gressel)

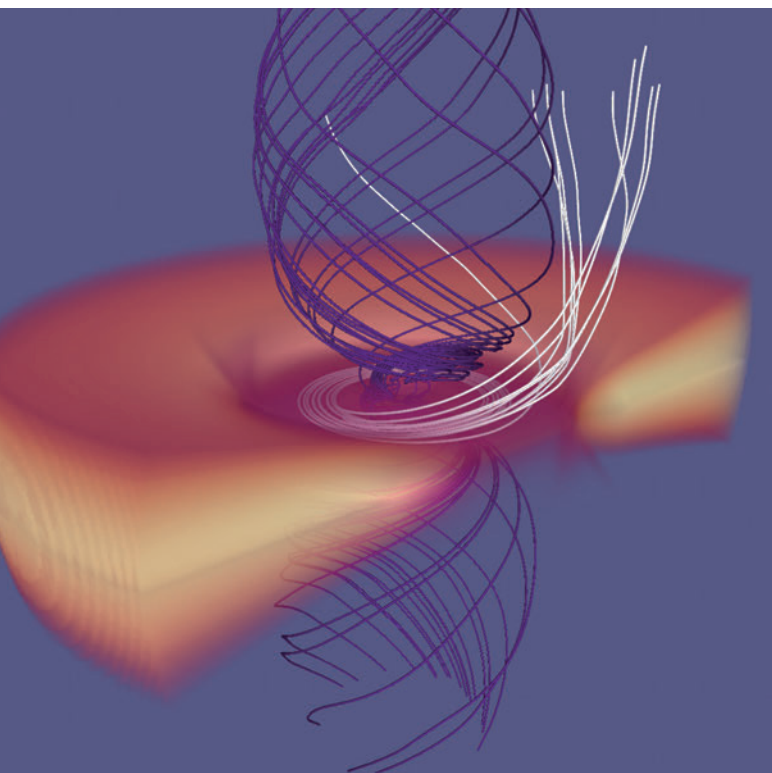
TEAM

Rainer Arlt, Oliver Gressel (head), Andrej Hermann, Jibin Joseph, Manfred Küker, Domenico Meduri, Steven Rendon Restrepo, Eleftheria Sarafidou, Udo Ziegler



WINDE MASSEREICHER STERNE

Massereiche Sterne sind sehr leuchtstark und verlieren große Mengen an Gas durch strahlungsgetriebene Winde. Diese Winde tragen bis zu einer Milliarde Mal mehr Masse ab als der Sonnenwind und erreichen Geschwindigkeiten bis zu einem Prozent der Lichtgeschwindigkeit. Magnetfelder auf der Sternoberfläche mit Feldstärken von mehr als einem Kilogauß haben erhebliche Auswirkungen auf die Sternwinde. Numerische Simulationen erlauben es, die Wechselwirkung zwischen Magnetfeld und Winden zu studieren: In großer Entfernung vom Stern folgt das Magnetfeld dem Gasstrom, und die Feldlinien sind offen. Feldlinien, die nahe dem Äquator aus dem Stern austreten, verlaufen immer in der Nähe des Sterns und sind deshalb geschlossen. Jedoch bleibt das Gas in niedrigen Breiten gefangen, wo es entlang der Feldlinien wieder auf den Stern zurückfällt. Außerhalb der geschlossenen Feldlinien formt sich in der Äquatorebene eine Stromschicht, in der sich Magnetfelder entgegengesetzter Polarität aufheben. Hier bildet sich eine Gasscheibe mit höherer Dichte und niedrigerer Geschwindigkeit als im Bereich der offenen Feldlinien, aus der das Gas in den interstellaren Raum entweicht.



▲ Im Innenbereich von sogenannten Übergangsscheiben spielen Magnetfelder (lila) eine wichtige Rolle für Scheibenwinde (weiß) und Massenakkretion.

In the inner regions of so-called transition discs, magnetic fields (purple) play an important role for disc winds (white) and mass accretion.

(Credits: AIP / E. Sarafidou & O. Gressel)

Magnetic fields permeate the cosmos as almost all of the baryonic matter occurs in the plasma state. Turbulent flows enable the amplification of magnetic fields by converting motion into magnetic energy, similar to the dynamo machines known from engineering. Such processes operate in the earth, other planets, the sun, stars and galaxies. Their explanation is a challenging problem. To this end, stellar convection and accretion disc turbulence are studied with numerical magnetohydrodynamic (MHD) simulations.

EARLY PHASES OF PLANET-FORMING SYSTEMS

There is now substantial observational evidence for young, feature-rich protoplanetary discs. One of the leading explanations for these features are embedded planets, implying that planet formation may already happen in the earliest phases. During this stage, discs are massive enough for self-gravity to play a significant role. Existing studies of the interaction between gravitational instability and magnetic fields have been restricted to the case of ideal magnetohydrodynamics or examine the edge cases of ohmic dissipation and ambipolar diffusion. The ERC research team within the MHD section aims to fill this gap with dedicated simulations. To this end, the researchers utilise the NIRVANA code and measure the dynamo effect with the test-field method. Key questions addressed include: Can flux concentrations appearing in Hall-MHD seed or inhibit the gravitational instability in the disc gas? How is the gravito-turbulent dynamo affected by non-ideal MHD effects? What role does the gravitational instability dynamo play for the overall evolution of the vertical magnetic flux? Beyond derived observational consequences, the theoretical aspects of this research will provide valuable input to the field of planet formation.

ACCRETION INSIDE TRANSITION DISC CAVITIES

Observers are increasingly finding protoplanetary discs that have a significantly reduced surface density in their centre, so-called transition discs. Assuming constant magnetic flux density, this reduction in density means an increased influence of magnetic effects. In fact, magnetically driven disc winds could explain the unchanged (i.e. compared to the density) high accretion rate in the interior.

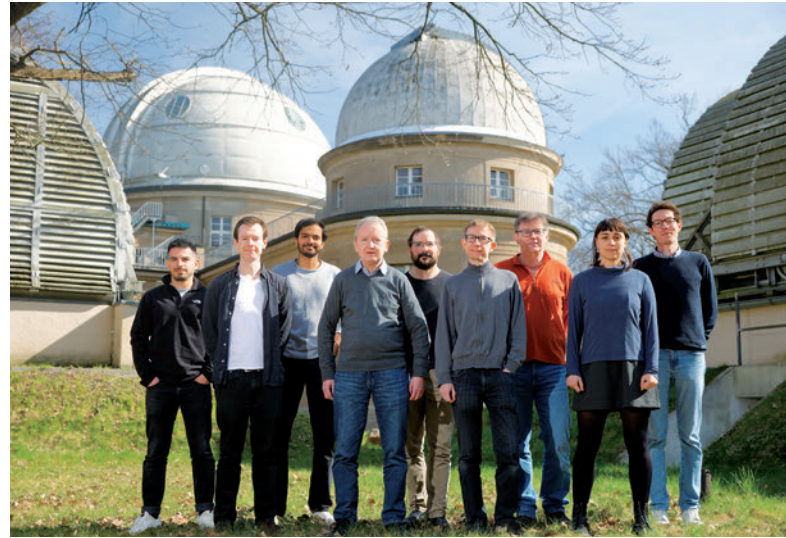
VORTICES UNDER SELF-GRAVITY

Planet formation scenarios sometimes rely on the presence of large-scale vortices. A main feature of these vortices is their ability to capture and confine drifting solid particles. Self-gravity plays a key role, since it affects, in a decisive way, the survival of vortices and the cohesion of the collected dust clumps, which could collapse to form planetesimals, or even planetary cores. Previous simulations were not able to confirm that vortices can lead to the formation of objects bound by gravity. The approximate force used in 2D models can underestimate the true force by a factor of 100 % at short and intermediate distances, which naturally quenches the gravitational collapse of gas and dust. Therefore, a new correction

is proposed, within which a gravitational collapse of dust, followed by a gas envelope capture inside a vortex is possible. The novel scheme affects all 2D simulations addressing self-gravity and more general scenarios of planet formation such as gravitational instability.

WINDS FROM MASSIVE STARS

Massive stars are very luminous and lose large amounts of gas through radiation-driven winds. These winds carry up to a billion times more mass than the solar wind and reach speeds of up to one per cent of the speed of light. Magnetic fields on the surface of the star with field strengths of over one kilogauss have a considerable effect on the stellar winds. Numerical simulations make it possible to study the interaction of magnetic field and winds: At a large distance from the star, the magnetic field follows the gas flow and the field lines are open. Field lines that emerge from the star near the equator always run close to the star and are therefore closed. However, the gas remains trapped at low latitudes, where it falls back onto the star along the field lines. Outside the closed field lines, a current layer forms in the equatorial plane, in which magnetic fields of opposite polarity cancel each other. A gas disc forms that features a higher density and lower velocity than in the region with open field lines, where the gas escapes into interstellar space.



▲ Steven Rendon-Restrepo, Andrej Hermann, Jibin Joseph, Manfred Küker, Oliver Gressel, Rainer Arlt, Udo Ziegler, Eleftheria Sarafidou, Domenico Meduri

AUSGEWÄHLTE PUBLIKATIONEN SELECTED PUBLICATIONS

Gressel, O., Rüdiger, G., Elstner, D. (2023): **Alpha tensor and dynamo excitation in turbulent fluids with anisotropic conductivity fluctuations**, *Astronomische Nachrichten*, 344, 3

Pascucci, I., Cabrit, S., Edwards, S., Gorti, U., Gressel, O., Suzuki, T. (2022): **The Role of Disc Winds in the Evolution and Dispersal of Protoplanetary Discs, Protostars and Planets VII**, *ASP Conference Series*, 534, 567

Brandenburg, A., Elstner, D., Masada, Y., Pipin, V. (2023): **Turbulent Processes and Mean-Field Dynamo**, *Space Science Reviews*, 219, 55

Rendon Restrepo, S., Barge, P. (2023): **Self-gravity in thin-disc simulations of protoplanetary discs: The smoothing length rectified and generalised to bi-fluids**, *Astronomy & Astrophysics*, 675, A96

Schleich, S., Boro Saikia, S., Ziegler, U., Güdel, M., Bartel, M. (2023): **NIRwave: A wave-turbulence-driven solar wind model constrained by PSP observations**, *Astronomy & Astrophysics*, 672, A64

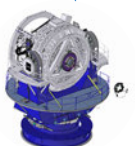
Joseph, J., Ziampras, A., Jordan, L., Turpin, G. A., Nelson, R. P. (2023): **Measuring the numerical viscosity in simulations of protoplanetary discs in Cartesian grids**, *Astronomy & Astrophysics*, 678, A134

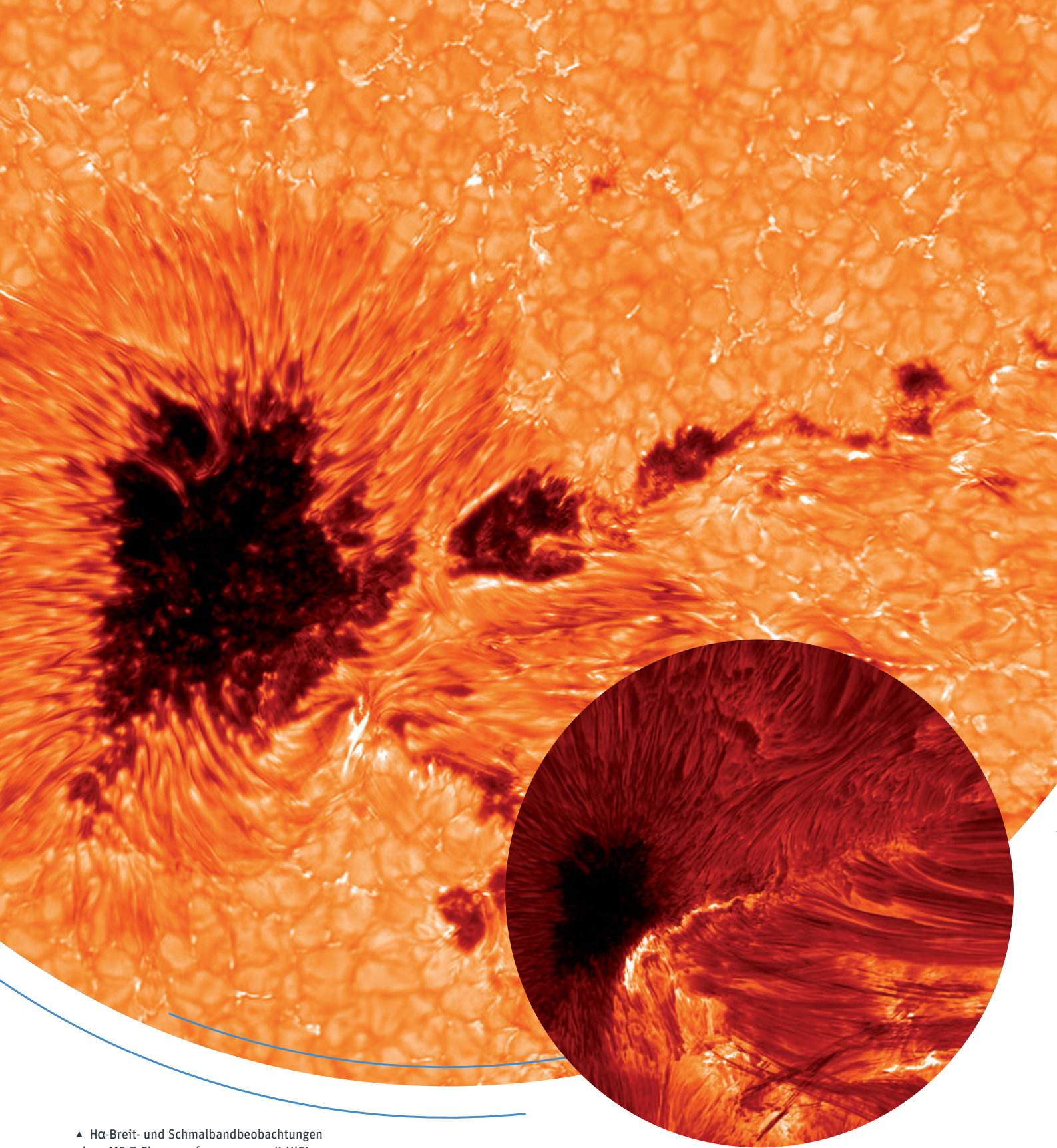
Hayakawa, H., Arlt, R., Iju, T., Besser, B. P. (2023): **Karl von Lindener's sunspot observations during 1800–1827: Another long-term dataset for the Dalton Minimum**, *Journal of Space Weather and Space Climate*, 13, 33

Gressel, O., Pessah, M. E. (2022): **Finite-time Response of Dynamo Mean-field Effects in Magnetorotational Turbulence**, *The Astrophysical Journal*, 928, 118

Illarionov, E., Arlt, R. (2023): **Sunspot positions from observations by Flaugergues in the Dalton Minimum**, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 523, 1809

Meduri, D. G., Jouve, L., Lignières, F. (2023): **Angular momentum and chemical transport by azimuthal magnetorotational instability in radiative stellar interiors**, *Astronomy & Astrophysics*, 683, A12





▲ H α -Breit- und Schmalbandbeobachtungen eines M5.7-Flares, aufgenommen mit HiFI+ am GREGOR-Sonnenteleskop am 4. Mai 2022

H α broad- and narrow-band observations of an M5.7 flare obtained with HiFI+ at the GREGOR solar telescope on 4 May 2022 (Credits: SOLARNET II / M. García-Rivas, ASU / C. Denker, AIP)

SONNENPHYSIK

SOLAR PHYSICS

Als der nächstgelegene Stern spielt die Sonne nicht nur eine entscheidende Rolle für das Leben auf der Erde, sondern auch für das Verständnis der Bausteine des Universums, insbesondere der Sterne. Die Abteilung für Sonnenphysik am AIP untersucht die verschiedenen physikalischen Phänomene, von der Erzeugung des magnetischen Flusses an der Sonnenoberfläche bis zum Sonnenwind, durch Beobachtungen mit mehreren Instrumenten und bei verschiedenen Wellenlängen.

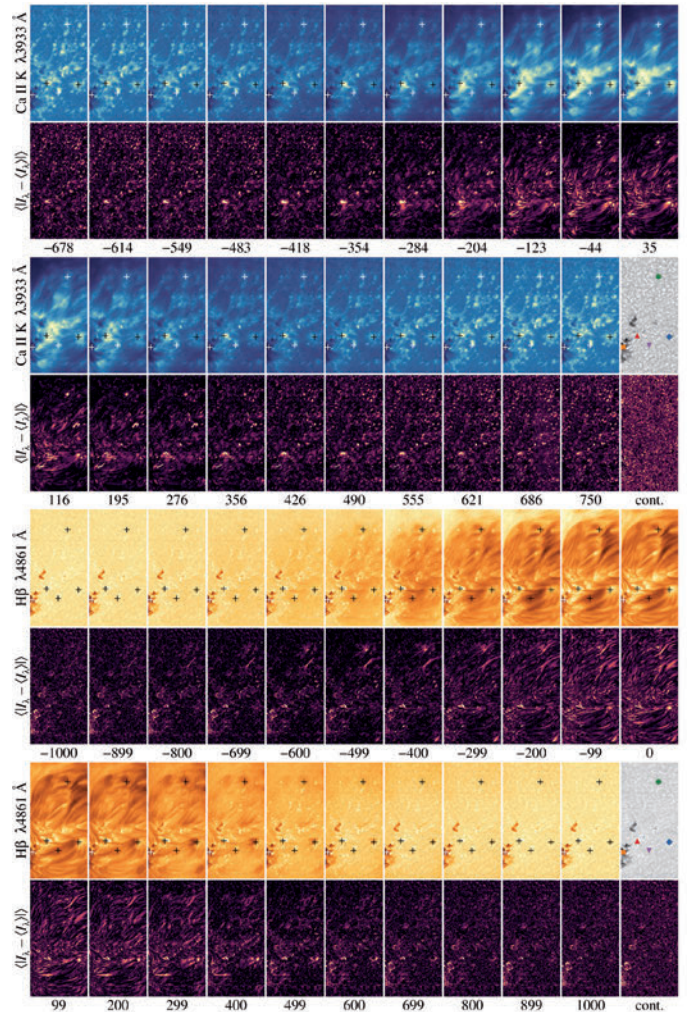
VON DER SONNENOBERFLÄCHE ZUR HELIOSPHÄRE UND DARÜBER HINAUS

Der Forschungsschwerpunkt der Abteilung liegt auf dem Verständnis der grundlegenden Prozesse an der Sonnenoberfläche, die aus der Wechselwirkung von Plasmaströmen und Magnetfeldern resultieren. Darüber hinaus wird der Massen- und Energietransfer von der Entstehung des Magnetfelds bis zum Ausstoß des Plasmas in die Heliosphäre in Form von Sonnenwind und koronalen Massenauswürfen (CMEs) verfolgt.

Mit bodengestützten Einrichtungen wie GREGOR und dem Vakuumturmteleskop (VTT) auf Teneriffa können die Forschenden die kleinskaligen Merkmale der Sonnenoberfläche näher betrachten. Bilder und spektroskopische Daten helfen dabei, die dreidimensionale Strömungs- und Magnetfeldstruktur von Poren und Sonnenflecken zu rekonstruieren. Gleichzeitig verfolgen Instrumente wie STIX an Bord des Weltraumsatelliten Solar Orbiter die Entwicklung von Sonneneruptionen in höheren Schichten der Sonnenatmosphäre. Das internationale Niederfrequenz-Radioteleskop LOFAR (LOW Frequency ARray) bietet darüber hinaus Zugang zum Verständnis der Radiobursts vom Typ II, die typischerweise mit koronalen Massenauswürfen einhergehen.

SONNENBEOBACHTUNG MIT HOHER RÄUMLICHER, SPEKTRALER UND ZEITLICHER AUFLÖSUNG

Das AIP ist Mitglied des Konsortiums, das die deutschen Sontenteleskope am Observatorio del Teide auf Teneriffa, Spanien, betreut. Das AIP betreibt den verbesserten High-Resolution Fast Imager (HiFi+) am 1,5-Meter-Sontenteleskop GREGOR und das Fast Multi-Line Universal Spectrograph (FaMuLUS) Kamerasystem am Echelle-Spektrographen des 0,7-Meter-Vakuumturmteleskops (VTT).

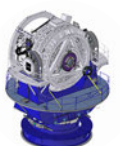


▲ Spektrale Aufnahmen der chromosphärischen Ca II K- (blau) und H β -Linien (orange) und ein Kontinuumsbild (grau), wobei die relativen Wellenlängenpositionen in Milliångström angegeben sind. Die hellgelben Strukturen in den entsprechenden violetten spektralen BaSAM-Aktivitätskarten zeigen Orte, an denen Aktivitätssignaturen in den Spektrallinien zu finden sind. Diese Daten wurden mit dem abbildenden Spektrometer CHROMIS am Schwedischen Sontenteleskop (SST) gewonnen.

Spectral scans of the chromospheric Ca II K (blue) and H β (orange) lines and a continuum image (gray), where the relative wavelength positions are given in milliångströms. The bright yellow features in the corresponding violet spectral Background-Subtracted Activity Maps (BaSAMs) show locations where activity signatures are found in the spectral lines. These data were obtained with the CHROMIS imaging spectrometer at the Swedish Solar Telescope (SST). (Credits: AIP / C. Denker)

TEAM

Özgün Adebali, Kurt Arlt, Horst Balthasar, Tom-Lukas Bretkopf, Malte Bröse, Carsten Denker (head), Ekaterina Dineva, Arooj Faryad, Colin Gebauer, Justus Hess, Axel Hofmann, Stefan Hofmeister, Ajinkya Kakade, Robert Kamlah, Ioannis Kontogiannis, Doris Lehmann, Emily Löbnitz, Gottfried Mann, Chukwudi Stephen Okoro, Joao Paulo Rezende Sette, Alex Pietrow, Olena Podladchikova, Jürgen Rendtel, Frédéric Schuller, Marina Skender, Jürgen Staude, Song Tan, Meetu Verma, Christian Vocks, Alexander Warmuth, Aneta Wisniewska, Yihong Wu, Zahra Yousefi



HiFI+ liefert nahezu beugungsbegrenzte Bilder mit einem großen Bildfeld und einer schnellen Bildfolge in sechs Spektralfenstern, die Wellenlängen von G-Band, bei einer Wellenlänge von 4307 Ångström (Å), bis TiO bei 7057 Å abdecken. Es besteht aus vier Imager sCMOS- und zwei Imager M-lite 2M-Kamerasystemen und ist für Aufnahmen mit Raten von 50 bis 100 Bildern pro Sekunde für die Bildauswahl in Kombination mit Bildrekonstruktion ausgelegt. Die Wahl großformatiger und schneller Detektoren ergibt sich aus der Notwendigkeit, schnelle Prozesse zu erfassen und das atmosphärische Seeing, also Störungen durch die turbulente Erdatmosphäre, „einzufrieren“.

Der Spektrograph FaMuLUS verwendet vier CMOS-Kameras zur gleichzeitigen Erfassung von Spektren. Diese vier Kameras sind großformatig und ermöglichen es, ein großes Bildfeld von 120 × 220 Quadratbogensekunden in etwa einer Minute zu scannen. Der Standardaufbau umfasst die Spektrallinien H β (Wellenlänge 4861 Å), Cr I (5782 Å), H α (6563 Å) und Fe I (7090 Å), die sowohl die Photosphäre als auch die dynamische Chromosphäre abdecken. Verschiedene Wellenlängenkombinationen sind verfügbar und können entsprechend den wissenschaftlichen Anforderungen eingestellt werden. FaMuLUS ist ein einzigartiges Instrument, das eine hohe spektrale Auflösung, gleichzeitige Mehrlinienspektroskopie bei vier verschiedenen Wellenlängen mit einem großen Bildfeld, hoher Kadenz und mäßig hoher räumlicher Auflösung bietet.

BEGINN DER WISSENSCHAFTLICHEN MISSIONSPHASE VON SOLAR ORBITER

Die ESA-Raumsonde Solar Orbiter ist das Flaggschiff der europäischen Heliophysik. Seit Beginn der wissenschaftlichen Missionsphase Ende 2021 hat sich Solar Orbiter der Sonne bereits vier Mal bis auf 0,28 Astronomische Einheiten angenähert. Das AIP ist an zwei Instrumenten an Bord beteiligt: dem Röntgenteleskop STIX (Spectrometer / Telescope for Imaging X-rays) und dem Teilchendetektor EPD (Energetic Particle Detector). Mit STIX konnten bereits mehr als 40.000 solare Flares beobachtet werden. Das wissenschaftliche Ziel ist es, die Energiefreisetzung und Teilchenbeschleunigung in Sonneneruptionen besser zu verstehen. Dazu kombinieren Forschende der Abteilung einerseits die STIX-Daten mit multi-spektralen Beobachtungen im Radio-, UV- und Gammastrahlungsbereich anderer Instrumente und Missionen. Andererseits können von den Eruptionen beschleunigte energiereiche Teilchen in den interplanetaren Raum entweichen und dort von EPD in situ gemessen werden. Das Zusammenführen von Fernerkundungsbeobachtungen und In-Situ-Daten gibt neue Erkenntnisse über Teilchenbeschleunigung und -transport und führt damit zu einem besseren Verständnis des Einflusses der Sonne auf die Heliosphäre. Zu diesem Thema koordiniert das AIP eine gemeinsame Arbeitsgruppe, an der fünf der Instrumententeams auf Solar Orbiter beteiligt sind.

As the closest star, the sun plays a vital role not only in sustaining life on earth, but also in providing us with the means to understand the building blocks of the universe, especially the stars. The Solar Physics section at AIP uses multi-instrument and multi-wavelength observations to study the various physical phenomena ranging from the generation of magnetic flux at the sun's surface to solar winds.

FROM THE SOLAR SURFACE TO THE HELIOSPHERE AND BEYOND

The main focus of this section is to understand the fundamental processes at the solar surface resulting from the interaction of plasma flows and magnetic fields. Furthermore, the solar researchers follow the mass and energy transfer from the formation of the magnetic field to the ejection of the plasma into the heliosphere in the form of solar wind and coronal mass ejections (CMEs). With ground-based facilities such as GREGOR and the Vacuum Tower Telescope (VTT) at Tenerife, scientists zoom in on the small-scale features of the solar surface. Imaging and spectroscopic data help to construct the 3D flow and magnetic field structure for pores and sunspots. Meanwhile, facilities such as STIX on board the Solar Orbiter satellite follow the evolution of solar flares in higher solar atmospheric layers. In addition, the international Low Frequency ARray (LOFAR) radio telescope provides insights into the Type II radio bursts typically associated with coronal mass ejections.

OBSERVING THE SUN IN HIGH SPATIAL, SPECTRAL, AND TEMPORAL RESOLUTION

AIP is member of the consortium that oversees the German solar telescopes at Observatorio del Teide, Tenerife, Spain. AIP operates the improved High-resolution Fast Imager (HiFI+) on the 1.5-metre GREGOR solar telescope and the Fast-Multi-Line Universal Spectrograph (FaMuLUS) camera system on the Echelle spectrograph of the 0.7-metre Vacuum Tower Telescope (VTT).

HiFI+ provides near diffraction limited imaging with a large field of view (FOV) at high cadence in six spectral windows covering wavelengths from G-band at a wavelength of 4307 Ångström (Å) to TiO at 7057 Å. It consists of the four Imager sCMOS and two Imager M-lite 2M camera systems and is designed to acquire images at rates of 50 to 100 frames per second for frame selection combined with image restoration. The choice of large format and high cadence detectors is driven by the need to capture fast processes and to “freeze” the atmospheric seeing, i.e. distortions by the turbulent atmosphere of the earth. The spectrograph FaMuLUS uses four CMOS cameras to acquire spectra simultaneously. These four imagers are large format and allow a large FOV of 120 × 220 arcseconds-squared to be scanned in multiple lines in about a minute. The standard setup includes the spectral lines H β (wavelength 4861 Å), Cr I (5782 Å), H α (6563 Å) and Fe I (7090 Å), covering both the photosphere and the dynamic chromosphere.

Different combinations of the wavelengths are available and can be set up according to different scientific requirements. FaMuLUS is a unique instrument that provides high spectral resolution, simultaneous multi-line spectroscopy at four different wavelengths with a large FOV, high cadence and moderately high spatial resolution.

START OF THE SCIENTIFIC MISSION PHASE OF SOLAR ORBITER

ESA's Solar Orbiter space probe is the flagship of European heliophysics. Since the start of the scientific mission phase at the end of 2021, Solar Orbiter has already approached the sun four times to within 0.28 astronomical units. The AIP is involved in two instruments on board: the X-ray telescope STIX (Spectrometer/Telescope for Imaging X-rays) and the particle detector EPD (Energetic Particle Detector). STIX has already observed over 40,000 solar flares. The scientific goal is a better understanding of energy release and particle acceleration in solar flares. To achieve this, on the one hand the STIX data are combined with multispectral observations in radio, UV and gamma radiation ranges from other instruments and missions. On the other hand, high-energy particles accelerated by the eruptions can escape into interplanetary space and are then measured in-situ by EPD. The combination of remote sensing observations and in-situ data provides new insights into particle acceleration and transport and thus leads to a better understanding of the influence of the sun on the heliosphere. The AIP is coordinating a joint working group on this topic, in which five of the instrument teams on Solar Orbiter are participating.



▲ Robert Kamlah, Ajinkya Kakade, Ioannis Kontogiannis, Chukwudi Stephen Okoro, Jürgen Staude, Meetu Verma, Jürgen Rendtel, Alexander Warmuth, Emily Löbnitz, Song Tan, Horst Balthasar, Gottfried Mann, Christian Vocks, Claudia Schmeckebeier, Carsten Denker, Frédéric Schuller, Zahra Yousefi, Fanpeng Shi, Arooj Faryad, Alexandros Stork

AUSGEWÄHLTE PUBLIKATIONEN SELECTED PUBLICATIONS

Kontogiannis, I. (2023): **The characteristics of flare- and CME-productive solar active regions**, *Advances in Space Research*, 71, 2017

Saqri, J. et al. (2022): **Multi-instrument STIX microflare study**, *Astronomy & Astrophysics*, 659, A52

Hofmeister, S. J. et al. (2022): **How the area of solar coronal holes affects the properties of high-speed solar wind streams near Earth: An analytical model**, *Astronomy & Astrophysics*, 659, A190

Pietrow, A. G. M., Hoppe, R., Bergemann, M., Calvo, F. (2023): **Solar oxygen abundance using SST/CRISP center-to-limb observations of the O I 7772 Å line**, *Astronomy & Astrophysics*, 672, L6

Mann, G. et al. (2022): **Excitation of Langmuir waves at shocks and solar type II radio bursts**, *Astronomy & Astrophysics*, 660, A71

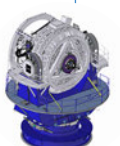
Denker, C. et al. (2023): **Improved High-resolution Fast Imager**, *Journal of Astronomical Telescopes, Instruments, and Systems*, 9, 015001

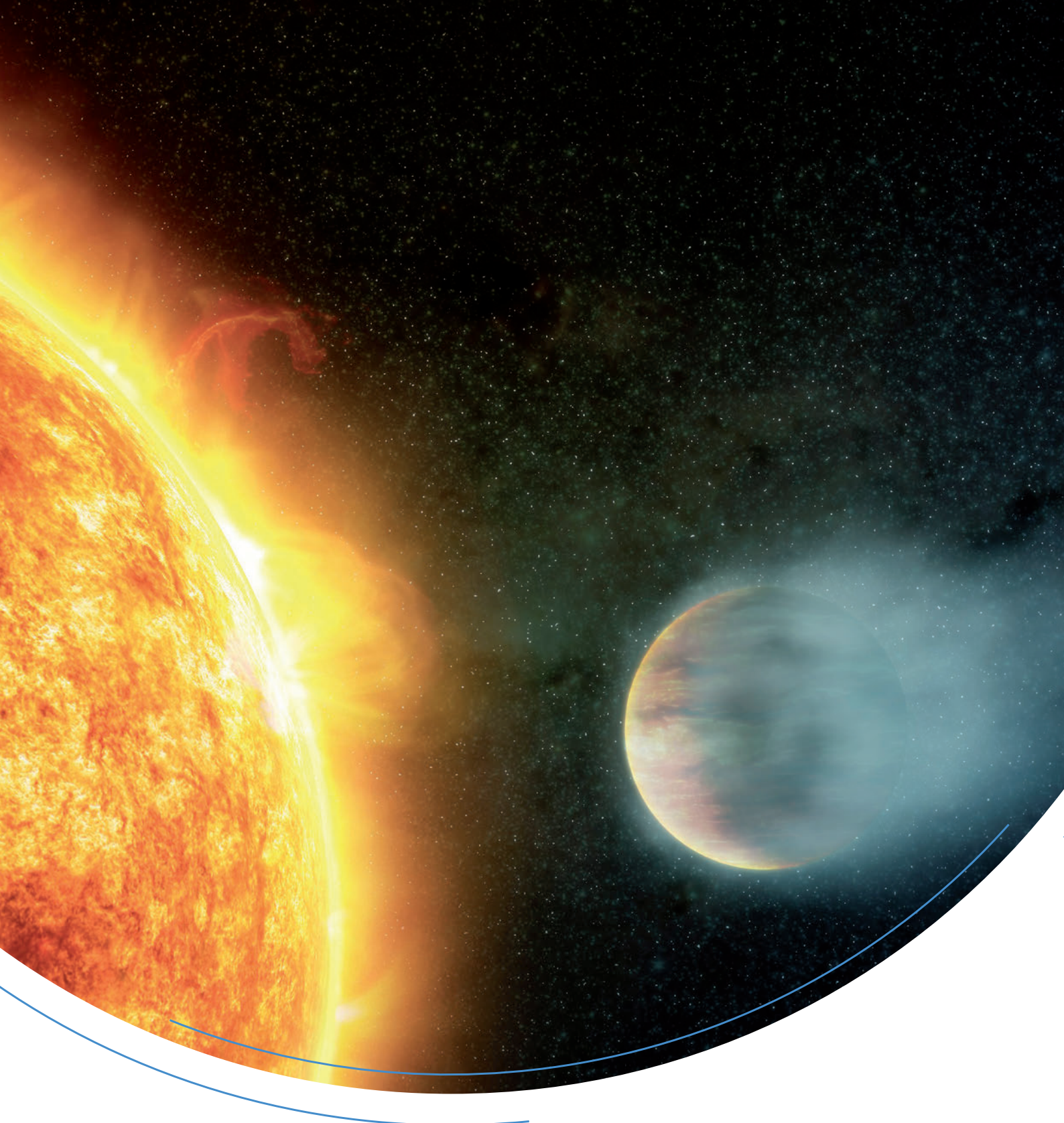
Kamlah, R., Verma, M., Denker, C., Wang, H. (2023): **High-resolution imaging of solar pores**, *Astronomy & Astrophysics*, 675, A182

Bröse, M., Warmuth, A., Sakao, T., Su, Y. (2022): **Temperature and differential emission measure evolution of a limb flare on 13 January 2015**, *Astronomy & Astrophysics*, 663, A18

Massa, P. et al. (2022): **First Hard X-Ray Imaging Results by Solar Orbiter STIX**, *Solar Physics*, 297, 7

Zhang, P. et al. (2022): **Imaging of the Quiet Sun in the Frequency Range of 20–80 MHz**, *The Astrophysical Journal*, 932, 17





▲ Illustration eines heißen Jupiters, der seinen Zentralstern umkreist, während seine Atmosphäre verdampft. Im Hintergrund ist ein Begleitstern des Systems sichtbar.

Illustration of a hot Jupiter orbiting its host star, as its atmosphere is evaporated by the host star's high-energy emission. The second star of the binary system is visible in the background. (Credits: NASA/CXC/M. Weiss)

STERNPHYSIK UND EXOPLANETEN

STELLAR PHYSICS AND EXOPLANETS

Die Abteilung Sternphysik und Exoplaneten untersucht das Zusammenspiel von Planeten in anderen Sonnensystemen und ihren Zentralsternen. Dazu werden Beobachtungen in verschiedenen Wellenlängen vom Infrarot- bis zum Röntgenbereich sowie numerische Simulationen eingesetzt.

ATMOSPHÄREN VON EXOPLANETEN UND IHRE VERDAMPFUNG

Die Atmosphären von Exoplaneten können sich im Laufe der Zeit stark verändern. Unsere eigene Erde hat ihre ursprüngliche Atmosphäre schon vor langer Zeit verloren und verfügt nun über eine ausgegaste Atmosphäre, die durch lebende Organismen verändert wurde. Der Verlust von primären Exoplaneten-Atmosphären, die hauptsächlich aus Wasserstoff und Helium bestehen, wird am AIP mit Hilfe von numerischen Massenverlustberechnungen und Beobachtungen der Zentralsterne im Röntgenbereich untersucht. Der Massenverlust junger Exoplaneten kann so extrem sein, dass sich ursprünglich neptungroße Exoplaneten mit der Zeit in kleine Gesteinsplaneten verwandeln. Die Atmosphären von älteren Exoplaneten werden mit optischer Transmissionsspektroskopie untersucht, zum Beispiel mit dem am AIP entwickelten und gebauten Spektrographen PEPSI. Die Untersuchungen haben das Vorhandensein vieler verschiedener atomarer Bestandteile in den Atmosphären größerer Exoplaneten nachgewiesen.

WELTRAUMWETTER VON EXOPLANETEN

Das stellare Magnetfeld beeinflusst die physikalischen Bedingungen, unter denen Planeten leben und sich entwickeln: Bei Sternen wie unserer Sonne sorgt es für die hochenergetische Emission – meist im extremen Ultraviolett- und Röntgenbereich –, für Sternwinde und auch für explosive Ereignisse wie Flares und koronale Massenauswürfe. All diese Phänomene haben ihren Ursprung im Magnetfeld des Sterns und bilden das Weltraumwetter des Stern-Planetensystems. Durch die Kombination von Magnetfeldbeobachtungen mit modernsten numerischen Simulationen ist es möglich, eine „Vorhersage“ des Weltraumwetters in einem bestimmten exoplanetaren System zu erhalten. Numerische Modelle, die am AIP entwickelt wurden, zeigen, dass Weltraumwetterphänomene wie

koronale Massenauswürfe starke Störungen an den Positionen von Exoplaneten in engen Umlaufbahnen verursachen können. Solche Störungen können zu einer schnelleren Verdampfung der Atmosphären von Exoplaneten führen.

DER MAGNETISMUS VON STERNEN

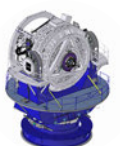
Das Magnetfeld von Sternen wie unserer Sonne wird durch ihre Rotation im Zusammenspiel mit Konvektion erzeugt. Konvektive Bewegungen in einer rotierenden Plasmakugel – und das ist im Wesentlichen ein Stern – führen zu einem Muster differentieller Rotation, bei dem verschiedene Regionen des Sterns mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten rotieren. Es ist die Scherung zwischen benachbarten Schichten, die das Magnetfeld dehnt und damit verstärkt. Bei Sternen, die deutlich schwerer als die Sonne sind, geht man hingegen davon aus, dass das Feld ein „Fossil“ früherer Entwicklungsprozesse ist. Ein im Inneren des Sterns erzeugtes Magnetfeld steigt zur Sternoberfläche und verursacht eine Reihe interessanter physikalischer Phänomene. Sterne, die unserer Sonne ähneln, weisen unter anderem dunkle Flecken, Fackeln und Protuberanzen auf. Bei massereicheren Sternen können Magnetfelder eine ungleichmäßige Verteilung chemischer Elemente bewirken, was zu chemischen Mustern in ihren Spektren führt. Das Team der Abteilung Sternphysik und Exoplaneten untersucht den stellaren Magnetismus durch spektroskopische und spektropolarimetrische Beobachtungen. Ein Beispiel ist die jüngste Untersuchung des Doppelsterns xi Boo, bei der der spektropolarimetrische Modus des PEPSI-Spektrographen zum Einsatz kam. Die Forschenden fanden heraus, dass sich seine magnetischen Flecken über viele Jahre hinweg an stabilen Positionen auf der Sternoberfläche befinden.

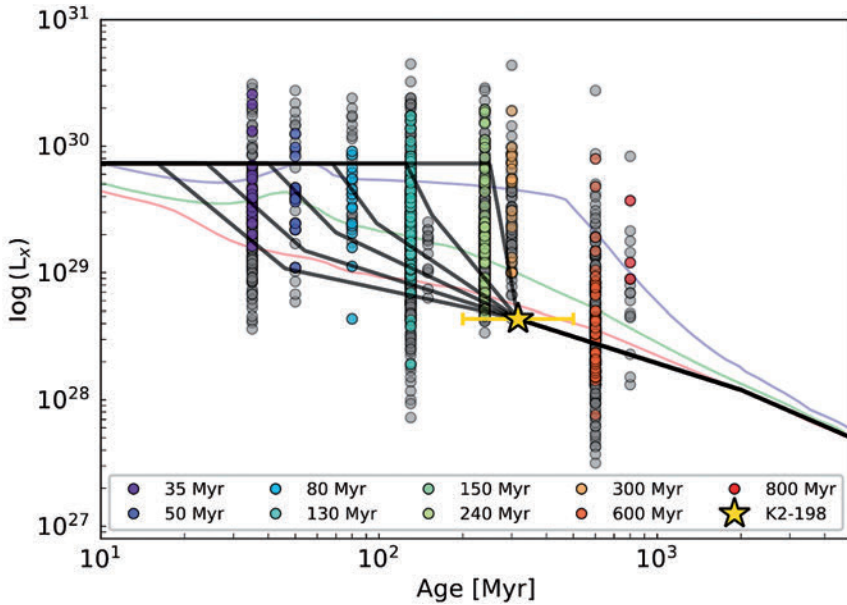
STERN-PLANETEN-INTERAKTIONEN

Sterne und nah umkreisende (substellare) Begleiter, wie Planeten oder Braune Zwerge, können miteinander in Gezeiten- und magnetische Wechselwirkung treten. Magnetische Wechselwirkung findet statt, wenn der Begleiter eine Magnetosphäre hat und sich im Einflussbereich des stellaren Magnetfelds befindet, während die Gezeitenwechselwirkung durch ihre Gravitationsfelder vermittelt wird. Die Gezeitenwechselwirkung kann die Rotation und die Aktivität des Sterns verändern, wenn der Begleiter eine enge Umlaufbahn und eine jupiterähnliche oder höhere Masse hat. Bei der Untersuchung des Röntgenlichts von Sternen mit Planeten und Braunen Zwergen in Doppelsternsystemen wurde festgestellt, dass der Stern heller leuchtet als sein gleichaltriger Begleitstern. Dies zeigt, dass substellare Begleiter von Sternen einen „Anti-Aging“-Effekt haben können und den Stern aktiver und damit jünger erscheinen lassen als er tatsächlich ist.

TEAM

Özgün Adebali, Xanthippi Alexoudi, Julián Alvarado-Gómez, Eliana Maritza Amazo-Gómez, Sydney Barnes, Thorsten A. Carroll, Judy Chebly, Elizabeth Cole-Kodikara, Desmond Dsouza, Andrew Gallagher, David Gruner, Svetlana Hubrig, Nikolaeta Ilić Petković, Ekaterina Ilin, Silva Järvinen, Engin Keles, Laura Ketzer, Coleman Kilby, Katja Poppenhäger (head), Julia Schötzgig, Matthias Steffen, Anna Maria Weiß





◀ Das Bild zeigt die Entwicklung der magnetischen Aktivität des jungen Sterns K2-198, der drei bekannte Planeten besitzt. Das heutige Aktivitätsniveau wird durch das gelbe Sternsymbol angezeigt. Einer der drei Planeten wird wahrscheinlich den größten Teil seiner Atmosphäre verlieren, bis das System das Alter unseres Sonnensystems erreicht hat.

The magnetic activity evolution of the host star in the young multi-planet system K2-198 is shown on this graph. The yellow star marks its present-day activity level, while the black lines show the possible activity evolution tracks of the host star. One of its planets is expected to lose significant amounts of its atmosphere before the system reaches the age of our sun. (Credits: AIP / L. Ketzer)

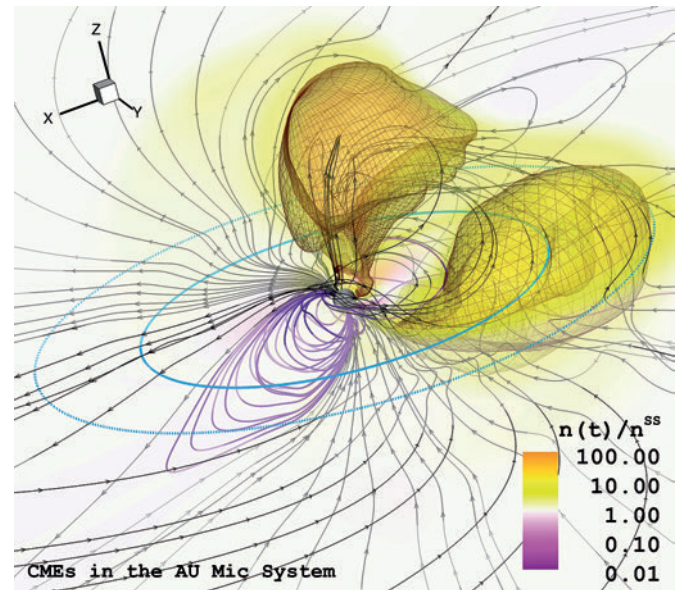
SUCHE NACH LEBEN: 51 PEG IM FOKUS VON PEPsi

Sterne wie die Sonne drehen sich sehr schnell und erzeugen dabei ein starkes Magnetfeld, das heftig ausbrechen und ihre Planetensysteme mit geladenen Teilchen und hochenergetischer Strahlung bombardieren kann. Neue Beobachtungen des 51-Pegasi-Systems mit dem Spektrographen PEPsi am Large Binocular Telescope in Arizona und dem Transiting Exoplanet Survey Satellite (TESS) der NASA enthüllten einige unerwartete Geheimnisse dieser sonnenähnlichen Sterne: Sie rotieren zu langsam und haben nur sehr schwache Magnetfelder mit meist geschlossenen Feldlinien. Dies deutet darauf hin, dass ihr planetarisches Bombardement viel schwächer ist als ursprünglich angenommen. Solche Sternsysteme könnten Hotspots für die Suche nach komplexem Leben sein, da die geschwächte magnetische Abbremsung den Sternwind drosselt und verheerende eruptive Ereignisse weniger wahrscheinlich macht.

DIE ROTATION VON STERNEN

Die Verteilung von Rotationsperioden von kühlen Sterne im offenen Sternhaufen M67 wurde durch genaue Analysen der „Superstamp“-Daten des Kepler-Weltraumteleskops untersucht. Unser Wissen über die Rotationsentwicklung von Sternen in Sternhaufen erweiterte sich damit bis zum sonnenähnlichen Alter von vier Milliarden Jahren. Auch die masseärmeren K- und M-Sterne folgen der engen Beziehung von Alter, Masse und Rotation wie ihre Geschwister mit sonnenähnlicher Masse. Die Rotationsentwicklung lässt sich auch auf Sterne außerhalb von Sternhaufen übertragen, wie Studien von mehreren hundert weiten Binärsystemen zeigen. Diese Systeme können einerseits als kleinstmögliche Sternhaufen verstanden werden, sind andererseits aber auch außerhalb der eigentlichen Sternhaufen gelegen und daher repräsentativ für Feldsterne. Die weiten Binärsterne zeigen, dass beide Sterne jeweils der gleichen Rotationssequenz angehören.

Dies ermöglicht, die Methode der Gyrochronologie – die Altersbestimmung von Sternen durch ihre Rotation – auch generell auf Feldsterne anzuwenden und damit die Altersstruktur unserer Milchstraße besser zu erforschen.



▲ Numerische Simulationen des Weltraumwetters um den jungen Stern AU Mic (Bildmitte) zeigen, dass koronale Massenauswürfe die beiden bekannten Planeten stark beeinflussen können. Die Umlaufbahnen der Planeten sind in Hellblau gezeigt.

Numerical simulation of the space weather environment of the young active star AU Microscopii. The star is located in the middle while the orbits of the two innermost planets of this system are indicated in cyan. The simulation predicts a strong perturbation caused by the modeled coronal mass ejection at the position of the planets. (Credits: AIP / J. D. Alvarado-Gómez)

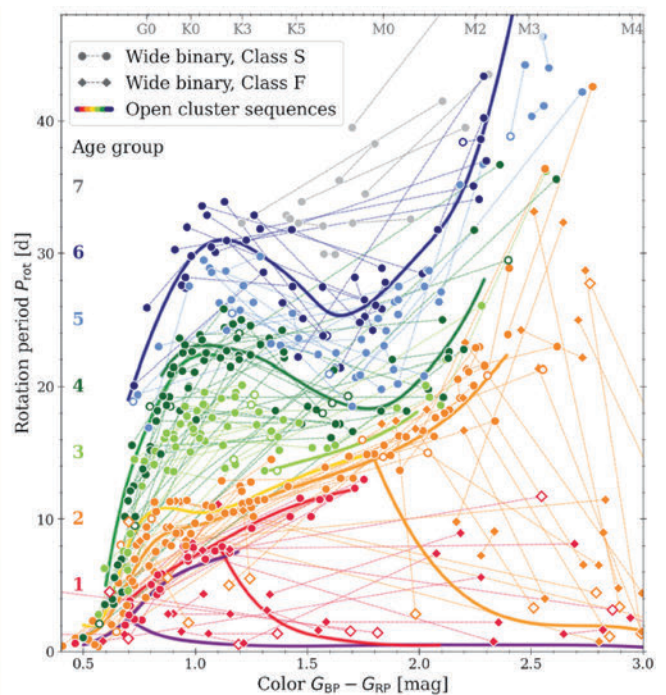
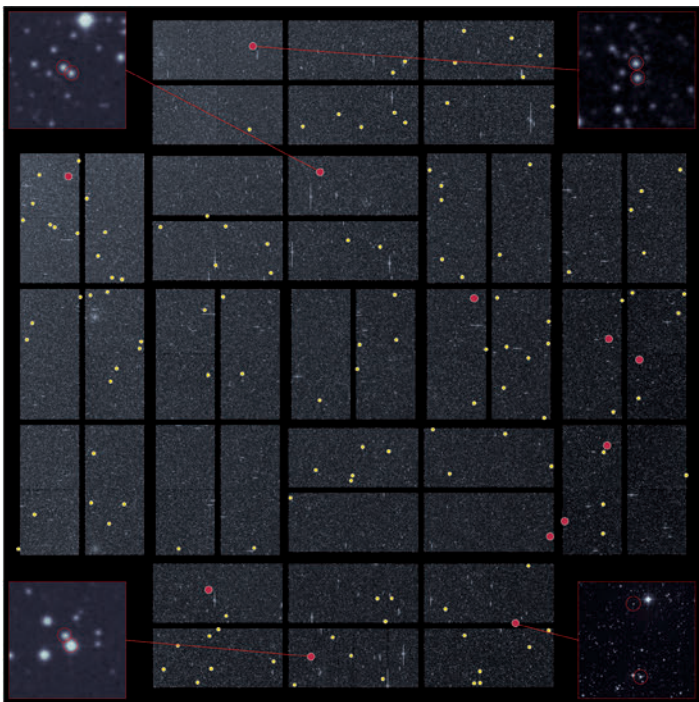
In the section Stellar Physics and Exoplanets, scientists investigate the interplay between planets in other solar systems and their host stars. Observations in various wavelength regimes, from the infrared to X-ray, as well as numerical simulations are used for their work.

EXOPLANET ATMOSPHERES AND THEIR EVAPORATION

The atmospheres of exoplanets can evolve significantly over time. Our own earth lost its primary atmosphere long ago and now has an outgassed atmosphere that has been modified by living organisms. The loss of primary exoplanet atmospheres, which consist mainly of hydrogen and helium, is studied at the AIP with the help of numerical mass-loss calculations and observational studies of the connection between the host star's spectrum and the exoplanet's helium content. The mass loss of young exoplanets can be so extreme that originally Neptune-sized exoplanets can turn into small rocky planets over time. Mature exoplanet atmospheres are studied with optical transmission spectroscopy, for example, using the PEPSI spectrograph which was developed and built at the AIP. Our studies revealed the presence of many different atomic constituents of the atmospheres of larger exoplanets.

EXTRA-SOLAR SPACE WEATHER

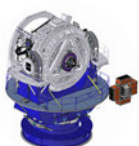
The stellar magnetic field controls the physical conditions in which planets live and evolve; in stars like our sun, it powers up their high-energy emission – mostly in the extreme ultraviolet and X-ray range – and supersonic stellar winds, and sometimes explosive events such as flares and coronal mass ejections. As such, all of these phenomena closely follow the spatial and temporal evolution dictated by the magnetic field itself, creating what is known as the space weather of the system. By combining information on the stellar magnetic field with state-of-the-art numerical simulations, it is possible to generate a ‘forecast’ of the space weather in a given exoplanetary system. Just as weather constitutes one of the main descriptors of any place on earth, the extra-solar space weather is quickly becoming a fundamental aspect of the characterization of exoplanets. Numerical models developed at the AIP show that space weather phenomena such as coronal mass ejections can cause strong perturbations at the positions of exoplanets within close orbits. Such perturbations can have important consequences for the survival of the atmospheres in the exoplanetary systems.

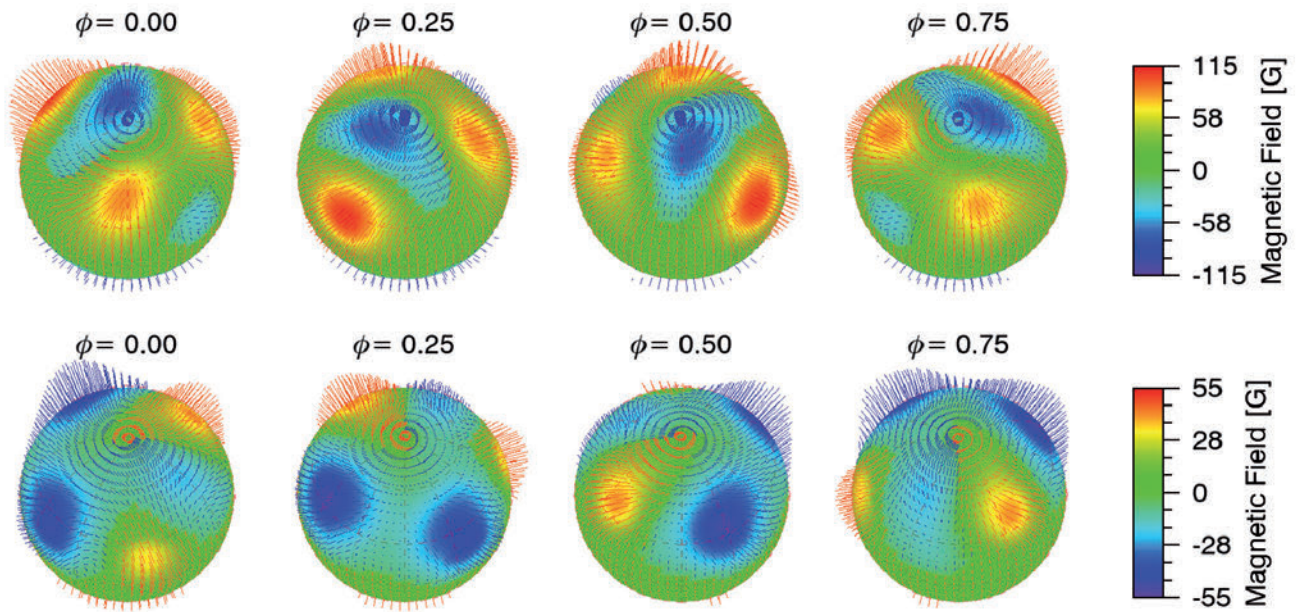


▲ Die linke Tafel zeigt die Positionen am Himmel im Kepler-Feld für eine große Anzahl der weiten Doppelsterne, die auf Rotation untersucht wurden. Das rechte Feld zeigt, dass die Verteilung der Komponenten der Doppelsterne (farbige Punkte mit Linien, die die Komponenten verbinden) im Farbe-Umlaufzeit-Diagramm dieselbe ist wie bei den offenen Sternhaufen (durchgezogene Kurven).

The left panel shows the on-sky locations in the Kepler field for a large number of the wide binaries studied for rotation. The right panel shows that the stratification of the wide binary components (coloured dots with lines connecting the components) in the period vs. colour diagram is the same as that seen in the open clusters (solid curves).

(Credits: NASA / Ames / JPL-Caltech, AIP / D. Gruner)





▲ Die Magnetfeldstruktur des Doppelsternsystems xi Boo AB wurde durch spektropolarimetrische Beobachtungen mit PEPSI bestimmt. Die Farben zeigen die Intensität und die Polarität des Magnetfelds an, die auch durch Pfeile dargestellt werden.

The magnetic field structure of the binary star system xi Boo AB was determined with the help of spectropolarimetric observations with PEPSI. The colours indicate the intensity and polarity of the magnetic field, also displayed using arrows. (Credits: AIP / K. Strassmeier)

STELLAR MAGNETISM

The magnetic field of stars like our sun is generated by their rotation acting in concert with convection. Convective motions in a rotating plasma sphere – which is essentially what a star is – lead to a pattern of differential rotation, where various regions of the stellar convective zone are rotating at different rates. It is the shear between adjacent layers that stretches the magnetic field, amplifying it in the process. For stars with around twice the solar mass and beyond, convection is not dominant, so the field is believed to be a ‘fossil’ of earlier evolutionary processes where such shear conditions would have existed. A magnetic field created in the interior is buoyant and rises to the stellar surface, producing an array of interesting physical phenomena. Stars similar to our sun display dark spots, faculae and prominences, among other features. In more massive stars, magnetic fields can create nonuniform distributions of chemical elements, leading to peculiar chemistry patterns in their spectra. Our team investigates stellar magnetism through spectroscopic and spectropolarimetric observations. One example is the recent study of the binary xi Boo, which uses the spectropolarimetric mode of the AIP’s PEPSI spectrograph. Its magnetic spots were found to be at stable locations on the stellar surfaces over many years.

STAR-PLANET INTERACTIONS

Stars and orbiting close-in planetary or other substellar companions like brown dwarfs can interact with each other tidally and magnetically. Magnetic interaction takes place if the companion has a magnetosphere and is within the stellar magnetic field influence, while tidal interactions are mediated through their gravitational fields. Tidal interactions are expected to change the stellar rotation and activity level

if the companion has a tight orbit and a Jupiter-like or higher mass. By looking at the X-ray appearance of planet- and brown dwarf-hosting stars in wide binary systems, it was found that host stars are more X-ray luminous than their coeval companion star. This showed that substellar companions of stars can have an ‘anti-aging’ effect, and make the host star appear more active and therefore younger than it actually is.

SEARCH FOR LIFE: 51 PEG IN THE FOCUS OF PEPSI

Stars like the sun are born spinning rapidly, which creates a strong magnetic field that can erupt violently, bombarding their planetary systems with charged particles and high-energy radiation. New observations of the 51 Pegasi system made with the PEPSI spectrograph at the Large Binocular Telescope in Arizona and with NASA’s Transiting Exoplanet Survey Satellite (TESS) have now revealed some unexpected secrets of solar-like stars: They are rotating too slowly and have only very weak magnetic fields with mostly closed field lines. This suggests that their planetary bombardment is much weaker. Such stellar systems may be the hotspots for the search for complex life because weakened magnetic braking throttles the stellar wind and makes devastating eruptive events less likely.

STELLAR ROTATION

The rotation period distribution of cool (GKM) stars in the 4 Gyr-old open cluster M67 has been derived by careful analysis of ‘central M67 superstamp’ data from the Kepler satellite. This work robustly extends the empirical knowledge of open cluster star rotation periods from 2.5 Gyr to a sun-like 4 Gyr, especially for the low mass regime.

It also shows that the tight relationship between rotation period, mass, and age continues to hold in this new parameter regime of K and M stars at near-solar age. We also showed that the rotational evolution of open cluster stars is consistent with field (non-cluster) stars, which we demonstrated with several hundred wide binaries. These are chameleon systems in that they both represent the smallest open clusters, and by virtue of being located outside bona-fide clusters, to also represent field stars. This work has shown that if one component star of a wide binary lies on a cluster's rotational sequence in the colour-period diagram, then the other component also lies on the same sequence. This opens the door to its widespread use across the sky to determine the ages of field stars, a long-standing quest in astrophysics, and a key to explicating the chronology of our galaxy.



▲ Julián Alvarado-Gómez, Coleman Kilby, Cinta Vidante, Yu Xu, Judy Chebly, Desmond Dsouza, Katja Poppenhäger, Silva Järvinen, Matthias Steffen, Nikoleta Ilić Petković, Thorsten Carroll, Anna Maria Weiß, Katrin Böhrs, Eliana Maritza Amazo-Gómez

AUSGEWÄHLTE PUBLIKATIONEN SELECTED PUBLICATIONS

Ketzer, L., Poppenhaeger, K. (2022): **The influence of host star activity evolution on the population of super-Earths and mini-Neptunes**, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 518, 1683

Ilin, E., Poppenhaeger, K. (2022): **Searching for flaring star–planet interactions in AU Mic TESS observations**, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 513, 4579

Ilić, N., Poppenhaeger, K., Hosseini, S. M. (2022): **Tidal star–planet interaction and its observed impact on stellar activity in planet-hosting wide binary systems**, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 513, 4380

Keles, E. et al. (2022): **The PEPSI exoplanet transit survey (PETS) I: investigating the presence of a silicate atmosphere on the super-earth 55 Cnc e**, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 513, 1544

Poppenhaeger, K. (2022): **Helium absorption in exoplanet atmospheres is connected to stellar coronal abundances**, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 512, 1751

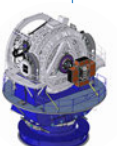
Chebly, J. J., Alvarado-Gómez, J. D., Poppenhäger, K., Garraffo, C. (2023): **Numerical quantification of the wind properties of cool main sequence stars**, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 524, 5060

Gruner, D., Barnes, S. A., Weingrill, J. (2023): **New insights into the rotational evolution of near-solar age stars from the open cluster M 67**, Astronomy & Astrophysics, 672, A159

Gruner, D., Barnes, S. A., Janes, K. A. (2023): **Wide binaries demonstrate the consistency of rotational evolution between open cluster and field stars**, Astronomy & Astrophysics, 675, A180

Metcalf, T. S. et al. (2024): **Weakened Magnetic Braking in the Exoplanet Host Star 51 Peg**, The Astrophysical Journal Letters, 960, L6

Strassmeier, K. G., Carroll, T. A., Ilyin, I. V. (2023): **Zeeman Doppler imaging of xi Boo A and B**, Astronomy & Astrophysics, 674, A118



A cosmological simulation showing the distribution of dark matter in the formation of galaxies similar to the Milky Way. The image displays a dense field of small, bright orange and red points against a dark background, representing the distribution of dark matter.

EXTRAGALAKTISCHE ASTROPHYSIK

EXTRAGALACTIC ASTROPHYSICS

▲ Kosmologische Simulation der Entstehung von Galaxien ähnlich der Milchstraße. Dargestellt ist die Verteilung der Dunklen Materie.

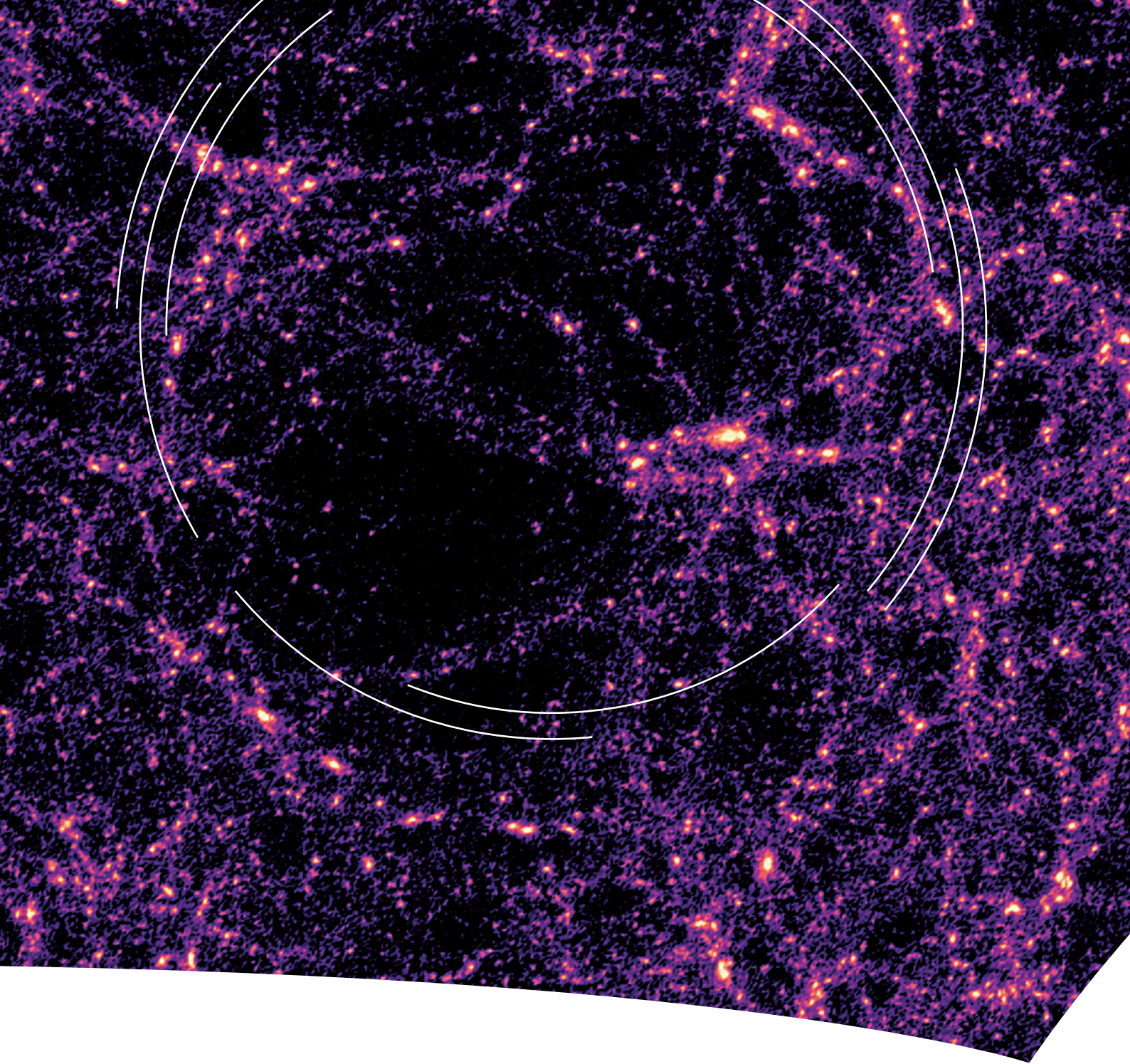
Cosmological simulation of the formation of galaxies similar to the Milky Way, presenting the distribution of dark matter.
(Credits: AIP/S. Khoperskov, N. Libeskind, I. Minchev)

Der Bereich Extragalaktische Astrophysik widmet sich der Erforschung von Galaxien und anderen extragalaktischen Objekten sowie ihren zugrunde liegenden physikalischen Prozessen. Die Forschenden untersuchen die Struktur und Evolution von Galaxien, die Entstehung und Entwicklung von Sternpopulationen, die Rolle von supermassereichen Schwarzen Löchern in Galaxienkernen, die großräumige Verteilung von Galaxien im Universum und die Wechselwirkungen zwischen Galaxien und ihrer Umgebung.

Ein Schwerpunkt der Forschung liegt auf der Verwendung von Beobachtungsdaten aus verschiedenen Wellenlängenbereichen, angefangen von optischer und Infrarotstrahlung bis hin zu Radio- und Röntgenstrahlung. Diese Daten werden genutzt, um detaillierte Modelle zu entwickeln

und zu verfeinern, die es ermöglichen, die beobachteten Phänomene zu verstehen und theoretische Vorhersagen zu überprüfen.

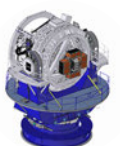
Die Kombination von Beobachtungen mit erdgebundenen Großteleskopen und Satellitenmissionen, theoretischer Modellierung und fortgeschrittenen Datenanalysen trägt dazu bei, das Verständnis der extragalaktischen Astronomie zu vertiefen und neue Erkenntnisse über die Natur und Entwicklung von Galaxien im Universum zu gewinnen.

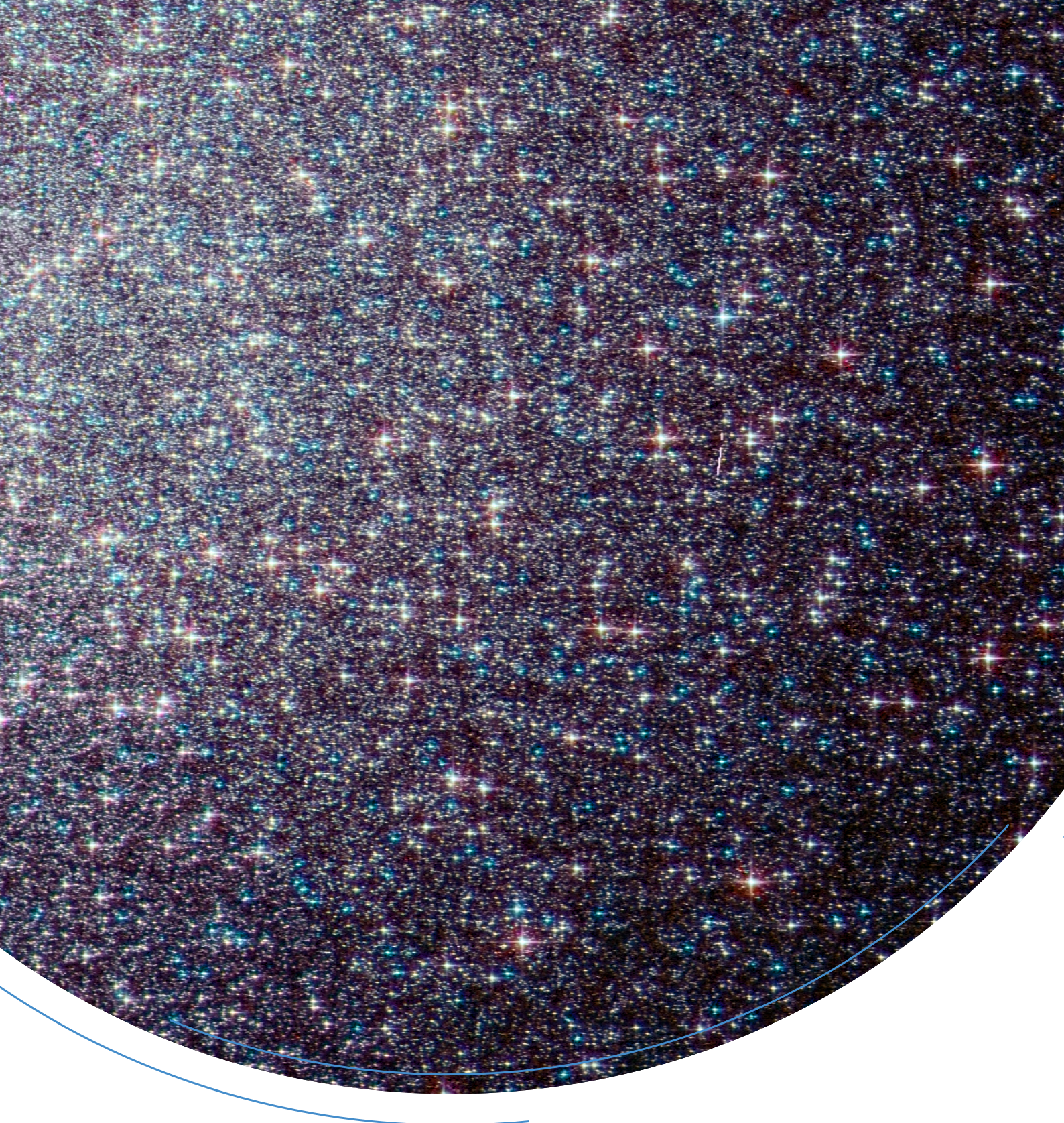


The Extragalactic Astrophysics research branch is dedicated to the exploration of galaxies and other extragalactic objects, as well as their underlying physical processes. Researchers investigate the structure and evolution of galaxies, the formation and development of stellar populations, the role of supermassive black holes in galaxy cores, the large-scale distribution of galaxies in the universe, and the interactions between galaxies and their environment.

A focal point of this branch's research lies in utilizing observational data across various wavelengths, ranging from optical and infrared to radio and X-ray radiation. These data are used to develop and refine detailed models that enable the understanding of observed phenomena and the validation of theoretical predictions.

Combining observations from ground-based large telescopes and satellite missions with theoretical modelling and advanced data analysis contributes to deepening the understanding of extragalactic astronomy and gaining new insights into the nature and evolution of galaxies in the universe.





▲ Sterne des Kugelsternhaufens Omega Centauri, beobachtet mit einem speziellen Beobachtungsmodus der Satellitenmission Gaia, mit Farbinformationen aus Beobachtungen mit dem ESO/MPG-2,2m-Teleskop.

Stars in the Omega Centauri globular cluster imaged using a special observing mode of the Gaia satellite mission, with colour information provided by observations made with the ESO/MPG 2.2m telescope.

(Credits: Gaia: AIP/K. Weingrill, A. Mints, R. de Jong)

MILCHSTRASSE UND DIE LOKALE UMGEBUNG

MILKY WAY AND THE LOCAL VOLUME

Die Abteilung Milchstraße und die lokale Umgebung beschäftigt sich mit der Entstehung und Entwicklung der Milchstraße und ähnlicher Scheibengalaxien, die nahe genug sind, um sie Stern für Stern zu untersuchen. Groß angelegte spektroskopische, astrometrische und asteroseismische Beobachtungen kommen zum Einsatz, um die chemische Zusammensetzung und die Eigenschaften der Bewegung der Sterne zu bestimmen. So lassen sich Gruppen von Sternen identifizieren, die zur selben Zeit und am selben Ort entstanden sind. Die Forschenden nutzen außerdem Computersimulationen, um die Entstehungsgeschichte von Galaxien in einem kosmologischen Kontext zu verstehen.

SATELLITENMISSION GAIA

Die ESA-Satellitenmission Gaia liefert wichtige Daten für viele Astronominen und Astronomen, insbesondere für diejenigen, die sich mit der Erforschung der Milchstraße beschäftigen. Das AIP ist an der Aufbereitung der Gaia-Daten für alle Datenveröffentlichungen beteiligt. Die dritte Datenveröffentlichung Gaia DR3 vom Juni 2022 enthält unter anderem den größten Radialgeschwindigkeitskatalog, die größte Sammlung stellarer astrophysikalischer Parameter, die präziseste Studie von Asteroiden und einen umfassenden Himmelsscan nach Quasaren und Galaxien. Das Focused Product Release vom Oktober 2023 präsentiert 500.000 neue Gaia-Quellen im Kugelsternhaufen Omega Centauri, deren Identifikation mithilfe einer am AIP entwickelten speziellen Pipeline für dicht besiedelte Himmelsregionen gelang.

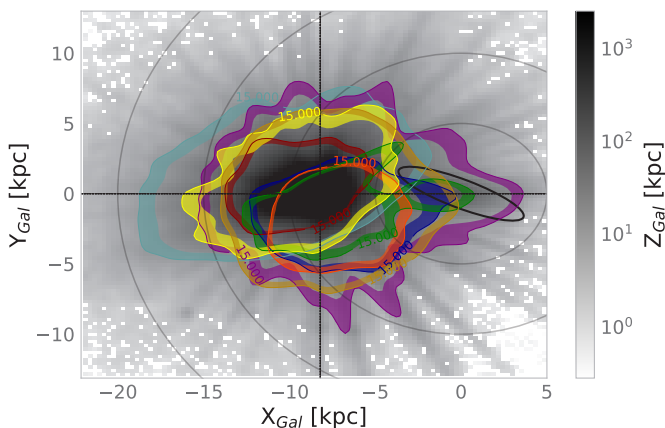
STELLARES ALTER UND CHEMIE

Der bayessche Code „StarHorse“ des AIP nutzte die Daten von Gaia DR3 und acht spektroskopischen Durchmusterungen, um Entfernungen und Helligkeitsverluste durch Staub für mehr als zehn Millionen Sterne zu berechnen. Er lieferte außerdem Altersangaben für etwa 2,5 Millionen Sterne und ermöglichte damit die Erforschung der Beziehungen zwischen Alter und chemischer Zusammensetzung von Sternen durch maschinelles Lernen. Insbesondere konnte bestätigt werden, dass die dicke Scheibe der Milchstraße aus alten Sternen besteht, die größtenteils dasselbe Alter haben.

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Abteilung verwendeten die von StarHorse berechneten Entfernungen und Altersangaben, um die Überreste der Sagittarius- und der Gaia-Enceladus-Sausage-(GES)-Satellitengalaxien zu untersuchen, die von der Milchstraße akkretiert wurden. Die hohe Genauigkeit der Daten, die durch die Kombination von Spektroskopie und Gaia-Daten gelang, zeigte einen chemischen Unterschied zwischen dem vorderen und dem hinteren Strom der zerrissenen Sagittarius-Galaxie. Dies deutet darauf hin, dass sie bereits vor der Verschmelzung mit der Milchstraße einen chemischen Gradienten aufwies. Darüber hinaus hat dieser Datensatz die ersten Schätzungen für das Alter einzelner Sterne im Sagittarius-Strom geliefert, die auf ein Alter des Sternstroms von etwa elf Milliarden Jahren hindeuten.

DIE DYNAMIK DES MILCHSTRASSENZENTRUMS

Die zentralen Regionen der Milchstraße beherbergen eine massive balkenartige Struktur, deren Gravitationskraft die Flugbahnen der Sterne in der galaktischen Scheibe stark beeinflusst. Eine neue auf Gaia-Daten basierende Studie zeigt, dass die aktuelle Bewegung der Sterne in der Milchstraßenscheibe mit einem längeren Balken vereinbar ist als bisher angenommen. Dies liegt daran, dass sich der Balken periodisch mit den langsamer rotierenden Spiralarmen überlagert und so vorübergehend viel länger erscheinen kann, als er tatsächlich ist.

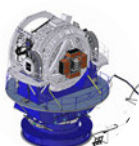


◀ Verteilung in galaktozentrischen Koordinaten von Sternen der Milchstraße mit Spektren aus verschiedenen Durchmusterungen, die zur Berechnung von StarHorse-Entfernungen benutzt wurden. Der graue Hintergrund zeigt die Gesamtzahl der Sterne für alle Durchmusterungen, während die farbigen Bänder die Isokonturendichte zwischen 25.000 und 15.000 Sternen pro Pixel für die verschiedenen Durchmusterungen darstellen. Die Position der Sonne liegt in der Mitte der Abbildung.

Distribution in galactocentric coordinates of Milky Way stars with spectra from different surveys that were used to derive StarHorse distances. The grey background shows the star counts for all surveys combined, while the coloured bands show iso-contour densities between 25,000 and 15,000 stars per pixel for each survey. The sun is located in the centre of the figure. (Credits: AIP / A. Queiroz)

TEAM

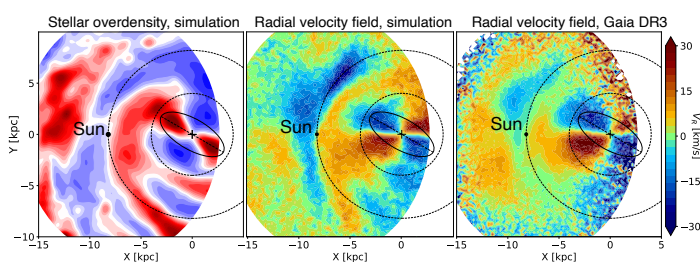
Cristina Chiappini, Roelof de Jong (head), Sergey Khoperskov, Lea Marques, Genoveva Micheva, Ivan Minchev, Ranjith Mudimadugula, Samir Nepal, Georg Noffz, Anna Queiroz, Bridget Ratcliffe, Santiago Rodriguez Salgado, Elena Sacchi, Ralf-Dieter Scholz, Matthias Steinmetz, Weijia Sun, Marica Valentini, Sreepriya Vijayasree, Lukas Weghs, Katja Weingrill



Ein detaillierter Vergleich zwischen den Simulationen und Beobachtungsdaten zeigte, dass sich das Geschwindigkeitsfeld der Milchstraßenscheibe reproduzieren lässt, wenn der Balken und die Spirale einmal alle paar 100 Millionen Jahre miteinander verbunden sind. Mit dieser Studie wurden Randbedingungen für die Ausrichtung des Balkens und der Spirale festgelegt und zum ersten Mal eine Übereinstimmung von Simulationsdaten mit dem beobachteten Gaia-Geschwindigkeitsfeld erzielt.

SIMULATION DER CHEMISCHEN ENTWICKLUNG VON GALAXIEN ÄHNLICH DER MILCHSTRASSE

Forschende der Abteilung führten aufwändige kosmologische Simulationen durch, um die Entstehung und Entwicklung von Scheibengalaxien ähnlich der Milchstraße und ihrer Zwerggalaxien nachzuvollziehen. Solche Modellrechnungen ermöglichen es nicht nur, die Entstehungsgeschichte dieser Systeme zu simulieren, sondern auch den Ursprung vieler chemischer Elemente zu erforschen, die im Inneren von Sternen entstehen und durch Supernovae und Sternwinde in das interstellare Gas zurückgeschleudert werden. Die Simulationen zeigen, dass die Analyse von Eisen und Alpha-Elementen in den Atmosphären der Sterne allein nicht ausreicht, um die Überreste verschiedener akkretierter Satellitengalaxien zu unterscheiden. Dies könnte erst durch die Kombination einer größeren Anzahl von Elementhäufigkeiten und vor allem durch die Einbeziehung des Sternalters gelingen. Der Vergleich dieser Simulationen mit Gaia-Daten und spektroskopischen Durchmusterungen vertieft unser Verständnis der Entstehung und Entwicklung unserer Galaxie und trägt gleichzeitig zur Verbesserung unserer Modelle der stellaren Nukleosynthese bei.



▲ Momentaufnahme aus einer Simulation der Milchstraße, die die stellare Überdichte zeigt (links) sowie die Geschwindigkeiten zum und weg vom galaktischen Zentrum (Mitte). Das Bild stimmt gut mit dem Geschwindigkeitsfeld aus den Gaia-Daten (rechts) überein und zeigt einen Moment, in dem sich ein Spiralarm gerade mit dem zentralen Balken (Ellipse) verbindet.

A snapshot from a simulation of the Milky Way showing the stellar overdensity (left) and velocities to and away from the galactic centre (middle). The image captures a moment when a spiral arm is attached to the central bar (ellipse), giving it a longer appearance, and matches well to the velocity field derived from the Gaia data (right).

(Credits: AIP / E. Vislosky, I. Minchev, S. Khoperskov)

The Milky Way and Local Volume research section studies the formation and evolution of the Milky Way system and similar disc galaxy systems near enough to be observed star by star. Large spectroscopic, astrometric, and asteroseismic observational surveys are used to determine the chemical composition fingerprint and the kinematic properties of stars, enabling the identification of populations of stars born at the same time and place. The researchers are also using computer simulations to understand the formation histories of galaxies within a cosmological framework.

GAIA SATELLITE MISSION

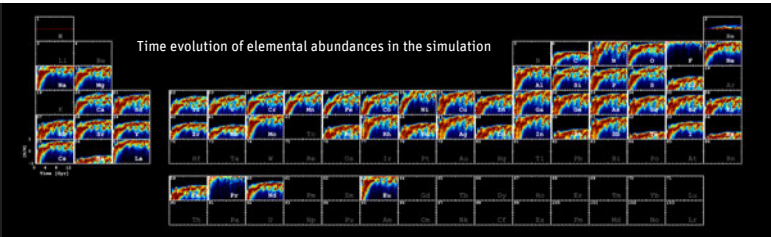
ESA's Gaia satellite mission provides vital data for many astronomers, especially for those focused on studying the Milky Way. AIP contributes to Gaia's data processing across all data releases. The third data release, Gaia DR3, from June 2022 includes the largest catalogue of radial velocities of stars, the biggest collection of stellar astrophysical parameters, the most precise asteroid survey, and a comprehensive sky scan for quasars and galaxies. The October 2023 Focused Product Release highlights 500,000 new Gaia sources in Globular Cluster Omega Centauri, identified using a specialized pipeline for densely populated sky regions developed at AIP.

STELLAR AGES AND CHEMISTRY

AIP's Bayesian code 'StarHorse' leveraged Gaia DR3 and eight spectroscopic surveys to compute distances and extinctions for over ten million stars. It also provided ages for approximately 2.5 million stars, facilitating machine learning exploration of stellar age-chemistry relations. Notably, it confirmed that the Milky Way's thick disc is old and consists of stars of the same age. The distances and ages calculated by StarHorse were used to investigate the merger debris of the Sagittarius and the Gaia-Enceladus-Sausage (GES) satellite galaxies that have been accreted by the Milky Way. The high precision obtained by combining the spectroscopy and Gaia data revealed a chemical difference between the leading and trailing streams of the disrupted Sagittarius galaxy, which suggests it had already had a chemical gradient prior to disruption. Moreover, this dataset has provided the first age estimates for individual stars in the Sagittarius stream, showing it to be around 11 billion years old.

DYNAMICS OF THE MILKY WAY CENTRE

The central regions of the Milky Way harbour a massive bar-like structure, whose gravitational pull strongly affects the trajectories of stars in the galactic disc. A new study using Gaia data revealed that the current motion of stars in the Milky Way disc is compatible with a bar longer than previously estimated, because the bar periodically overlaps with the slower rotating spiral arms and can thus temporarily appear much longer than its actual size. A detailed comparison of the simulations and the data showed that the velocity field of the Milky Way disc can be reproduced every time the bar and spiral are connected, once every few 100 million years. This study puts constraints on the bar-spiral orientation and for the first time provides a match of simulation data to the observed Gaia velocity field.



◀ Die Entwicklung der Häufigkeit von 53 Elementen im Periodensystem. Daraus erkennt man, welche Elemente vielversprechend für die Altersbestimmung verschiedener Arten von Sternen sind.

The picture shows the abundance evolution of 53 elements in the periodic table, indicating which elements are most promising for use in determining the age of different kinds of stars.

(Credits: AIP/S. Khoperskov, N. Libeskind, I. Minchev)

SIMULATING THE CHEMICAL EVOLUTION OF MILKY WAY-TYPE GALAXIES

Extensive cosmological simulations were performed, aiming to trace the formation and evolution of Milky Way-type disc galaxies and their dwarf galaxies. Such models allow us to not only trace the assembly history of such systems but also explore the origin of many chemical elements formed in the innards of stars and returned to the interstellar gas through supernovae and stellar winds. The simulations indicate that analyzing only the iron and alpha elements present in the atmospheres of stars will not be sufficient to differentiate the merger debris of various accreted satellite galaxies. Only combining a larger set of element abundances and especially by including stellar ages might make this possible. Comparing these simulations to Gaia data and spectroscopic surveys will refine our understanding of how our galaxy formed and evolved while, at the same time, helping to improve our models of stellar nucleosynthesis.



▲ Lea Marques, Bridget Ratcliffe, Alexey Mints, Cristina Chiappini, Nikolay Kacharov, Ivan Minchev, Katja Weingrill, Matthias Steinmetz, Marica Valentini, Samir Nepal, Roelof de Jong, Weijia Sun, Sergey Khoperskov, Ralf-Dieter Scholz

AUSGEWÄHLTE PUBLIKATIONEN SELECTED PUBLICATIONS

Anders, F. et al. (2022): [Photo-astrometric distances, extinctions, and astrophysical parameters for Gaia EDR3 stars brighter than \$G = 18.5\$](#) , *Astronomy & Astrophysics*, 658, A91

Anders, F. et al. (2023): [Spectroscopic age estimates for APOGEE red-giant stars: Precise spatial and kinematic trends with age in the Galactic disc](#), *Astronomy & Astrophysics*, 678, A158

de Jong, R. et al. (2022): [4MOST: the 4-metre multi-object spectroscopic telescope project in the assembly, integration, and test phase](#), *Proceedings of the SPIE 12184*, Ground-based and Airborne Instrumentation for Astronomy IX, 1218414

Guiglion, G. et al. (2023): [Beyond Gaia DR3: Tracing the \$\[\alpha/M\]\$ - \$\[M/H\]\$ bimodality from the inner to the outer Milky Way disc with Gaia-RVS and convolutional neural networks](#), *Astronomy & Astrophysics*, 682, 26

Khoperskov, S., Sivkova, E., Saburova, A., Vasiliev, E., Shustov, B., Minchev, I., Walcher, C. J. (2023): [ISM metallicity variations across spiral arms in disc galaxies](#), *Astronomy & Astrophysics*, 671, A56

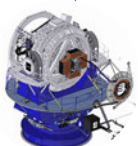
Khoperskov, S. et al. (2023): [The stellar halo in Local Group Hestia simulations](#), *Astronomy & Astrophysics*, 677, A91

Nepal, S. et al. (2023): [The Gaia-ESO Survey: Preparing the ground for 4MOST and WEAVE galactic surveys](#), *Astronomy & Astrophysics*, 671, A61

Queiroz, A. B. A. et al. (2023): [StarHorse results for spectroscopic surveys and Gaia DR3: Chrono-chemical populations in the solar vicinity, the genuine thick disc, and young alpha-rich stars](#), *Astronomy & Astrophysics*, 673, A155

Ratcliffe, B. et al. (2023): [Unveiling the time evolution of chemical abundances across the Milky Way disc with APOGEE](#), *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 525, 2208

Gaia Collaboration; Weingrill, K. et al. (2023): [Gaia Focused Product Release: Sources from Service Interface Function image analysis. Half a million new sources in omega Centauri](#), *Astronomy & Astrophysics*, 680, A35





▲ Blick durch den Wide Field Corrector des 4MOST-Instruments, das 2024 am VISTA-Teleskop in Chile installiert werden soll. Die Spezialbeschichtungen auf den Linsen des Korrektors mit einem Durchmesser von 65 bis 90 Zentimetern verursachen bunte Reflexionen der hellen Leuchtstofflampen an der Decke der Integrationshalle.

View through the new Wide Field Corrector of the 4MOST instrument to be installed on the VISTA telescope in Chile in 2024. The special coatings on the 65-to-90-centimetre diameter lenses in the corrector create colourful reflections of the bright fluorescence lights on the ceiling of the integration hall. (Credits: 4MOST / M. Cunningham)

4-METRE MULTI-OBJECT SPECTROSCOPIC TELESCOPE 4MOST

4-METRE MULTI-OBJECT SPECTROSCOPIC TELESCOPE 4MOST

Das 4MOST-Instrument stellt der astronomischen Gemeinschaft der Europäischen Südsternwarte (ESO) einen Multi-Objekt-Spektrographen zur Verfügung, mit dem in jeder der geplanten fünfjährigen Durchmusterungen Dutzende von Millionen von Spektren über die gesamte Südhalbkugel aufgenommen werden können.

4MOST wird im Jahr 2024 am VISTA-Teleskop des Paranal-Observatoriums in Chile installiert und hat ein Sichtfeld von 2,6 Grad Durchmesser. Es wird gleichzeitig 1624 Spektren mit mittlerer Auflösung ($R \sim 6500$) und einer Wellenlängenabdeckung von 370 bis 950 Nanometern sowie 812 hochauflösende Spektren ($R \sim 20.000$) in drei Wellenlängenbändern aufnehmen. Alle Komponenten des Instruments sind fertiggestellt und durchlaufen vor der Auslieferung die letzten Integrations- und Montage-tests. Für die Verwaltung und den Betrieb der Anlage wird derzeit eine umfangreiche Software entwickelt, sowohl für die zeitnahe Planung von Beobachtungen als auch für die Analyse, Archivierung und Veröffentlichung der Daten.

Da es sich um eine allgemeine Durchmusterungseinrichtung handelt, ist das Spektrum der in 25 verschiedenen Wissenschaftsprogrammen geplanten Forschung sehr breit. Beispiele hierfür sind die Charakterisierung potenzieller Zentralsterne von Exoplaneten, die Suche nach Supernovae und anderen kurzlebigen Ereignissen, die Charakterisierung der Entwicklung supermassereicher Schwarzer Löcher und der Galaxien, die sie in ihrem Zentrum beherbergen, Studien zur Natur der Dunklen Materie in Galaxien und zum Ursprung der Dunklen Energie, die die Entwicklung des Universums als Ganzes antreibt. Am AIP laufen insbesondere Vorbereitungen in den Abteilungen Milchstraße und die lokale Umgebung sowie Zwerggalaxien und der Galaktische Halo, um mit 4MOST die bisher größten stellaren Durchmusterungen durchzuführen, den Aufbau und die Entwicklungsgeschichte der Milchstraße und der Magellanschen Wolken zu verstehen und die detaillierte Verteilung der Dunklen Materie in und um sie herum zu untersuchen.

Das AIP führt ein Konsortium von 29 Instituten an, um 4MOST zu bauen, zu betreiben und wissenschaftlich zu nutzen. Zusammen mit wissenschaftlichen Mitgliedern der ESO-Gemeinschaft bereitet sich ein Team von mehr als 750 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, Ingenieurinnen und Ingenieuren sowie unterstützendem Personal auf die Inbetriebnahme im Jahr 2025 vor.



▲ Zusammenbau eines 4MOST-Spektrographen am AIP.
Assembling one of the 4MOST spectrographs at AIP. (Credits: AIP)

The 4MOST facility will provide the astronomical community of the European Southern Observatory with a spectroscopic survey instrument that can take tens of millions of spectra across the entire southern hemisphere in each of its planned 5-year surveys.

4MOST will be installed at the VISTA telescope of the Paranal Observatory in Chile in 2024 and has a field of view of 2.6 degrees diameter. It will simultaneously obtain 1624 spectra of medium resolution ($R \sim 6500$) and wavelength coverage from 370 to 950 nanometres in parallel with 812 high-resolution spectra ($R \sim 20,000$) in three wavelength bands. All the components making up the instrument have been completed and are undergoing their final integration and assembly tests before being shipped. An extensive, ongoing software effort has been undertaken to manage and operate the facility, including software for near real-time scheduling of observations and for analysing, archiving, and publishing the data.

As a general survey facility, the range of science being planned in 25 different science programmes is very broad. Examples include characterising potential exoplanet host stars, searches for supernovae and other transient events, characterising the evolution of supermassive black holes and the galaxies that host them at their centre, and studies into the nature of dark matter in galaxies and into the origin of dark energy that drives the evolution of the universe as a whole. At AIP, in particular, preparations are ongoing in the Milky Way and the Local Volume and the Dwarf Galaxies and the Galactic Halo sections to use 4MOST to conduct the largest stellar surveys to date to understand the assembly and evolution history of the Milky Way and Magellanic Clouds systems and to investigate the detailed distribution of dark matter in and around them.

The AIP leads a consortium of 29 institutes to construct, operate, and scientifically utilise 4MOST. Together with science members from the ESO community, a team of more than 750 scientists, engineers, and support staff are now preparing for the start of operations in 2025.





▲ Illustration der Lokalen Gruppe, bestehend aus den Spiralgalaxien Andromeda (links) und der Milchstraße (rechts), den Magellanschen Wolken und weiteren Zwerggalaxien. Das zusammengesetzte Bild war das Titelbild für das Symposium IAUS 379 der Internationalen Astronomischen Union „Dynamische Massen von Galaxien der Lokalen Gruppe“, das die Abteilung im Jahr 2023 organisierte.

Illustration of the Local Group of Galaxies consisting of the major spiral galaxies Andromeda (left) and the Milky Way galaxy (right), the Magellanic Clouds, and additional dwarf galaxies. The composite illustration was the cover image for the International Astronomical Union Symposium IAUS 379 'Dynamical Masses of Local Group Galaxies', organised by this section in 2023. (Credits: Original images by N. Risinger (Milky Way), R. Gendler (Andromeda), ESO/VMC Survey (Large Magellanic Cloud), ESO/VMC Survey (Small Magellanic Cloud), composite image designed by K. J. Kanehisa & M. P. Júlio)

ZWERGGALAXIEN UND DER GALAKTISCHE HALO

DWARF GALAXIES AND THE GALACTIC HALO

Zwerggalaxien sind die häufigste Art von Galaxien im Universum. Sie sind oft Satelliten massereicherer Zentralgalaxien wie der Milchstraße. Aufgrund ihrer geringen Masse und Helligkeit lassen sie sich am besten in unserer unmittelbaren Nachbarschaft beobachten. Die Abteilung Zwerggalaxien und der Galaktische Halo untersucht die Sterne der Magellanschen Wolken und anderer Satelliten der Milchstraße sowie von weiter entfernten Galaxien, ihre Struktur, die Bahneigenschaften und die ältesten Sterne als Zeugen von Akkretionsprozessen.

STELLARE SPUREN VERGANGENER WECHSELWIRKUNGEN

Die Große und die Kleine Magellansche Wolke sind dynamischen Wechselwirkungen ausgesetzt, die ihre Struktur geformt und Spuren in Form stellerer Überdichten hinterlassen haben. Anhand niedrig aufgelöster Spektren von 270.000 Riesen- und 89.000 Überriesensternen und Daten des Gaia-Satelliten berechneten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des AIP die Strömgren-Photometrie der Sterne und ermittelten ihren Eisengehalt. Karten mit der Häufigkeitsverteilung von Metallen in den Sternen zeigen Unterschiede zwischen und innerhalb der beiden Galaxien auf.

Eine Analyse der Spektren von 3700 Sternen aus dem Archiv der Europäischen Südsternwarte (ESO) zeigte, dass sich die Geschwindigkeitsverteilung der Sterne in der flügel- und balkenartigen Struktur der Kleinen Magellanschen Wolke als Folge der Wechselwirkung mit der Großen Magellanschen Wolke unterscheidet. Die Ursache für die höhere Geschwindigkeit von Hauptreihensternen im Vergleich zu Überriesen liegt darin, dass die Sterne vor 40 Millionen Jahren aus Gas entstanden sind, das Gezeiteffekten ausgesetzt war. Ähnliche Unterschiede zwischen dem nördlichen und dem südlichen Balken ergeben sich aus Untersuchungen des kalten Gases und der Eigenbewegung.

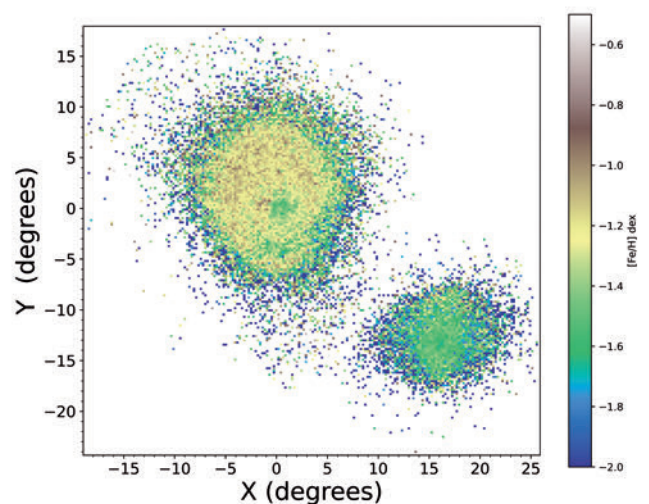
Mit alten, metallarmen Sternen ist es möglich, die Akkretionsgeschichte eines Systems zu rekonstruieren. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des AIP haben die chemische Zusammensetzung von Sternen im Bulge der Milchstraße, also in ihrer zentralen Verdickung, und in den Kugelsternhaufen NGC 6533 und Palomar 6 mit hochauflösenden Spektren im nahen Infrarot und im optischen Bereich untersucht. Unter Einbeziehung von Umlaufbahnen und Alter der Sterne konnten sie bestätigen, dass der Bulge einen komplexen Entstehungsprozess

durchlief, bei dem Zwerggalaxien akkretiert wurden. Bei den Sternhaufen handelt es sich wahrscheinlich um Haufen mit niedriger Metallizität, die im Vorläufer des Bulge entstanden sind.

ENTFERNUNGEN UND STRUKTUREN

Cepheiden sind junge Sterne, deren Helligkeit periodisch schwankt. Dank einer Beziehung zwischen ihrer Leuchtkraft und der Pulsationsperiode sind sie sogenannte Standardkerzen, mit denen die Entfernungen zu extragalaktischen Objekten ermittelt werden können. Dies dient auch dazu, die Größe der Hubble-Konstante festzulegen, die die Größe und das Alter des Universums bestimmt. Forschende des AIP verwendeten hochauflösende Spektren von 900 Cepheiden und leiteten daraus die Metallizitäten der Sterne ab, um die Beziehung zwischen Periode und Leuchtkraft besser zu bestimmen.

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des AIP arbeiten an einem umfassenden dynamischen Modell für die Große Magellansche Wolke, das auf einer von Schwarzschild entwickelten Methode der Überlagerung von Sternbahnen basiert, und wenden diese auf 30.000 Sterne mit spektroskopischen Geschwindigkeiten aus Daten des Gaia-Satelliten an. Das Modell beschreibt die Scheibe als achsensymmetrisches System und den Balken als triaxiale Komponente in einem rotierenden Bezugssystem. Die Ergebnisse zeigen, dass die Große Magellansche Wolke einen schnell rotierenden Balken (64 ± 12 km/s/kpc) beherbergt.

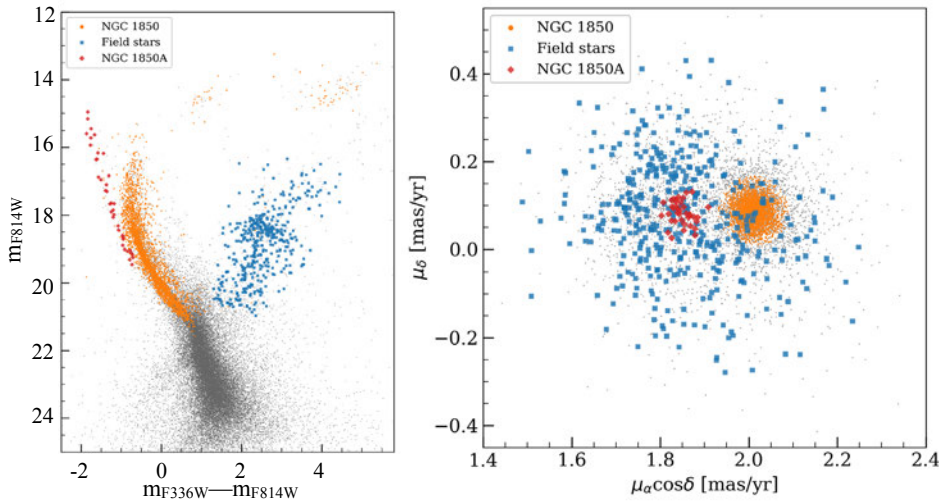


▲ Metallizitätskarten der Magellanschen Wolken von Roten Riesensternen
Metallicity maps of the Magellanic Clouds from red giant stars.
(Credits: AIP / A. Omkumar)

TEAM

Maria-Rosa Cioni (head), Lisa Di Carlo, Naoise Holmes, Nikolay Kacharov, Kosuke Jamie Kanehisa, Prem Kumar, Pengfei Li, Shubham Mangain, Amy Miller, Alexey Mints, Ranjith Mudimadugula, Florian Niederhofer, Abinaya Omkumar, Marcel Pawlowski, Mariana Pouseiro Júlio, Amrit Sedain, Jesper Storm, Salvatore Taibi, Erasmo Trentin, Marica Valentini, Sreepriya Vijayasree





◀ Sternpopulationen im Sternhaufen NGC 1850 im Farben-Helligkeits-Diagramm (links) und ihre tangentielle Bewegung am Himmel (rechts, in Milliarcsekunden pro Jahr): junge Sterne (rot), alte Sterne (blau) und Sterne im Feld des Sternhaufens (orange).

Stellar populations in the NGC 1850 star cluster in a colour-magnitude diagram (left) and their tangential motion (right, in milliarcseconds per year): young stars (red), old stars (blue) and stars in the field of the cluster (orange).
(Credits: AIP / F. Niederhofer)

STERNHAUFEN IN DEN MAGELLANSCHEN WOLKEN

Die Große und die Kleine Magellansche Wolke beherbergen viele massereiche Sternhaufen unterschiedlichen Alters. Die Dynamik der Sternhaufen gibt Aufschluss über ihre Entwicklung und Wechselwirkungsgeschichte. Mit Daten des Hubble-Weltraumteleskops wurden hochpräzise stellare Eigenbewegungen für 23 Sternhaufen der Großen Magellanschen Wolke gemessen. Die Ergebnisse für NGC 1850 zeigen, dass junge, 20 Millionen Jahre alte Sterne eine andere Bewegung aufweisen als ältere, 100 Millionen Jahre alte Sterne, und eine Geschwindigkeitsdispersion von 30,8 km/s. Der Katalog der Eigenbewegungen wird dazu dienen, die Zugehörigkeit von Sternen zu Sternhaufen zu bestimmen, besondere Auffälligkeiten in den Farben-Helligkeits-Diagrammen der Haufen zu untersuchen und das Gravitationspotenzial der Galaxie zu ermitteln.

Die Große Magellansche Wolke ist aufgrund ihrer Nähe zu uns, ihrer aktiven Sternentstehung und ihrer uns zugewandten Ausrichtung ein hervorragendes Beobachtungsziel für die Untersuchung der Sternentstehung mittels junger Sternhaufen. Die jungen Sternhaufen lassen sich jedoch nur teilweise mit Teleskopen in Einzelsterne auflösen und können deshalb nicht anhand ihrer stellaren Überdichte erkannt werden. Forschende des AIP entwickelten daher die erste automatische Methode zur Erkennung und Charakterisierung von schwach aufgelösten Sternhaufen in Daten der Vista Magellanic Cloud (VMC)-Durchmusterung. Dabei werden Sterne entfernt, so dass ausgedehnte, halb aufgelöste Haufen übrig bleiben. Anschließend lässt sich die hierarchische Natur der Sternentstehungsgebiete ermitteln, indem zunächst eine stellare Hauptstruktur und dann die darin verschachtelten Substrukturen entdeckt werden.

ZWERGGALAXIEN IN DER LOKALEN GRUPPE

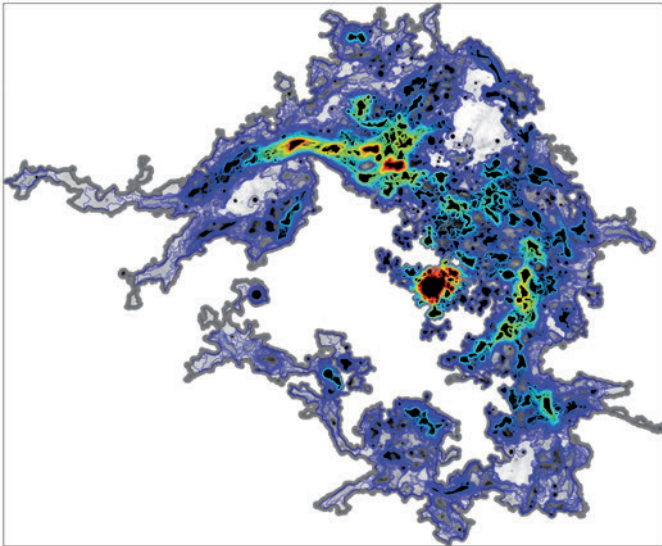
Der Einfall der massereichen Großen Magellanschen Wolke beeinflusst die Dynamik anderer Satellitengalaxien durch eine Verschiebung und Reflexbewegung der Milchstraße.

Dies wurde als mögliche Ursache für die Ausrichtung der Satellitenbahnen und ihre Verteilung in einer Ebene untersucht. Dabei ergab sich jedoch, dass der Einfluss der Großen Magellanschen Wolke nicht ausreicht, um die Beobachtungen zu erklären: Der Effekt ist zu gering und nur für sehr radiale Bahnen relevant, wohingegen die beobachteten Satellitengalaxien eher tangentielle Bewegungen aufweisen. Eine andere Theorie geht davon aus, dass Satellitengalaxien nicht nur einzeln von ihrer Hauptgalaxie akkretiert werden, sondern auch in Gruppen. Dies kann zur Bildung von Satellitenebenen beitragen. Gemeinsam akkretierte Objekte sollten eine ähnliche Energie, einen ähnlichen Drehimpuls und ähnliche Umlaufbahnen aufweisen. Mithilfe vorhandener und neu gemessener Eigenbewegungen haben Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler Hinweise darauf gefunden, dass einige Satelliten in den Sternbildern Becher und Löwe tatsächlich gemeinsam akkretiert wurden. Ein Wissenschaftler der Abteilung führte auch die größte homogene Analyse von Metallizitätsprofilen für 30 Zwerggalaxien der Lokalen Gruppe durch. Die Studie ergab, dass die Metallizitätsgradienten der meisten Systeme recht mild und unabhängig von der Sternmasse und der Sternentstehungsgeschichte sind. Die steilsten Profile verursachten wahrscheinlich Verschmelzungen von Zwerggalaxien.

GALAXIENDYNAMIK AUSSERHALB DER LOKALEN GRUPPE

Untersuchungen von Satellitengalaxien der aktiven Zwerggalaxie Centaurus A ergaben für die Hauptgalaxie eine dynamische Masse von zwölf Billionen Sonnenmassen. Dabei stellten die Forschenden fest, dass das Satellitensystem eine nicht vernachlässigbare Rotationsunterstützung aufweist. Sie ermittelten die Zugehörigkeit von Satellitengalaxien von Centaurus A zu einer Ebene anhand von Beschränkungen der Bahnausrichtung und sagten die erwarteten Eigenbewegungen für eine rotierende Ebene vorher.

Gas, das sich im Zentrum von Halos aus Dunkler Materie ansammelt, erhöht deren Dichte. Diese baryonisch bedingte Halokontraktion wurde nun in die Analyse der Rotationskurven von Scheibengalaxien einbezogen. Die Umstrukturierung ihrer Halos aufgrund des Zusammenspiels von Dunkler Materie und Baryonen führt dazu, dass ihre zentrale Dichte zu hoch wird, um mit der beobachteten Dynamik in Scheibengalaxien übereinzustimmen. Dies könnte es erforderlich machen, die Natur der Dunklen Materie neu zu überdenken, was Studien über selbst-interagierende oder ultraleichte Dunkle Materie motiviert. Außerdem wird nach Rückkopplungsprozessen gesucht, die stark genug sind, um der Halokontraktion entgegenzuwirken.



▲ Der Sternentstehungskomplex 30 Doradus mit allen verschachtelten Strukturen, die als Farbkonturen dargestellt sind. Die unregelmäßige Form der Region wird durch fraktale Eigenschaften verstärkt, die sich aus den Turbulenzen in Gaswolken ergeben, in denen Sterne entstehen. Die dichteste Region entspricht dem Sternhaufen R 136.

The 30 Doradus star forming complex with all nested structures indicated as colour contours. The irregular shape of the region is corroborated by fractal properties that result from the turbulence in gas clouds where stars form. The densest region corresponds to the star cluster R 136.

(Credits: AIP / A. Miller)

Dwarf galaxies are the most numerous type of galaxies in the universe. They are often satellites of more massive host galaxies like the Milky Way. Due to their low mass and brightness, they are best observed in our direct neighbourhood. The members of the Dwarf Galaxies and the Galactic Halo section study the stars of the Magellanic Clouds and other satellites around the Milky Way and more distant hosts, as well as their structure, the orbital properties, and the oldest stars as witnesses of accretion processes.

STELLAR TRACERS OF PAST INTERACTIONS

The Large and Small Magellanic Cloud (LMC and SMC) have undergone dynamical interactions that shaped their structure and left traces in the form of stellar overdensities. Using low-resolution spectra of 270,000 giant and 89,000 supergiant stars and data from the Gaia satellite, AIP scientists calculated the Strömgren photometry of the stars and obtained their iron abundances. Maps of the distribution of metal abundance in stars reveal differences between and within both galaxies.

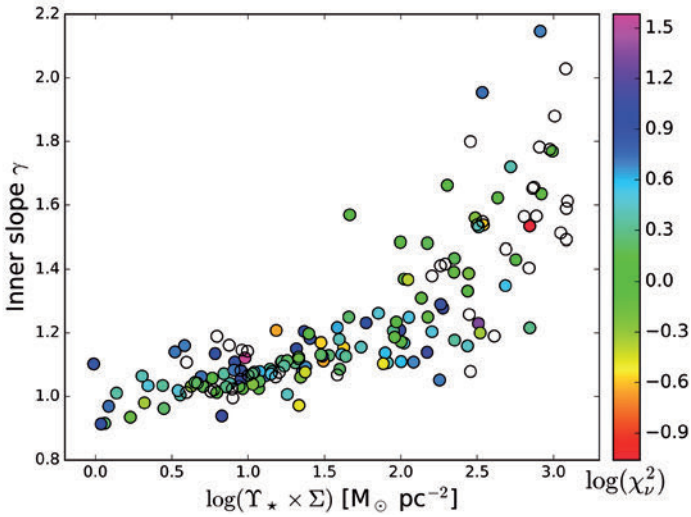
An analysis of spectra of 3700 stars from the archive of the European Southern Observatory (ESO) showed that the velocity distributions of stars in the SMC's wing and bar-like structure differ as a consequence of the interaction with the LMC. The higher velocity of main-sequence stars compared to supergiants can be attributed to star formation 40 million years ago from gas that was influenced by tidal stripping. Similar differences between the northern and southern bar are corroborated by studies of cold gas and proper motion. Using old, metal-poor stars, it is possible to reconstruct a system's accretion history. AIP scientists have analysed the chemical composition of stars in the Milky Way bulge, i.e. in its thicker central region, and in the globular clusters NGC 6533 and Palomar 6 using high-resolution spectra in the near-infrared and optical range. Including orbits and ages of the stars, they confirmed that the bulge experienced a complex formation process involving the accretion of dwarf galaxies. The two star clusters are likely low metallicity clusters formed in the bulge's progenitor.

DISTANCES AND STRUCTURES

Cepheids are young stars which pulsate in their brightness. Thanks to a relation linking their luminosity with the pulsation period, they are so-called standard candles that can be used to determine the distances to extragalactic objects. This also serves to estimate the Hubble constant which sets the dimension and age of the universe. AIP researchers used high-resolution spectra for 900 Cepheids and derived their metallicities to better constrain the period-luminosity relation.

Scientists at the AIP work on a comprehensive dynamical model for the LMC, based on Schwarzschild's method of superposition of stellar orbits, applied to 30,000 stars with spectroscopic velocities from Gaia. The model describes the disc as an axisymmetric system and its bar as a triaxial component in a rotating reference frame. The results show that the LMC hosts a rapidly rotating bar (64 ± 12 km/s/kpc).





▲ Steigung der inneren Dichte von Halos aus Dunkler Materie nach Halo-Kontraktion im Vergleich zur beobachteten effektiven Oberflächenmassendichte. Unter der Annahme universeller primordialer Halos würden Galaxien mit höherer Oberflächenmassendichte als Reaktion auf die baryonische Kompression dichtere Halos aus Dunkler Materie aufweisen.

Inner density slope of dark matter halos after halo contraction versus observed effective surface mass density. Under the assumption of universal primordial halos, galaxies with higher surface mass density would host denser dark matter halos in response to baryonic compression. (Credits: P. Li et al. (2022), Astronomy & Astrophysics, 665, A143)

STELLAR CLUSTERS IN THE MAGELLANIC CLOUDS

The LMC and SMC harbour many massive star clusters spanning a broad range of cluster ages. The dynamics of the star clusters provide information on their evolution and interaction history. Using Hubble Space Telescope data, high-precision stellar proper motions were measured for 23 star clusters in the LMC. The results for NGC 1850 show that young, 20 million year old stars display a different motion than older, 100 million year old stars and a velocity dispersion of 30.8 km/s. The proper motion catalogue will be used to establish membership of stars to clusters, to investigate peculiar features in their colour-magnitude diagrams, and to trace the galaxy's gravitational potential.

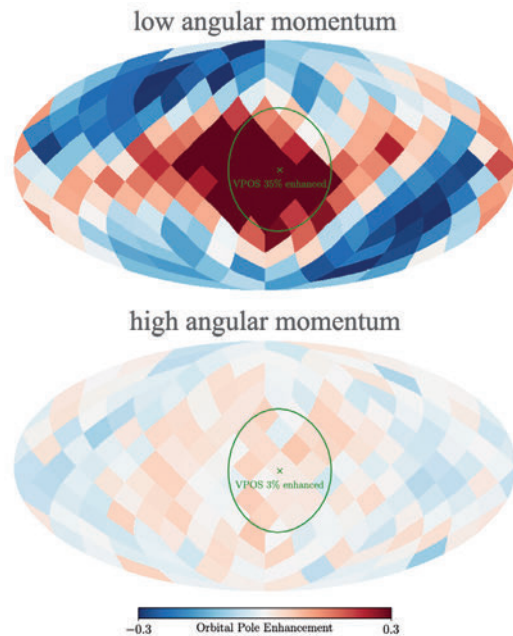
The LMC is an excellent observation target to study star formation via young star clusters, due to its proximity to us, its active star formation, and its face-on orientation. Yet, young clusters can only be partially resolved into individual stars with telescopes and thus cannot be detected as stellar overdensities. AIP scientists therefore developed the first automated method to detect and characterize marginally-resolved star clusters in data from the Vista Magellanic Cloud (VMC) survey. It removes stars, leaving extended, semi-resolved clusters. Subsequently, the hierarchical nature of star-forming regions is obtained by first detecting a parent stellar structure and then nested substructures inside.

DWARF GALAXIES IN THE LOCAL GROUP

The infall of the massive Large Magellanic Cloud affects the inferred dynamics of other satellite galaxies due to a displacement and reflex motion of the Milky Way. This was studied as a possible origin of the orbital alignment of satellites and their distribution in a plane. However, the influence of the LMC was found to be unable to account for the observed system: the effect is too small and only relevant for very radial orbits, whereas the observed satellites tend to have tangential motions.

Another theory assumes that satellite galaxies are not only accreted individually by their host galaxy, but also in groups, which can contribute to the formation of satellite planes. Objects accreted together should share similar energy, angular momentum, and orbits. Using existing and newly obtained proper motions, scientists uncovered evidence that some satellites in the constellations of Crater and Leo were indeed accreted together.

A scientist from this section also performed the largest homogeneous analysis of metallicity profiles for 30 Local Group dwarf galaxies. The study revealed that the metallicity gradients of most systems are mild, regardless of stellar mass and star formation history, with the steepest profiles likely caused by dwarf galaxies merging with each other.



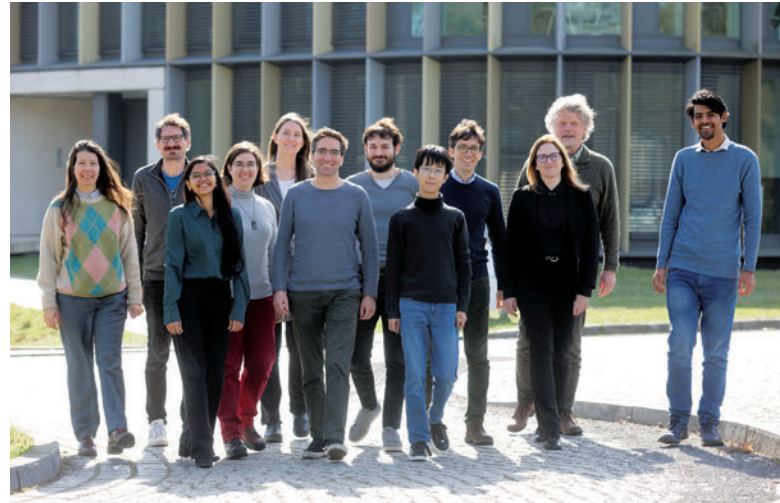
▲ Karten der Erhöhung der Bahnpole für simulierte Dunkle-Materie-Teilchen infolge des Einfalls der Großen Magellanschen Wolke relativ zur Situation ohne solch einen Einfall. Für Teilchen mit geringem Drehimpuls beträgt die Erhöhung 35%, jene mit hohem Drehimpuls (vergleichbar mit den beobachteten Satellitengalaxien) weisen keine wesentliche Erhöhung auf. Die durch Beobachtungen ermittelte Erhöhung liegt bei ca. 300%.

Maps of relative orbital pole enhancement for simulated dark matter particles due to the infall of a Large Magellanic Cloud. For low angular momentum particles, the enhancement is 35%, those with high angular momentum (comparable to observed satellite galaxies) show no substantial enhancement. The observationally constrained enhancement is of the order of 300%. (Credits: Pawlowski et al. (2022), The Astrophysical Journal 932, 70)

GALAXY DYNAMICS BEYOND THE LOCAL GROUP

By studying satellite galaxies of the active radio galaxy Centaurus A, its dynamical mass was measured to be 12 trillion solar masses. The researchers also discovered that the satellite system has non-negligible rotational support. They determined the membership of satellite galaxies of Centaurus A to a satellite plane using orbital alignment constraints, and predicted the expected proper motions for a rotating plane.

Gas accreted into the centre of dark matter halos increases their density. Such baryon-driven halo contraction was now included in rotation curve fits of disc galaxies. The restructuring of their halos due to the interplay of dark matter and baryons causes their central density to become too high to match the observed dynamics in disc galaxies. This might require reconsidering the nature of dark matter, conducting studies into self-interacting or ultra-light dark matter, and searching for feedback processes powerful enough to counteract the halo compression.



▲ Maria-Rosa Cioni, Florian Niederhofer, Abinaya Omkumar, Lara Cullinane, Amy Miller, Nikolay Kacharov, Erasmo Trentin, Jamie Kanehisa, Salvatore Taibi, Marica Valentini, Jesper Storm, Shubham Mangam

AUSGEWÄHLTE PUBLIKATIONEN SELECTED PUBLICATIONS

El Youssefi, D. et al. (2023): **Kinematics of stellar sub-structures in the Small Magellanic Cloud**, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 523, 347

Bell, C. P. M. et al. (2022): **The intrinsic reddening of the Magellanic Clouds as traced by background galaxies – III. The Large Magellanic Cloud**, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 516, 824

Schmidt, T. et al. (2022): **The VMC survey – XLV. Proper motion of the outer LMC and the impact of the SMC**, Astronomy & Astrophysics, 663, A107

Niederhofer, F. et al. (2022): **The VMC survey – XLVI. Stellar proper motions in the centre of the Large Magellanic Cloud**, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 512, 5423

Miller, A. E. et al. (2022): **The VMC survey – XLVII. Turbulence-controlled hierarchical star formation in the Large Magellanic Cloud**, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 512, 1196

Trentin, E., et al. (2022): **Cepheid Metallicity in the Leavitt Law (C- MetaLL) survey – II. High-resolution spectroscopy of the most metal poor Galactic Cepheids**, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 519, 2331

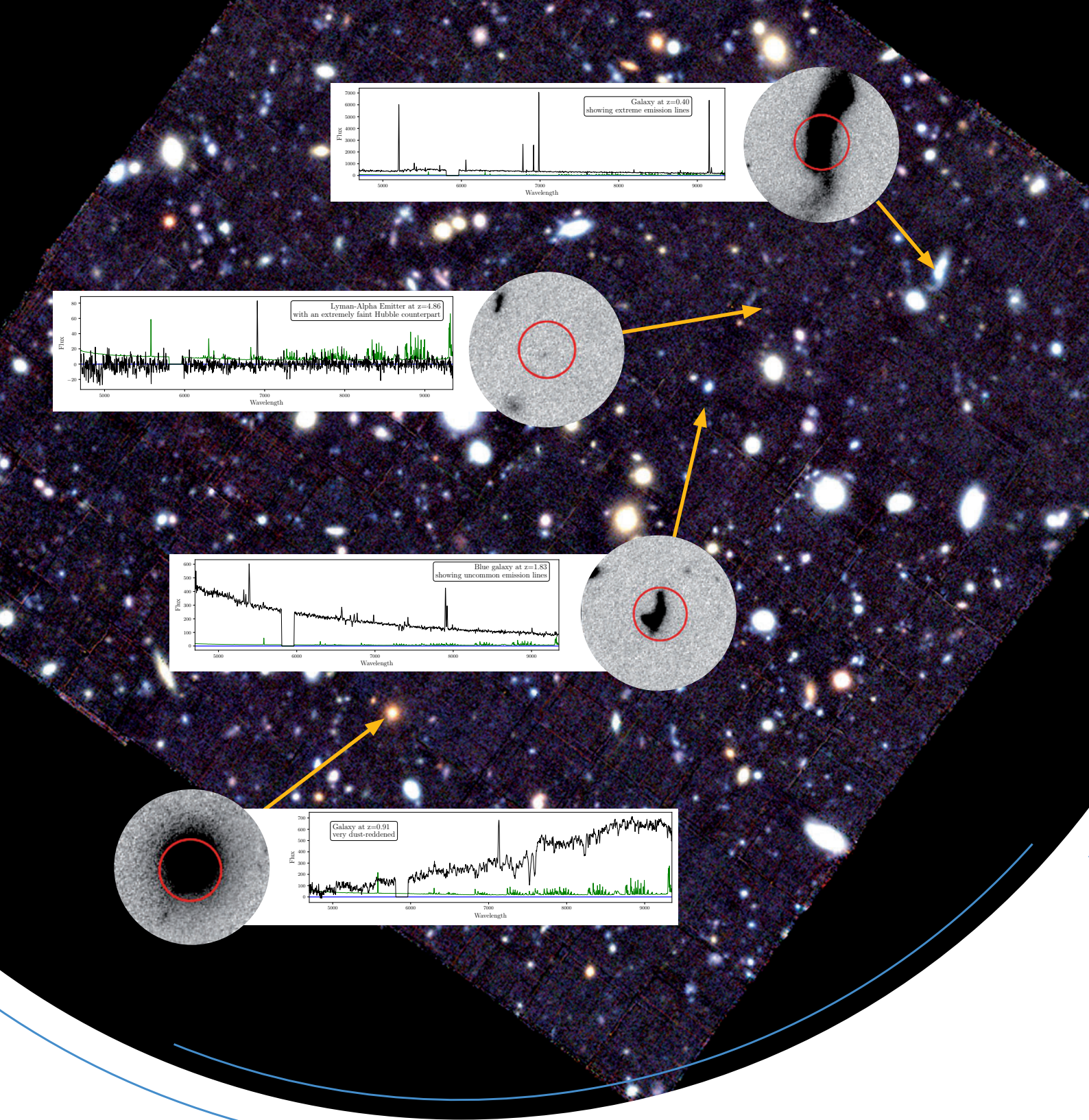
Pawlowski, M. S., Oria, P., Taibi, S., Famaey, B., Ibata, R. (2022): **On the Effect of the Large Magellanic Cloud on the Orbital Poles of Milky Way Satellite Galaxies**, The Astrophysical Journal, 932, 70

Kanehisa, K. J., Pawlowski, M. S., Müller, O., Sohn, S. T. (2023): **Classifying the satellite plane membership of Centaurus A's dwarf galaxies using orbital alignment constraints**, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 519, 6184

Li, P. et al. (2023): **Measuring galaxy cluster mass profiles into the low-acceleration regime with galaxy kinematics**, Astronomy & Astrophysics, 677, A24

Taibi, S., Battaglia, G., Leaman, R., Brooks, A., Riggs, C., Munshi, F., Revaz, Y., Jablonka, P. (2022): **Stellar metallicity gradients of Local Group dwarf galaxies**, Astronomy & Astrophysics, 665, A92





▲ Echtfarbenbild eines der neuen spektroskopischen „Deep Fields“, die mit MUSE im Rahmen des MUSCATEL-Surveys gewonnen wurden. Beispielhaft sind für vier markierte Galaxien die zugehörigen Aufnahmen des Hubble-Weltraumteleskops und die extrahierten MUSE-Spektren eingeblendet; solche Daten existieren für alle Objekte im Bild.

True-colour image of one of the new spectroscopic deep fields obtained with MUSE in the course of the MUSCATEL survey. For four example galaxies, the corresponding Hubble Space Telescope images and the extracted MUSE spectra are overlaid; such data exist for all objects in the field. (Credits: AIP / T. Urrutia)

GALAXIEN UND QUASARE

GALAXIES AND QUASARS

Die Entstehungs- und Entwicklungswege von Galaxien lassen sich aus astronomischen Beobachtungen rekonstruieren und die dabei relevanten physikalischen Prozesse immer besser verstehen. Die zentrale Herausforderung besteht dabei in der Komplexität und Vielfalt der Wechselwirkungen zwischen den Sternen in Galaxien, dem interstellaren und zirkumgalaktischen Gas, der Dunklen Materie im Kosmos bis hin zu den Schwarzen Löchern und Quasaren in Galaxienzentren.

DIE MASSENBESTIMMUNG SCHWARZER LÖCHER AUF DEM PRÜFSTAND

Zur Ermittlung der Massen von Schwarzen Löchern in den Kernen von Galaxien stehen inzwischen etliche Methoden zur Verfügung, die das Gravitationspotenzial des Schwarzen Lochs in verschiedener Weise erfassen. Welches dieser Verfahren angewandt werden kann, hängt von den Eigenschaften des jeweiligen Systems ab. Die elliptische Galaxie NGC 6958 erlaubt die Verwendung unterschiedlicher Methoden und ist daher ein Schlüsselobjekt für solche Untersuchungen. Neue Beobachtungsdaten mit dem MUSE-Instrument am Very Large Telescope (VLT) in Chile und mit adaptiver Optik ermöglichten die Rekonstruktion des Bewegungsmusters der Sterne im Zentrum dieser Galaxie; dynamische Modelle ergeben daraus eine Masse des Schwarzen Lochs zwischen 300 und 500 Millionen Sonnenmassen. Ein Vergleich mit anderen Verfahren in der gleichen Galaxie wird Rückschlüsse darauf geben, wie stark systematische Fehler der verschiedenen Messmethoden die fundamentalen Skalierungsrelationen beeinflussen.

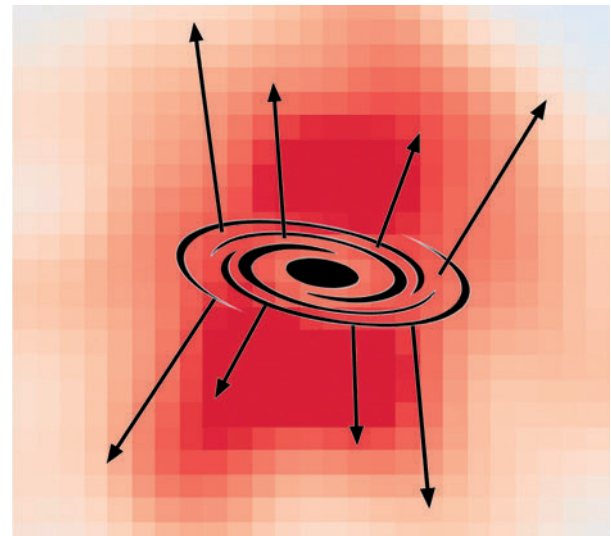
GALAKTISCHE WINDE VERURSACHEN GROSSSKALIGE BIPOLARE AUSSTRÖMUNGEN

Galaxien können enorme Mengen an Materie an ihre Umgebung abgeben, ausgelöst durch eine Vielzahl von Explosionen massereicher Sterne. Beobachtungen mit dem MUSE-Instrument zeigten zum ersten Mal, dass solche „galaktischen Winde“ keineswegs selten sind, sondern in den meisten sternbildenden Galaxien stattfinden. Die Daten enthüllen die für solche Winde charakteristischen doppelkegelförmigen

Strukturen oberhalb und unterhalb der Galaxienebenen, in denen das Gas über mehr als 30.000 Lichtjahre hinweg bis weit in das zirkumgalaktische Medium herausgeschleudert wird. Solche bipolaren Strömungsmuster wurden theoretisch vorhergesagt, aber bisher nur in wenigen extremen Objekten beobachtet. Offenbar sind großskalige Ausflüsse eine typische Konsequenz starker Sternentstehungsperioden und tragen entscheidend zur Selbstregulierung galaktischer Ökosysteme bei.

DAS HÄUFUNGSMUSTER SCHWACHER GALAXIEN BEI HOHEN ROTVERSCHIEBUNGEN

Die Verteilung von Galaxien im Raum ist alles andere als gleichförmig. Die Messung des Häufungsverhaltens von Galaxien im frühen Universum – also bei hohen Rotverschiebungen – ist allerdings nach wie vor schwierig, insbesondere für die leuchtschwächsten Systeme. Die MUSE-Durchmusterungen von „tiefen Feldern“ mit langer Belichtungszeit lieferten eine große Stichprobe von spektroskopisch bestätigten Lyman-alpha-Emittern, von denen viele zu den masseärmsten bekannten Galaxien im jungen Universum gehören. Bereits die Rotverschiebungsverteilung der Galaxien macht deutlich, dass diese Objekte stark gehäuft im Raum auftreten.

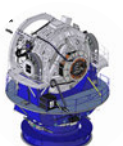


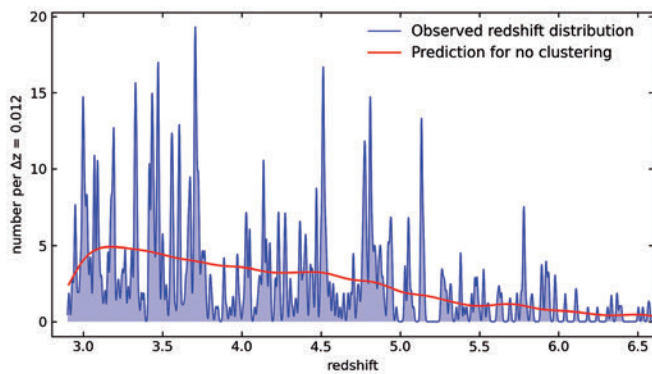
▲ In rot ist die beobachtete Strahlung des durch galaktische Winde ausgeworfenen Gases dargestellt, erfasst vom MUSE-Instrument im Licht einer Emissionslinie des Elements magnesium. Die schwarzen Pfeile zeigen an, in welche Richtung sich das Gas bewegt.

Shown in red is the observed radiation from gas expelled by galactic winds observed with the MUSE instrument, featuring an emission line of the element magnesium. The black arrows indicate the directions in which the gas is moving in the course of the outflow. (Credits: Guo et al. 2023, AIP)

TEAM

Ramona Augustin, Paul Baecke, Sabina Bahić, Roisín Brogan, Avinash Chaturvedi, Radha Gharapurkar, Yohana Herrero Alonso, David Sebastiaan Homan, Kira Knauff, Daria Kozlova, Davor Krajnović, Mirko Krumpe, Jan Kurpas, Georg Lamer, Jonathan Langentepe-Kong, Nico Manthey, Constanza Muñoz López, Yuvraj Muralichandran, Arjun Naganathan, Samet Ok, Arpitha Paramel Velayudhan, Ismael Pessa, John Pharo, Adriana Pires, Meredith Powell, Silvia Carolina Rueda Vargas, Tathagata Saha, Héctor Salas Olave, Guilherme dos Santos Couto, Axel Schwobe, Thomas Sedgwick, Daniil Smirnov, Annegret Standke, Laurent Stuetz, Muhammad Saqib Sumra, Iris Traulsen, Dusan Tubin, Tanya Urrutia, Jakob Walcher, Peter Weilbacher, Lutz Wisotzki (head)





◀ Beobachtete Rotverschiebungsverteilung der Lyman-alpha-emittierenden Galaxien im Hubble Ultra-Deep Field (blau); man erkennt deutlich die starken Häufungen bei bestimmten Rotverschiebungen. Zum Vergleich zeigt die rote Kurve, was die Beobachtung bei einer gleichmäßigen Verteilung der Galaxien im Raum ergeben würde.

Observed redshift distribution of Lyman-alpha emitting galaxies in the Hubble Ultra-Deep Field (blue); the strong peaks at certain redshifts are evident. For comparison, the red curve shows what the result would look like for a uniform distribution of galaxies in space. (Credits: AIP / Y. Herrero Alonso)

Eine eingehende statistische Untersuchung und Modellierung ergibt, dass der Häufigkeitsgrad signifikant von der Leuchtkraft abhängt. Die daraus ermittelten typischen Massen der zugehörigen Halos aus Dunkler Materie reichen bis zu extrem niedrigen Werten von nur zehn Milliarden Sonnenmassen.

DAS NEUE BILD DES RÖNTGENHIMMELS MIT EROSITA

Zwischen Dezember 2019 und Februar 2022 hat das Röntgenteleskop eROSITA an Bord des Weltraumsatelliten Spektrum-Röntgen-Gamma den Himmel auf der Suche nach neuen Röntgenquellen abgetastet. Vier vollständige Durchmusterungen des gesamten Himmels wurden abgeschlossen und mehrere Millionen neuer Röntgenquellen gefunden. Die Kombination aller Daten erlaubt eine bislang unerreichte Empfindlichkeit einerseits zur Etablierung umfangreicher Stichproben häufiger Objekte und andererseits zur Suche nach seltenen und zeitveränderlichen Objekten am Röntgenhimmel.

ENTDECKUNG EINES WEISSEN-ZWERG-PULSARS

Bislang galt die Annahme, dass Weiße Zwerge und Pulsare eindeutig verschiedene Objekte sind. Im Jahr 2016 wurde jedoch erstmals das Pulsarphänomen vom Radio- bis in den Röntgenbereich auf einem Weißen Zwerg in einem Doppelsystem beobachtet. Bei der spektroskopischen Identifikation neuer Quellen aus der eROSITA-Himmeldurchmusterung gelang der Fund des zweiten Weißen-Zwerg-Pulsars, eRASSU J191213.9-441044. Beide Objekte sind extrem wichtige Laboratorien, um das Entstehen ultrastarker Magnetfelder in Weißen Zwergen und die Entwicklungswege enger Doppelsterne unter Berücksichtigung der magnetischen Bremsung und dem damit einhergehenden Drehimpulsverlust zu verstehen.

NEUE ISOLIERTE NEUTRONENSTERNE AUS DER EROSITA-HIMMELSDURCHMUSTERUNG

Lediglich sieben der extrem seltenen isolierten Neutronensterne waren bis 2021 bekannt. Wegen ihrer galaktischen Nähe könnten die wenigen Objekte trotzdem eine bedeutende Rolle in der Neutronensternfamilie spielen. Ihre Entwicklungswege konnten jedoch bislang nicht eindeutig nachverfolgt werden. Mit eROSITA gelingt eine wesentliche Erweiterung der Objektklasse, jedoch gleicht die Suche nach diesen Objekten der Suche nach der Nadel im Heuhaufen, denn es handelt

sich um optisch extrem leuchtschwache Körper. Nun wurden die ersten Kandidaten mit eROSITA und dem Large Binocular Telescope bestätigt und weitere rund 25 Kandidaten selektiert, so dass die Stichprobe bald vervielfacht sein kann und dann Fragen nach der Entwicklung isolierter Neutronensterne und ihrer Stellung in der Galaxis nachgegangen werden kann.

EXTREM VARIABLE AKTIVE GALAXIENKERNE

Aktive Galaxienkerne (AGN) sind äußerst leuchtkräftig und beziehen ihre Energie durch den Einfall von Materie aus ihrer Umgebung. Die Strahlung von AGN variiert daher sehr stark auf allen Zeitskalen und über den gesamten Wellenlängenbereich. Mit Hilfe von eROSITA wurde nach speziellen AGN gesucht, die ihre Energieproduktion im Röntgenbereich drastisch ändern. Erstmals konnten diese extrem seltenen und bisher wenig verstandenen Ereignisse systematisch erfasst werden. Kombiniert mit Beobachtungen im optischen, UV- und Röntgenbereich wurde eine Multiwellenlängendatenbank mit Tausenden dieser Objekte erstellt, um ihre zeitliche Entwicklung zu verfolgen.

GELINSTE QUASARE

Durch ihre Gravitationswirkung sind Galaxien oder Galaxienhaufen in der Lage, das Licht von weiter entfernt liegenden Objekten aufzuspalten, zu verbiegen oder zu verstärken. Um entfernte aktive Galaxienkerne (Quasare) zu finden, die durch den Gravitationslinseneffekt verstärkt werden, wurden die Röntgenkataloge der eROSITA-Himmeldurchmusterungen mit optischen Daten des Gaia-Satelliten verglichen. Eine so neu entdeckte Quasar-Gravitationslinse zeichnet sich durch ihre große Helligkeit im optischen und Röntgenbereich aus. Zudem konnte in den Gaia-Lichtkurven eine Zeitverzögerung von etwa 100 Tagen zwischen den beiden Quasar-Bildern gemessen werden. Eine solche Messung erlaubt im Prinzip die Bestimmung der Ausdehnungsrate des Universums, weshalb der neue Fund unter anderem mit STELLA / WiFSIP intensiv nachbeobachtet wird.

Now it is becoming more and more possible to reconstruct the formation and subsequent evolution pathways of galaxies from astronomical observations and to understand the relevant physical processes. The main challenge is posed by the complexity and diversity of interactions between stars in galaxies, the interstellar and circumgalactic gas, and cosmic dark matter, including black holes and quasars in galactic centres.

CROSS-CHECKING THE MASS ESTIMATES OF GALACTIC BLACK HOLES

The masses of black holes in the centres of galaxies are now routinely estimated with a variety of methods, each of which trace the gravitational potential of the black hole in different ways. Which of these tracers can be applied depends, to a large extent, on the specific properties of the investigated galaxy. The elliptical galaxy NGC 6958 is a key object for such studies since it allows for the application of multiple methods. New observations with the MUSE instrument at the Very Large Telescope (VLT) in Chile using the adaptive optics mode revealed the motion pattern of the stellar component in the centre of the galaxy which, after detailed dynamical modelling, resulted in a black hole mass estimate between 300 and 500 million solar masses. A comparison of this result with the analysis of gas cloud motions will provide an important framework for understanding by how much the scatter in fundamental scaling relations is affected by systematics from different measurement methods.

GALACTIC WINDS CAUSE LARGE-SCALE BIPOLAR OUTFLOWS

Under certain circumstances, galaxies may release huge quantities of matter into their environment, triggered by a large number of explosions of massive stars. Observations with the MUSE instrument demonstrated for the first time that such 'galactic winds' are by no means rare, but actually occur frequently. These data also reveal the double-cone patterns characteristic of galactic winds extending over more than 30,000 light years, far into the circumgalactic medium, along which large amounts of gas are ejected from the galaxies.

Such bipolar outflows have been theoretically predicted since a long time ago, but so far they have only been observed in a few extreme objects. Large-scale outflows are apparently a typical consequence of strong star formation events and thus make crucial contributions to the self-regulation of galactic ecosystems.

THE CLUSTERING BEHAVIOUR OF FAINT GALAXIES AT HIGH REDSHIFTS

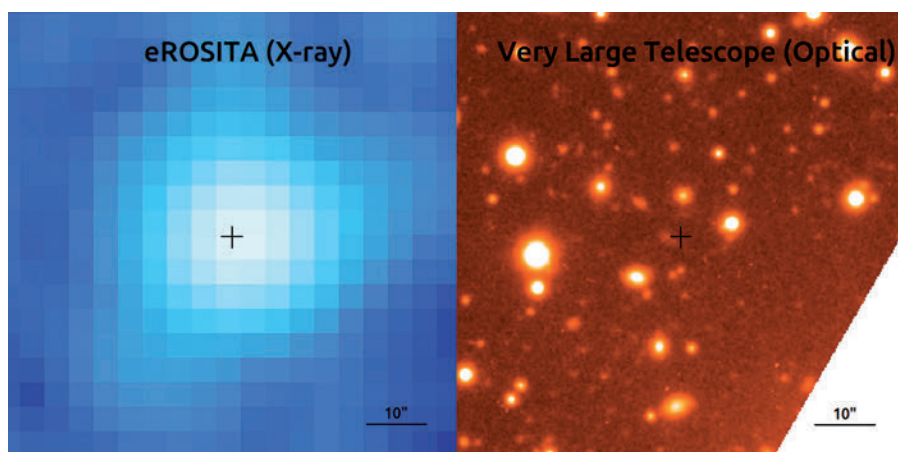
The distribution of galaxies in space is far from uniform. However, measuring the clustering signal of galaxies in the early universe, i.e. at high-redshifts, is still challenging, especially for faint systems. The MUSE surveys in deep fields provided a large sample of spectroscopically confirmed Lyman-alpha emitters probing the lowest mass galaxies known in the young universe. It is evident already from their redshift distribution that these objects are highly clustered. Detailed statistical analysis and modelling revealed that the strength of the clustering signal varies significantly with galaxy luminosity, which in turn can be used to estimate the typical masses of corresponding dark matter halos, reaching values as low as 10 billion solar masses.

THE NEW IMAGE OF THE X-RAY SKY SEEN WITH EROSITA

Between December 2019 and February 2022, the eROSITA X-ray telescope on board the Spectrum-Roentgen-Gamma spacecraft scanned the sky in search of new X-ray sources. More than four complete surveys of the entire sky were successfully completed, and several million new X-ray sources were found. The combination of all the data enables an unprecedented sensitivity to, on the one hand, establish comprehensive samples of typical X-ray emitters and on the other, search for rare and time-varying objects in the X-ray sky.

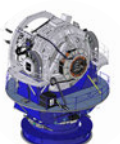
A WHITE-DWARF PULSAR

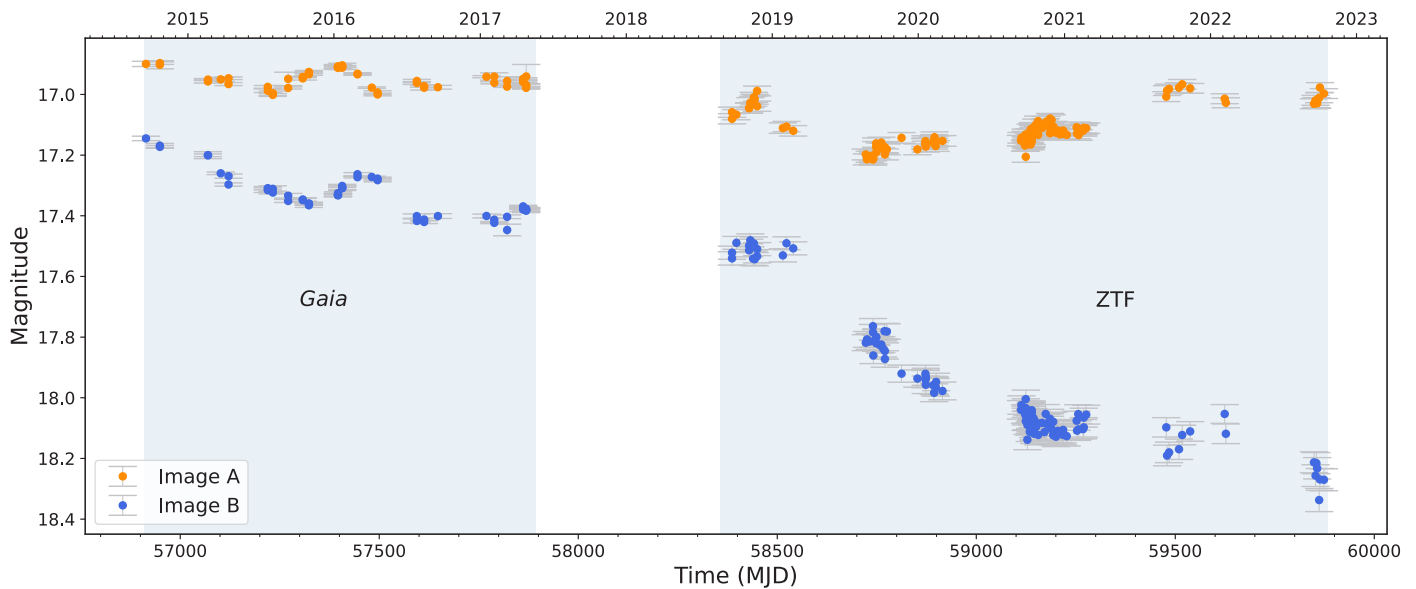
White dwarfs and pulsars were previously assumed to be clearly different objects or phenomena. In 2016, however, the pulsar phenomenon was observed for the first time from the radio to the X-ray range on a white dwarf in a binary star system.



◀ Röntgenbild von eROSITA (links) und optisches VLT-Bild (rechts) des neu entdeckten isolierten Neutronensterns eRASSU J131716.9-402647. Am Ort der hellen Röntgenquelle ist bei einer Grenzhelligkeit von $R=27,5$ kein optisches Gegenstück erkennbar.

X-ray image of eROSITA (left) and optical VLT image (right) of the area of the newly discovered neutron star eRASSU J131716.9-402647. At the position of the bright X-ray source, the VLT-image has no optical counterpart that is brighter than $R=27.5$. (Credits: AIP / J. Kurpas)





▲ Gaia DR3 und ZTF g-band Lichtkurven der Komponenten A (orange) und B (blau) der Gravitationslinse eRASS1 J050129.5-073309. Seit 2019 ist die Helligkeit von Komponente B durch den Einfluss von Microlensing deutlich reduziert. Eine Analyse der Lichtkurven, die auch die Effekte des Microlensing berücksichtigt, resultiert in einer Lensing-bedingten Zeitverzögerung der Lichtkurve von Komponente B im Vergleich zu A um etwa 100 Tage.

Gaia DR3 und ZTF g-band light curves of components A (orange) and B (blue) of the gravitational lens eRASS1 J050129.5-073309. Since 2019 component B has been significantly dimmed by microlensing. An analysis of the light curves, which also takes into account the effects of the microlensing, results in a lensing-related time lag of 100 days in component B with respect to A. (Credits: AIP/D. Tubin)

The spectroscopic identification of new sources from the eROSITA sky survey led to the discovery of the second white dwarf pulsar, eRASSU J191213.9-441044. Both objects are extremely important laboratories for understanding the formation of ultra-strong magnetic fields in white dwarfs and the evolutionary paths of close binary stars, taking into account magnetic braking and the associated loss of angular momentum.

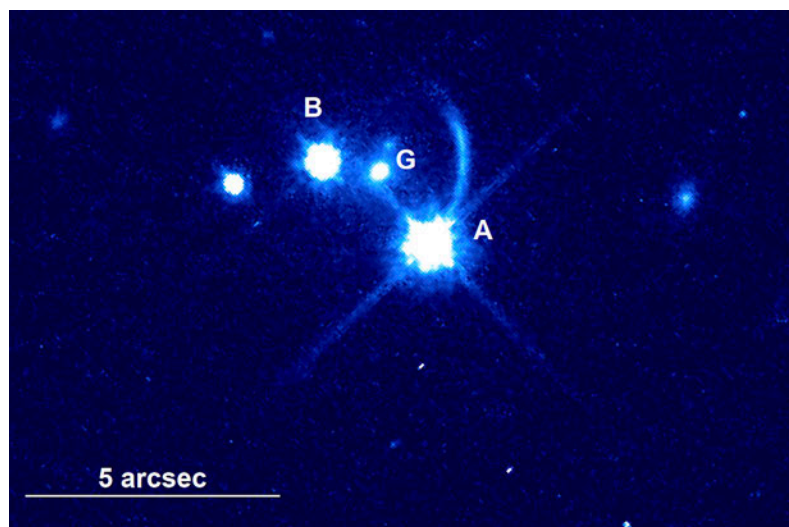
NEW ISOLATED NEUTRON STARS FROM THE EROSITA ALL-SKY SURVEY

Only seven of the extremely rare isolated neutron stars were known by 2021. They could represent an important branch of the neutron star family. However, it has not yet been possible to clearly trace their evolutionary paths. With eROSITA, a significant expansion of the neutron star family is happening. The search for these objects is like looking for a needle in a haystack; they are optically extremely faint. The first candidates have now been found with eROSITA and the Large Binocular Telescope in Arizona, and a further 25 are in the pipeline so that questions about their development and position in the galaxy can be investigated.

EXTREMELY VARIABLE AGN

Active Galactic Nuclei (AGN) are powered by the accretion of matter from their surroundings. The emission of AGN can vary strongly, on all timescales and at all wavelengths. With eROSITA, a project was initiated to detect special AGN that change their energy output drastically. This is the first project to use X-ray monitoring data to systematically search

for these rare and poorly understood events. Coupled with extensive additional observations using optical, X-ray, and UV telescopes, a multi-wavelength database of thousands of these objects was created to track the temporal evolution of these sources.

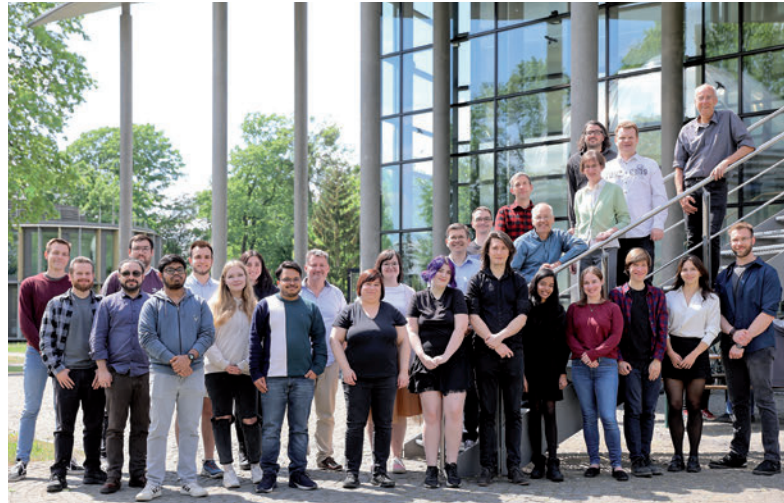


▲ Aufnahme der Gravitationslinse eRASS1 J050129.5-073309 mit dem Weltraumteleskop Hubble. Die beiden Bilder des Quasars sind mit A und B bezeichnet. Die Galaxie G ist die Gravitationslinse. Das bogenförmige Objekt ist möglicherweise das stark verzerrte Bild der Quasar-Muttergalaxie.

Image of the gravitational lens system eRASS1 J050129.5-073309 taken with the Hubble Space Telescope. The two lensed images of the quasars are indicated with A and B and the lensing galaxy with G. The arc-shaped object near image A is possibly a strongly distorted image of the quasar host galaxy. (Credits: AIP/G. Lamer)

LENSED QUASARS

The gravitation of galaxies and galaxy clusters can split, bend and magnify the light of more distant objects along the same line of sight. The eROSITA X-ray catalogues, in combination with optical data taken by the Gaia satellite, have been used to search for new quasar lenses. One of the new eROSITA selected lens systems is remarkably bright in both X-rays and the optical band. The Gaia light curves of the two quasar images show a time delay of about 100 days. The measurement of such a time delay can be used for a precise determination of the expansion rate of the universe. The new finding is therefore the subject of ongoing observation with STELLA/WiFSIP, among other facilities.



▲ David Homan, John Pharo, Héctor Salas Olave, Dusan Tubin Arenas, Tathagata Saha, Daniil Smirnov, Daria Kozlova, Constanza Muñoz, Avinash Chaturvedi, Georg Lamer, Tanya Urrutia, Sabina Bahić, Kira Knauff, Davor Krajnović, Peter Weilbacher, Laurent Gabriel Stütz, Jakob Walcher, Axel Schwöpe, Arpitha Paramel Velayudhan, Meredith Powell, Iris Traulsen, Guilherme Couto, Mirko Krumpe, Jan Kurpas, Silvia Carolina Rueda Vargas, Lutz Wisotzki, Jaco Brink

AUSGEWÄHLTE PUBLIKATIONEN SELECTED PUBLICATIONS

Guo, Y. et al. (2023): **Bipolar outflows out to 10 kpc for massive galaxies at redshift $z \approx 1$** , *Nature*, 624, 53

Herrero Alonso, Y. et al. (2023): **Clustering dependence on Ly α luminosity from MUSE surveys at $3 < z < 6$** , *Astronomy & Astrophysics*, 671, A5

Kerutt, J. et al. (2022): **Equivalent widths of Lyman α emitters in MUSE-Wide and MUSE-Deep**, *Astronomy & Astrophysics*, 659, A183

Thater, S. et al. (2022): **Cross-checking SMBH mass estimates in NGC 6958 – I. Stellar dynamics from adaptive optics-assisted MUSE observations**, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 509, 5416

Bouché, N. F. et al. (2022): **The MUSE Extremely Deep Field: Evidence for SFR-induced cores in dark-matter dominated galaxies at $z = 1$** , *Astronomy & Astrophysics*, 658, A76

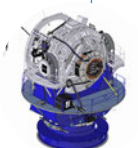
Pelisolì, I. et al. (2023): **A 5.3-min-period pulsing white dwarf in a binary detected from radio to X-rays**, *Nature Astronomy*, 7, 931

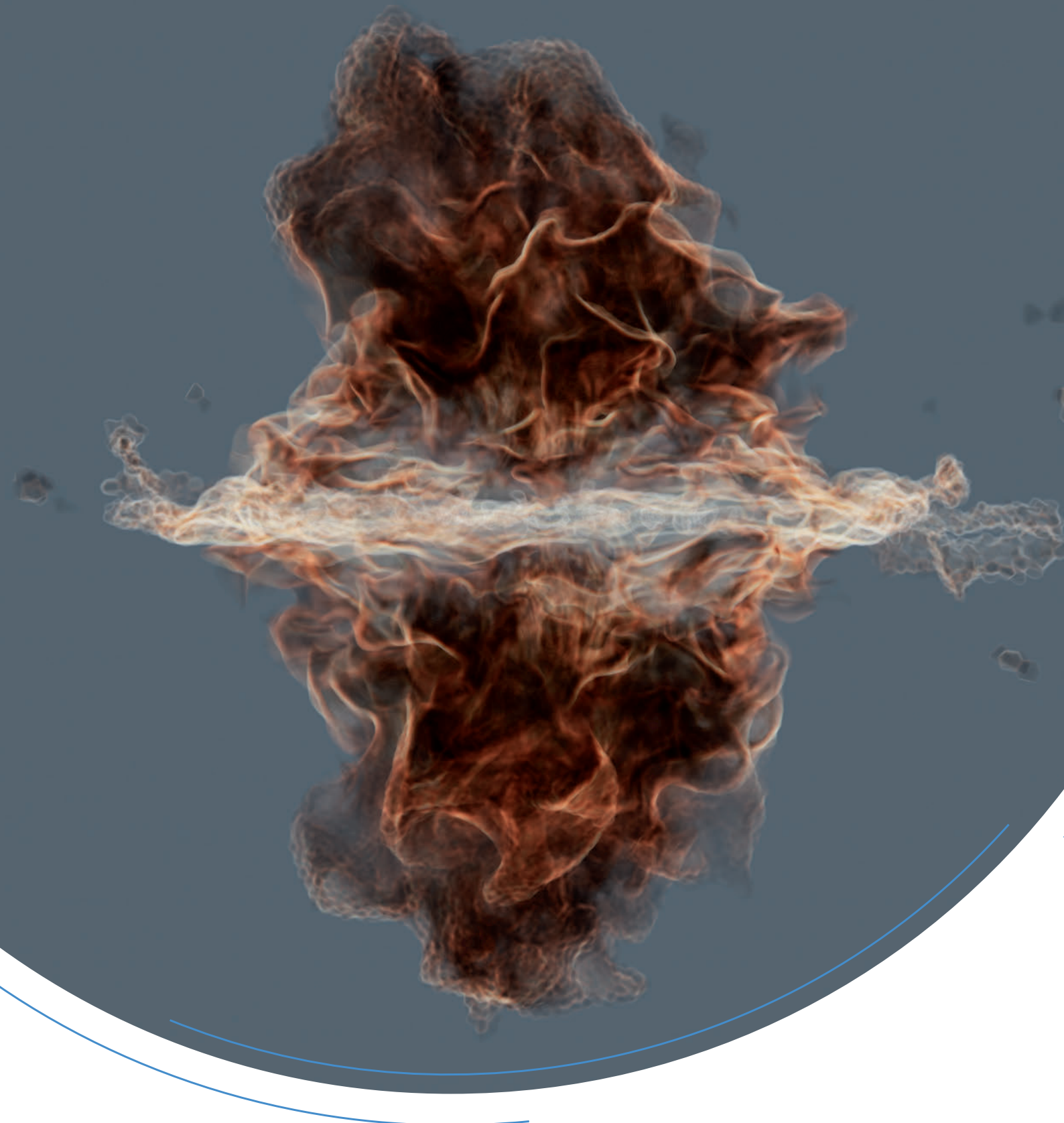
Kurpas, J., Schwöpe, A. D., Pires, A. M., Haberl, F., Buckley, D. A. H. (2023): **Discovery of two promising isolated neutron star candidates in the SRG/eROSITA All-Sky Survey**, *Astronomy & Astrophysics*, 674, A155

Homan, D. et al. (2023): **Discovery of the luminous X-ray ignition eRASS1 J234402.9–352640**, *Astronomy & Astrophysics*, 672, A167

Tubín-Arenas, D. et al. (2023): **Discovery of the lensed quasar eRASS1 J050129.5–073309 with SRG/eROSITA and Gaia**, *Astronomy & Astrophysics*, 672, L9

Brogan, R. et al. (2023): **Still alive and kicking: A significant outburst in changing-look AGN Mrk 1018**, *Astronomy & Astrophysics*, 677, A116





▲ Die Entstehung einer Galaxie mit einem galaktischen Superwind in einer Computersimulation in der Seitenansicht. Das Bild zeigt eine Volumendarstellung der Temperatur, die durch Stoßwellen im galaktischen Halo auf mehrere Millionen Grad aufgeheizt wurde.

Side view of a forming galaxy with a galactic super wind in a computer simulation. Shown is the volume rendering of the temperature that has been heated to several million degrees by shock waves in the galactic halo. (Credits: AIP/T. Thomas)

KOSMOLOGIE UND HOCHENERGIE-ASTROPHYSIK

COSMOLOGY AND HIGH-ENERGY ASTROPHYSICS

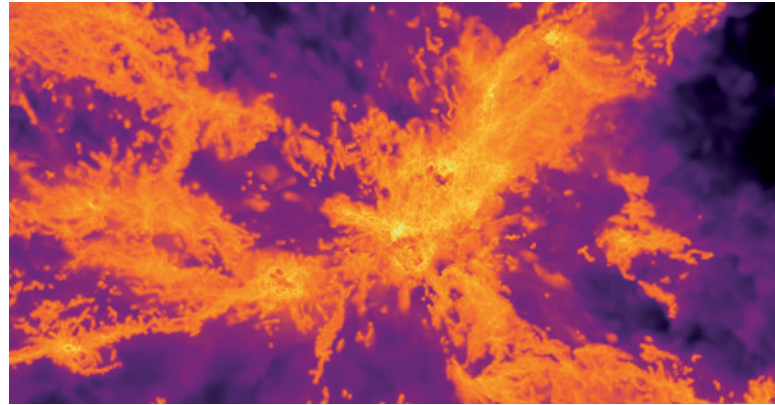
Die Strukturen im heutigen Universum entstanden im Verlauf von 13,8 Milliarden Jahren, indem sich kleine Dichtefluktuationen durch die Schwerkraft in Galaxien und Galaxienhaufen verwandelten. Am AIP untersuchen die Forschenden die zugrunde liegende Physik der Bildung und Entwicklung von Galaxien und Galaxienhaufen bis hin zur großräumigen Struktur im Universum. In Galaxien spielen dynamische Rückkopplungsprozesse von Sternen und supermassereichen Schwarzen Löchern eine wichtige Rolle. So beeinflusst ihre emittierte Strahlung, die mechanische Energie von explodierenden Sternen und die kosmische Strahlung die Galaxienentwicklung nachhaltig. Insbesondere können Magnetfelder und plasmakineticische Prozesse auf den kleinsten Skalen die Entwicklung dieser kosmologischen Objekte signifikant modifizieren. Die Untersuchungen führen dabei zu neuen Entdeckungen und Theorien, welche durch hochaufgelöste Computersimulationen überprüft werden.

GALAXIENENTSTEHUNG UND KOSMISCHE REIONISIERUNG

Das James-Webb-Weltraumteleskop ermöglicht beispiellose Beobachtungen früher Galaxien. Es wird angenommen, dass die ionisierende UV-Strahlung dieser Galaxien das intergalaktische Gas zwischen den Galaxien ionisiert und erhitzt. Dieser Prozess wird als kosmische Reionisierung bezeichnet. Strahlungstransfer- und Strahlungshydrodynamik-Simulationen erlauben es den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, diesen Prozess zu untersuchen und vorherzusagen, welche Signaturen er im intergalaktischen Gas nach der Reionisierung hinterlässt. Beispielsweise sollten zukünftige Beobachtungen der Absorptionslinien von Licht aus Hintergrundquellen erlauben, diese Signaturen zu identifizieren und den Reionisationsvorgang zu entschlüsseln.

KOSMISCHE STRALUNG TREIBT GALAKTISCHE WINDE

Wenn der Brennstoffvorrat von Sternen aufgebraucht ist, explodieren diese als Supernovae und treiben Stoßwellen ins interstellare Medium, an denen die Teilchen der kosmischen Strahlung beschleunigt werden. Da diese langlebig sind und entlang von Magnetfeldlinien transportiert werden, können sie ihre Energie effizient innerhalb der Galaxie verteilen.



▲ Neutraler Wasserstoff (gelb) um eine Galaxie in einer Strahlungshydrodynamik-Simulation.

Self-shielded neutral gas (yellow) around a galaxy in a radiation-hydrodynamics simulation. (Credits: AIP / E. Puchwein)

Insbesondere fliegen die kosmischen Strahlungsteilchen von den Supernova-Überresten in den Halo, der die Galaxien umgibt. Dabei treiben sie magnetische Alfvén-Wellen im Hintergrundplasma an, an denen die Teilchen streuen und gemeinsam abgebremst werden. Das führt zu einem Impulsübertrag, welcher das Plasma von der Scheibe weg beschleunigt und galaktische Winde erzeugt. Wenn das Magnetfeld allerdings senkrecht zur Windrichtung ausgerichtet ist, sind die Alfvén-Wellen schneller als die Transportgeschwindigkeit der kosmischen Strahlung und werden durch diese gedämpft.

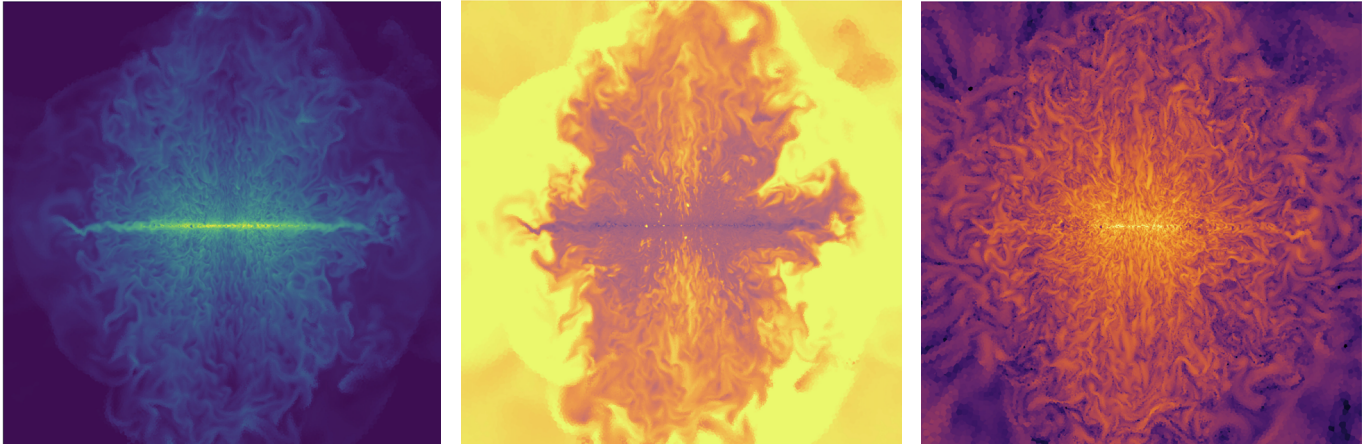
MAGNETISCHER DYNAMO UND RADIOSTRAHLUNG IN GALAXIEN

Wie entstehen die starken Magnetfelder in Galaxien und wie kann man diese beobachten? In einer neu entstehenden Galaxie kollabiert das Gas aufgrund seiner Schwerkraft, was das winzige vorhandene Magnetfeld komprimiert und anwachsen lässt. Das kühlende, einstürzende Gas wird dabei durch dichte Klumpen abgelenkt und turbulent. Diese turbulenten Bewegungen dehnen, verdrehen und falten die Magnetfelder, was diese weiter exponentiell verstärkt. Dieser magnetische Dynamo wandelt Bewegungsenergie aus dem Gravitationskollaps in magnetische Energie um. Die Elektronen der kosmischen Strahlung illuminieren diese Magnetfelder, indem sie durch die Lorentzkraft auf Kreisbahnen um die Magnetfelder gezwungen werden und Synchrotronstrahlung im Radiobereich aussenden. Je mehr Sterne in einer Galaxie entstehen, desto mehr energiereiche Elektronen werden von Supernovae produziert und desto mehr Radiostrahlung gibt eine solche Galaxie ab. Gleichermaßen emittieren die Sterne energiereiche ultraviolette Strahlung, die durch Staubteilchen absorbiert und als Infrarotstrahlung wiederum ausgesandt

TEAM

Thomas Berlok, Francesco Bollati, Virginia Bresci, Tobias Buck, Bogdan Corobean, Kristian Ehlert, Stefan Gottlöber, Azzam Jaber, Léna Jlassi, Laura Keating, SungWon Kwak, Rouven Lemmerz, Noam Libeskind, Volker Müller, Yuvraj Muralichandran, Shreya Nadgowda, Lorenzo Maria Perrone, Simon Pfeifer, Christoph Pfrommer (head), Ewald Puchwein, Mohamad Shalaby, Martin Sparre, Nele Stachlys, Matthias Steinmetz, Larissa Tevlin, Timon Thomas, Arne Trabert, Aurélien Valade, Peng Wang, Matthias Weber, Rainer Weinberger, Maria Werhahn, Joseph Whittingham





▲ Von kosmischer Strahlung getriebener galaktischer Wind aus der Scheibe einer Galaxie in der Seitenansicht. Der Wind unterdrückt die Sternentstehung in der galaktischen Scheibe. Das Bild zeigt von links nach rechts die Gasdichte, die Temperatur und das galaktische Magnetfeld.

Galactic wind driven by cosmic rays from the galactic disc in the side view. The wind suppresses star formation in the disc. The gas density, temperature and galactic magnetic field are shown from left to right. (Credits: AIP / T. Thomas)

wird. Damit korreliert die Infrarot- mit der Radiostrahlung in Galaxien und liefert sowohl Hinweise auf die Sternentstehung als auch auf galaktische Magnetfelder.

MAGNETFELDER BEEINFLUSSEN DIE ENTSTEHUNG VON GALAXIEN

Während die Sternentstehung maßgeblich durch Magnetfelder beeinflusst wird, dachte man bisher, dass diese keinen Einfluss auf Galaxien haben. Kosmologische Simulationen der Kollision zweier Scheibengalaxien mit Magnetfeldern zeigen jedoch, dass dabei eine ausgedehnte Galaxienscheibe mit ausgeprägter Spiralarmstruktur entsteht, wohingegen Simulationen ohne Magnetfelder zu wesentlich kompakteren Scheiben führen. Der Grund dafür ist, dass Magnetfelder den Drehimpulstransport verändern und die Galaxienfusion systematisch beschleunigen. Bei einer radialen Ausrichtung der Felder führt das zu einer dichteren Gaskonzentration im Zentrum, wodurch sich dort Sterne mit einer großen Geschwindigkeitsdispersion bilden und die Entstehung einer balkenförmigen Sternverteilung unterdrückt wird. Infolgedessen sind die galaktischen Winde wesentlich weniger stark, was die Akkretion von Gas mit höherem Drehimpuls und das anschließende substantielle radiale Wachstum der Galaxienscheibe ermöglicht.

SUPERMASSEREICHE SCHWARZE LÖCHER IN GALAXIENHAUFEN

In den dichten Zentren von Galaxienhaufen ist das Gas kalt genug, so dass in kurzer Zeit viele Sterne entstehen sollten. Das wird jedoch nicht beobachtet, und stattdessen sind dort aktive supermassereiche Schwarze Löcher zu finden. Magneto-hydrodynamische Simulationen zeigen, dass diese Schwarzen Löcher Gas akkretieren und schnelle Jets ausstoßen. Dieser Prozess heizt und vermischt das kühlende zentrale Gas mit heißerem, weiter außen gelegenen Gas, was zu einem stabilen Selbstregulationsprozess führt und die Sternentstehung

verlangsamt. Den Simulationen zufolge sind Magnetfelder wichtig, um die beiden Phasen effektiv zu koppeln. Außerdem können nur leichte Jets von den kühlenden Gasfilamenten abgelenkt werden, was zu einer ausgedehnten Verteilung der Filamente und verdrillten Jets führt, im Einklang mit Beobachtungen.

SUCHE NACH DEN KOSMISCHEN FILAMENTEN

Kosmische Filamente sind riesige Materieranken, die sich über Millionen von Lichtjahren erstrecken. Da Galaxien sie nicht nachzeichnen, ist ihre Identifikation eine Herausforderung. Sie lassen sich jedoch über das Geschwindigkeitsfeld, also die Materieströme, aufspüren. Forschende des AIP haben eine neue Methode entwickelt, mit der sie diese Filamente identifizieren können. Damit können ihre physikalischen Eigenschaften wie Größe, Radius und Länge verwendet werden, um verschiedene Modelle der Gravitation und der Dunklen Materie zu testen.

KOSMOGRAPHISCHE KARTEN DES UNIVERSUMS

Aus der Position und Bewegung von Galaxien lassen sich Rückschlüsse auf die Verteilung der Dunklen Materie im Universum ziehen. Das Problem der Rekonstruktion der Materieverteilung im Universum aus einer Reihe begrenzter und verrauschter Daten ist komplex und erfordert fortschrittliche statistische Methoden. Das Ergebnis ist eine vollständige Karte des Universums – keine Karte der sichtbaren Materie, sondern eine Karte, die zeigt, wo sich die (Dunkle) Materie befindet und wie sie durch den Kosmos strömt. Um solche kosmographischen Atlanten zu validieren, können sie mit beobachteten Galaxienhaufen überlagert werden. Auch wenn diese Haufen nicht unbedingt mit den Karten übereinstimmen müssen, so stärkt eine solche Übereinstimmung doch das Vertrauen in die Genauigkeit der Karten. Die Karten dienen auch als Input für kosmologische Simulationen, mit denen die Entstehung von Strukturen nachvollzogen werden kann.

The structures in today's universe were formed over 13.8 billion years as gravity transformed small density fluctuations into galaxies and galaxy clusters. At the AIP, researchers are investigating the underlying physics of the formation and evolution of galaxies and galaxy clusters up to the large-scale structure of the universe. Dynamic feedback processes of stars and super-massive black holes play an important role in galaxies. Their emitted radiation, the mechanical energy of exploding stars, and cosmic rays can have a lasting influence on galaxy evolution. In particular, magnetic fields and plasma kinetic processes on the smallest scales can significantly modify the evolution of these cosmological objects. These studies lead to new discoveries and theories, which are tested using high-resolution computer simulations.

GALAXY FORMATION AND COSMIC REIONIZATION

The James Webb Space Telescope enables unprecedented observations of early galaxies. It is believed that the UV emission from these galaxies ionises and heats the intergalactic gas between the galaxies. This process is called cosmic reionisation. Radiative transfer and radiative hydrodynamic simulations allow scientists to study this process and predict what signatures it leaves in the intergalactic gas after reionisation. For example, future observations of the absorption lines of light from background sources should make it possible to identify these signatures and decipher the reionisation process.

COSMIC RAYS DRIVE GALACTIC WINDS

When the fuel supplies of stars are depleted, they explode as supernovae and drive shock waves into the interstellar medium, where cosmic ray particles are accelerated. As these are long-lived, they are transported along magnetic field lines and can distribute their energy efficiently within the galaxy. In particular, cosmic rays propagate from supernova remnants into the halo surrounding the galaxies. In doing so, cosmic ray particles drive magnetic Alfvén waves in the background plasma, on which the particles scatter and are collectively slowed down. This leads to a transfer of momentum, which accelerates the plasma away from the disc and generates galactic

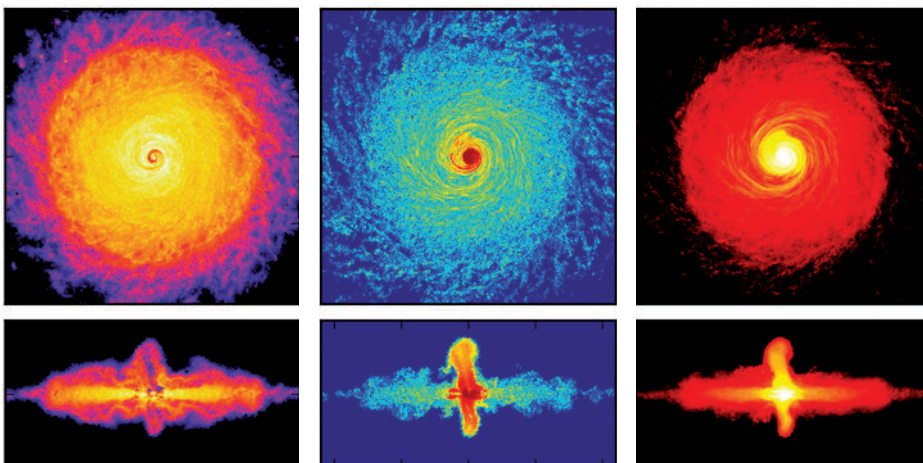
winds. However, if the magnetic field is aligned perpendicular to the wind direction, the Alfvén waves are faster than the transport speed of cosmic rays and are damped by them.

MAGNETIC DYNAMO AND RADIO EMISSION IN GALAXIES

How do the strong magnetic fields in galaxies arise and how can they be observed? In a forming galaxy, the gas collapses due to gravity, which compresses and increases the tiny magnetic field already present. The cooling and collapsing gas is deflected by dense clumps and becomes turbulent. These turbulent motions stretch, twist and fold the magnetic fields, further amplifying them exponentially. This magnetic dynamo converts kinetic energy from gravitational collapse into magnetic energy. Cosmic ray electrons illuminate these magnetic fields by being forced into orbits around the magnetic fields by the Lorentz force, thus emitting synchrotron radiation in the radio range. The more stars are formed in a galaxy, the more high-energy electrons are produced in supernovae, and the more radio radiation such a galaxy emits. Similarly, the stars emit high-energy ultraviolet radiation, which is absorbed by dust particles and emitted again as infrared radiation. Infrared and radio radiation in galaxies are thus correlated and provide indications of both star formation and galactic magnetic fields.

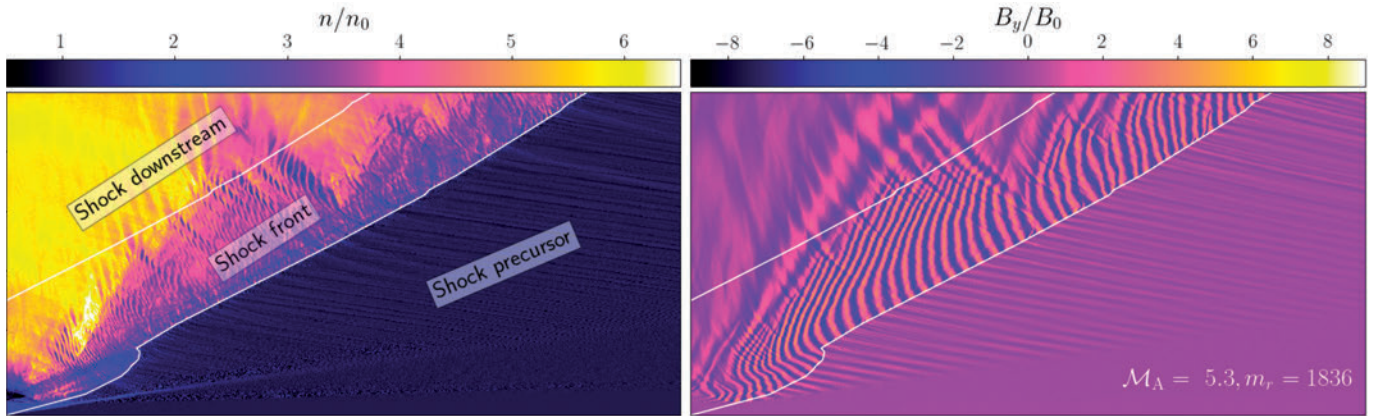
MAGNETIC FIELDS INFLUENCE GALAXY FORMATION

While star formation is significantly influenced by magnetic fields, it was previously thought that these had no influence on galaxies. However, cosmological simulations of the collision of two disc galaxies with magnetic fields show that this results in an extended galaxy disc with a pronounced spiral arm structure, whereas simulations without magnetic fields lead to much more compact discs. The reason for this lies in the fact that magnetic fields change the angular momentum transport and systematically accelerate the galaxy merger. If the fields are radially aligned, this leads to a denser concentration of gas in the centre, which forms stars with a large velocity dispersion and suppresses the formation of a bar-shaped stellar distribution.



◀ Draufsicht (oben) und Seitenansicht (unten) einer Galaxie in einer Computersimulation. Der magnetische Dynamo lässt das Magnetfeld anwachsen (Mitte), so dass die Elektronen der kosmischen Strahlung (links) Synchrotronstrahlung im Radiobereich emittieren (rechts). Face-on view (top) and side view (bottom) of a galaxy in a computer simulation. The magnetic dynamo causes the magnetic field to increase (centre) so that cosmic ray electrons (left) emit synchrotron radiation in the radio (right). (Credits: AIP / C. Pfrommer)





▲ Raum-Zeit-Diagramm der Plasmadichte (links) und der transversalen Magnetfeldfluktuationen (rechts) einer nach rechts propagierenden Stoßwelle. Die Fluktuationen zeigen kleinskalige Plasmawellen, die durch eine neuartige Plasmainstabilität verursacht werden und dabei Elektronen beschleunigen können.

Space-time diagram of the plasma density (left) and the transverse magnetic field fluctuations (right) of a shock wave propagating to the right. The fluctuations show small-scale plasma waves, which are caused by a new type of plasma instability and can thus accelerate electrons. (Credits: AIP/M. Shalaby)

As a result, the galactic winds are much less strong, which enables the accretion of gas with higher angular momentum and the subsequent substantial radial growth of the galaxy disc.

SUPERMASSIVE BLACK HOLES IN GALAXY CLUSTERS

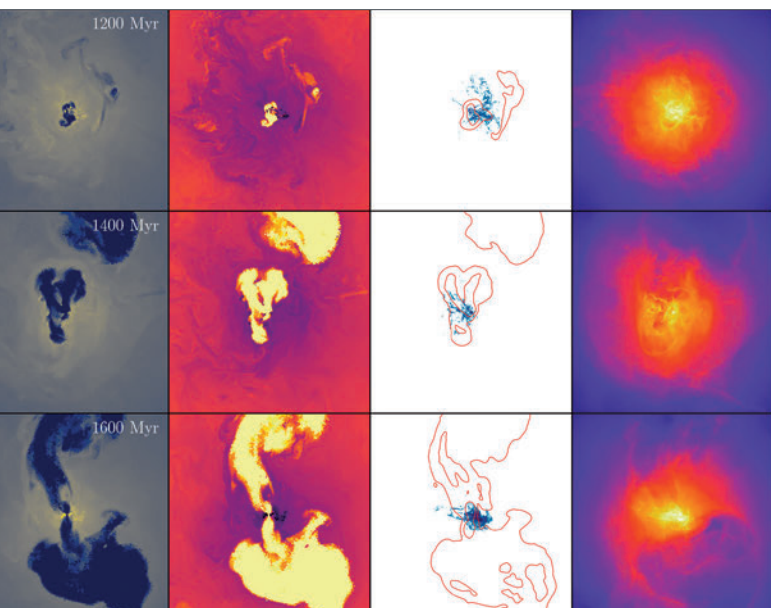
In the dense centres of galaxy clusters, the gas is cold enough to form many stars in a short time. However, this has not been observed and instead active supermassive black holes can be found. Magnetohydrodynamic simulations show that these black holes accrete gas and eject fast jets. This process heats and mixes the cooling central gas with hotter gas further out, leading to a stable self-regulation process and slowing down star formation. According to the simulations, magnetic fields are important to couple the two phases effectively. Moreover, only light jets can be deflected by the cooling gas filaments, leading to an extended distribution of filaments and twisted jets, consistent with observations.

FINDING COSMIC FILAMENTS

Cosmic filaments are enormous tendrils of matter that span millions of light years. Identifying them is a challenge, since galaxies don't necessarily trace them. But what does trace them is the velocity field, namely the flows of matter. Researchers invented a new method that detects these filaments. Once identified, their physical attributes like size, radius and length can be used to distinguish different models of gravity and dark matter.

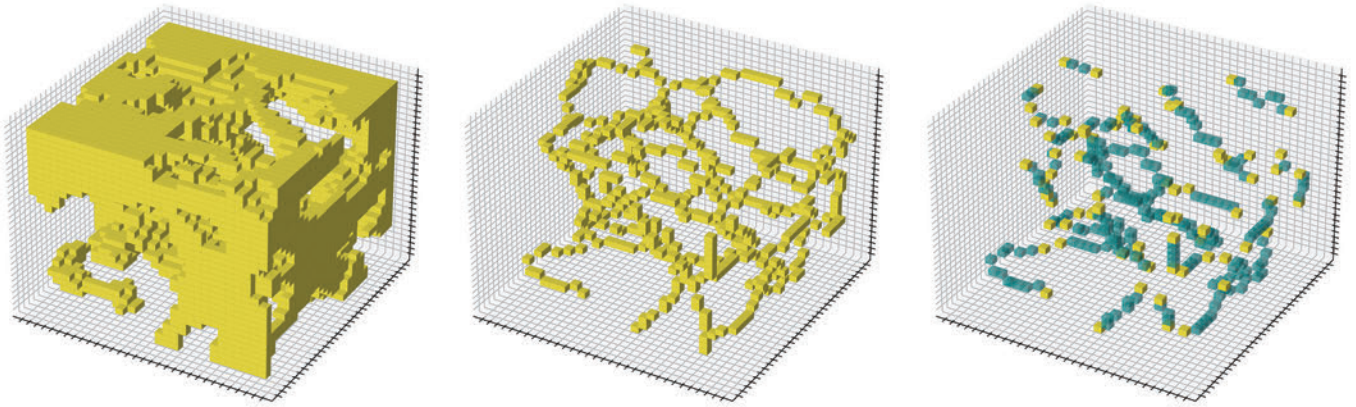
COSMOGRAPHIC MAPS OF THE UNIVERSE

The position and motion of galaxies can be used to infer how dark matter in the universe is distributed. The problem of reconstructing the matter distribution from a set of limited and noisy data is complex and involves advanced statistical methods. The result is a full map of the universe – not a map of the visible material, but a map of where the (dark) matter is located and how it flows through the cosmos. In order to validate such cosmographic atlases, observed galaxy clusters can be superimposed on them. Although such clusters need not be coincident with the maps, such a coincidence builds confidence in the map's accuracy. Such maps can also serve as inputs for cosmological simulations which can then trace the formation of these structures.



◀ Interaktion des Jets eines Schwarzen Lochs mit dem kühlenden Gas eines Galaxienhaufens zu verschiedenen Zeitpunkten (von oben nach unten). Gezeigt sind die Gasdichte, die Entropie, die Verteilung der kalten Filamente und die Röntgenemission (von links nach rechts).

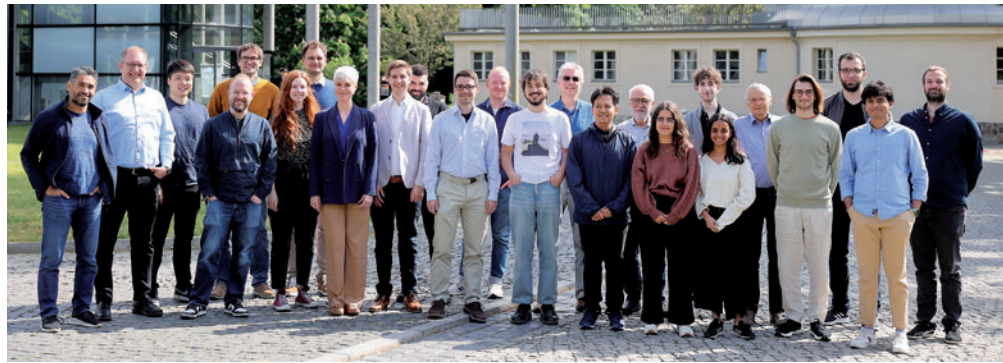
Interaction of a black hole jet with the cooling gas of a galaxy cluster for different times (from top to bottom). Shown are the gas density, entropy, distribution of cold filaments and X-ray emission (left to right). (Credits: AIP/K. Ehlert)



▲ Das Bild zeigt von links nach rechts, wie Filamente aus dem Geschwindigkeitsfeld durch eine Perkolationsmethode entstehen: Zu Beginn (links) werden viele Punkte im Universum als Teil des filamentären Netzwerks betrachtet. Ihr Rückgrat wird identifiziert (Mitte). Das Netzwerk wird dann getrimmt, um sicherzustellen, dass diese Objekte kurvenförmig sind (rechts).

From left to right, the image shows how filaments emerge from the velocity field through a percolation method: At the onset (left) many points in the universe are considered as belonging to the filamentary network. Their spines are identified (middle). The network is then trimmed to ensure these objects are curvi-linear (right). (Credits: AIP/S. Pfeifer)

► Mohamad Shalaby, Christoph Pfrommer, SungWon Kwak, Noam Libeskind, Ewald Puchwein, Nele Stachlys, Martin Sparre, Larissa Tevlin, Rouven Lemmerz, Azzam Jaber, Rainer Weinberger, Joseph Whittingham, Francesco Bollati, Matthias Steinmetz, Chaimongkol Duangchan, Stefan Gottlöber, Léna Jlassi, Arne Trabert, Shreeya Nadgowda, Volker Müller, Lorenzo Maria Perrone, Timon Thomas, Yuvraj Muralichandran, Matthias Weber



AUSGEWÄHLTE PUBLIKATIONEN SELECTED PUBLICATIONS

Ehlert, K., Weinberger, R., Pfrommer, C., Pakmor, R., Springel, V. (2022): [Self-regulated AGN feedback of light jets in cool-core galaxy clusters](#), Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 518, 3, 4622

Pfeifer, S., Valade, A., Gottlöber, S., Hoffman, Y., Libeskind, N. I., Hellwing, W. A. (2023): [A local universe model for constrained simulations](#), Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 523, 4, 5985

Pfrommer, C., Werhahn, M., Pakmor, R., Girichidis, P., Simpson, C. M. (2022): [Simulating radio synchrotron emission in star-forming galaxies: small-scale magnetic dynamo and the origin of the far-infrared-radio correlation](#), Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 515, 3, 4229

Puchwein, E. et al. (2022): [The Sherwood–Relics simulations: overview and impact of patchy reionization and pressure smoothing on the intergalactic medium](#), Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 519, 4, 6162

Ruszkowski, M., Pfrommer, C. (2023): [Cosmic ray feedback in galaxies and galaxy clusters](#), The Astronomy and Astrophysics Review, 31, 1

Shalaby, M., Lemmerz, R., Thomas, T., Pfrommer, C. (2022): [The Mechanism of Efficient Electron Acceleration at Parallel Nonrelativistic Shocks](#), The Astrophysical Journal, 932, 2, 86

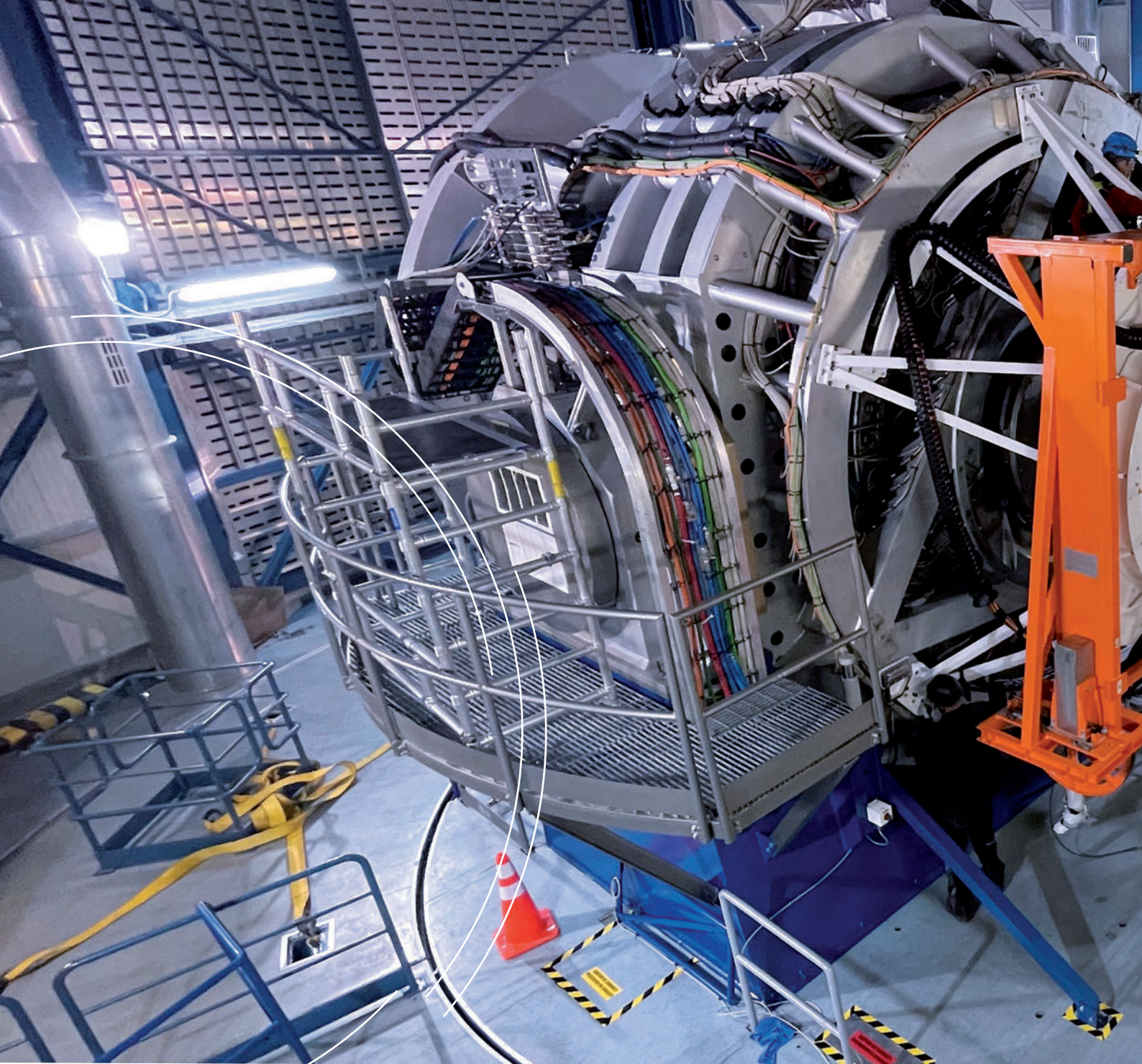
Thomas, T., Pfrommer, C., Pakmor, R. (2023): [Cosmic-ray-driven galactic winds: transport modes of cosmic rays and Alfvén-wave dark regions](#), Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 521, 2, 3023

Valade, A., Hoffman, Y., Libeskind, N. I., Graziani, R. (2022): [Hamiltonian Monte Carlo reconstruction from peculiar velocities](#), Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 513, 4, 5148

Werhahn, M., Girichidis, P., Pfrommer, C., Whittingham, J. (2023): [Gamma-ray emission from spectrally resolved cosmic rays in galaxies](#), Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 525, 3, 4437

Whittingham, J., Sparre, M., Pfrommer, C., Pakmor, R. (2023): [The impact of magnetic fields on cosmological galaxy mergers – II. Modified angular momentum transport and feedback](#), Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 526, 1, 224





▲ Einbau der ersten Komponente des 4MOST-Instruments am VISTA-Teleskop in Chile: der Cassegrain Kabelrotator

Installation of the first component of the 4MOST instrument on the VISTA telescope in Chile: the Cassegrain cable rotator (Credits: AIP / A. Saviak)

Die Forschungstechnologie- und Infrastrukturabteilungen am AIP widmen sich der Entwicklung und dem Einsatz innovativer Instrumente, Technologien und Methoden für die Astronomie und Astrophysik. Ziel ist es, mit modernsten Technologien neue Erkenntnisse über das Universum zu gewinnen und die Grenzen des Wissens zu erweitern.

Die Forschenden arbeiten an einer Vielzahl von Projekten, die von der Konzeption und Entwicklung hochauflösender Instrumentierungen für Teleskope bis hin zur Implementierung neuer Datenanalysemethoden reichen. Sie beschäftigen sich

mit der Entwicklung von Detektoren für verschiedene Wellenlängenbereiche, der Verbesserung von Bildgebungs- und Spektroskopietechniken sowie der Entwicklung von Datenverarbeitungs- und Analysewerkzeugen.

Dies umfasst die Zusammenarbeit mit anderen Forschungseinrichtungen, Observatorien wie der Europäischen Südsternwarte und Industriepartnern, um maßgeschneiderte Instrumente und Technologien zu entwerfen und herzustellen, die den Anforderungen der astronomischen Forschung gerecht werden.



ENTWICKLUNG VON FORSCHUNGSTECHNOLOGIE UND -INFRASTRUKTUR DEVELOPMENT OF RESEARCH TECHNOLOGY AND INFRASTRUCTURE

The Research Technology and Infrastructure sections at AIP are dedicated to the development and utilization of innovative instruments, technologies and methods for astronomy and astrophysics. The goal is to provide cutting-edge technologies to gain new insights into the universe and expand the limits of knowledge.

Researchers are engaged in a variety of projects ranging from the conception and development of high-resolution instrumentation for telescopes to the implementation of new data analysis methods. They are involved in the

development of detectors for various wavelength ranges, the improvement of imaging and spectroscopy techniques, and the development of data processing and analysis tools.

This involves collaboration with other research institutions, observatories such as the European Southern Observatory, and industrial partners to design and manufacture customized instruments and technologies that meet the demands of astronomical research.





▲ Kurz nach Sonnenaufgang ist gleichzeitig Beobachtungsende für die BMK10k am Cerro Murphy. Im Hintergrund kann man das im Bau befindliche ELT erkennen.

Sunrise means the end of observation for the BMK10k at Cerro Murphy. The ELT currently under construction can be seen in the background. (Credits: AIP/T. Granzer)

TELESKOPSTEUERUNG UND ROBOTIK

TELESCOPE CONTROL AND ROBOTICS

Die automatisierte Astronomie mit robotischen Teleskopen erleichtert nicht nur die Durchführung von Beobachtungskampagnen, sondern verringert auch den Bedarf an Personal vor Ort – einschließlich der Astroninnen und Astronomen, die weite Strecken zu den Observatorien zurücklegen müssen, was einen großen ökologischen Fußabdruck hinterlässt. In Verbindung mit einer optimalen Zeitplanung verlaufen die Kampagnen kostengünstiger und wesentlich ressourcenschonender. Ein Beispiel dafür ist der Vatican-Potsdam Northern Ecliptic Pole Survey, den das Vatican Advanced Technology Telescope (VATT) und der STELLA Echelle Spectrograph (SES) durchführten. Während am VATT viele Stunden Fernbeobachtung erforderlich waren, war STELLA innerhalb weniger Stunden einsatzbereit. Die Beobachtungen erfolgten über einen Zeitraum von vier Jahren automatisch optimiert und benötigten keine weiteren Eingriffe.

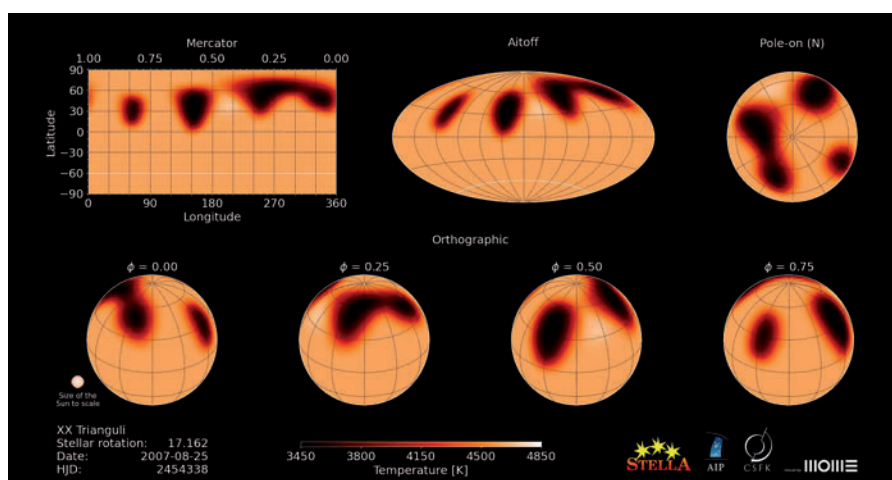
16 JAHRE BEOBACHTUNGEN DER OBERFLÄCHENDETAILS VON XX TRIANGULI

Sonnenflecken sind die bekanntesten Erscheinungsformen des Magnetfeldes der Sonne, und auch Sterne können solche Sternflecken zeigen. Im Gegensatz zu kontinuierlichen Beobachtungen der Sonnenoberfläche sind aber nur gelegentliche Schnappschüsse von stellaren Oberflächen möglich. Sonnenflecken verändern sich systematisch mit der Zeit und, wie im Fall der Sonne mit ihrem elfjährigen Fleckenzzyklus,

zeigen nur auf diese Weise ihre Verbindung zum inneren Dynamo. Die Suche nach jahrzehntelangen Aktivitätszyklen auf Sternen führte zu einem wissenschaftlichen Rekord, der ohne autonome Beobachtungen nicht möglich gewesen wäre: Seit seiner Inbetriebnahme im Jahr 2006 hat das robotische Teleskop STELLA-SES den Riesenstern XX Trianguli praktisch in jeder klaren Nacht beobachtet, also über 16 Jahre lang. Solche extremen Beobachtungszeiten sind mit klassisch betriebenen Teleskopen nicht möglich. Auf diese Weise konnten 99 Doppler-Rekonstruktionen der Oberfläche des Sterns ermittelt werden. Eine Kombination dieser Bilder zu einem Film visualisiert die Entwicklung der Oberflächenflecken von XX Trianguli in den letzten 16 Jahren. Der Film legt nahe, dass der Stern im Gegensatz zur Sonne einen größtenteils chaotischen, wahrscheinlich nicht-periodischen Dynamo besitzt. Es zeigt sich, dass die durch die Rotation des Sterns verursachten Fluktuationen seines Helligkeitszentrums eine intrinsische Einschränkung für die astrometrische Entdeckung von Exoplaneten darstellen.

BECKHOFF-STEUERUNGEN ERSETZEN HALFMANN-ELEKTRONIK

Die überwiegende Mehrheit der robotischen Teleskope des AIP wurde vor fast zwei Jahrzehnten von Halfmann Teleskoptechnik gebaut. Viele dieser Komponenten, darunter auch wichtige Teile der Teleskopsteuerungshardware, haben inzwischen das Ende ihrer Lebensdauer erreicht. Im Zuge der Umrüstung auf moderne speicherprogrammierbare Steuerungen der Firma Beckhoff wurden auch Nutzer von anderen Halfmann-Teleskopen auf die Aktivitäten des AIP aufmerksam und es entwickelte sich eine enge Kooperation. Das erste Teleskop, das mit dem neuen System ausgestattet wurde, war RoboTel auf dem Campus des AIP. Probleme des ursprünglichen Halfmann-Systems, wie niederfrequente Schwingungen in der Nachführung der Hauptachsen des Teleskops, wurden



◀ Beispiel einer der 99 Dopplerrekonstruktionen der Oberfläche von XX Trianguli in vier Projektionsarten

One of 99 reconstructed Doppler images of XX Tri in four projection styles
(Credits: AIP/K. Strassmeier)

TEAM

Thomas Granzer (head), Arto Järvinen, Jörg Weingrill



behalten und auf Amplituden von weniger als einer Zehntel Bogensekunde reduziert. Nach umfangreichen Tests des neuen Teleskopkontrollsystems im Laufe des Jahres 2022 wurde das erste der beiden STELLA-Teleskope im November 2022 umgerüstet. Nach einer fünfmonatigen Inbetriebnahmephase ist STELLA-1 nun wieder einsatzbereit und übertrifft das alte System bei weitem.

WIEDERINBETRIEBNAHME DER BMK10K

Während der Pandemie war der Zugang zum Paranal und damit auch zum Cerro-Murphy-Observatorium (CMO), wo sich das robotische Weitfeldteleskop BMK10k befindet, gesperrt. Das Observatorium war umweltfreundlich konzipiert und verfügte über eine eigene Photovoltaikanlage sowie Windturbinen zur Stromversorgung. Diese Stärke entpuppte sich im Nachhinein als Schwäche – die lange Zeit ohne Instandhaltung führte zu einem vollständigen Zusammenbruch der Infrastruktur. Neuen Aufschwung bekam das Observatorium durch einen Eigentümerwechsel: Die Polnische Akademie der Wissenschaften baut seit dem Ende der Pandemie das Observatorium wieder auf, im April 2024 fand die Einweihung statt. Schon zuvor ging die BMK10k wieder in Betrieb. Eine neue elektrische Verkabelung und eine neue Glasfaserverbindung wurden zum Jahreswechsel 2024 installiert, so dass die Kamera bereits erste robotische Beobachtungen durchführen konnte. Das Bildaufnahmeinstrument mit seinem riesigen Gesichtsfeld von 50 Quadratgrad und dem 10.000 × 10.000 Pixel-Detektor arbeitet nun wieder spezifikationsgerecht.

Automated astronomy with robotic telescopes not only makes it easier to carry out observing campaigns, it also reduces the need for on-site personnel – including astronomers travelling long distances to the observatory, which results in a large carbon footprint. Combined with optimal scheduling capabilities through autonomous observatories, campaigns become cheaper and much more resource efficient. This was demonstrated exemplarily by the Vatican-Potsdam Northern Ecliptic Pole Survey, which was carried out with the Vatican Advanced Technology Telescope (VATT) and the STELLA Echelle Spectrograph (SES). While the VATT part required many hours of remote observing, the STELLA part was set up within a few hours. The observations were then automatically optimized over four years without any further intervention.

16-YEAR OBSERVATIONS OF SURFACE DETAILS OF XX TRIANGULI

Sunspots are the best-known manifestations of the sun's magnetic field, and such 'starspots' can also be detected on other stars. In contrast to the rather continuous observations of the solar surface, only occasional snapshots of stellar surfaces are possible. Sunspots change systematically with time, as in the case of the sun with its eleven-year spot cycle, and only in this way show their connection with the internal dynamo. The search for decade-long activity cycles on stars has led to a scientific record that would never have been possible without autonomous observations: Since its inauguration in 2006, STELLA-SES has been observing the giant star XX Trianguli virtually on every clear night, summing up to a 16-year long campaign. Such extended observing runs are not possible with classically operated telescopes.



◀ Abb. links:
Das Filterrad von WiFSIP/
STELLA-1 wurde während des
Umbaus geöffnet.

Fig. left:
The filter wheel of WiFSIP on
STELLA1 had to be opened during
retrofitting. (Credits: Lennard
Schmidt, Universität Göttingen)

Abb. rechts:
◀ Das robotische Weitfeldteleskop
BMK10k nach der Wiederinbetrieb-
nahme

Fig. right:
The wide-field telescope BMK10k
after commissioning.
(Credits: AIP / T. Granzer, AIP)

Thus it was possible to obtain 99 Doppler images of the star's surface. A combination of these images into a movie visualises the evolution of XX Trianguli's surface spots over the last 16 years. The movie suggests that the star harbours a mostly chaotic, probably non-periodic dynamo, in contrast to the sun. The rotation-induced stellar photocenter variations were found to be an intrinsic limitation for astrometric exoplanet detection.

BECKHOFF CONTROLLERS REPLACE HALFMANN-ELECTRONICS

The vast majority of AIP's robotic telescopes were built by Halfmann Teleskoptechnik almost two decades ago. Many elements of the telescope control hardware, including vital ones, have since reached their end-of-life. A long-term effort to overhaul the electronic system and base it on modern programmable logic controllers from Beckhoff was started. Meanwhile, other users of Halfmann telescopes became aware of AIP's efforts and a close cooperation emerged. The first telescope to be equipped with the new system was RoboTel on the AIP campus. Problems with the original Halfmann system, such as low-frequency oscillations in the tracking behavior of the telescope's principal axes, have been addressed and reduced to amplitudes of less than a tenth of an arc-second. After extensive testing of the new telescope control system during 2022, the first of the two STELLA telescopes received its system upgrade in November 2022. After a five-month commissioning period, STELLA-1 is now back on sky, outperforming the old system by far.

AUSGEWÄHLTE PUBLIKATIONEN SELECTED PUBLICATIONS

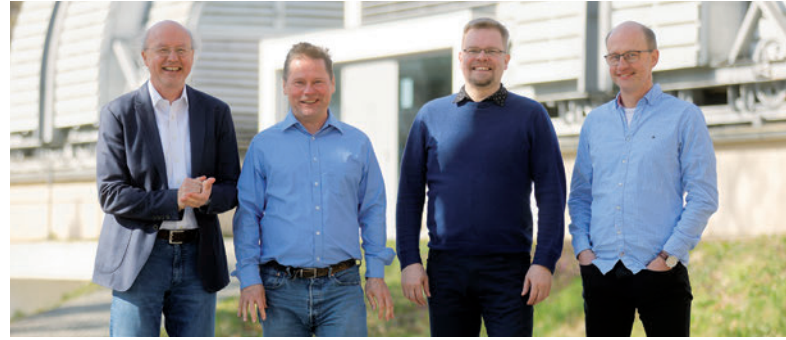
da Silva, R. et al. (2022): **A new and Homogeneous metallicity scale for Galactic classical Cepheids**, *Astronomy & Astrophysics*, 661, A104

Mallon, M., Poppenhaeger, K., Granzer, T., Weber, M., Strassmeier, K. G. (2022): **Detection capability of ground-based meter-sized telescopes for shallow exoplanet transits**, *Astronomy & Astrophysics*, 657, A102

Weingrill, J., Granzer, T., Weber, M., Bittner, W., Seehaus, C., Mettke, J. (2022): **New electronic brains for Halfmann telescopes**, *Proceedings of the SPIE 12189, Software and Cyberinfrastructure for Astronomy VII*, 121890F

Dupree, A. K. et al. (2022): **The Great Dimming of Betelgeuse: A Surface Mass Ejection and Its Consequences**, *The Astrophysical Journal*, 936, 18

Lee, Y. J. et al. (2022): **Reflectivity of Venus's Dayside Disc During the 2020 Observation Campaign: Outcomes and Future Perspectives**, *The Planetary Science Journal*, 3, 209



▲ Klaus G. Strassmeier, Thomas Granzer, Arto Järvinen, Jörg Weingrill

RECOMMISSIONING OF THE BMK10K

During the pandemic, access to Paranal and therefore to the Cerro Murphy Observatory (CMO), where the robotic wide-field telescope BMK10k is located, was blocked. Designed as a green observatory, the site was self-sufficient in terms of electricity, with its own photovoltaic panels and windmills. This strength turned out to be a weakness – the long maintenance-free period led to a complete breakdown of the infrastructure. The observatory received a new impetus through a change in ownership: The Polish Academy of Sciences is currently rebuilding the observatory, which was reinaugurated in April 2024. Even before that, BMK10k was already put back into operation. New electrical cabling and a new fibre connection were installed at the end of 2023 / beginning of 2024, allowing the camera to then carry out its first robotic observations. The imaging instrument, with its huge field of view of 50 square degrees and a detector with $10,000 \times 10,000$ pixels, is once again working to specification.

Granzer, T., Weber, M., Strassmeier, K. G., Dupree, A. (2022): **Betelgeuse: Long Secondary Period, a Fundamental Mode and Overtones**, *The 21st Cambridge Workshop on Cool Stars, Stellar Systems, and the Sun (CS21)*, 185

Strassmeier, K. G. et al. (2023): **VPNEP: Detailed characterization of TESS targets around the Northern Ecliptic Pole**, *Astronomy & Astrophysics*, 671, A7

Cole-Kodikara, E. M., Barnes, S. A., Weingrill, J., Granzer, T. (2023): **The rotation period distribution in the young open cluster NGC 6709**, *Astronomy & Astrophysics*, 673, A119

Fritzewski, D. J., Barnes, S. A., Weingrill, J., Granzer, T., Cole-Kodikara, E., Strassmeier, K. G. (2023): **A rotational age for the open cluster NGC 2281**, *Astronomy & Astrophysics*, 674, A152

Kriskovics, L., Kővári, Z., Seli, B., Oláh, K., Vida, K., Henry, G. W., Granzer, T., Görgei, A. (2023): **EI Eridani: A star under the influence**, *Astronomy & Astrophysics*, 674, A143





▲ Austausch der beiden großen Verstellvorrichtungen für die Kreuzdispersionsprismen (die Vorrichtung für die blaue Seite ist mit orangen Pfeilen markiert) in der PEPSI-Spektrographenkammer am Large Binocular Telescope in Arizona

Exchange of the two big cross-disperser lifting devices (the device for the blue side is marked with orange arrows) inside the PEPSI spectrograph chamber at the Large Binocular Telescope in Arizona
(Credits: AIP / A. Järvinen)

HOCHAUFLÖSENDE SPEKTROSKOPIE UND POLARIMETRIE

HIGH-RESOLUTION SPECTROSCOPY AND POLARIMETRY

Die Charakterisierung von erdähnlichen Planeten um ferne Sterne erfordert stabilisierte, hochauflösende Spektrographen an den größten verfügbaren Teleskopen. Solche Instrumente ermöglichen auch die Untersuchung von Sternen, ihrer chemischen Zusammensetzung, ihrer zeitlichen Entwicklung, die Überprüfung fundamentaler physikalischer Konstanten wie der Feinstrukturkonstanten und die Messung der Expansion des Universums unabhängig von kosmologischen Modellen.

Am Large Binocular Telescope (LBT) in Arizona haben Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler mit dem Instrument PEPsi Zugang zu hochauflösender Spektropolarimetrie an einem Teleskop der Zwölf-Meter-Klasse. Das AIP ist auch verantwortlich für den UVB-Spektrographen von ANDES, den hochauflösenden Spektrographen für das 39-Meter-Extremely Large Telescope (ELT) der ESO, und baut und wartet hochauflösende Spektrographen in der STELLA-Anlage des AIP auf Teneriffa.

PEPSI-NACHRÜSTUNGEN

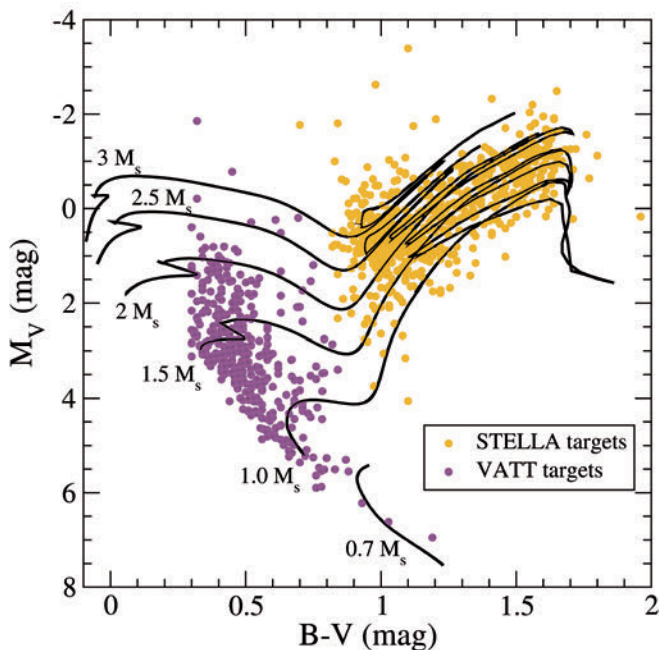
Im Jahr 2023 erhielten die beiden CCD-Kameras des PEPsi-Instruments am LBT neue Detektoren. Die Kameras wurden demontiert, zum CCD-Hersteller in Südkalifornien transportiert und anschließend getestet und zum LBT zurückgebracht. Die Abteilung nutzte diese beiden Gelegenheiten auch, um die beiden Cross-Disperser-Hebemechanismen des Spektrographen auszutauschen, die begonnen hatten, in regelmäßigen Abständen Fehler zu produzieren. Während der Wiederinbetriebnahme konnte auch die Fasereinspeisung gereinigt und neu ausgerichtet werden, um die Effizienz des Systems zu optimieren.

VATIKAN-POTSDAM-DURCHMUSTERUNG

Sterne erzählen Geschichten über sich selbst und manchmal auch über ihre unentdeckten Planeten. Ihre Sprache ist das Licht; es verrät viele physikalische Eigenschaften eines Sterns: seine Temperatur, seinen Druck, seine Bewegung, seine chemische Zusammensetzung und vieles mehr. Die Vatikan-Potsdam-NEP (VPNEP)-Durchmusterung, eine hochauflösende optische spektroskopische Durchmusterung von Sternen um den nördlichen Ekliptikpol (NEP), untersuchte 1067 Sterne der NASA-Mission Transiting Exoplanet Survey Satellite (TESS) mit dem Vatican Advanced Technology Telescope (VATT) und PEPsi wurden zwei Spektren für jeden Zwergstern und mit STELLA/SES typischerweise drei Spektren für die Riesensterne aufgenommen. Die Forschenden der Abteilung analysierten die Spektren im Detail und ermittelten bis zu 54 astrophysikalische Parameter für jedes Objekt.

HOCHPRÄZISE LITHIUM-HÄUFIGKEITEN

Standardmodelle der Sternentwicklung sagen voraus, dass ein Stern in der Vor-Hauptreihenphase Lithium abbaut und fälschlicherweise nur wenig Lithiumabbau während der Hauptreihenphase erfolgt. Beobachtungen eines visuellen Doppelsterns mit Komponenten unterschiedlicher Masse sollten mehr Aufschluss über die Lithium-Entwicklung in Sternen liefern. Mit dem PEPsi-Instrument am LBT gelang die Aufnahme von sehr präzisen Spektren von ξ Boo A und ξ Boo B mit einem Signal-Rausch-Verhältnis von bis zu 3200. Die Forschenden fanden heraus, dass die Lithium-7-Häufigkeit im Vergleich zur Sonne für ξ Boo A 23-mal höher ist, aber dreimal niedriger für ξ Boo B, während beide dem Trend von Einzelsternen im ähnlich alten offenen Sternhaufen M35 entsprechen. Dieser Unterschied ist durch die unterschiedlichen Massen, effektiven Temperaturen und damit Mischungsprozesse in den konvektiven Hüllen der Komponenten erklärbar.



▲ Farben-Helligkeits-Diagramm der Sterne der Vatikan-Potsdam-Durchmusterung (VPNEP)

Colour-magnitude diagram of the stars in the Vatican-Potsdam survey VPNEP (Credits: AIP / K. G. Strassmeier)

TEAM

Aleeda Charly, Ilya Ilyin, Prachi Rahate, Michael Weber (head), Manfred Woche



STELLA – SPEKTROSKOPISCHES INSTRUMENTARIUM DER 2. GENERATION

Eine neue modulare Konfiguration für den STELLA-Echelle-Spektrographen (SES) wird den gegenwärtigen Spektrographen durch drei separate spektroskopische Module in verschiedenen Spektralbändern ersetzen. Das Modul für den visuellen Bereich (SES-VIS; 470 nm bis 690 nm), ein vakuumstabilisierter Spektrograph, der für eine hohe Radialgeschwindigkeitsgenauigkeit ausgelegt ist, wurde am AIP integriert und steht kurz vor der Auslieferung. Der UV-Bereich wird von einem neu entwickelten Spektrographen für den Wellenlängenbereich von 380 nm bis 470 nm (SES-H&K) abgedeckt, der derzeit auf seine letzte optische Komponente (das Kreuzdispersionsprisma) wartet. Das Nahinfrarotband von 690 nm bis 1 μm übernimmt der derzeitige SES-Spektrograph. Der primäre wissenschaftliche Einsatzbereich von SES-VIS ist die Nachverfolgung von Exoplaneten-Transitkandidaten der TESS- und später der PLATO-Mission, wobei SES-H&K und SES-NIR gleichzeitig die Aktivitätsmerkmale der beobachteten Sterne abdecken.

ANDES FÜR DAS EXTREMELY LARGE TELESCOPE (ELT)

Im Jahr 2022 begann die Entwurfsplanung von ANDES, dem Armazones-Echelle-Spektrographen mit hoher Dispersion, wobei das AIP für das kurzweiligste (UBV) Spektroskopiemodul verantwortlich ist. ANDES wird der hochauflösende Spektrograph des ELT bei optischen und nahinfraroten Wellenlängen. Zu seinen wissenschaftlichen Aufgaben gehören der Nachweis von Biosignaturen in den Atmosphären von Exoplaneten, die Suche nach den Fingerabdrücken der ersten Generation von Sternen (Population III), Tests zur Stabilität der fundamentalen Naturkonstanten und der direkte Nachweis der Beschleunigung der kosmischen Ausdehnung.

The characterization of earth-like planets around distant stars requires stabilised, high-resolution spectrographs at the largest available telescopes. Such instruments can also be used to study stars, their chemical composition, their evolution, to check fundamental physical constants such as the fine structure constant, and to measure the expansion of the universe independent of cosmological models. With the instrument PEPSI at the Large Binocular Telescope (LBT) in Arizona, AIP scientists have access to high resolution spectropolarimetry on a 12-metre class telescope facility. The AIP is also responsible for the UVB-spectrograph of ANDES, the high-resolution spectrograph 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 UPGRADES

In 2023, the two PEPSI CCD cameras were equipped with new detectors. The cameras were dismantled and shipped to the CCD manufacturer in southern California, and then tested and driven back to the LBT. The team also took these two opportunities to exchange the two cross-disperser lifts of the spectrograph which had started to fail periodically. During re-assembly the fibre injection was cleaned and realigned to optimise system performance.

VATICAN-POTSDAM SURVEY

Stars tell stories about themselves and sometimes about their undiscovered planets. Their language is light, which reveals many physical properties of a star: its temperature, pressure, motion, chemical composition, and many more. In the Vatican-Potsdam-NEP (VPNEP) survey, a high-resolution optical spectroscopic survey around the Northern Ecliptic Pole (NEP), 1067 stars from NASA's Transiting Exoplanet Survey Satellite (TESS) mission were investigated. Two spectra were obtained for each of the dwarf stars with the PEPSI instrument and the Vatican Advanced Technology Telescope (VATT) and typically three spectra were taken for giant stars with STELLA / SES. Researchers from the section analyzed the spectra in detail and determined up to 54 astrophysical parameters for each object.

SUPERPRECISE LITHIUM ABUNDANCES

Standard stellar evolution models predict lithium depletion during the pre-main sequence phase of a star, whereas they wrongly predict little depletion during the main sequence. Observations of a visual binary star with components of different masses should put tighter limits on the lithium evolution in stars. Using the PEPSI instrument at LBT, it was possible to obtain high-quality spectra of ξ Boo A and ξ Boo B, delivering a signal-to-noise ratio of up to 3200. The researchers found that the lithium-7 abundance in comparison to the sun is 23 times higher for ξ Boo A, but three times lower for ξ Boo B, while both match the trend of single stars in the similar-aged open cluster M35. This difference can be explained by the different masses, effective temperatures and therefore mixing processes in the component's convective envelopes.



▲ Testen und Korrigieren der Ausrichtung der beiden neuen PEPSI-CCD-Detektoren in den vorhandenen Dewars im Labor des Herstellers in San Clemente, Kalifornien

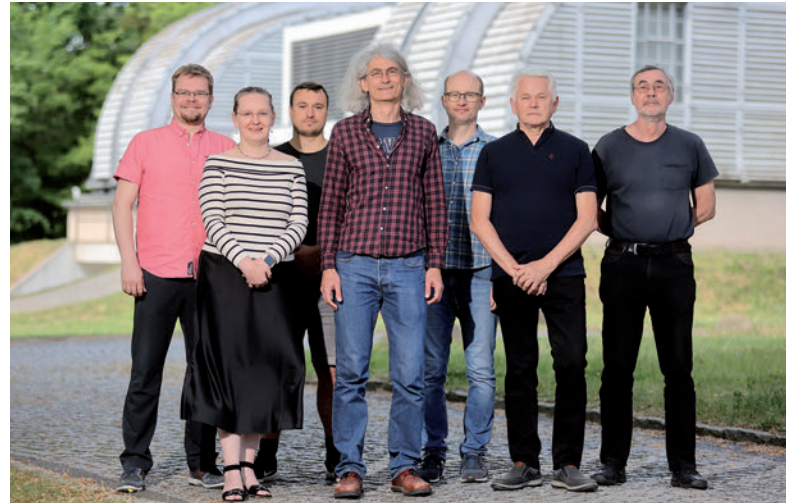
Testing and correcting the alignment of the two new PEPSI CCD detectors in the existing dewars at the manufacturer's laboratories in San Clemente, California (Credits: AIP / A. Järvinen)

STELLA 2ND GENERATION SPECTROSCOPIC INSTRUMENTATION

A new modular configuration for the STELLA Echelle Spectrograph (SES) will replace the current spectrograph with three separate spectrograph modules in different spectral bands. The visual band module (SES-VIS; 470 nm to 690 nm), a vacuum-stabilised spectrograph designed for high radial-velocity accuracy, is being integrated at AIP and is almost ready for shipment. The UV range will be covered by a newly designed spectrograph for 380 nm to 470 nm (SES-H&K) currently awaiting its last optical component (the cross disperser prism). The near-infrared band will be covered by the current SES spectrograph from 690 nm to 1 μm . The primary science case for SES-VIS is to follow-up on exoplanet transit candidates from the TESS and later PLATO mission, with SES-H&K and SES-NIR simultaneously covering the stellar activity tracers of these targets.

ANDES AT THE ELT

The preliminary design phase of ANDES, the ArmazoNES high Dispersion Echelle Spectrograph, began in 2022. AIP is responsible for its bluest (UBV) spectroscopic module. ANDES is going to be the high-resolution spectrograph of the Extremely Large Telescope at optical and near-infrared wavelengths.



▲ Arto Järvinen, Silva Järvinen, Kevin Hörrlein, Michael Weber, Jörg Weingrill, Manfred Woche, Ilya Ilyin

Its science cases include the detection of biosignatures from exoplanet atmospheres, finding the fingerprints of the first generation of stars (population III), tests on the stability of nature's fundamental constants, and the direct detection of the cosmic expansion's acceleration.

AUSGEWÄHLTE PUBLIKATIONEN SELECTED PUBLICATIONS

Dineva, E., Pearson, J., Ilyin, I., Verma, M., Diercke, A., Strassmeier, K. G., Denker, C. (2022): **Characterization of chromospheric activity based on Sun-as-a-star spectral and disc-resolved activity indices**, *Astronomische Nachrichten*, 343, 5

Dupree, A. K. et al. (2022): **The Great Dimming of Betelgeuse: A Surface Mass Ejection and Its Consequences**, *The Astrophysical Journal*, 936, 18

Granzer, T., Weber, M., Strassmeier, K. G., Dupree, A. (2022): **Betelgeuse: Long Secondary Period, a Fundamental Mode and Overtones**, *Cambridge Workshop on Cool Stars, Stellar Systems, and the Sun (CS21)*, 185

Kaminsky, B. et al. (2022): **The recurrent nova V3890 Sgr: a near-infrared and optical study of the red giant component and its environment**, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 517, 6064

Marconi, A. et al. (2022): **ANDES, the high resolution spectrograph for the ELT: science case, baseline design and path to construction**, *Proceedings of the SPIE 12184, Ground-based and Airborne Instrumentation for Astronomy IX*, 1218424

da Silva, R. et al. (2022): **A new and Homogeneous metallicity scale for Galactic classical Cepheids**, *Astronomy & Astrophysics*, 661, A104

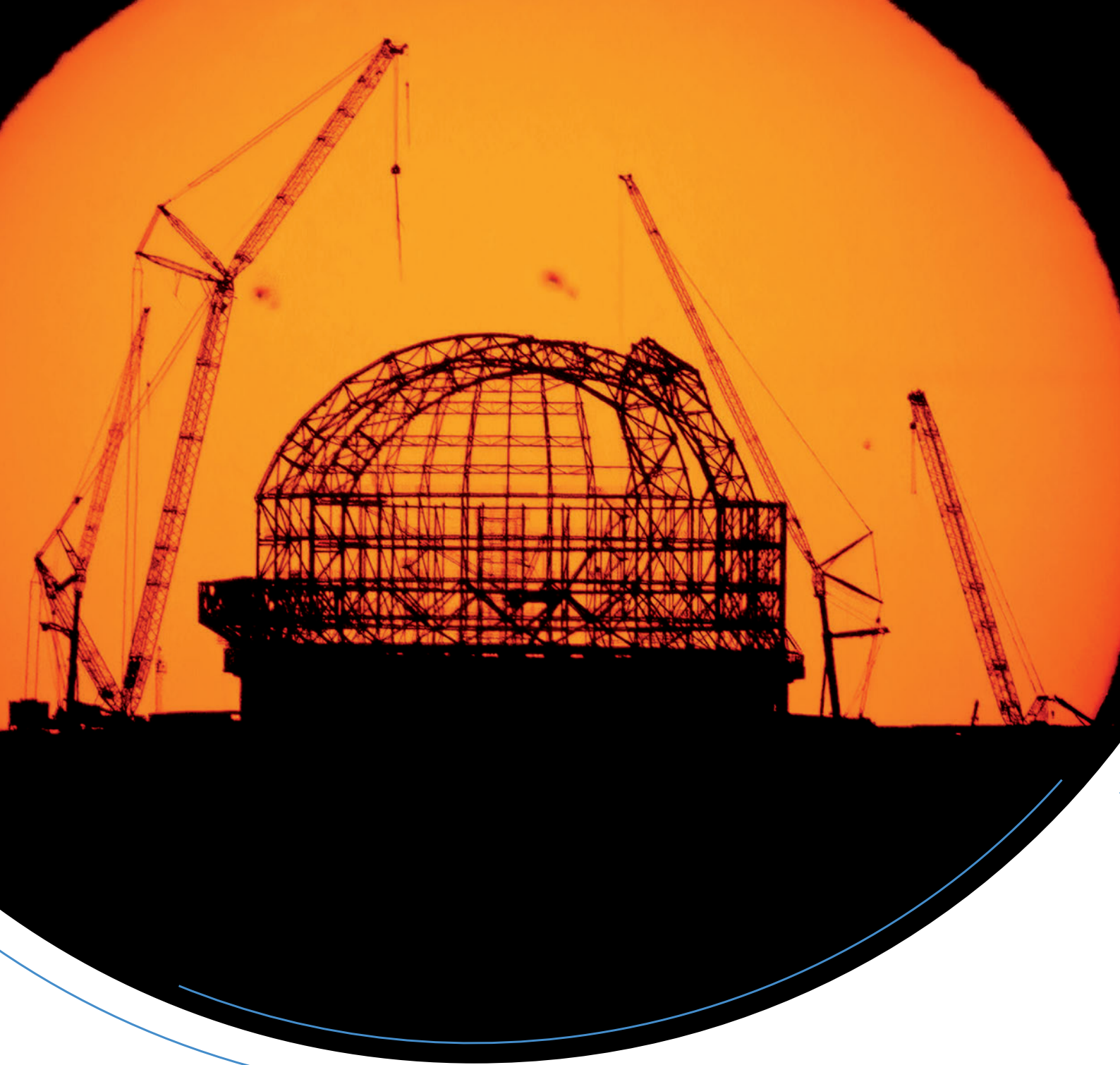
Strassmeier, K. G., Steffen, M. (2022): **On the lithium abundance of the visual binary components ξ Boo A (G8V) and ξ Boo B (K5V)**, *Astronomische Nachrichten*, 343

Strassmeier, K. G., Carroll, T. A., Ilyin, I. V. (2023): **Zeeman Doppler imaging of ξ Boo A and B**, *Astronomy & Astrophysics*, 674, A118

Strassmeier, K. G. et al. (2023): **VPNEP: Detailed characterization of TESS targets around the Northern Ecliptic Pole**, *Astronomy & Astrophysics*, 671, A7

Weber, M., Woche, M., Ilyin, I., Strassmeier, K. G., Oliva, E. (2022): **ANDES, the high resolution spectrometer for the ELT: the UBV spectrograph module**, *Proceedings of the SPIE 12184, Ground-based and Airborne Instrumentation for Astronomy IX*, 1218439





▲ Die Baustelle des Extremely Large Telescopes am Cerro Armazones in Chile vor dem morgentlichen Sonnenaufgang in der Atacama-Wüste

The construction site of the Extremely Large Telescope at Cerro Armazones in Chile in front of the sunrise in the Atacama desert
(Credits: ESO)

3D- UND MULTI-OBJEKT-SPEKTROSKOPIE

3D AND MULTI OBJECT SPECTROSCOPY

Die Abteilung 3D- und Multi-Objekt-Spektroskopie (3DMOS) entwickelt innovative Forschungstechnologie, neue Instrumente und Analysesoftware für die beobachtende Astronomie. Die 3D-Spektroskopie kann sowohl räumlich als auch spektral ausgedehnte, komplexe Regionen wie Gaswolken, Nebel, Sternhaufen oder Galaxien erfassen. Die Multi-Objekt-Spektroskopie wird zur effizienten Beobachtung einer sehr großen Anzahl von Sternen oder Galaxien eingesetzt und ermöglicht so umfangreiche Durchmusterungen. Bei den meisten Projekten ist das AIP an internationalen Konsortien beteiligt, die Instrumente für große Observatorien bauen, insbesondere für die Europäische Südsternwarte (ESO).

DAS 4M-MULTI-OBJEKT-SPEKTROSKOPISCHE TELESKOP (4MOST)

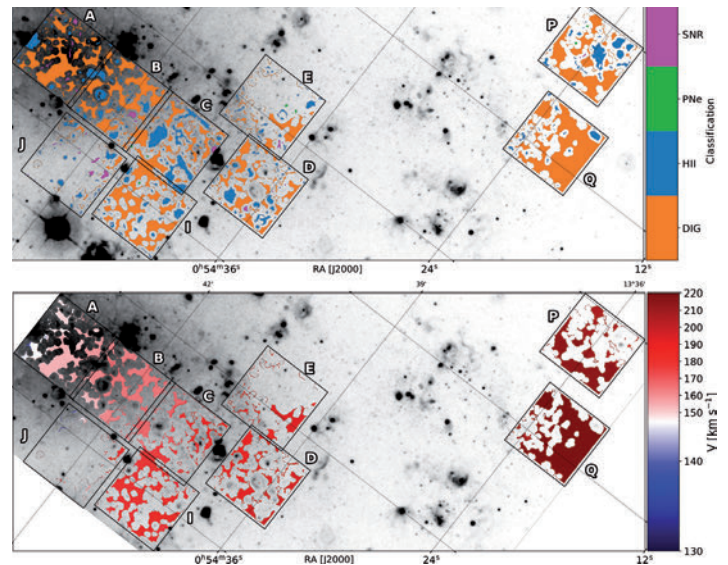
Das Instrument 4MOST wird spektroskopische Durchmusterungen von Millionen von Objekten durchführen, von Sternen in der Milchstraße bis hin zu extragalaktischen Quellen und damit Studien zur galaktischen Archäologie, Dunklen Materie und zur Dunklen Energie ermöglichen. 4MOST verfügt über eine Weitwinkeloptik mit einem Durchmesser von fast einem Meter, einen innovativen Positionierer für 2436 optische Fasern, Spektrographen mit niedriger und mittlerer Auflösung sowie Kalibrier-, Metrologie-, und Nachführungssysteme. Ebenso wird Software zur Simulation der Eigenschaften des Instruments und zur Vorbereitung der verschiedenen wissenschaftlichen Untersuchungen entwickelt. Alle Systeme für 4MOST, die von verschiedenen Partnern entwickelt wurden, hat das AIP zusammengebaut und ausgiebig getestet, bevor das Instrument zum Paranal-Observatorium transportiert und am VISTA-Teleskop der ESO in Betrieb genommen wird.

MOSAIC FÜR DAS EXTREMELY LARGE TELESCOPE

MOSAIC ist ein Multi-Objekt-Spektrograph und eines der fünf Instrumente, die für das Extremely Large Telescope (ELT) mit seinem 39-Meter-Primärspiegel entwickelt werden. Das Instrument kombiniert abbildende Integralfeldeinheiten mit Multi-Objekt-Spektroskopie sowohl für den optischen als auch für den nahen Infrarot-Wellenlängenbereich. Die wissenschaftlichen Ziele reichen von der Analyse entfernter Galaxien und ihrer Entwicklung über die Bestandsaufnahme der Materie bis hin zur Auflösung von Sternpopulationen. Das technische Arbeitspaket des AIP besteht aus der Entwicklung des optischen Glasfasersystems, welches das Licht vom Teleskop zu den Spektrographen leitet.

TEAM

Miklos Gäbler, Alan Günther, Thomas Jahn, Maarten de Jong, Andreas Kelz (head), Shrinivasrao Kulkarni, Sonja Sautter, Ole Streicher, Finn Schero, Tanya Urrutia, Cinta Vidante, Peter Weilbacher, Roland Winkler



▲ Das Zentrum der Spiralgalaxie NGC 300. Die Ausschnitte zeigen die neun mit MUSE aufgenommenen Felder, wobei die Eigenschaften des ionisierten Gases farblich markiert sind. Oben ist die physikalische Klassifikation der Regionen gezeigt, unten die Geschwindigkeit des diffusen ionisierten Gases, welches die Sternentstehungsregionen umgibt.

The centre of the spiral galaxy NGC 300. The maps show the nine MUSE fields, with the properties of the ionised gas colour-coded following the physical classification (top) and the velocity of the diffuse ionised gas (bottom) that surrounds the star-forming regions. (Credits: AIP/G. Micheva, ESO/F. Bresolin)

VON MUSE ZU BLUEMUSE

Der Multi Unit Spectroscopic Explorer (MUSE), ein Integralfeldspektrograph mit großem Sichtfeld und detaillierter Auflösung am Very Large Telescope (VLT) in Chile, hat sich zu einem der weltweit gefragtesten und produktivsten bodengebundenen Instrumente entwickelt. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des AIP nutzen die Daten von MUSE und haben zur Veröffentlichung der tiefsten spektroskopischen Beobachtung, dem MUSE Extremely Deep Field, beigetragen. Mit MUSE wurden auch nahe gelegene Galaxien verschiedener Typen untersucht, wie etwa die Sternentstehungsgebiete im Tarantelnebel 30 Doradus in der Großen Magellanschen Wolke und in der Spiralgalaxie NGC 300.

Aufgrund dieser Erfolge wählte die ESO einen blau-empfindlichen Integralfeldspektrographen mit dem Namen BlueMUSE als neues Instrument für das VLT aus. Im Jahr 2022 begann die Konzeptstudie für BlueMUSE. Das AIP leitet den deutschen Beitrag und ist verantwortlich für die Entwicklung der Kalibrierungseinheit und der wissenschaftlichen Software sowie für drei Forschungsthemen zur Lokalen Gruppe, nahen Galaxien und dem fernen Universum.



WIDE-SPECTROSCOPIC TELESCOPE (WST)

Ein europaweites Konsortium arbeitet an einer Konzeptstudie für ein spektroskopisches Durchmusterungsteleskop der 12 m-Klasse, welches ein großes Gesichtsfeld und eine hohe Multiplex-Fähigkeit in der Größenordnung von mehreren Zehntausend Objekten hat. Auf der Grundlage seiner Erfahrungen wirkt das AIP an der Entwicklung des Positionierers und des Fasersystems, der Beobachtungsstrategien und der wissenschaftlichen Themen mit.

DUNKLE ENERGIE UND HETDEX

Das AIP beteiligt sich am Hobby-Eberly Telescope Dark Energy Experiment (HETDEX), welches die dreidimensionale Verteilung von einer Million entfernter Galaxien misst, um die beschleunigte Expansionsgeschichte des Kosmos zu untersuchen. Das VIRUS-Instrument, für welches das AIP 78 optische Faserbündel gebaut hat, kann mit jeder Aufnahme über 35.000 Spektren aufzeichnen. Im Jahr 2023 wurde der öffentliche HETDEX-Quellenkatalog veröffentlicht, der 220.000 Objekte enthält, darunter über 50.000 Lyman-Alpha-Emitter aus einer ungezielten, großflächigen spektroskopischen Durchmusterung.

The 3D and Multi-Object Spectroscopy (3DMOS) section develops innovative research technology, new instrumentation and analysis software for observational astronomy. 3D spectroscopy resolves both spatially and spectroscopically extended, complex regions, such as gas clouds, nebulae, star clusters and galaxies. Multi-object spectroscopy is used to efficiently observe a very large number of stars and galaxies and thus enables extensive surveys. In most projects, the AIP is involved in international consortia to build instruments for large observatories, in particular for the European Southern Observatory (ESO).

THE 4M MULTI-OBJECT SPECTROSCOPIC TELESCOPE (4MOST)

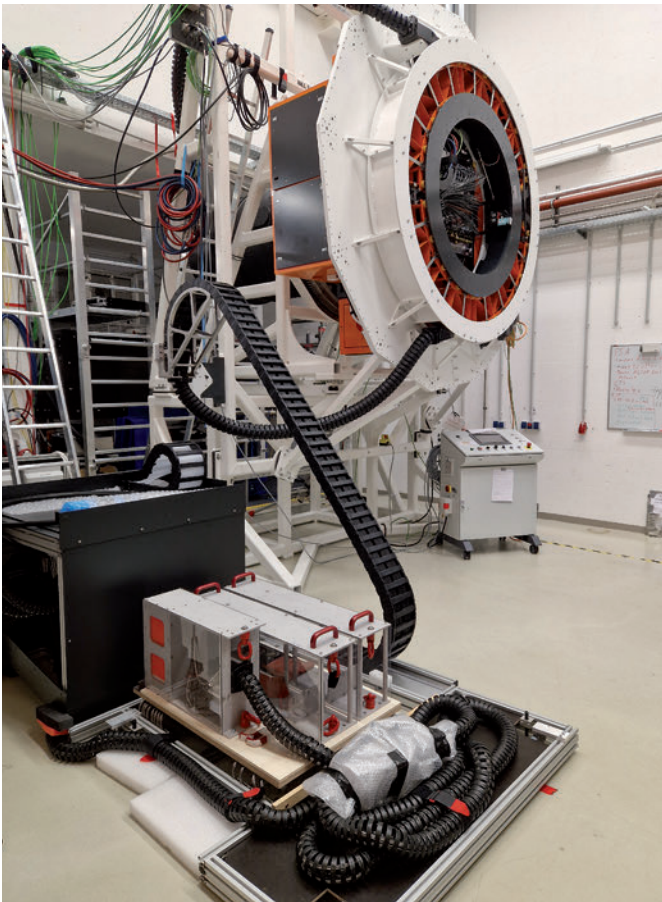
4MOST will conduct spectroscopic surveys of millions of objects, ranging from stars in the Milky Way to extragalactic sources, thus enabling scientific studies on galactic archaeology, dark matter and dark energy. The instrument features a wide-field optics of nearly one metre in diameter, an innovative positioner for 2436 optical fibres, low and medium resolution spectrographs, and calibration, metrology, wavefront and guiding systems. In addition, software is being developed to simulate the instrument's properties and to prepare various scientific surveys. All subsystems for 4MOST, built by various partners, have been assembled at AIP and are being tested, before the instrument will be shipped to the Paranal observatory and commissioned at ESO's VISTA telescope.

MOSAIC FOR THE EXTREMELY LARGE TELESCOPE

MOSAIC is the multi-object spectrograph and one of the five instruments under development for the Extremely Large Telescope (ELT) with its 39-metre primary mirror. The instrument combines imaging integral-field units with multi-object spectroscopy for both the optical and the near-infrared wavelength ranges. The scientific goals range from the analysis of distant galaxies and their evolution, to the inventory of matter, and to resolved stellar populations. AIP's technical work package consists of the development of the optical fibre system that transports the light from the telescope's focal plane to the optical spectrographs.

FROM MUSE TO BLUEMUSE

The Multi Unit Spectroscopic Explorer (MUSE), an integral-field spectrograph with a large field-of-view and fine spatial resolution, installed at the Very Large Telescope (VLT) in Chile, has become one of the most requested and productive ground-based instruments worldwide. AIP scientists use data from MUSE and contributed to the release of the deepest spectroscopic observation, the MUSE Extremely Deep Field. Nearby galaxies of different types were studied with MUSE, such as the star-forming region in the Tarantula Nebula 30 Doradus in the Large Magellanic Cloud and in the spiral galaxy NGC 300. Based on this success, a blue-sensitive integral-field spectrograph, named BlueMUSE, was selected by ESO as a new instrument for the VLT. In 2022, the concept study for BlueMUSE was started.



▲ Das 4MOST-Fasersystem und der Kabelrotator während der Testphase in der Integrationshalle des AIP

The 4MOST fibre system and its cable rotator during test and verification in the integration hall of AIP (Credits: AIP / A. Kelz)

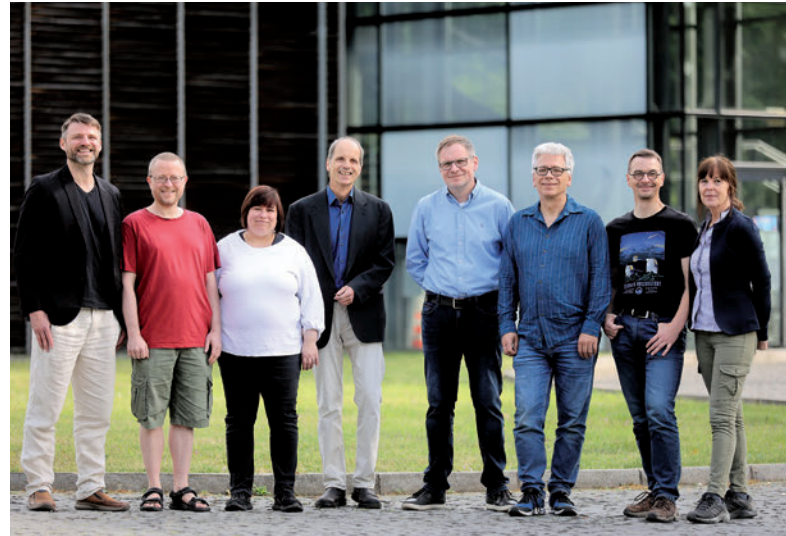
The AIP is leading the German contribution and is in charge of the design of the calibration unit and the science software. AIP scientists also (co-)lead three areas of science cases, centered on the topics of local group, nearby galaxies, and the distant universe.

WIDE SPECTROSCOPIC TELESCOPE

A large European consortium proposes a concept study for a dedicated spectroscopic survey facility at a 12 m-class telescope, featuring a large field of view and a high multiplex capability in the order of several tens of thousands of objects. Based on its experience, AIP engages in the study of the fibre positioner and fibre-link system, the survey strategies and the science cases.

DARK ENERGY AND HETDEX

The AIP participates in the Hobby-Eberly Telescope Dark Energy Experiment (HETDEX), which measures the three dimensional distribution of one million distant galaxies to study the accelerated expansion history of the cosmos. Using the VIRUS instrument for which AIP has built 78 optical fibre-bundles, over 35,000 spectra can be recorded in every exposure. In 2023, the HETDEX Public Source Catalog was published, containing 220,000 sources including over 50,000 Lyman alpha emitters from an untargeted wide-area spectroscopic survey.



▲ Alan Günther, Roland Winkler, Tanya Urrutia, Andreas Kelz, Thomas Jahn, Ole Streicher, Peter Weilbacher, Sonja Sautter

AUSGEWÄHLTE PUBLIKATIONEN SELECTED PUBLICATIONS

Roth, M. M., Weilbacher, P. M., Kelz, A., Madhav, K., Hernandez, E., Richard, J., Giroud, R., Bacon, R. (2022): [The BlueMUSE calibration unit: phase-A studies](#), Proceedings of the SPIE 12184, Ground-based and Airborne Instrumentation for Astronomy IX, 121845S

Weilbacher, P., Martens, S., Wendt, M., Roth, M. M., Dreizler, S., Kelz, A., Bacon, R., Richard, J. (2022): [The BlueMUSE data reduction pipeline: lessons learned from MUSE and first design choices](#), Proceedings of the SPIE 12189, Software and Cyberinfrastructure for Astronomy VII, 1218912

Cairós, L. M., González-Pérez, J. N., Weilbacher, P. M., Manso Sainz, R. (2022): [Warm ionized gas in the blue compact galaxy Haro 14 viewed by MUSE](#), Astronomy & Astrophysics, 664, A144

Micheva, G. et al. (2022): [MUSE crowded field 3D spectroscopy in NGC 300](#), Astronomy & Astrophysics, 668, A74

Bacon, R. et al. (2023): [The MUSE Hubble Ultra Deep Field surveys: Data release II](#), Astronomy & Astrophysics, 670, A4

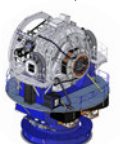
Monreal-Ibero, A., Weilbacher, P. M., Micheva, G., Kollatschny, W., Maseda, M. (2023): [UM 462, a local green pea galaxy analogue under the MUSE magnifying glass](#), Astronomy & Astrophysics, 674, A210

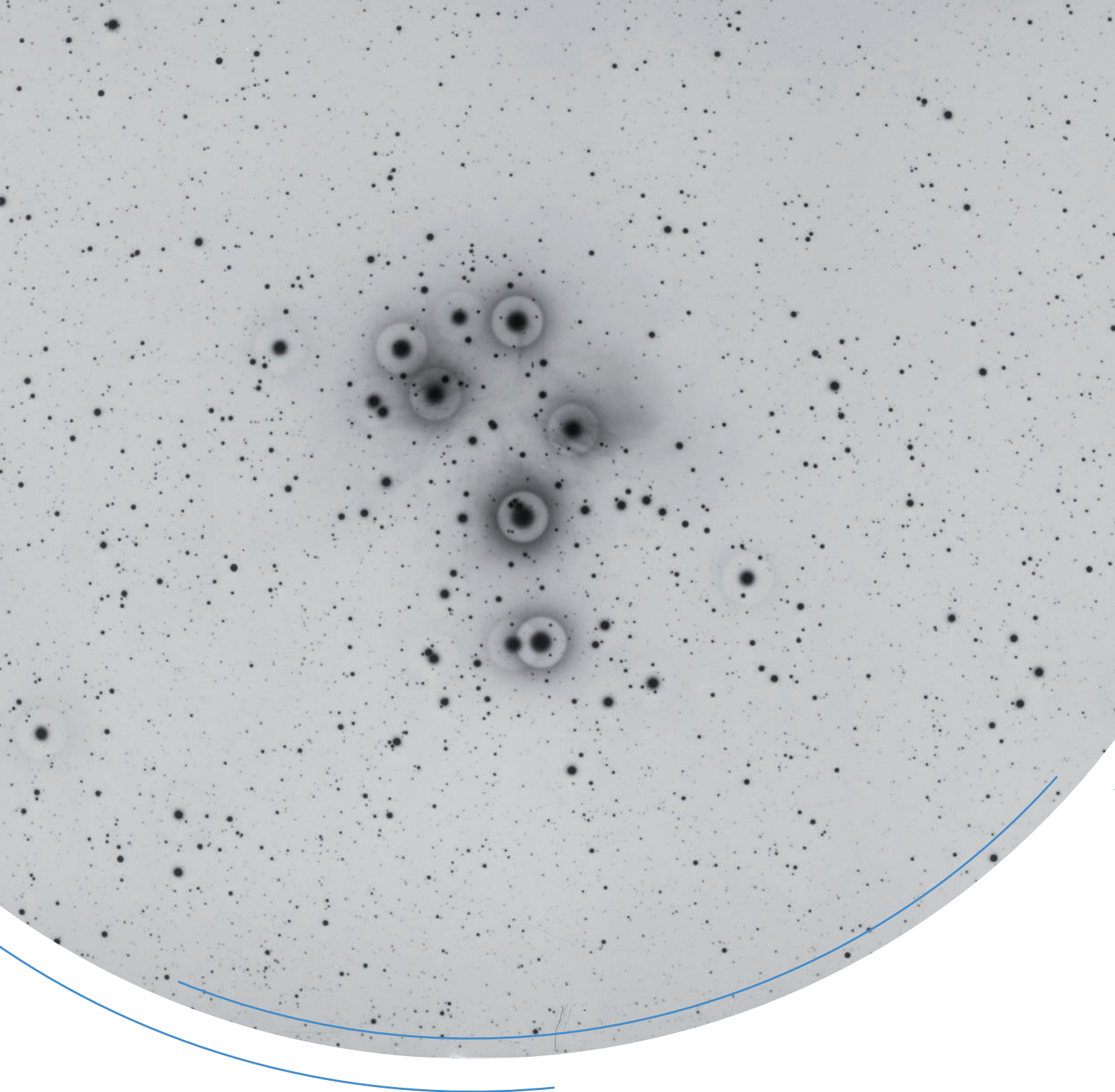
Herenz, E. C., Micheva, G., Weilbacher, P. M., Monreal-Ibero, A., Hayes, M., Anders, F., Rivinius, T. (2023): [On the Recent Discovery of Coronal \[Fe x\] \$\lambda\$ 6374 Emission in the Low-metallicity Dwarf Galaxy SDSS J0944-0038](#), Research Notes of the AAS, 7, 99

Winkler, R. et al. (2022): [4MOST metrology system lab calibration and performance](#), Proceedings of the SPIE 12188, Advances in Optical and Mechanical Technologies for Telescopes and Instrumentation V, 121882A

Seifert, W., Xu, W., Feiz, C., Quirrenbach, A., Rothmaier, F., Saviak, A., Kelz, A., Buschkamp, P. (2022): [4MOST: MAIT of the high-resolution-spectrograph](#), Proceedings of the SPIE 12184, Ground-based and Airborne Instrumentation for Astronomy IX, 1218460

Bellido-Tirado, O. et al. (2022): [4MOST guiding and wavefront sensing cameras: requirements and early testing](#), Proceedings of the SPIE 12184, Ground-based and Airborne Telescopes IX, 1218223





▲ Die Plejaden, aufgenommen mit dem Doppelastrographen des Vatikans in Castel Gandolfo. Dies ist nur eine von mehr als 90.000 digitalisierten fotografischen Platten, die über das APPLAUSE-Archiv öffentlich zugänglich sind.

The Pleiades, captured with the double astrograph of the Vatican in Castel Gandolfo. This is just one of almost 90,000 digitised photographic plates that are publicly accessible via the APPLAUSE archive.

(Credits: APPLAUSE Project, DR4)

SUPERCOMPUTING UND E-SCIENCE

SUPERCOMPUTING AND E-SCIENCE

Die Abteilung Supercomputing und E-Science arbeitet an der Schnittstelle zwischen fortschrittlicher wissenschaftlicher Forschung und modernen digitalen Werkzeugen aus der Informationstechnologie. Die IT-Infrastruktur basiert auf einer Vielzahl von Cloud-Diensten zur effizienten Nutzung der Rechen- und Speicherhardware. Diese Cloud-Dienste ermöglichen die Veröffentlichung von astronomischen Datensammlungen wie der Satellitenmission Gaia sowie die Verbindung vieler verschiedener Datenspeicher mit den Clustern für Analysen und Simulationen. Die Abteilung leistet außerdem einen aktiven Beitrag zur Nationalen Forschungsdateninfrastruktur (NFDI).

DATENVERÖFFENTLICHUNGEN

Das AIP ist eines der Partnerdatenzentren für die Bereitstellung von Daten der Gaia-Mission. Das dritte Datenrelease (DR3) wurde am 13. Juni 2022 und das Focused Product Release (FPR) am 10. Oktober 2023 veröffentlicht. Der Hauptzweck der Gaia-Durchmusterung besteht darin, die Positionen und Bewegungen von astronomischen Quellen mit bisher unerreichter Genauigkeit zu messen. Das DR3 enthält 1,46 Milliarden Quellen, das FPR umfasst auch Spektralmessungen, Beobachtungen von Gravitationslinsen und veränderlichen Sternen. Außerdem veröffentlichte die Abteilung Hilfskataloge und zusätzliche Beiträge aus der Gaia-Gemeinschaft.

Das vom AIP betriebene APPLAUSE-Archiv digitalisierter fotografischer Platten veröffentlichte am 24. Juni 2022 ein weiteres großes Datenrelease. Dieses DR4 enthält die neuen Sammlungen Bamberg Nord (18.865 Platten) und Daten des Vatikanischen Doppelastrographen (544 Platten). Die Prozessierung aller DR4-Platten ergab 1256 Milliarden Quellen, die in den Gaia-Katalogen identifiziert werden konnten.

INFRASTRUKTUR ZUR DATENVERÖFFENTLICHUNG

Alle Datenveröffentlichungen basieren auf dem Web-Framework Django-Daiquiri, das von der Abteilung entwickelt und gepflegt wird. Daiquiri bietet einen benutzerfreundlichen, browser- und kommandozeilenbasierten Datenzugang, der mehrere Standards des Internationalen Virtuellen Observatoriums (IVOA) unterstützt. Das Team implementierte den neuen IVOA DataLink-Standard für die Datenerfassung und neue Visualisierungswerkzeuge zur Verbesserung der Datenpräsentation. Alle Datenpublikationen nutzen die Cloud-Technologie Docker.

Basierend auf den Erfahrungen mit der Veröffentlichung großer Datensammlungen leitet die Abteilung die Entwicklung und Implementierung des öffentlichen Archivs für das 4MOST-Instrument, welches im Jahr 2025 mit der Beobachtung beginnt. Die Abteilung verfügt über Fachwissen zur Gestaltung des Datenflusses von Rohdaten zu sorgfältig kuratierten wissenschaftlichen Datenprodukten. Das Team hat erfolgreich den Prozess zur Verwaltung der Datenfreigabe eingeführt, den alle modernen Instrumente benötigen. Die Software-Architektur des Archivs basiert auf dem vom AIP entwickelten Django Daiquiri Framework. Zusätzliche Unterstützung bietet eine speziell für das 4MOST-Projekt entwickelte kollaborative Forschungsumgebung.

DIGITALE IT-INFRASTRUKTUREN

Die Abteilung leitet einen der zentralen Entwicklungsbereiche des PUNCH4NFDI-Konsortiums. Basierend auf den Erfahrungen bei der Bereitstellung von kollaborativen Forschungsumgebungen für große internationale wissenschaftliche Kollaborationen und dem Einsatz von Cloud-Diensten am AIP, betreibt das AIP einen zentralen Knotenpunkt für die Ressourcen der PUNCH-Communitys. Die vom CERN entwickelte Forschungsdaten-Analyseplattform REANA wird auf dem Kubernetes-Cluster am AIP eingesetzt und macht die verteilten Rechen- und Speicherressourcen von PUNCH ebenso zugänglich wie die lokalen Cluster- und Speicherressourcen des AIP. Ein weiterer Beitrag zur NFDI ist die am AIP entwickelte Open Source Software RDMO (Research Data Management Organizer), die von 58 Institutionen auch außerhalb Deutschlands und vielen NFDI-Konsortien genutzt wird. Für ein DFG-Projekt mit Bildungsinstituten wurde eine Spezialversion von RDMO implementiert.

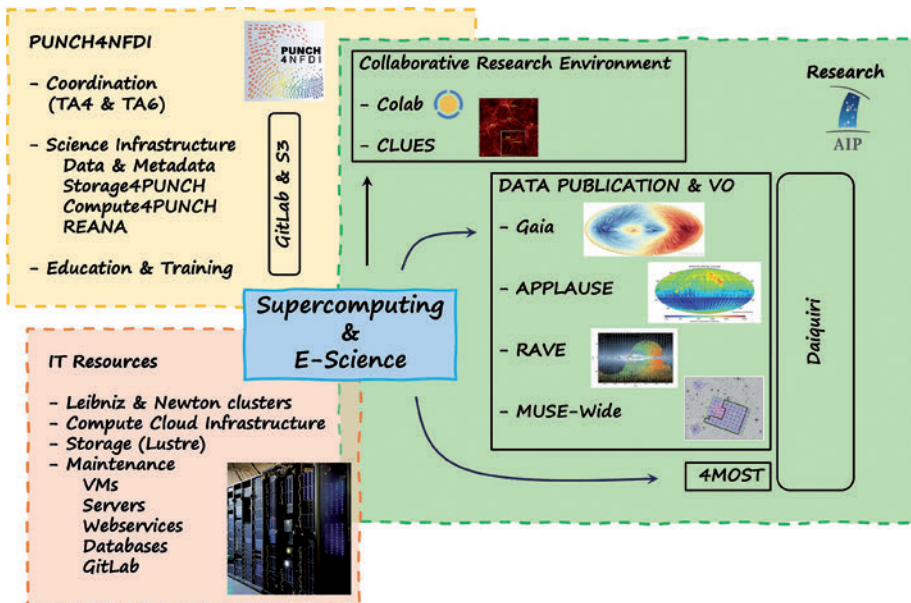
ENERGIEEFFIZIENZ DER AM AIP GENUTZTEN HARDWARE

Die für die astrophysikalische Forschung am AIP erforderlichen Rechen- und Speichercluster wurden erweitert und erneuert. Ihr Energieverbrauch wird ständig überwacht. Ein Kernelement der Strategie des AIP zur Maximierung der Effizienz der Cluster ist die Verbesserung des Verhältnisses zwischen Rechenleistung und Stromverbrauch. Während der Stromverbrauch auf dem Niveau von 2013 geblieben ist, wurde die Leistung jedoch erheblich verbessert. Beispielsweise ist die Laufzeit eines Standardprogramms um etwa 75 % gesunken. Die Speicherbandbreite und die Rechenoperationen pro Sekunde (FLOPS) sind um den Faktor 4,2 bzw. 4,25 gestiegen.

TEAM

Harry Enke (head), Yori Fournier, Anastasia Galkin, Arman Khalatyan, Kirill Makan, Olaf Michaelis, Elena Sacchi, Ole Streicher





◀ Digitale Infrastrukturen, die die Abteilung Supercomputing und E-Science entwickelt und verwaltet, um die von Astrophysikerinnen und Astrophysikern benötigte fortschrittliche Arbeitsumgebung zu schaffen

Digital infrastructures developed and managed by the Supercomputing and E-Science section to provide the elaborate work environment required by astrophysicists (Credits: AIP / E. Sacchi)

The section Supercomputing and E-Science works at the intersection between advanced scientific research and modern digital tools from computer science. Today's, IT infrastructure is based on a plethora of cloud services to efficiently use the computing and storage hardware. These cloud services enable the publication of astronomical data collections, e.g. from the Gaia satellite mission, as well as connecting many different data storage units to the clusters for analysis and simulations. The section is also actively contributing to the National Research Data Infrastructure (NFDI).

DATA PUBLICATIONS

AIP is one of the partner data centres for data publishing from the Gaia mission. The third data release (DR3) was published on 13 June 2022, and the Focused Product Release (FPR) on 10 October 2023. The main purpose of the Gaia survey is to measure the positions and motions of 1.46 billion sources with unprecedented accuracy. The FPR also includes spectral measurements, observations of gravitational lenses and variable stars. Additionally, auxiliary catalogues and extra contributions from the Gaia community were published. For the APPLAUSE archive of digitized photographic plates, hosted at AIP, a major data release was published on 24 June 2022. The DR4 includes the new collections of Bamberg North (18,865 plates) and data from the Vatican Double Astrograph (544 plates). The processing of all DR4 plates yielded 1256 billion sources that could also be identified in the Gaia catalogues.

DATA PUBLICATION INFRASTRUCTURE

The Django Daiquiri web framework, developed and maintained by the section, is used for all data publications. Daiquiri offers user-friendly, browser-based data access and command line-based access supporting several International Virtual Observatory (IVOA) standards. The team implemented the new IVOA DataLink standard for data discovery and new visualization tools improving the data presentation.

All data publications use the cloud technology Docker. Based on its experience with publication of huge data collections, the section leads the development and the implementation of the public archive for the 4MOST instrument, which will begin observations in 2025. The section has expertise in shaping the data flow from raw data to carefully curated scientific data products. The team successfully established the data release management process that all modern instruments require. The software architecture for the archive is based on the Django Daiquiri framework developed by AIP. Additional support is provided by a collaborative research environment customized for the 4MOST project.

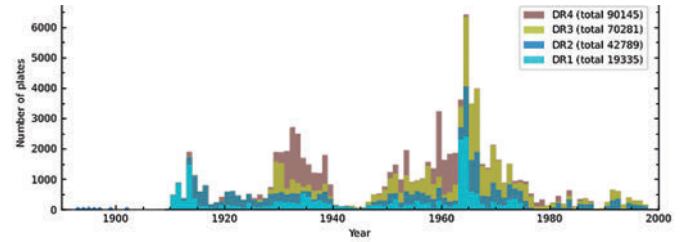
DIGITAL IT INFRASTRUCTURES

The section leads one of the central development areas of the PUNCH4NFDI consortium. Based on its experience in providing collaborative research environments for large international scientific collaborations and the deployment of cloud services at AIP, the team provides a central hub for resources of the PUNCH communities. The reproducible research data analysis platform REANA, developed by CERN, is deployed on the Kubernetes cluster at AIP and makes the distributed computing and storage resources of PUNCH just as accessible as the local cluster and storage resources. Another contribution to the NFDI efforts is the Open Source software RDMO (Research Data Management Organiser) developed at AIP, which is also used by 58 institutions within and even beyond Germany, and in many NFDI consortia. A customized version of RDMO was implemented for a DFG project with educational institutions.

ENERGY EFFICIENCY OF HARDWARE

The required computing and storage clusters for the astrophysical research at AIP have been extended and modernised. Their energy consumption is constantly monitored. A core element of AIP's strategy to maximize the efficiency of our clusters is to improve the ratio between performance and power consumption.

While the power consumption remained comparable to the 2013 level, the performance has been significantly improved. For example, the runtime of a standard programme has been reduced by approximately 75%. The memory bandwidth and operations per second (FLOPS) have increased by factors of 4.2 and 4.25, respectively.



▲ Die Verteilung der APPLAUSE-Fotoplatten nach dem Jahr der Aufnahme.
The distribution of photographic plates in APPLAUSE by year of creation.
(Credits: APPLAUSE Project, DR4)



▲ Datenpublikationen mit Daiquiri
Data publications based on Daiquiri (Credits: AIP / E-Science-Team)



▲ Ole Streicher, Elena Sacchi, Olaf Michaelis, Sonja Sautter, Harry Enke, Matthias Steinmetz, Anastasia Galkin, Arman Khalatyan, Kirill Makan

AUSGEWÄHLTE PUBLIKATIONEN
SELECTED PUBLICATIONS

Gaia Collaboration (2023): **Gaia Focused Product Release: Spatial distribution of two diffuse interstellar bands**, *Astronomy & Astrophysics*, 680, A38

Gaia Collaboration (2023): **Gaia Focused Product Release: Radial velocity time series of long-period variables**, *Astronomy & Astrophysics*, 680, A36

Gaia Collaboration (2023): **Gaia Focused Product Release: Asteroid orbital solution. Properties and assessment**, *Astronomy & Astrophysics*, 680, A37

Gaia Collaboration (2023): **Gaia Data Release 3. Summary of the content and survey properties**, *Astronomy & Astrophysics*, 674, A1

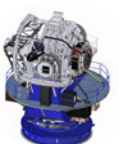
Enke, H. et al. (2022): **Survey of Open Data Concepts Within Fundamental Physics: An Initiative of the PUNCH4NFDI Consortium**, *Computing and Software for Big Science*, 6, 6

Enke, H., Heber, U., Groote, D., Tuvikene, T. (2022): **The APPLAUSE Data Release DR4**, <https://www.plate-archive.org/cms/documentation/dr4/>

Queiroz, A. B. A. et al. (2023): **StarHorse results for spectroscopic surveys and Gaia DR3: Chrono-chemical populations in the solar vicinity, the genuine thick disc, and young alpha-rich stars**, *Astronomy & Astrophysics*, 673, A155

Anders, F. et al. (2023): **Spectroscopic age estimates for APOGEE red-giant stars: Precise spatial and kinematic trends with age in the Galactic disc**, *Astronomy & Astrophysics*, 678, A158

The Astropy Collaboration et al. (2022): **The Astropy Project: Sustaining and Growing a Community-oriented Open-source Project and the Latest Major Release (v5.0) of the Core Package**, *The Astrophysical Journal*, 935, 167





▲ Der Potsdamer Frequenzkamm POCO besteht aus einem winzigen photonischen Chip, der zehn verschiedene Variationen ultrastabiler Frequenzkämme erzeugen kann. Der Kamm kann mithilfe eines Computers elektronisch abgestimmt oder stabilisiert werden.

The Potsdam frequency comb POCO consists of a tiny photonic chip that can generate ten different variations of ultra-stable frequency combs. The comb can be tuned and stabilised electronically using a computer. (Credits: AIP/K. Madhav)

ASTROPHOTONIK (INNOFSPEC)

ASTROPHOTONICS (INNOFSPEC)

InnoFSPEC Potsdam, 2008 als Kooperation zwischen der Universität Potsdam und dem AIP gegründet, ist ein interdisziplinäres Innovationszentrum, das zunächst im Rahmen des BMBF-Programms „Unternehmen Region“ und anschließend bis 2022 gefördert wurde. Weitere Förderungen durch das BMBF und den Europäischen Forschungsrat haben das Wachstum des Zentrums vorangetrieben, unterstützt durch die Einrichtung des innoFSPEC Transfer Labs im Jahr 2022. Im Jahr 2023 wurde innoFSPEC am AIP in Astrophotonik (innoFSPEC) umbenannt, was Deutschlands Führungsrolle auf dem aufstrebenden Gebiet der astrophotonischen Instrumentierung festigt.

POCO

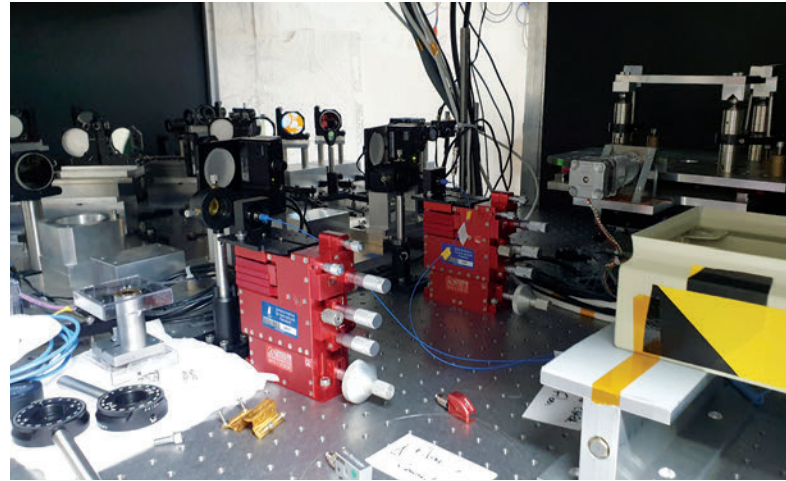
Der Potsdamer Frequenzkamm (POCO) ist ein schlüsselfertiges, ultrastabiles Kammsystem, eine Art Laserlineal für Licht zur hochpräzisen Messung der Frequenz von elektromagnetischer Strahlung und zur genauen Kalibrierung von Spektrographen. Mit Hilfe eines abstimmbaren photonischen Chips erzeugt POCO 900 Linien. Der Frequenzkamm kann so angepasst werden, dass er Linien sowohl im sichtbaren als auch im nahinfraroten Licht erzeugt und so zukünftige Spektrographen wie Blue-MUSE unterstützt. POCO kann in mehrere Kämmen vervielfältigt werden, und diese können ohne Streuung oder Verluste über kilometerlange Glasfaserleitungen übertragen werden, was die Zentralisierung von Einrichtungen an Standorten mit mehreren Teleskopen wie dem Paranal in Chile ermöglicht.

CHARIOT STRAHLENKOMBINIERER

Strahlenkombinierer vereinen das Licht einzelner Teleskope oder Instrumente auf kohärente Weise und erzeugen damit ein hochauflösendes Bild. Die CHARA Array Integrated Optics TestBench (CHARIOT) wird auf dem CHARA-Array, einem optischen Interferometer am Mount-Wilson-Observatorium, installiert, um neuartige photonische 3D-Strahlenkombinierer zu testen und am Himmel zu evaluieren. Diese Strahlenkombinierer wurden mit Hilfe der Ultrakurzpuls-Laserbeschriftungsanlagen der Herriot-Watt University und des AIP hergestellt. CHARIOT ist der Nachfolger des ausgemusterten Strahlenkombinierers JouFLUOR.

POTSDAM ARRAYED-WAVEGUIDE-SPEKTROGRAPH

Der Potsdam Arrayed-Waveguide-Spektrograph (PAWS) ist ein kompakter Spektrographen-Prototyp für das astronomische H-Band, der ein spezifisches Arrayed Waveguide Grating (AWG)



▲ Der CHARIOT-Strahlenkombinierer am CHARA-Array wird das Licht von vier Teleskopen in Wellenleitern bündeln, die mittels ultraschneller Lasereinbrennung in einem photonischen Chip hergestellt werden.

The CHARIOT beam combiner at the CHARA Array will combine light from four telescopes into waveguides fabricated using ultrafast laser inscription in a photonic chip. (Credits: AIP / A. Mayer)

mit drei stigmatischen Punkten für eine hochauflösende spektrale Trennung verwendet. PAWS ermöglicht das Testen verschiedener AWG-Architekturen, indem der Chip außerhalb des Kryostaten montiert wird. Mit der Möglichkeit, mehrere AWGs, die an eine Faser-IFU gekoppelt sind, nacheinander anzuordnen oder zu stapeln, kann ein photonischer Multi-Objekt-Spektrograph (MOPS) gebaut werden.

OH-SUPER

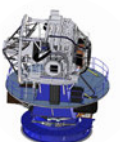
Der OH-Unterdrückungsfilter widmet sich den Herausforderungen, die sich aus starken Hydroxyl-(OH)-Emissionslinien, die in der Erdatmosphäre entstehen, in der bodengebundenen Astronomie ergeben. Ein komplexes Faser-Bragg-Gitter kann die unerwünschten OH-Linien effizient herausfiltern, bevor das Sternenlicht den Spektrographen sättigt. Am AIP werden die Filter mit verschiedenen Techniken in optische Glasfasern eingebrennt. Zu diesen Techniken gehören aperiodische Phasenmasken, zeilenweise Beschriftung mit einem Femtosekundenlaser und das modifizierte elliptische Talbot-Interferometer (METI).

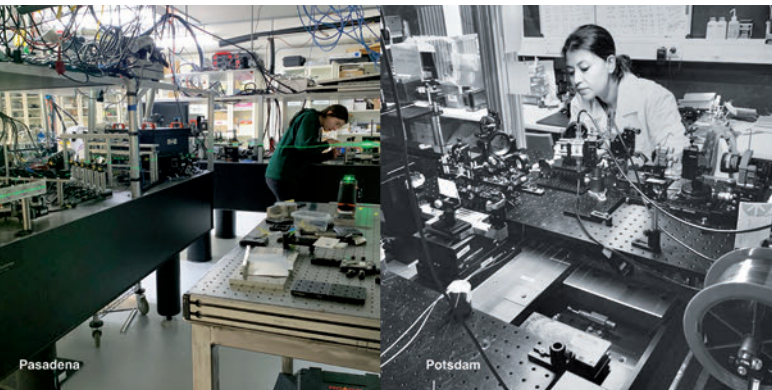
WHISPERING GALLERY MODES COMBS

Für die Kalibrierung von Spektrographen werden Whispering Gallery Modes (WGMs) in fluoreszierenden Mikroperlen untersucht. Diese zeigen in Emissionsspektren periodische Spitzen, die vom Brechungsindex des umgebenden Mediums und vom Durchmesser der Mikroperlen abhängen. WGMs bieten eine präzise Kalibrierung, da die Sequenzen der Spitzen über den gesamten sichtbaren Spektralbereich mit einem einfachen faseroptischen Aufbau leicht erzeugt werden können.

TEAM

Norberto Castro Rodriguez, Aline Dinkelaker, Joshua Jost, Xijie Luo, Kalaga Madhav (head), Alyssa Valerie Mayer, Aashia Rahman, Martin M. Roth, Julian Josef Rypalla, Elmar Schmälzlin, Azlizan Adhyaqsa Soemitro





▲ Der Strahlenkombinierer CHARIOT in den USA (links) und das „Lauflicht“-Interferometer METI in Deutschland (rechts) sind einzigartige astrophotonische Anlagen des AIP.

The CHARIOT beam combiner in the USA (left) and the METI 'running light' interferometer in Germany (right) are both unique AIP astrophotonic facilities. (Credits: AIP / A. Dinkelaker & K. Madhav)

PHOTONISCHE LATERNEN

Die Entwicklung von Photonischen Laternen (PLs) am AIP dient dazu, die Kopplungseffizienz in astrophotonischen Instrumenten zu verbessern. Eine adaptive optische Korrektur niedriger Ordnung kann verwendet werden, um Sternenlicht in einen Wellenleiter mit wenigen Moden einzukoppeln und das Licht durch die PLs in mehrere Einzelmoden-Wellenleiter umzuverteilen. Dieser Ansatz reduziert die Kosten im Vergleich zu Systemen mit extremer adaptiver Optik.

MYMST

Das Projekt „Mapping the Youngest and most Massive Stars in the Tarantula Nebula“ (MYMST) konzentriert sich auf das Verständnis der Entstehung und Entwicklung massereicher Sterne in lokalen und fernen sternbildenden Galaxien. Mithilfe von Daten des MUSE-Instruments am Very Large Telescope in Chile untersucht es die Sternpopulation von NGC 2070 und bietet Einblicke in das Zusammenspiel zwischen sehr massereichen Sternen und dem interstellaren Medium. Der Datensatz umfasst MUSE-NFM- und MUSE-WFM-Daten und bietet eine räumliche Auflösung, die der von Weltraumteleskopen entspricht.

HIMMELSGEHEIMNISSE ERFORSCHEN

Mit Spektroskopie lässt sich das Licht der Sterne analysieren und ihre Spektralklasse, Temperatur und Schwerkraft bestimmen. Da die Position der Sterne in den Galaxien Aufschluss über ihre Herkunft gibt, werden bei der Erforschung besondere Fälle aufgedeckt. Empirische Bibliotheken (MIUSCAT) sind auf Temperaturen unter 10.000 Kelvin beschränkt, aber synthetische Gitter (PHOENIX, FASTWIND) können die Klassifizierung erweitern. Mit dem automatischen Spektralanpassungstool SPEXXY und der synthetischen Bibliothek werden Spektren des Sternhaufens NGC 300 im Hinblick auf effektive Temperatur und Oberflächengravitation analysiert.

InnoFSPEC Potsdam, founded in 2008 as a collaboration between the University of Potsdam and AIP, is an interdisciplinary innovation centre, initially funded under the BMBF programme 'Unternehmen Region' and subsequently supported through 2022. Additional funding from BMBF and the European Research Council has propelled the centre's growth, supported by the 2022 establishment of the innoFSPEC Transfer Lab. In 2023, innoFSPEC at AIP was rebranded as Astrophotonics (innoFSPEC), solidifying Germany's leadership in the emerging field of astrophotonic instrumentation.

POCO

The Potsdam Comb (POCO) is a 'turn-key' ultra-stable comb system, a kind of laser ruler for light, used for high-precision measurements of the frequency of electromagnetic radiation and calibrating high-resolution spectrographs. Using a tunable photonic chip, POCO generates 900 lines. The frequency comb can be adapted to generate lines in both visual and near-infrared light, accommodating future spectrographs like BlueMUSE. POCO can be replicated into multiple combs and these can be transmitted over kilometres of optical fibres without dispersion or losses, enabling a centralisation of facilities for sites with multiple telescopes, such as the Paranal in Chile.

CHARIOT BEAM COMBINER

Beam combiners coherently combine light from individual telescopes to generate a high-resolution image. The CHARA Array Integrated Optics TestBench (CHARIOT) is being installed at the CHARA Array, an optical interferometer at the Mount Wilson Observatory, for testing and on-sky evaluation of novel 3D photonic beam combiners fabricated using ultrafast laser inscription facilities at Herriot-Watt University and AIP. CHARIOT is the successor to the decommissioned JouFLUOR beam combiner.

PAWS

Potsdam Arrayed Waveguide Spectrograph (PAWS) is a compact spectrograph prototype for the astronomical H band, utilizing a custom 3-stigmatic point Arrayed Waveguide Grating (AWG) for high-resolution spectral separation. PAWS enables the testing of different AWG architectures by mounting the chip outside the cryostat. With the possibility of cascading or stacking multiple AWGs coupled to a fiber IFU, a multi-object photonic spectrograph (MOPS) can be built.

OH-SUPER

The OH suppression filter addresses the challenges of strong hydroxyl (OH) emission lines originating in the Earth's atmosphere in ground-based astronomy. A complex fibre Bragg grating can efficiently filter out unwanted OH lines before the starlight saturates the spectrograph. The filters are inscribed into optical fibres at AIP using various techniques, including aperiodic phase masks, line-by-line inscription with a femto-second laser, and the Modified Elliptical Talbot Interferometer (METI).

WHISPERING GALLERY MODES COMBS

For the calibration of spectrographs, Whispering Gallery Modes (WGMs) in fluorescent microbeads are being explored, which show periodic peaks in emission spectra that are dependent on the refractive index of the surrounding medium and diameter of the microbeads. WGMs offer precise calibration as peak sequences can be easily generated throughout the visible spectral range using a simple fibre-optic setup.

PHOTONIC LANTERNS

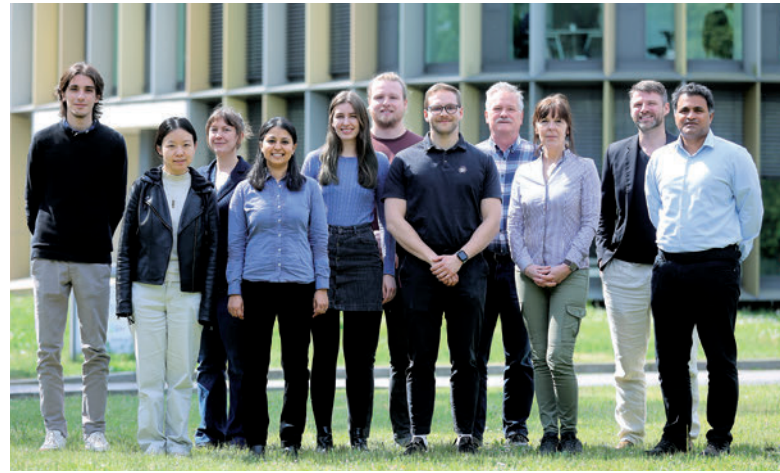
The development of Photonic Lanterns (PLs) at AIP aims to improve coupling efficiency in astrophotonic instruments. A low-order adaptive optics correction can be used to couple starlight into a few-mode waveguide, redistributing light through the PLs into multiple single-mode waveguides. This approach reduces costs compared to extreme adaptive optics systems.

MYMST

The project for Mapping the Youngest and most Massive Stars in the Tarantula Nebula (MYMST) focuses on understanding the formation and evolution of massive stars in local and distant star-forming galaxies. Utilising data from the MUSE instrument at the Very Large Telescope in Chile, it investigates NGC 2070's stellar population, revealing insights into the interplay between very massive stars and interstellar medium. The dataset includes MUSE-NFM and MUSE-WFM data, providing spatial resolution akin to space telescopes.

EXPLORING CELESTIAL MYSTERIES

Spectroscopy can be used to analyze the light of stars and determine their spectral class, temperature and gravity. Since star positions in galaxies give insights into their origins, their exploration uncovers special cases. Empirical libraries (MIUSCAT) are limited to temperatures below 10,000 Kelvin, but synthetic grids (PHOENIX, FASTWIND) can expand this classification. Using the automatic spectral fitting tool SPEXXY, together with the synthetic library, spectra of the star cluster NGC 300 are analyzed with respect to effective temperature and surface gravity.



▲ Michele Ferrari, Xijie Luo, Aline Dinkelaker, Aashia Rahman, Alyssa Valerie Mayer, Joshua Jost, Julian Rypalla, Martin R. Roth, Sonja Sautter, Alan Günther, Kalaga Madhav

AUSGEWÄHLTE PUBLIKATIONEN SELECTED PUBLICATIONS

Dinkelaker, A. N. et al. (2023): **Six-telescope integrated optics beam combiner fabricated using ultrafast laser inscription for J- and H-band astronomy**, Applied Optics, 62, 7596

Vješnica, S., Hernandez, E., Madhav, K., Roth, M. M. (2023): **Characterization of a C-RED One camera for astrophotonical applications**, Astronomische Nachrichten, 344, 8–9

Madhav, K. et al. (2023): **PAWS and POCO: NIR Astrophotonic Instruments for Astronomy**, Astronomische Nachrichten, 344, 8-9

Rahman, A. et al. (2023): **Design and fabrication of a novel phase mask to inscribe fiber Bragg gratings for astronomical applications**, CLEO: Science and Innovations 2023

Hernandez, E., Günther, A., Stoll, A., Bauer, S., Vješnica, S., Madhav, K., Roth, M. M. (2023): **The potsdam arrayed waveguide spectrograph: A demonstrator of a cross-dispersed integrated photonic spectrograph developed for the astronomical H-band**, Astronomische Nachrichten, 344, 8–9

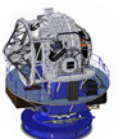
Roth, M. M., Weilbacher, P. M., Kelz, A., Madhav, K., Hernandez, E., Richard, J., Giroud, R., Bacon, R. (2022): **The BlueMUSE calibration unit: phase-A studies**, Proceedings of the SPIE 12184, Ground-based and Airborne Instrumentation for Astronomy IX, 121845S

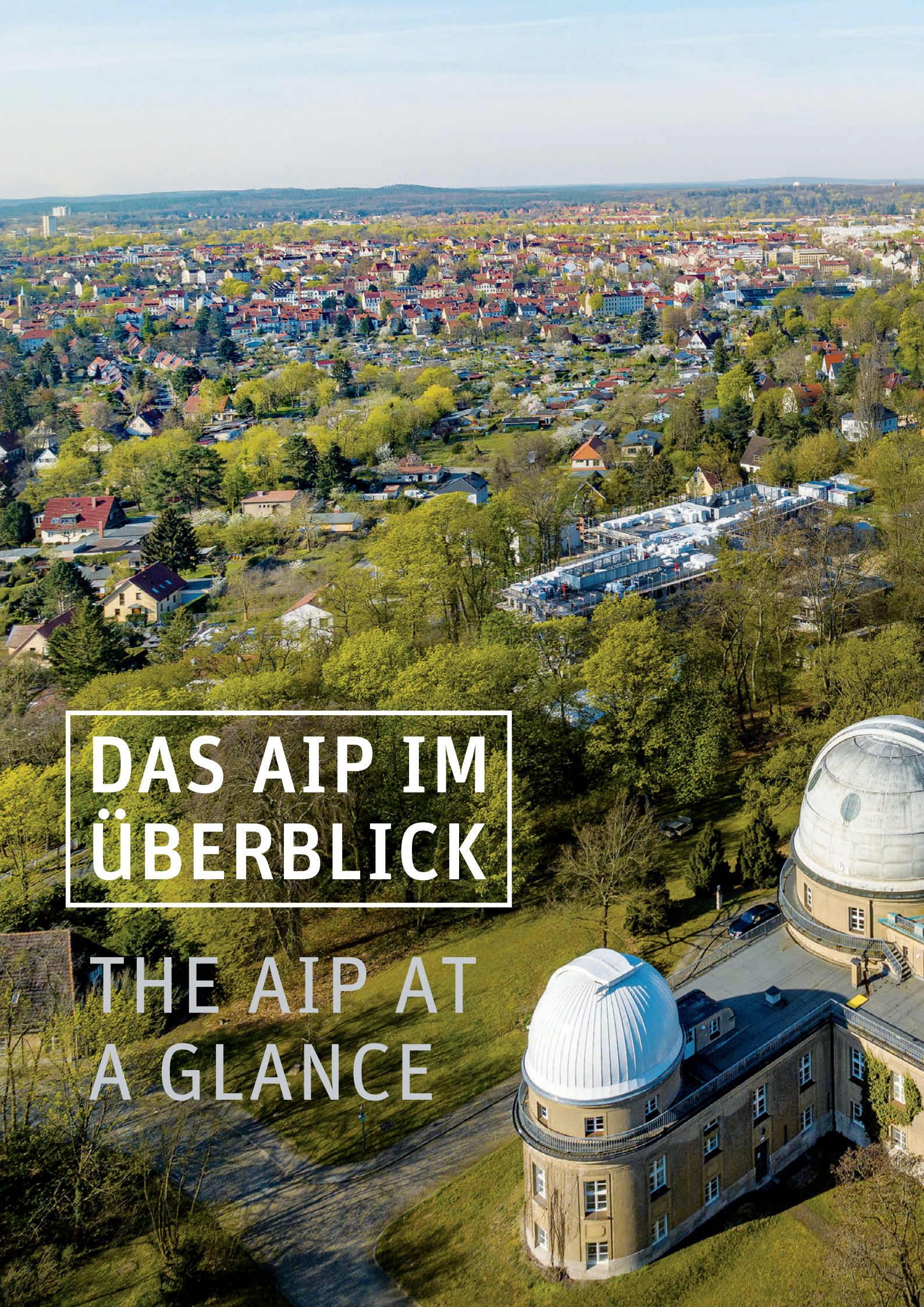
Roth, M. M. (2023): **A brief history of image sensors in the optical**, Astronomische Nachrichten, 344, 8-9

Soemitro, A. A., Roth, M. M., Weilbacher, P. M., Ciardullo, R., Jacoby, G. H., Monreal-Ibero, A., Castro, N., Micheva, G. (2023): **MUSE crowded field 3D spectroscopy in NGC 300**, Astronomy & Astrophysics, 671, A142

Roth, M. M. et al. (2023): **Astrophotonics: photonic integrated circuits for astronomical instrumentation**, Proceedings of the SPIE 12424, Integrated Optics: Devices, Materials, and Technologies XXVII, 124240B

Amico, P., Madhav, K., Hernandez, E., Roth, M. M., Beletic, J. W. (2023): **Foreword**, Astronomische Nachrichten, 344, 8–9





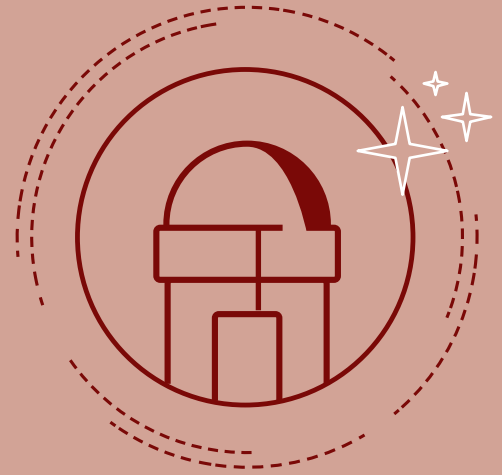
**DAS AIP IM
ÜBERBLICK**

**THE AIP AT
A GLANCE**



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

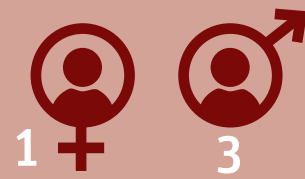
THE LEIBNIZ INSTITUTE FOR ASTROPHYSICS POTSDAM (AIP) AT A GLANCE



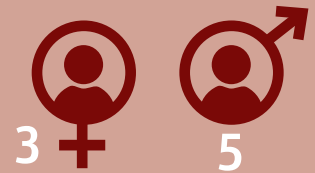
AUFSICHTSGREMIEN
SUPERVISORY BODIES



KURATORIUM
BOARD OF TRUSTEES



WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT
SCIENCE ADVISORY BOARD



GESAMTBUDGET
TOTAL BUDGET

19,5
MIO. EURO

DRITTMITTEL-
EINWERBUNGEN
THIRD-PARTY
FUNDING

8,7
MIO. EURO

BESUCHERINNEN UND BESUCHER
ÖFFENTLICHER VERANSTALTUNGEN
GUESTS AT PUBLIC EVENTS

136.000

GESAMTPERSONAL
TOTAL STAFF

211

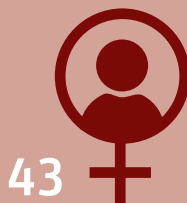


INTERNATIONAL

86

WISSENSCHAFTLERINNEN
UND WISSENSCHAFTLER
RESEARCHERS

146



43



103

INTERNATIONAL

81

ERC-GRANTS (2022 – 2023)
ERC GRANTS (2022 – 2023)

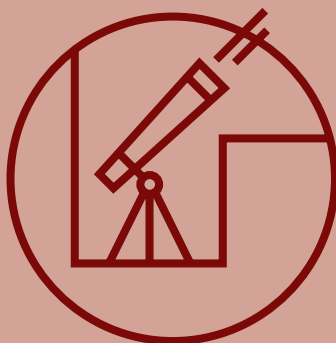
3

LEIBNIZ-JUNIOR
RESEARCH GROUPS

2

KOOPERATIONSPROJEKTE
COLLABORATIVE PROJECTS

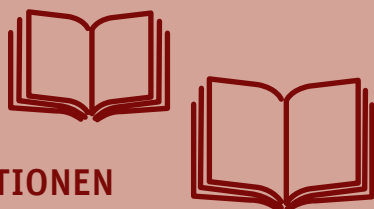
60



INTERNATIONAL

52

PUBLIKATIONEN
PUBLICATIONS



322

REFERIERTE
ZEITSCHRIFTENARTIKEL
PEER-REVIEWED ARTICLES

265

MEDIENBERICHTE
MEDIA REPORTS

269





▲ Luftbild des Forschungscampus Babelsberg mit Leibnizhaus (vorn rechts), Schwarzschildhaus (links), Bibliothek (Kuppelgebäude in der Mitte). Das Humboldthaus mit seinen drei Kuppeln ist im Hintergrund zu erkennen. Das neue Mehrzweckgebäude ist noch im Bau (rechts hinter Leibnizhaus).

Aerial view of the Babelsberg research campus with Leibnizhaus (front right), Schwarzschildhaus (left), library (domed building in the centre). The Humboldthaus with its three domes can be seen in the background. The new multi-purpose building is still under construction (right, behind Leibnizhaus). (Credits: Reinhardt & Sommer Fotografen)

FORSCHUNGSCAMPUS POTSDAM-BABELSBERG

BABELSBERG RESEARCH CAMPUS

Der Landschaftspark Babelsberg, am Havelufer in Potsdam gelegen, bietet einen einzigartigen Standort für Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus aller Welt. Seit den 1960er Jahren als Gartendenkmal gepflegt und Teil des UNESCO-Weltkulturerbes, birgt dieser Ort nach Übersiedlung der Berliner Sternwarte Anfang des 20. Jahrhunderts nun das Leibniz-Institut für Astrophysik Potsdam (AIP).

Das 1913 errichtete Hauptgebäude der historischen Babelsberger Sternwarte, das heutige Humboldthaus, beherbergt den Forschungsbereich Kosmische Magnetfelder. In dem imposanten Gewölbe des Gebäudes befindet sich noch heute der historische Babelsberger Refraktor der Firma Zeiss. Sowohl das 50-Zentimeter- als auch das 70-Zentimeter-Spiegelteleskop in den Ost- und Westkuppeln sind noch funktionstüchtig und gelegentlich für den Publikumsverkehr und für Führungen zugänglich.

Neben dem Humboldthaus befinden sich in der ehemaligen Direktorenvilla die Arbeitsplätze der Verwaltung. Die ehemaligen Meridianhäuser fungieren heute als Medien- und Kommunikationszentrum des AIP. Die Bibliothek ist in einem modernisierten Kuppelgebäude untergebracht, das bis 1945 ein 122-Zentimeter-Spiegelteleskop beherbergte.

Das im Jahr 2010 erbaute Leibnizhaus wurde mit dem Baukulturpreis der Brandenburgischen Architektenkammer ausgezeichnet. Es beherbergt zahlreiche Arbeitsplätze für Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, den Vorstand sowie das Team der Astrophotonik (innoFSPEC). In der Integrationshalle erfolgt unter anderem der Bau verschiedener Instrumente für bodengebundene Teleskope oder Weltraummissionen. Zuletzt wurde hier das Instrument 4MOST für das VISTA-Teleskop in Chile entwickelt und ausgiebig getestet.

Dem Leibnizhaus gegenüber befindet sich das Schwarzschildhaus. Das im Jahr 2000 eingeweihte zeitgenössische Gebäude enthält Arbeitsplätze für Beschäftigte im Bereich der Extragalaktischen Astrophysik, der Forschungstechnik, des Projektmanagements und des IT-Service. Im Untergeschoss sind zudem Hochleistungscomputer, Werkstätten sowie eine weitere Integrationshalle untergebracht.

Auf dem Campus entsteht ein neues Mehrzweckgebäude mit Besprechungs- und Büroräumen, einem Konferenzsaal für knapp 200 Gäste und einer hochwertigen Mensa. Im Mai 2022 feierte das Institut mit rund 200 Gästen das Richtfest des Neubaus als besonderen Höhepunkt. Die Fertigstellung des Gebäudes ist für Herbst 2024 geplant.

The Babelsberg Landscape Park, located on the banks of the Havel in Potsdam, offers a unique location for scientists from all over the world. Since the 1960s, it has been maintained as a protected garden heritage site and as part of the UNESCO World Heritage Site. Following the relocation of the Berlin Observatory at the beginning of the 20th century, this location is now home to the Leibniz Institute for Astrophysics Potsdam (AIP).

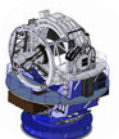
Built in 1913, the main building of the historic Babelsberg Observatory, now the Humboldthaus, is home to the Cosmic Magnetic Fields research branch. The historic Babelsberg refractor from Zeiss can still be seen in the building's imposing dome. Both the 50-centimetre and 70-centimetre reflector telescopes in the east and west domes are still in use today and are occasionally open to the public and for guided tours.

Next to the Humboldthaus, the former director's villa houses administrative offices. The former Meridian Houses now serve as the AIP's media and communication centre. The library is housed in a modernised domed building, which contained a 122-centimetre reflecting telescope until 1945.

The Leibnizhaus, built in 2010, was honoured with the Baukultur Award from the Brandenburg Chamber of Architects. It offers numerous workstations for employees, the Executive Board and the innoFSPEC team. Among other things, various instruments for ground-based telescopes and space missions are manufactured in the integration hall. Most recently, the 4MOST instrument for the VISTA telescope in Chile was developed and extensively tested here.

Opposite the Leibnizhaus is the Schwarzschildhaus. Officially opened in 2000, this modern building hosts workplaces for employees in the area of Extragalactic Astrophysics, the Technical Section, Project Management and the IT service team. The basement levels of this building also house high-performance computers and workshops as well as another integration hall.

A new multi-purpose building is being built on the campus with meeting rooms, offices, a conference hall for almost 200 guests, and a high-quality cafeteria. In May 2022 the institute celebrated the topping-out ceremony for the new building as a special highlight with around 200 guests. The building is scheduled for completion in autumn 2024.



VERWALTUNG ADMINISTRATION

Das AIP verfügt über eine leistungsfähige Verwaltung, die aus den Abteilungen Finanzen & Beschaffung, Personal & Recht sowie den Gruppen Haustechnik und Bauangelegenheiten besteht. Sie umfasst 25 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Unter der Gesamtleitung des Administrativen Vorstands werden zentrale administrative Service- und Verwaltungsaufgaben für den Betrieb des Instituts erledigt.

FINANZEN & BESCHAFFUNG

Die Abteilung Finanzen & Beschaffung 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 **Drittmittelmanagement** unterstützt die Wissenschaft bei der Einwerbung und reversionssicheren Abwicklung von Mitteln für die zahlreichen Drittmittelprojekte.

Das **Vergabe- und Beschaffungswesen** ist neben der Abwicklung von Beschaffungsvorgängen, für die zum Teil aufwändige Ausschreibungs- und Vergabeverfahren erforderlich sind, mit Zollangelegenheiten befasst und verwaltet den zentralen Rechnungseingang.

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

PERSONAL & RECHT

Die wesentlichen Aufgaben der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter umfassen das Personalmanagement und Sozialwesen mit einer Vielzahl an Personalangelegenheiten. Die Prüfung komplexer Rechtsangelegenheiten, Beratungsleistungen beim Vertragsmanagement sowie das gesamte Aufgabenspektrum im Dienstreisemanagement runden das Tätigkeitsportfolio der Abteilung ab.

HAUSTECHNIK

Die Gruppe der Haustechnik bewirtschaftet die Gebäude und Liegenschaften des AIP und ist für die Instandhaltung verantwortlich. Die Mitarbeitenden überwachen z. B. die Wartungs- und Reparaturpläne für sämtliche Bereiche der Gebäudetechnik und setzen diese um, ohne dabei die Kosten aus den Augen zu verlieren. Darüber hinaus ist die Haustechnik für den Fuhrpark und sämtliche Prüfungen der elektrischen Betriebsmittel und Anlagen verantwortlich. Aspekte aus den Bereichen Arbeitssicherheit, Gesundheits- sowie Umweltschutz werden berücksichtigt.

BAUANGELEGENHEITEN

Diese Gruppe ist für die baulichen Angelegenheiten verantwortlich, die über den laufenden Betrieb und die Instandhaltung der zum Teil denkmalgeschützten Gebäude hinausgehen. Ein Highlight im Jahr 2023 war die Wiedereröffnung des Einsteinturms, der nach erneuter aufwändiger Sanierung dank großzügiger Unterstützung der Wüstenrot Stiftung in neuem Glanz erstrahlt. Aktuell trägt die Gruppe die Verantwortung für die Errichtung des Neubaus auf dem Campus Babelsberg, der im Herbst 2024 bezogen wird. Der Neubau enthält neue Büros, einen Konferenzbereich und eine Kantine.



▲ Wolfram Rosenbach, Sandra Weinmann, René Hauffe, Franka Mayhack, Oliver Heyn, Emilia Schrader, Dennis Nagel, Petra Knoblauch, Hillene Ites, Christine Haase, Ulrich Boyer, Melanie Dautz, Manuela Kuhl, Christina Götz, Beatrice Baronick, Gernot Rosenkranz, Stefanie Rübberdt, Elke Helbig, Andrea Hasse, Toni

The AIP has an efficient administrative structure consisting of the Finance & Procurement and Personnel & Legal Affairs sections, as well as the Building Service and Building Supervision groups. It comprises 25 employees. Central administrative service and management tasks for the operation of the institute are carried out under the overall management of the Administrative Director.

FINANCE & PROCUREMENT

The Finance & Procurement section is divided into four groups. **Finance and Asset Accounting** is responsible for accounting and payment transactions, tax matters and the annual financial statements. The group also manages the budget funds allocated by the federal and state governments and the endowment assets of the Johann-Wempe-Stiftung entrusted to the AIP.

Third-party Funding Management supports the scientific community in the acquisition and audit-proof processing of funds for the numerous third-party funded projects.

In addition to handling procurement processes, some of which require complex tendering and award procedures, the **Procurement team** deals with customs matters and manages the central invoice receipt.

Controlling, which operates largely independently, complements the range of tasks of the Finance section and is ultimately dedicated to the financial management of the institute through planning, cost and performance accounting, as well as internal and external reporting.

PERSONNEL & LEGAL AFFAIRS

The main tasks of the employees of this section include personnel management and social welfare, addressing a large number of individual personnel matters. This section's portfolio of activities is complemented by the assessment of complex legal matters, consultancy services in contract management and the entire range of tasks in business travel management.

BUILDING SERVICE

The Building Service team manages the buildings and properties and is responsible for their maintenance. For example, its employees monitor the maintenance and repair plans for all areas of building technology and implement them, while also monitoring the costs. In addition, Building Service is responsible for the company cars and all inspections of electrical equipment and systems. Aspects relating to occupational safety, health and environmental protection are also taken into account.

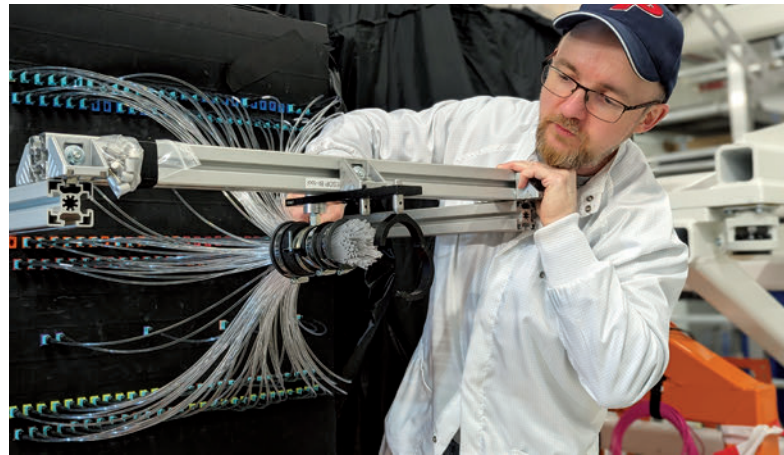
BUILDING MATTERS

The group is responsible for construction matters beyond the ongoing management and maintenance of the buildings, some of which are listed as historic monuments. A highlight in 2023 was the reopening of the Einstein Tower, which shines in 'new' splendour after another extensive refurbishment thanks to generous support from the Wüstenrot Foundation. Currently, the team is responsible for the construction of the new building at the Babelsberg campus, which will be completed in autumn 2024. The new building will contain new offices, a conference area and a canteen.

TEAM – VERWALTUNG

Beatrice Baronick, Ulrich Boyer, Anja Cysewski, Melanie Dautz, Christina Götz, Christine Haase, Andrea Hasse, René Hauße, Elke Helbig, Stefanie Rübbert, Robert Hermsdorf, Oliver Heyn, Hillene Ites, Anne van de Kamp, Petra Knoblauch, Manuela Kuhl, Franka Mayhack, Dennis Nagel, Petra Nihsen, Nicole Reimann-Kriese, Wolfram Rosenbach (head), Gernot Rosenkranz, Emilia Schrader, Mathilda Stemmler, Sandra Weinmann

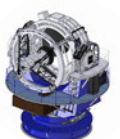
FORSCHUNGSTECHNIK TECHNICAL SECTION



▲ Arbeiten am Faser-Testaufbau für das 4MOST-Instrument
Working on the fibre test setup for the 4MOST instrument
(Credits: AIP / H. Önel)

Das AIP genießt in der astrophysikalischen Forschung einen hervorragenden Ruf. Dieser Erfolg beruht nicht nur auf der Expertise der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, sondern auch auf dem Know-how und der Erfahrung des Instituts im wissenschaftlichen Gerätebau. Die Forschungstechnik begleitet vollumfänglich die Fachabteilungen bei der Durchführung von Instrumentierungsprojekten in allen Projektphasen von der Entwicklung und Konstruktion über die Fertigung, Integration, Testung und Verifikation bis hin zur Inbetriebnahme des Instruments. Neben der Wartung während des Betriebs und schließlich der Außerbetriebnahme des Instruments am Ende eines Projekts widmet sich die Abteilung auch der Instandhaltung und Verbesserung historischer Instrumente wie dem Großen Refraktor auf dem Potsdamer Telegrafenberg oder dem Einsteinturm. Die Forschungstechnik ist in vier Gruppen strukturiert: Technische Software, Elektronik und Detektoren, Optik, Konstruktion und Feinmechanische Werkstatt. Die jeweiligen Gruppenmitglieder bilden flexible, interdisziplinäre Kompetenzteams, die eng mit den jeweiligen wissenschaftlichen Abteilungen an den Instrumentierungsprojekten zusammenarbeiten.

Die Forschungstechnik ist nicht nur für die Entwicklung und Herstellung von astronomischen Geräten zuständig, sondern auch für die Verwaltung der Laboratorien und Werkstätten des Instituts. Dazu gehören die feinmechanischen Werkstätten, mehrere Optiklabore, das Physiklabor mit Reinigungsstraße, Heizöfen und einer Kühlkammer, das Faradaylabor mit einem begehbaren Faradaykäfig, Detektor- und Elektroniklabore, ein Messlabor mit einer taktilen 3D-Koordinatenmessmaschine, ein Reinraum sowie zwei große Integrationshallen mit jeweils einem Brückenkran. Die umfangreiche Laborausstattung wird durch einen großen Teleskopsimulator ergänzt.



Ein moderner Geräte- und Maschinenpark ist eine notwendige Voraussetzung für die Entwicklung von hochgenauen Spitzeninstrumenten in nationalen und internationalen Kooperationen. Inwieweit sich das Institut an solchen Instrumentierungsprojekten an der Grenze des technisch Machbaren beteiligen kann, wird nicht zuletzt durch die am Institut vorhandenen technischen Möglichkeiten bestimmt. Ein Meilenstein im Berichtszeitraum war der erfolgreiche Abschluss eines großen Infrastrukturprojekts: Mit Mitteln der Europäischen Union aus dem Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) und des Landes Brandenburg wurden neue Geräte angeschafft, die die Möglichkeiten zur Durchführung astronomischer Instrumentierungsprojekte am Institut wesentlich erweitert haben. Dazu gehören eine neue CNC-Fräsmaschine, eine kombinierte mechanische Fräs- und Laser-Strukturierungsmaschine für das Leiterplatten-Prototyping, ein hochgenauer 3D-Scanner, ein präziser 3D-Pulverdrucker basierend auf der selektiven Lasertechnologie (SLS) sowie ein System zur optomechanischen Charakterisierung von Linsensystemen mit Autokollimator und schließlich zwei Vakuumpumpen.

Die Ausbildung von Feinwerkmechanikerinnen und Feinwerkmechanikern sowie Elektronikerinnen und Elektronikern für Geräte und Systeme ist ebenfalls Teil der Arbeit der Abteilung. Insgesamt können hier jeweils bis zu drei Auszubildende gleichzeitig ihren Beruf erlernen, was eine hervorragende Betreuungsquote und somit die Voraussetzung für eine qualitativ hochwertige Ausbildung bietet.



▲ Ausbildung zum Feinwerkmechaniker
Apprenticeship as a precision mechanic (Credits: AIP / H. Önel)



▲ Jens Paschke, Tim Cegielski, Allar Saviauk, Ulrike Lemke, Thomas Hahn, Svend-Marian Bauer, Hakan Önel, Frank Dionies, Daniel Sablowski, Dietrich Feuerstein, Sergei Pankratow, Claudia Schmeckeber, Stella Vješnica, Dennis Plüschke, Oskar Sauerbrey

The AIP enjoys an excellent reputation in astrophysical research. This success is based not only on the expertise of the scientists, but also on the institute's know-how and experience in scientific instrumentation. The Technical Section fully supports the scientific sections in the realisation of their instrumentation projects in all project phases, from development and mechanical engineering, through production, integration, testing and verification, to the commissioning of the instrument. In addition to maintenance during operation and finally the decommissioning of instruments at the end of a project, the section is also dedicated to the upkeep and improvement of historical instruments such as the Great Refractor on Potsdam's Telegrafenberg and the Einstein Tower. The Technical Section is organised into four groups: Technical Software, Electronics and Detectors, Optics, Mechanical Engineering and Precision Mechanics Workshop. The respective group members form flexible, interdisciplinary competence teams who work closely with the respective science sections on the instrumentation projects.

The Technical Section is not only responsible for the development and manufacture of astronomical instruments, but also for the administration of the institute's laboratories and workshops. These include the precision engineering workshops, several optics laboratories, the physics laboratory with a cleaning line, heating ovens and a cooling chamber, the Faraday laboratory with a walk-in Faraday cage, detector and electronics laboratories, a measurement laboratory with a tactile 3D coordinate measuring machine, a clean room and two large integration halls, each with an overhead crane. The extensive laboratory equipment is complemented by a large telescope simulator.

A modern fleet of equipment and machinery is a necessary prerequisite for the development of high-precision, cutting-edge instruments in national and international cooperations. The extent to which the institute can participate in such instrumentation projects at the edge of technical feasibility is

determined not least by the technical possibilities available at the institute. A milestone in the reporting period was the successful completion of a major infrastructure project: with funding from the European Union from the European Regional Development Fund (ERDF) and the state of Brandenburg, new equipment was purchased that has significantly expanded the institute's possibilities for carrying out astronomical instrumentation projects. The equipment purchased includes a new CNC milling machine, a combined mechanical milling and LASER structuring machine for circuit board prototyping, a highly accurate 3D scanner, a precise 3D powder printer based on selective laser sintering (SLS) technology, a system for the optomechanical characterisation of lens systems with an autocollimator and, finally, two vacuum pumps.

The vocational training of precision mechanics and electronics technicians for devices and systems is also part of the section's work. A total of up to three apprentices can learn their craft here at the same time, which provides the excellent supervision ratio needed for high-quality training.

TEAM – FORSCHUNGSTECHNIK

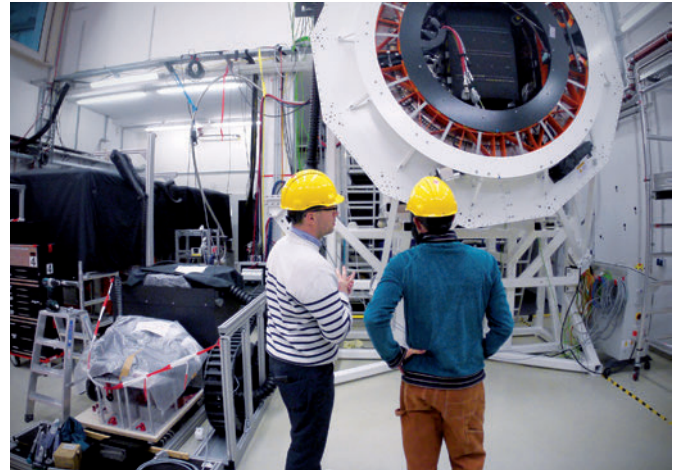
Svend-Marian Bauer, Wilbert Bittner, Angelika Boddenberg, Tim Cegielski, Frank Dionies, Daniel Döscher, Thomas Fechner, Dietrich Feuerstein, Henrik Giesekeing, Thomas Hahn, Eloy Hernandez, Leander Leibnitz, Ulrike Lemke, Thomas Liebner, Janin Menzel, Hakan Önel (head), Sergei Pankratow, Jens Paschke, Volker Plank, Dennis Plüschke, Ajay Kumar Ramesh Kumar, Lea Marlen Rektorschek, Carlos Rodriguez Alvarez, Daniel Sablowski, Oskar Sauerbrey, Allar Saviauk, Tiffany Schiemann, Berit Schlusemann, Claudia Schmeckeber, Michael Schröck, Stella Vješnica, Lukas Wagner

PROJEKTMANAGEMENT PROJECT MANAGEMENT

Die Abteilung Projektmanagement besteht seit 2018 und bündelt das Fachwissen zum Management größerer Instrumentierungsprojekte. Das größte Projekt am AIP stellte in den vergangenen Jahren das 4-metre Multi-Object Spectroscopic Telescope (4MOST) dar. Die Abteilung ist für sämtliche Aspekte des 4MOST-Projektmanagements verantwortlich und koordiniert das Konsortium mit mehr als 800 registrierten Mitgliedern an 29 Instituten weltweit.

Bis Ende 2022 trafen alle Teilsysteme, die von den Konsortialpartnern hergestellt wurden, am AIP ein und haben im Laufe des Jahres 2023 ihre Abnahmetests erfolgreich absolviert. Diese Einzelkomponenten wurden in der Integrationshalle des Leibnizhauses am AIP integriert und auf verschiedenen Prüfständen und in unterschiedlichen Kombinationen getestet. Dieser Schritt war eine Voraussetzung für die anschließenden Tests und Verifikationen auf Systemebene.

Auf der Systemebene wurden 2023 umfassende Vorkehrungen getroffen, um sich auf die Durchführung der im Herbst

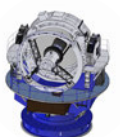


▲ Teile von 4MOST in der AIP-Integrationshalle während der Abnahmeprüfung mit der ESO

Parts of 4MOST in the AIP integration hall during acceptance testing with ESO (Credits: AIP / A. Saviauk)

2023 begonnenen Systemintegrationstests vorzubereiten. Mit Unterstützung des Auftraggebers, der Europäischen Südsternwarte (ESO), wurde ein Prozess definiert, der die Instrumentenkonfigurationen und die Reihenfolge der Verifizierungen in einem strukturierten Plan festlegt. Neben den physikalischen Tests der opto-mechanischen Systeme übernahm das Projektmanagement-Team auch die Prüfung der Instrumentensteuerungssoftware, um einen nahtlosen Betrieb mit der Software der ESO zu gewährleisten. Erste Systemtests wurden bereits durchgeführt. Die Pläne sowie die Durchführung und Dokumentation der Systemtests waren Voraussetzungen zur Erreichung der Meilensteine „Test Readiness Review“ und „Preliminary Acceptance Europe“, zwei von der ESO am AIP durchgeführte Überprüfungen. Diese Evaluierungen dienten als Grundlage für die zukünftige Freigabe und Verschiffung des Instruments nach Chile.

Neben dem Management von Projekten unterschiedlicher Größe und Komplexität, von kleinen AIP-internen Projekten bis hin zu großen internationalen Konsortien, umfasst die Abteilung Projektmanagement verschiedene weitere Kompetenzen. Ziel des Systems Engineering ist es, die erfolgreiche Realisierung eines Systems über seine Lebenszyklen hinweg zu ermöglichen – von der Identifizierung und Überwachung der Nutzeranforderungen bis zur Verifizierung der Systeme im Ist-Zustand. Die Durchführung und Dokumentation von Validierungstests übernehmen Integrations- und Testingenieure. Das Produktsicherheitsmanagement überprüft das Design und die hergestellten Produkte auf ihre Qualität, stellt aber auch eine angemessene Rückverfolgbarkeit von Design und Dokumentation sicher. Das Controlling kümmert sich nicht nur um die Projektfinanzen, die Verwendung der Drittmittel und das Berichtswesen, sondern erstellt und überwacht auch die Projektzeitpläne. Darüber hinaus plant und koordiniert das Team die Installation und Inbetriebnahme an den astronomischen Standorten weltweit.





▲ Christine Füblein, David Sachs, Olga Bellido-Tirado, Silke Kuba-Lehmann, Deborah Sobiella, Carlos Rodríguez Álvarez, Diana Johl, Steffen Frey, Roland Winkler, Jonathan Langentepe-Kong, Genoveva Micheva, Joar Brynnel, Aida Ezzati-Amini, Pasko Roje, Domenico Giannone

Generell ist die Abteilung Projektmanagement der Ansprechpartner für alle projektbezogenen Serviceleistungen. Dies reicht von der Bereitstellung von IT-Tools über die Verwaltung und Betreuung der Konsortiumsmitglieder bis hin zur Organisation von Sitzungen und Konferenzen. Zusätzlich zu 4MOST werden derzeit auch ANDES und MOSAIC, zwei Instrumentierungsprojekte der nächsten Generation für das zukünftige Extremely Large Telescope, in unterschiedlichem Umfang unterstützt.

The Project Management section was formed in 2018 to consolidate expertise in the management of major instrumentation projects. The 4-metre Multi-Object Spectroscopic Telescope (4MOST) has been the largest project at the AIP for many years. The section is responsible for all aspects of 4MOST's project management and coordinates the consortium with more than 800 registered members at 29 institutes worldwide.

By the end of 2022, all subsystems manufactured by the consortium partners had arrived at AIP and successfully completed their acceptance tests over the course of 2023. These subsystems were integrated in the Leibnizhaus integration hall at AIP and subjected to testing on various test benches and in diverse combinations. This process constituted a prerequisite for subsequent testing and verification at the system level.

At the system level, comprehensive preparations were made in 2023 for the system integration phase, which started in autumn 2023. With support of the contracting agency, the European Southern Observatory (ESO), a process was defined that sets out the instrument configurations and the sequence of verifications in a structured plan. Alongside the physical tests of the opto-mechanical systems, the Project Management team also takes care of testing the instrument control software, ensuring seamless operation with the ESO software.

Initial system tests have already been carried out. The plans, as well as the execution and documentation of the system tests, are essential prerequisites for achieving the milestones of Test Readiness Review and Preliminary Acceptance Europe – two reviews conducted by ESO at the AIP. These evaluations served as the groundwork for the subsequent instrument release and shipment to its final destination in Chile.

In addition to the management of projects of varying size and complexity, from small internal AIP projects to large international consortia, the Project Management also encompasses different additional expertise. The aim of systems engineering is to enable the successful implementation of a system throughout its lifecycle – from the identification and monitoring of user requirements to the verification of as-built systems. The implementation and documentation of validation tests is done by integration and test engineers. The product safety management team checks the design and products for quality, while ensuring appropriate traceability of design and documentation. Controlling not only takes care of project finances, utilisation of third-party funds and reporting, but also prepares and monitors project schedules. Furthermore, the team also plans and coordinates the installation and commissioning at remote astronomical sites worldwide.

In general, the Project Management section is the point of contact for all project-related services. This ranges from the provision of IT tools and the administration and support of consortium members to the organisation of meetings and conferences. In addition to 4MOST, the next-generation instrumentation projects ANDES and MOSAIC for the future Extremely Large Telescope are currently receiving varying degrees of support.

TEAM – PROJEKTMANAGEMENT

Olga Bellido-Tirado, Angelika Boddenberg, Joar Brynnel (head), Aida Ezzati-Amini, Steffen Frey, Christine Füblein, Domenico Giannone, Sahil Jhavar, Diana Johl, Silke Kuba-Lehmann, Jonathan Langethepe-Kong, Alasdair McLeod, Genoveva Micheva, Carlos Rodríguez Álvarez, Pasko Roje, David Sachs, Deborah Sobiella

IT-SERVICE IT SERVICES

Die Abteilung IT-Service ist für den reibungslosen Ablauf der IT-Infrastruktur des Instituts verantwortlich. Diese umfasst das gesamte Campus-Netzwerk, zwei Hochleistungscomputercluster sowie die LOFAR-Station in Potsdam-Bornim. Am Standort Babelsberg ist der IT-Service für die umfassende Betreuung von über 200 Nutzerinnen und Nutzern sowie einer mindestens ebenso großen Anzahl an stationären und mobilen Computern zuständig. Auch die Beschaffung und fachgerechte Entsorgung der elektronischen Geräte gehört zu den vielfältigen Aufgaben des Teams.

Das engagierte IT-Team steht den Beschäftigten und Gästen des Instituts als kompetenter Ansprechpartner für sämtliche IT-Fragen zur Verfügung. Zu den essenziellen Dienstleistungen gehören unter anderem die Bereitstellung von Dokumentationsmöglichkeiten, das Management von Drucksystemen, Telefondienste, Datenaustausch, Backup-Lösungen, IT-Sicherheitsmaßnahmen sowie Remote-Access-Funktionen.

ALLGEMEINE IT-INFRASTRUKTUR

Die IT-Infrastruktur am AIP wird fortlaufend optimiert und erweitert, um den kontinuierlich wachsenden Anforderungen der Forschung gerecht zu werden und den Beschäftigten optimale Arbeitsbedingungen zu bieten. In den Jahren 2022 und 2023 lag der Fokus auf der Virtualisierung sowie der Konsolidierung alter Hard- und Software, wodurch eine effizientere und ressourcenschonendere IT-Umgebung geschaffen wurde. Angesichts der anhaltenden Bedrohung durch Cyber- und Ransomware-Angriffe wurden zusätzliche präventive Maßnahmen entwickelt und erfolgreich umgesetzt. Diese Vorkehrungen dienen dazu, die Integrität der Forschungsdaten zu gewährleisten, die Vertraulichkeit sensibler Informationen zu schützen und die Kontinuität der wissenschaftlichen Arbeit am Institut sicherzustellen.

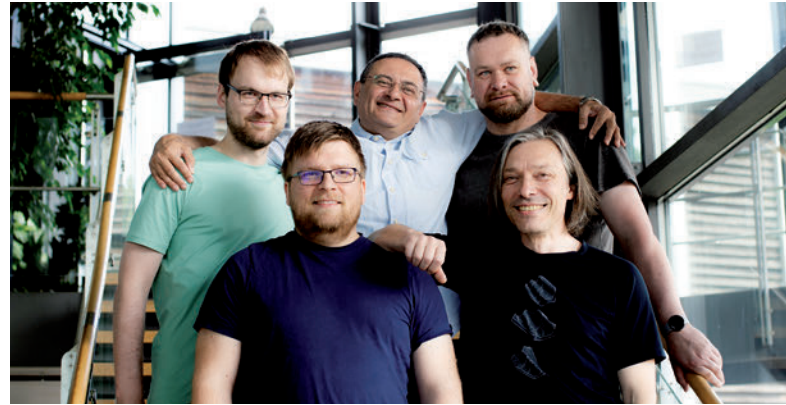
WISSENSCHAFTLICHE IT-INFRASTRUKTUR

Das E-Science-Team und der IT-Service arbeiten eng zusammen, um zwei Hochleistungscomputercluster und deren Dienste bereitzustellen. In den Jahren 2022 und 2023 wurde insbesondere mit der Umsetzung der geplanten Umstrukturierung der Netz-Infrastruktur begonnen. Diese Maßnahme dient dazu, die Netzwerkperformance zu optimieren, eine zuverlässige Konnektivität zu gewährleisten und den steigenden Bandbreitenbedarf für Forschung und Kommunikation zu decken.

NETZWERK

Das AIP verfügt über zwei redundante Glasfaserleitungen mit jeweils 1 Gbit/s, die über das Deutsche Forschungsnetz mit dem Internet verbunden sind. Innerhalb des Instituts sind die Kernkomponenten mit bis zu 10 Gbit/s Ethernet und 40 Gbit/s InfiniBand miteinander vernetzt. Die Anzahl der 10 Gbit-Verbindungen hat insbesondere in der virtuellen Server-Infrastruktur zugenommen. Die Arbeitsplätze auf dem Campus sind entweder mit 1 Gbit/s verkabelt oder können alternativ über Wireless LAN mit Geschwindigkeiten von bis zu 1750 Mbit/s angebunden werden. Die Größe des Campusnetzwerkes erfordert eine stetige Erneuerung. Im Jahr 2022/23 begann daher die geplante Erneuerung der WLAN-Infrastruktur.

The IT Service oversees the seamless operation of the institute's IT infrastructure. This includes the entire campus network, two high-performance computer clusters, and the LOFAR station in Potsdam Bornim. At the Babelsberg site, the IT service is responsible for the in-depth support of over 200 users and at least the same number of stationary and mobile computers. The team's diverse tasks also include the procurement and



▲ Joachim Kruth, Sebastian Bär, Arman Khalatyan, Ronny Nickel, Michael Furch

professional disposal of electronic equipment. The dedicated IT Service is available to employees and guests of the institute as an effective point of contact for all IT issues. Essential services include the provision of documentation options, the management of printing systems, telephony services, data exchange, backup solutions, IT security measures, and remote access functions.

GENERAL IT INFRASTRUCTURE

The IT infrastructure at the AIP is continuously optimized and expanded to meet the ever-increasing demands of research and to offer employees optimal working conditions. In 2022 and 2023, the focus was put on virtualization and the consolidation of old hardware and software, creating a more efficient and resource-saving IT environment.

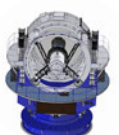
In light of the ongoing threat of cyber and ransomware attacks, additional preventative measures have been developed and successfully implemented. These safeguards serve to ensure the integrity of research data, protect the confidentiality of sensitive information, and ensure the continuity of scientific work at the institute.

SCIENTIFIC IT INFRASTRUCTURE

The E-Science team and the IT Service work closely together to maintain the two high-performance computer clusters and their services. In the years 2022 and 2023, a particularly important step in this direction was taken by employing the planned restructuring of the network infrastructure. This measure served to optimize network performance, ensure reliable connectivity, and meet the increasing demand for bandwidth for research and communication purposes.

NETWORK

The AIP has two redundant fibre optic lines, each with 1 Gbit/s, which are connected to the internet via the German Research Network. Within the institute, the core components are networked with each other with up to 10 Gbit/s Ethernet and 40 Gbit/s InfiniBand. The number of 10 Gbit connections has increased, particularly in the virtual server infrastructure.



The workstations on campus are either wired with 1 Gbit/s or can alternatively be connected via wireless LAN with speeds of up to 1750 Mbit/s. The size of the campus network requires constant renewal, which is why the planned renewal of the WLAN infrastructure was started in 2022/23.

TEAM – IT-SERVICE

Sebastian Bär (head), Mario Dionies, Jens Franke, Michael Furch, Arman Khalatyan, Joachim Kruth, Ronny Nickel, Leandro Schimming

WISSENSCHAFTLICHE BIBLIOTHEK UND DOKUMENTATIONSZENTRUM SCIENTIFIC LIBRARY AND DOCUMENTATION CENTRE

Die wissenschaftliche Bibliothek des AIP ist eine zentrale Serviceeinrichtung mit dem Ziel der effizienten Abdeckung des Informationsbedarfs der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Instituts. Darüber hinaus steht sie auch Forschenden aus dem In- und Ausland, Studierenden und der interessierten Öffentlichkeit offen, für welche die Bibliothek mit ihrem wertvollen historischen Bestand eine bedeutsame Quelle ist.

Der Bestand setzt sich maßgeblich aus den Bereichen Astrophysik sowie Physik und Mathematik im Allgemeinen zusammen und ist mit ihrer über 300-jährigen Bibliotheks- und Sammlungsgeschichte im deutschsprachigen Raum einzigartig und unverzichtbar. Ergänzt wird die Sammlung durch ein Institutsarchiv sowie einen umfangreichen Bildbestand, bestehend aus Papierabzügen, Glasplatten, Negativen und digitalen Bildern, welcher seit 2021 erschlossen wird.

Durch die Beteiligung an verschiedenen Konsortien wird den Mitarbeitenden ein umfassender Zugang zu wissenschaftlichen Zeitschriftenartikeln ermöglicht, zudem gewährleistet die Teilnahme an den DEAL-Verträgen die Veröffentlichung von Forschungsbeiträgen im Open Access. Die Bibliothek bietet neben den klassischen Bibliotheksdiensten eine Vielzahl von forschungsnahen Dienstleistungen an, insbesondere die Beratung in allen Bereichen des Open Access und wissenschaftlichen Publizierens.

Im Jahr 2023 wurde das Angebot der Bibliothek um die E-Book-Plattform ProQuest Ebook Central erweitert, die den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern den Zugriff auf eine Vielzahl von E-Books verschiedener Verlage ermöglicht. Im selben Jahr wurde mit der Restaurierung der originalen Druckplatten der „Charte der Gebirge des Mondes“ von Johann Friedrich Julius Schmidt begonnen. „Charte der Gebirge des Mondes“ ist ein 1878 veröffentlichtes Kartenwerk, bestehend aus 25 Blättern.



▲ Eine der 25 originalen Druckplatten der „Charte der Gebirge des Mondes“
One of the 25 original printing plates of the *Charte der Gebirge des Mondes* (Credits: AIP Archiv)

Mit knapp 33.000 Mondkratern galt das Werk als die beste Mondkarte des 19. Jahrhunderts. Die restaurierten Druckplatten werden im Neubau des AIP präsentiert werden. Neben den Originaldruckplatten befinden sich auch die Originalzeichnungen der 25 Karten im Archiv des AIP.

The scientific library of the AIP is a central service facility aimed at efficiently meeting the information needs of the institute's scientists. Additionally, the library is open to researchers from Germany and abroad, as well as to students and the public, who find the library's valuable historical collection to be a significant resource.

The collection primarily focuses on astrophysics, as well as physics and mathematics in general, and with over 300 years of history, the library and its collection are unique and indispensable in the German-speaking world. The collection is complemented by an institute archive and an extensive image collection, consisting of prints, glass plates, negatives, and digital images, which have been cataloged since 2021.

Through participation in various consortia, staff members are granted comprehensive access to scientific journal articles, and participation in DEAL contracts ensures the publication of research contributions in open access. In addition to traditional library services, the library offers a wide range of research-related services, advising scientists on all aspects of open access and scientific publishing.

In 2023, the library's offerings were expanded to include the ProQuest Ebook Central platform, providing staff members with access to a variety of e-books from different publishers. In the same year, restoration work began on the original printing plates of Johann Friedrich Julius Schmidt's *Charte der Gebirge des Mondes*. It is a cartographic work published in 1878, consisting of 25 sheets. With nearly 33,000 lunar craters, it was the most detailed moon map created in the 19th century. The restored printing plates will be displayed in the new building of the AIP. In addition to the original printing plates, the AIP archive also contains the original drawings of the 25 maps.

TEAM – BIBLIOTHEK

Regina von Berlepsch, Rebecca Klee (head), Melissa Thies

FÖRDERVEREIN AIP E. V. SUPPORT ASSOCIATION OF AIP E.V.

Der Verein der Freunde und Förderer des Leibniz-Instituts für Astrophysik Potsdam (AIP) e. V. hat nach seiner Gründung im Jahr 2019 mit zunächst acht Mitgliedern in den Jahren 2022/23 weitere neun Mitglieder gewonnen. Der frühere Direktor des AIP Prof. Dr. Günther Hasinger hat sich 2023 bereiterklärt, den Vereinsvorsitz zu übernehmen. Der Verein stellt sich zum Ziel, den wissenschaftlichen Austausch und die Popularisierung der Astrophysik zu fördern und zur Erhaltung und Pflege der historischen Gebäude und Instrumente des AIP beizutragen. Vereinsmitglieder bieten regelmäßig Führungen durch die Sternwarte Babelsberg, zum Einsteinurm und dem Gebäude des Großen Refraktors auf dem Telegrafenberg an.

Ein Höhepunkt war im September 2022 die Ausstellung „Minimal Kunst: Grafik und Skulptur“ im Großen Refraktor des Wissenschaftsparks Albert Einstein durch den Verein und in Kooperation mit dem Kunstverein Potsdam sowie mit finanzieller Unterstützung durch die Stadt Potsdam. Die Exponate des Grafikers Thomas Ranft und die Skulpturen von Claus Lutz Gaedicke erinnerten an die Ausstellung vor 40 Jahren in der Sternwarte und im Hauptgebäude des ehemaligen Astrophysikalischen Observatoriums Potsdam. Etwa 300 Gäste besuchten die Ausstellung, darunter viele frühere Institutsmitglieder. Gern nimmt der Förderverein neue Mitglieder in seine Reihen auf, Formulare dazu finden sich auf der Webseite verein.aip.de.

Following its foundation in 2019 with eight initial members, the association Freunde und Förderer des Leibniz-Instituts für Astrophysik (AIP) e.V. gained a further nine members in 2022/23. The former director of the AIP, Prof. Dr. Günther Hasinger, agreed to take over the chairmanship of the association in 2023. The aim of the association is to promote scien-



▲ Ausstellung „Mikromegas 2“ im Saal des Großen Refraktors

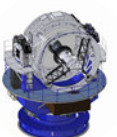
‘Mikromegas 2’ exhibition in the Great Refractor’s dome
(Credits: Förderverein AIP)

tific exchange and the popularisation of astrophysics and to contribute to the preservation and maintenance of AIP’s historical buildings and instruments. Association members regularly offered guided tours to the Babelsberg observatory, the Einstein Tower and the Great Refractor building on the Telegrafenberg.

A highlight was the ‘Minimal Art: Graphics and Sculpture’ exhibition in the Great Refractor of the Science Park Albert Einstein in September 2022, organised by the association in cooperation with the Kunstverein Potsdam and with financial support from the City of Potsdam. The exhibits by graphic artist Thomas Ranft and the sculptures by Claus Lutz Gaedicke were reminiscent of the exhibition 40 years ago in the observatory and in the main building of the former Astrophysical Observatory Potsdam. Around 300 guests visited the exhibition, including many former members of the institute. The association is happy to welcome new members to its ranks, forms are available at the website verein.aip.de.

TEAM – FÖRDERVEREIN AIP E. V.

Prof. Dr. Günther Hasinger (Chair), Volker Müller (Managing Director), Regina von Berlepsch (Secretary), Hakan Önel (Treasurer)



ASTRONOMISCHE NACHRICHTEN ASTRONOMICAL NOTES

Die Zeitschrift *Astronomische Nachrichten* (AN) wurde 1821 von H. C. Schumacher gegründet und wird somit 2024 bereits 203 Jahre alt. Sie ist die älteste noch immer veröffentlichte astronomische Zeitschrift der Welt. Obwohl die AN bereits 1821 gegründet wurde, erschien die erste Ausgabe erst zwei Jahre später. Im gerade abgelaufenen Kalenderjahr 2023 fand somit das Jubiläum „200 Jahre erster AN-Artikel“ statt. Das AIP agiert weiterhin als Gastinstitut für das AN-Herausgeberbüro in enger Zusammenarbeit mit dem Verlag Wiley-VCH in Berlin.

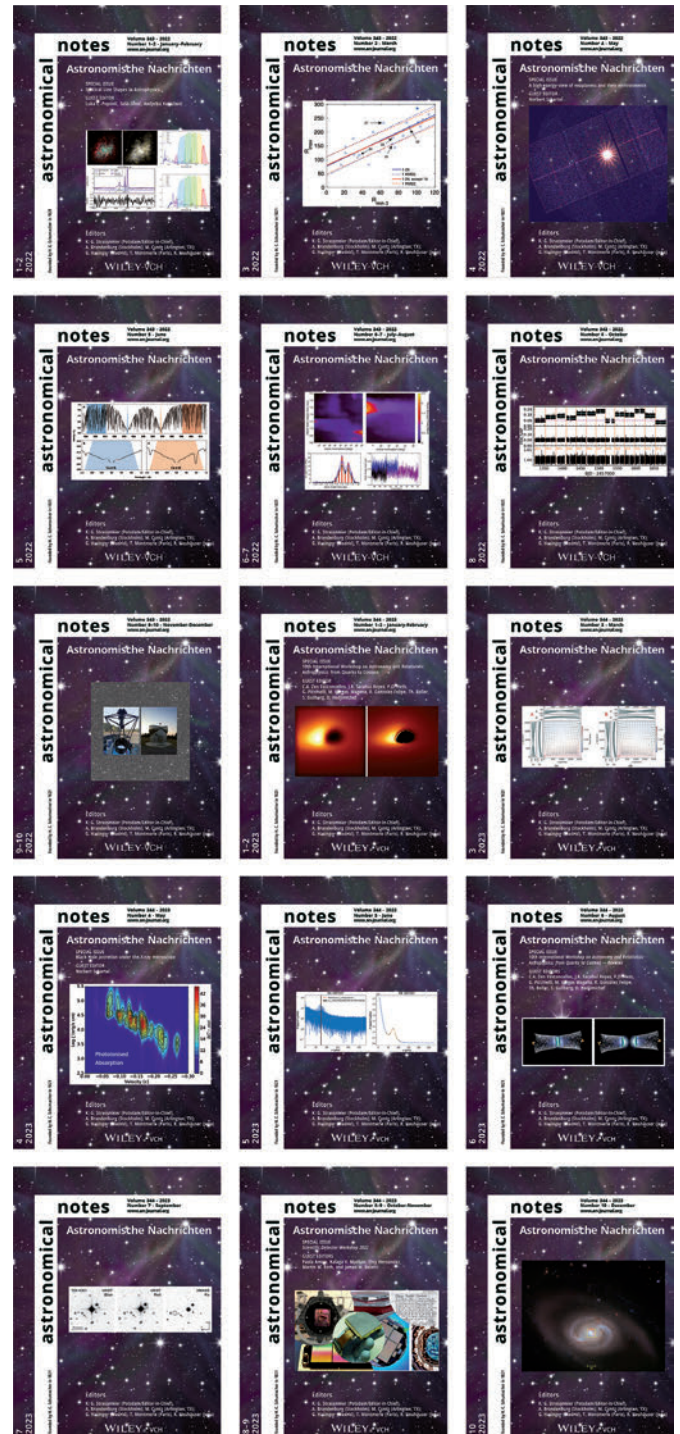
Im Jahr 2023 wurden mehrere Veränderungen im Redaktionsprozess konsolidiert, die sowohl die Autorinnen und Autoren als auch die Leserinnen und Leser betreffen. Seit der Ausgabe 344 im Jahr 2023 ist der Einreichprozess über das internationale Portal ScholarOne geregelt, das den Autorinnen und Autoren erlaubt, den Status ihres Artikels laufend zu überprüfen. Ebenso erfolgte die Umstellung von laufenden Seitenzahlen auf eLocators, die in der elektronischen Welt dieselbe Funktion wie Seitenzahlen in der Print-Welt haben. AN ist nun ebenso in die Ära des „Open Access Publishing“ eingetreten.

The journal *Astronomische Nachrichten* / *Astronomical Notes* (AN) was founded by H. C. Schumacher in 1821 and thus turns 203 years old in 2024. It is the oldest astronomical journal in the world that is still being published. Although it was founded in 1821, the first issue of AN was ready and published two years later. This is why 2023 saw the 200-year anniversary of the first AN article. AIP continues to host the journal's editorial office, in close collaboration with Wiley-VCH GmbH in Berlin.

The past year consolidated some editorial changes for the AN universe, both for authors and for readers. With volume 344 in 2023, AN now relies on the international ScholarOne submission platform for submitting articles, which allows authors to continuously monitor the status of their article. Also sequential page numbers were replaced by eLocators, serving the same function as page numbers in the print world. AN also entered the open access era.

TEAM – ASTRONOMISCHE NACHRICHTEN

Klaus G. Strassmeier (Editor-in-Chief), Matthias Steffen (Managing Editor), Sydney Barnes (Vice-Managing Editor)



▲ Titelseiten aller Ausgaben der Bände 343 (2022) und 344 (2023)
Front covers for individual issues in volumes 343 (2022) and 344 (2023)
(Credits: Wiley-VCH)

Preise und Auszeichnungen

Awards and Honours

JOHANN-WEMPE-PREIS

Am 14. Juni ehrte die Johann-Wempe-Stiftung *Dr. Roland Bacon* vom Centre de Recherche Astrophysique de Lyon, Frankreich, mit dem Johann-Wempe-Preis 2022 für seine Beiträge und Initiativen zu innovativen astronomischen Instrumenten über einen Zeitraum von fast 35 Jahren, insbesondere für seine führende Rolle bei der Entwicklung des Konzepts der Integralfeldspektroskopie. Roland Bacon ist Projektleiter für das erfolgreiche Instrument MUSE am Very Large Telescope (VLT) der ESO, das am AIP mitentwickelt wurde.

Zu Ehren des letzten Direktors des Astrophysikalischen Observatoriums Potsdam, Prof. Dr. Johann Wempe (1906 – 1980), wird seit dem Jahr 2000 der Johann-Wempe-Preis an hervorragende Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler vergeben. Er wird aus dem Nachlass von Johann Wempe finanziert.

KARL-SCHWARZSCHILD-FELLOWSHIP

Im Oktober 2023 begrüßte das AIP *Dr. Meredith Powell* als neue Karl-Schwarzschild-Fellow. Nach ihrer Promotion an der Yale University widmet sich Meredith Powell der Erforschung von aktiven galaktischen Kernen (AGN) und deren Umgebung mit einem Schwerpunkt auf akkretierenden, supermassereichen Schwarzen Löchern in der Abteilung Galaxien und Quasare. Das AIP verleiht Karl-Schwarzschild-Fellowships an herausragende Nachwuchsforschende zu Ehren des ehemaligen Direktors des Astrophysikalischen Observatoriums Potsdam (AOP). Damit würdigt das AIP außergewöhnliche wissenschaftliche Leistungen in der Astrophysik, insbesondere auf den Gebieten Optik, Sternphysik, Sternaktivität und der Allgemeinen Relativitätstheorie.

ERC CONSOLIDATOR GRANT

Der Europäische Forschungsrat (ERC) zeichnete 2022 *Dr. Oliver Gressel* mit einem renommierten Consolidator Grant aus. Die Fördersumme umfasst knapp 2,5 Millionen Euro über einen Zeitraum von fünf Jahren. Das Ziel des geförderten Forschungsprojekts „Early phases of planetary birth sites – environmental context and interstellar inheritance“ ist es, ein tiefgehendes Verständnis für die Entstehung und Entwicklung von Gasscheiben um junge Sterne zu gewinnen, aus denen schließlich Planeten hervorgehen. Im Fokus stehen der Aufbau und die frühe Entwicklung dieser protoplanetaren Gasscheiben, wobei eine zentrale Frage die Rolle des Umfelds dieser Scheiben ist. Die ERC-Fördermittel werden dazu verwendet, Stellen für Promovierende und PostDocs zu finanzieren und die Computercluster am Institut zu erweitern, die für die rechenintensiven Simulationen unerlässlich sind.



▲ Das AIP ehrte Dr. Roland Bacon (Mitte) mit dem Johann-Wempe-Preis 2022.

The AIP honoured Dr. Roland Bacon (centre) with the Johann Wempe Award 2022. (Credits: AIP)

LEIBNIZ JUNIOR RESEARCH GROUP

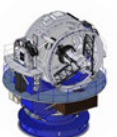
Dr. Rainer Weinberger leitet seit Januar 2023 am AIP eine Leibniz Junior Research Group. Die durch den Leibniz-Wettbewerb geförderte Forschungsgruppe wird für fünf Jahre mit insgesamt einer Million Euro unterstützt. Das Projekt konzentriert sich auf anspruchsvolle kosmologische Simulationen mit neuartigen numerischen Methoden, um insbesondere den Gaskreislauf in und um Galaxien zu untersuchen. Die Entstehung und Entwicklung von Galaxien hängen von internen, kleinskaligen Rückkopplungen ab, wobei energetische Prozesse in massereichen Sternen und aktiven Galaxienkernen den Gaszyklus antreiben und die Galaxienentwicklung beeinflussen. Rainer Weinberger ist ein Experte für Simulationen der Galaxienbildung, Mitglied des IllustrisTNG-Projekts und verknüpft die komplexe Physik des galaktischen Gases mit Beobachtungsergebnissen.

FÖRDERUNG DURCH DIE CARL-ZEISS-STIFTUNG

Dr. Tobias Buck startete im Anschluss an seine wissenschaftliche Tätigkeit als Postdoktorand am AIP im August 2022 mit Unterstützung der Carl-Zeiss-Stiftung eine Nachwuchsgruppe an der Universität Heidelberg, die sich auf die Anwendung von maschinellem Lernen in der Astrophysik konzentriert.

PUBLIKATIONS- UND PROMOTIONSPREISE

Am 22. Mai 2022 verlieh das Leibniz-Kolleg Potsdam den Publikationspreis an *Dr. Dario Fritzewski*. In drei Veröffentlichungen widmete er sich der Analyse der Rotationsaktivität des 300 Millionen Jahre alten Sternhaufens NGC 3532. Seine Publikationen stellen neue Methoden zur Bestimmung von Rotationsperioden und zur Altersbestimmung von Sternen außerhalb von Sternhaufen vor.





▲ Dr. Meredith Powell kam als Karl-Schwarzschild-Fellow 2023 ans AIP.

Dr. Meredith Powell joined AIP in 2023 as Karl-Schwarzschild Fellow. (Credits: AIP, Thomas Spikermann)



▲ Dr. Rainer Weinberger startete 2023 eine Leibniz Junior Research Group.

Dr Rainer Weinberger launched a Leibniz Junior Research Group in 2023. (Credits: Foto Borchard)



▲ Das Leibniz-Kolleg Potsdam verlieh den Publikationspreis 2022 an Dr. Dario Fritzewski.

The Leibniz-Kolleg Potsdam awarded the Publication Prize 2022 to Dr Dario Fritzewski. (Credits: AIP)

Die Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät der Universität Potsdam zeichnete *Dr. Timon Thomas* am 29. Juni 2023 mit dem Michelson-Preis aus. Diese Ehrung würdigt seine exzellente Dissertation im Bereich der theoretischen Astrophysik. Darin beschäftigte er sich mit dem Transport kosmischer Strahlung in astrophysikalischen Plasmen. Er entwickelte eine innovative hydrodynamische Theorie und implementierte sie erfolgreich in komplexe numerische Codes.

Am 22. November 2023 ehrte die Physikalische Gesellschaft zu Berlin e. V. *Dr. Maria Werhahn* mit dem Carl-Ramsauer-Preis 2023 für ihre herausragende Dissertation. In ihrer Arbeit untersuchte sie die Auswirkungen kosmischer Strahlung auf die Entwicklung und Sternbildungseffizienz von Galaxien. Sie entwickelte numerische Methoden, um die Spektren der kosmischen Strahlung und die damit verbundenen Emissionsprozesse zu modellieren.

WEITERE PREISE UND EHRUNGEN

Lea Marlen Rektorschek, studentische Hilfskraft in der Forschungstechnik, gewann mit ihrem Team den ersten Preis bei einem Quantencomputer-Hackathon auf der Messe LASER World of PHOTONICS / World of QUANTUM.

Eine besondere Ehre wurde dem ehemaligen Vorsitzenden des Fördervereins Großer Refraktor e. V., *Ernst-August Gußmann*, zuteil, als die Internationale Astronomische Union (IAU) einen Kleinplaneten nach ihm benannte.

Der *Tagesspiegel* ehrte *Dr. Marcel Pawlowski*, mit der Aufnahme in die Liste der „100 wichtigsten Köpfe der Berliner Wissenschaft“.

JOHANN WEMPE AWARD

On 14 June, the Johann Wempe Foundation honoured *Dr. Roland Bacon* from the Centre de Recherche Astrophysique de Lyon, France, with the 2022 Johann Wempe Award for his contributions and initiatives to innovative astronomical instruments over a period of almost 35 years, in particular for his leading role in the development of the concept of integral field spectroscopy. Roland Bacon is Principle Investigator for the successful MUSE instrument at ESO's Very Large Telescope (VLT), which was co-developed at AIP. In honour of the last director of the Astrophysical Observatory Potsdam, Prof. Dr. Johann Wempe (1906 – 1980), the Johann Wempe Award has been granted to outstanding scientists since 2000. It is financed with funds left in the will of Johann Wempe.

KARL SCHWARZSCHILD FELLOWSHIP

In October 2023, the AIP welcomed *Dr. Meredith Powell* as new Karl Schwarzschild Fellow. After completing her PhD at Yale University, Meredith Powell has dedicated herself to the study of active galactic nuclei (AGN) and their environment, with a focus on accreting supermassive black holes in the Galaxies and Quasars section at AIP.

The Karl Schwarzschild Fellowship is awarded to outstanding young researchers in honour of the former director of the Astrophysical Observatory Potsdam (AOP). The AIP thereby recognizes exceptional scientific achievements in astrophysics, particularly in the fields of optics, stellar physics, stellar activity and the general theory of relativity.

ERC CONSOLIDATOR GRANT

The European Research Council (ERC) awarded *Dr. Oliver Gressel* a prestigious Consolidator Grant in 2022. The funding comprises almost 2.5 million euros over a period of five years. The aim of the funded research project 'Early phases of planetary birth sites – environmental context and interstellar inheritance' is to



▲ Dr. Oliver Gressel warb 2022 einen ERC Consolider Grant ein.

Dr. Oliver Gressel acquired an ERC Consolider Grant in 2022. (Credits: AIP/Thomas Spikermann)



▲ Dr. Timon Thomas erhielt den Michelson-Preis der Universität Potsdam für seine Dissertation.

Dr. Timon Thomas received the Michelson Award of the University of Potsdam for his dissertation. (Credits: Lisa Seiler)



▲ Dr. Maria Werhahn erhielt den Carl-Ramsauer-Preis 2023 für ihre Dissertation.

Dr. Maria Werhahn received the Carl-Ramsauer Award for her dissertation. (Credits: Maria Werhahn)

gain a deeper understanding of the formation and development of gas discs around young stars, from which planets eventually emerge.

The focus is on the structure and early evolution of these protoplanetary gas discs, with a central question being the role of the environment of these discs. The ERC funding will be used to finance positions for PhD students and post-doctoral researches and to expand the computer clusters at the institute, which are essential for the computationally intensive simulations.

LEIBNIZ JUNIOR RESEARCH GROUP

Dr. Rainer Weinberger has been the head of a new Leibniz Junior Research Group at the AIP since January 2023. The group is funded by the Leibniz Competition for five years and supported with a total of one million euros. The project focuses on sophisticated cosmological simulations in order to in particular investigate the gas cycle in and around galaxies. The formation and evolution of galaxies depend on internal, small-scale feedback, with energetic processes in massive stars and active galactic nuclei driving the gas cycle and influencing galaxy evolution. Rainer Weinberger is an expert in simulating galaxy formation, a member of the IllustrisTNG project, and he highlights the link between the complex physics of galactic gas and observational results.

FUNDING FROM THE CARL ZEISS FOUNDATION

Following his scientific work as a postdoctoral researcher at the AIP, *Dr. Tobias Buck* started a junior research group at Heidelberg University in August 2022 with the support of the Carl Zeiss Foundation. The project focuses on the application of machine learning in astrophysics.

PUBLICATION AND DOCTORAL PRIZES

On 22 May 2022, the Leibniz-Kolleg Potsdam awarded the Publication Prize to *Dr. Dario Fritzewski*. In three

publications he focused on analysing the rotational activity of the 300-million-year-old star cluster NGC 3532. His publications provide new methods for deriving rotational periods and determining the ages of stars outside star clusters.

The Faculty of Science at the University of Potsdam awarded *Dr. Timon Thomas* the Michelson Prize on 29 June 2023. This honour recognizes his exceptional dissertation in the field of theoretical astrophysics. His thesis focuses on the transport of cosmic rays in astrophysical plasmas. He developed an innovative hydrodynamical theory and implemented it successfully in complex numerical codes.

On 22 November 2023, *Dr. Maria Werhahn* was awarded the Carl Ramsauer Prize 2023 of the Physikalische Gesellschaft zu Berlin e.V. for her outstanding dissertation. In her thesis she investigated the effects of cosmic rays on the evolution and star formation efficiency of galaxies. She developed numerical methods to model the spectra of cosmic rays and the associated emission processes.

FURTHER PRIZES AND HONOURS

Lea Marlen Rektorschek, student assistant in the technical section, and her team won the first prize in a quantum computer hackathon at the LASER World of PHOTONICS / World of QUANTUM trade fair.

A special honour was bestowed on *Ernst-August Gußmann*, former chairman of the Förderverein Großer Refraktor e.V., when the International Astronomical Union (IAU) named a minor planet after him.

The *Tagesspiegel* honoured *Dr. Marcel Pawlowski* by including him in its list of the '100 most important minds in Berlin science'.



Tagungen

Conferences



▲ Gruppenfoto der SOLARNET-Konferenz 2023 / Group photo of the SOLARNET conference 2023 (Credits: AIP)

SCIENTIFIC DETECTOR WORKSHOP

Beim hybriden Scientific Detector Workshop trafen sich 105 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sowie Ingenieurinnen und Ingenieure vom 4. bis 9. September 2022 auf dem Telegrafenberg in Potsdam und online, um sich über die neuesten Entwicklungen auf dem Gebiet bildgebender Sensoren auszutauschen.

AIP THINKSHOP

Vom 7. bis 9. September 2022 organisierte das AIP den 17. AIP Thinkshop in Potsdam-Babelsberg. Am hybriden Format nahmen 98 Personen teil und diskutierten über Exoplanetenatmosphären und deren Beobachtung mit hochauflösender Spektroskopie. Der Themenschwerpunkt lag auf den neuesten Beobachtungstechniken, ihrer Analyse und Instrumenten der nächsten Generation.

4MOST ALL HANDS MEETING

Das AIP lud vom 19. bis 23. September 2022 zum 4MOST All Hands Meeting auf den Potsdamer Telegrafenberg ein. Thema des Meetings, an dem 102 Personen vor Ort und 164 online teilnahmen, waren die aktuellen Entwicklungen beim Bau des Instruments.

HERAEUS-SYMPIOSIEN

Im Rahmen der Berlin Science Week fanden 2022 und 2023 spezielle von der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung geförderte Symposien statt. Unter dem Titel „The Emergence of Galaxies and their Supermassive Black Holes as seen by JWST“ trafen sich am 10. November 2022 führende Forschende. Sie erörterten die ersten Ergebnisse und Zukunftsaussichten auf dem Gebiet der Galaxienentwicklung mit dem James-Webb-Weltraumteleskop (JWST) gemeinsam mit anderen Observatorien.

Genau ein Jahr später erfolgte das Heraeus-Symposium zum Thema „550 Jahre kopernikanisches Universum: unser Platz im Kosmos“. Mit einer Vielzahl von Vorträgen führender Astronominen und Astronomen zum neuesten Stand der Forschung befasste sich das eintägige Symposium mit unserem Platz im Universum, in der Galaxie und im Sonnensystem.

IAU-SYMPIOSIUM

Vom 20. bis 24. März 2023 trafen sich 150 Forschende aus 25 Ländern in Potsdam zum Symposium 379 der Internationalen Astronomischen Union mit dem Thema „Dynamical Masses of Local Group Galaxies“. Der Schwerpunkt der Tagung lag auf der Bestimmung der Masse von Galaxien in unserer unmittelbaren kosmischen Nachbarschaft und der Diskussion von Methoden, Beobachtungen, Ergebnissen und zukünftigen Plänen.

SOLARNET

Im Rahmen des SOLARNET Netzwerks fand vom 8. bis 12. Mai 2023 die Konferenz zum Thema „The Many Scales of the Magnetic Sun“ in Potsdam statt. Auf der Konferenz wurden die Fortschritte im Verständnis solarer Magnetfelder besprochen, angefangen bei der grundlegenden Strukturgröße der Magnetfelder bis hin zu den globalen Eigenschaften der aktiven Regionen und der Sonne als Ganzes.

JAHRESTAGUNG DER ASTRONOMISCHEN GESELLSCHAFT

Die Astronomische Gesellschaft kam für ihre Jahrestagung vom 11. bis 15. September 2023 in Berlin zusammen und widmete sich der kosmischen Entwicklung der Materie auf allen Größenskalen. Rund 300 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus dem Bereich der Astronomie nahmen an der Tagung teil, die in der Technischen Universität Berlin und in Zusammenarbeit mit dem AIP ausgetragen wurde.

SCIENTIFIC DETECTOR WORKSHOP

At the hybrid Scientific Detector Workshop, 105 scientists and engineers met at the Telegrafenberg in Potsdam and online from 4 to 9 September 2022 to engage in an exchange about the latest developments in the field of imaging sensors.

AIP THINKSHOP

From 7 to 9 September 2022, the AIP organised the 17th AIP Thinkshop in Potsdam Babelsberg. The hybrid format was attended by 98 participants who discussed exoplanet atmospheres and their observations with high-resolution spectroscopy. The focus was put on the latest observation techniques, their analysis and next-generation instruments.

4MOST ALL HANDS MEETING

The AIP hosted the 4MOST All Hands Meeting at Potsdam's Telegrafenberg from 19 to 23 September 2022. The topic of the meeting, which was attended by 102 people on site and 164 online, was the current developments in the construction of the instrument.

HERAEUS SYMPOSIA

Special symposia took place in 2022 and 2023 as part of the Berlin Science Week, sponsored by the Wilhelm and Else Heraeus Foundation. Under the title 'The Emergence of Galaxies and their Supermassive Black Holes as seen by JWST', leading researchers met on 10 November 2022. They reviewed the first results and debated future prospects in the field of galaxy evolution with the James Webb Space Telescope (JWST) together with other observatories.

Exactly one year later, a Heraeus Symposium was held on the topic of '550 years of the Copernican universe: our place in the cosmos'. With a large number of presentations by leading astronomers on the latest state of research, the one-day symposium focused on our place in the universe, the galaxy and the solar system.

IAU-SYMPOSIUM

From 20 to 24 March 2023, 150 researchers from 25 countries met in Potsdam for Symposium 379 of the International Astronomical Union on the topic of 'Dynamical Masses of Local Group Galaxies'. The focus of the conference was on determining the mass of galaxies in our immediate cosmic neighbourhood, discussing methods, observations, results and future plans.

SOLARNET

As part of the SOLARNET network, the conference on 'The Many Scales of the Magnetic Sun' was held in Potsdam from 8 to 12 May 2023. At the conference, progress in the understanding of solar magnetic fields was analysed, from the basic structural size of the magnetic fields to the global properties of the active regions and the sun as a whole.

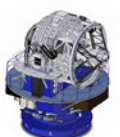


▲ Das Wilhelm und Else Heraeus-Symposium an der Berlin Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften im Herbst 2022

The Wilhelm and Else Heraeus Symposium at the Berlin Brandenburg Academy of Sciences in autumn 2022 (Credits: AIP)

ANNUAL MEETING OF THE ASTRONOMICAL SOCIETY

The Annual Meeting of the Astronomical Society took place in Berlin from 11 to 14 September 2023 and was dedicated to the cosmic evolution of matter on all scales. Around 300 scientists from the field of astronomy took part in the conference, which was held at the Technical University of Berlin and organised in collaboration with the AIP.



GESCHICHTE DES AIP

HISTORY OF AIP

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



▲ **10.5.1700** Erlass des Kalenderpatents für die neu zu gründende Berliner Sternwarte

Issuance of the calendar patent for the new Berlin Observatory

18.5.1700 Berufung Gottfried Kirchs zum Direktor der Sternwarte

Gottfried Kirch appointed 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

1832–1835 Neue Berliner Sternwarte, Architekt: Karl Friedrich Schinkel, Berlin Lindenstraße

New Berlin Observatory, architect: Karl Friedrich Schinkel, Berlin, Lindenstraße

1846 Entdeckung des Planeten Neptun durch Johann Gottfried Galle

Discovery of the planet Neptune by Johann Gottfried Galle

1865 Berufung Wilhelm Julius Foersters 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)

1876–1879 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

Eugen Goldstein discovers canal rays

1888 Nachweis der Polhöhen- schwankung durch Karl Friedrich Küstner

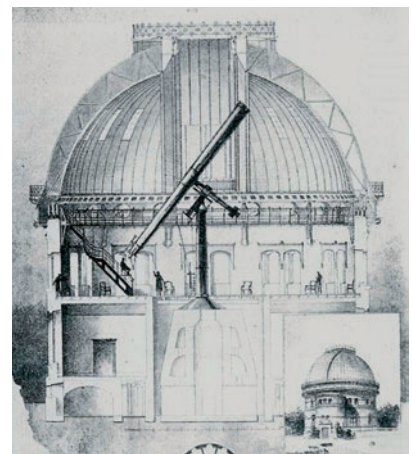
Discovery of the variation of the Earth’s pole latitude by Karl Friedrich Küstner

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 evidence of radio emission from the sun by Johannes Wilsing and Julius Scheiner



▲ **1899** Fertigstellung des Potsdamer Großen Refraktors, Telegrafenberg

Completion of the Great Refractor at Potsdam, Telegrafenberg

1904 Entdeckung der interstellaren Materie durch Johannes Hartmann

Discovery of interstellar matter by Johannes Hartmann

1904 Berufung von Karl Hermann Struve zum Direktor der Berliner Sternwarte

Karl Hermann Struve appointed director of the Berlin Observatory

1909 Berufung von Karl Schwarzschild zum Direktor des AOP

Karl Schwarzschild appointed director of the AOP

1700

1800

1846

1874

1899

1900

1904



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

1921–1924 Bau des Einsteinturms auf dem Telegrafenberg

Construction of the Einstein Tower at the Telegrafenberg

1924 Fertigstellung des 120-cm-Spiegels in Babelsberg

Completion of the 120-cm reflector in Babelsberg

1931 Angliederung der Sonneberger Sternwarte an die Sternwarte Babelsberg

Affiliation of the Sonneberg Observatory to the Babelsberg Observatory

1939 Walter Grotrian (AOP) erkennt die hohe Temperatur der Sonnenkorona

Discovery of the high temperature of the solar corona by Walter Grotrian (AOP)

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 Zwei-Meter-Spiegels in Tautenburg

Completion of the 2-metre 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 of the Astrophysical Institute Potsdam (AIP)

1992 Karl-Heinz Rädler wird Wissenschaftlicher Vorstand des AIP

Karl-Heinz Rädler appointed scientific chairman of the AIP

1998 Günther Hasinger wird Wissenschaftlicher Vorstand des AIP

Günther Hasinger appointed scientific chairman of the AIP

2001 Klaus G. Strassmeier wird Wissenschaftlicher Vorstand des AIP

Klaus G. Strassmeier appointed scientific chairman of the AIP

2002 Beginn der Arbeit des Potsdamer Multiapertur-Spektrophotometers (PMAS)

First light for the Multi-Aperture Spectrophotometer (PMAS)

2003 „First Light“ RAVE am Australian Astronomical Observatory

RAVE first light at the Australian Astronomical Observatory

2004 Matthias Steinmetz wird Wissenschaftlicher Vorstand des AIP

Matthias Steinmetz appointed scientific chairman of the 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 Sonnentelekops GREGOR auf Teneriffa

Inauguration of the GREGOR solar telescope on Tenerife

2014 „First Light“ MUSE am VLT

MUSE first light at VLT

2015 „First Light“ PEPSI am LBT

PEPSI first light at LBT

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

Start of the Hobby-Eberly-Telescope Dark Energy Experiment (HETDEX)

2019**Start des Röntgenteleskops eROSITA**

Launch of eROSITA

2020**Start der ESA-Mission Solar Orbiter**

Launch of Solar Orbiter

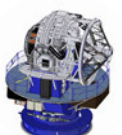
**▲ 2023 Wiedereröffnung Einsteinturm**
Reopening of the Einstein Tower

1921

1992

2000

2100





▲ Mitarbeitende des AIP auf dem Campus
Babelsberg

AIP employees at the campus Babelsberg
(Credits: AIP / Thomas Spikermann)

ARBEITEN AM AIP

WORKING AT AIP

Das AIP mit seinen Einrichtungen auf dem Campus Babelsberg bietet nicht nur ein attraktives Arbeitsumfeld mit exzellenter Ausstattung, sondern ist auch mit seiner Lage mitten im UNESCO-Weltkulturerbe zwischen zwei Landeshauptstädten mit höchster Lebensqualität angesiedelt. Auf dem Gelände der Sternwarte Babelsberg arbeiten über 200 Personen in einem einzigartigen Umfeld, das historische Architektur mit modernster Technologie verbindet.

Am AIP arbeiten Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter aus 32 verschiedenen Ländern in Wissenschaft, Verwaltung und Forschungsinfrastruktur in einer internationalen Arbeitsatmosphäre. Chancengleichheit und die Vereinbarkeit von Beruf und Familie werden am Institut gleichermaßen betont. Neben flexiblen Arbeitszeiten und Unterstützung bei der Kinderbetreuung fördert eine Betriebsvereinbarung zum mobilen Arbeiten aktiv die Vereinbarkeit von Beruf- und Privatleben.

Diverse Gremien vertreten die Interessen der Mitarbeitenden. Die Gleichstellungsbeauftragte des AIP unterstützt bei Einstellungsentscheidungen und ist zentrale Ansprechpartnerin für Fragen der Gleichstellungspolitik, während der Betriebsrat die Interessen der Belegschaft gegenüber dem Vorstand vertritt und regelmäßig über seine Arbeit informiert. Ein Verhaltenskodex, der 2019 verabschiedet wurde, dient allen Institutsangehörigen und Gästen als Leitlinie zum Schutz vor Mobbing, Discriminierung, Belästigung und Gewalt. Um die Einbeziehung und Teilhabe von Menschen mit unterschiedlichsten Hintergründen und Bedürfnissen kümmert sich die Inklusionsbeauftragte des AIP. Die Ombudspersonen für gute wissenschaftliche Praxis überwachen die Einhaltung der Arbeitsstandards, während das Interne Wissenschaftliche Komitee, gewählt von den wissenschaftlichen Beschäftigten des AIP, sicherstellt, dass sie aktiv an der wissenschaftlichen Planung und Entwicklung des Instituts beteiligt sind.

Das AIP legt großen Wert auf die Förderung des Teamgeists und den Aufbau einer starken Gemeinschaft unter den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern. Neben der täglichen Arbeit gibt es regelmäßige „Institutkaffees“ zum gemeinsamen Austausch. Darüber hinaus gehört das jährliche Sommerfest fest zum Bestandteil der Jahresplanung. Jedes Jahr findet eine Weihnachtsfeier statt, die Gelegenheit bietet, das Jahr gemeinsam ausklingen zu lassen und sich auf die bevorstehenden Feiertage einzustimmen.

Zur Unterstützung einer effizienten internen Kommunikation und um den Informationsaustausch in dem mehrsprachigen Umfeld zu erleichtern, nutzt das AIP ein gut ausgebautes und vielfältiges Intranet, das den Mitarbeitenden einen schnellen und effektiven Zugriff auf interne Ressourcen, Informationen



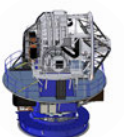
▲ Sommerfest Campus Babelsberg
Summer party Campus Babelsberg. (Credits: AIP)

und relevante Dokumente ermöglicht. Verschiedene Netzwerke wie der Deutsche Akademische Austauschdienst, das International Office der Universität Potsdam oder proWissen e. V., an denen das AIP aktiv beteiligt ist, unterstützen neue Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter beim beruflichen Einstieg und beim Aufbau sozialer Kontakte in Deutschland.

Die Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses hat am AIP einen hohen Stellenwert und eine lange Tradition. Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Instituts betreuen jedes Jahr Schülerpraktika, Studierende und Doktoranden. Darüber hinaus bereichern regelmäßige Tagungen, Kolloquien und Weiterbildungen das wissenschaftliche Leben auf dem Campus. Das Institut fungiert außerdem als Ausbildungsbetrieb im nichtakademischen Bereich und bietet Ausbildungsplätze in der Verwaltung, im IT-Service und in der Forschungstechnik an.

With its facilities on the Babelsberg campus the AIP not only offers an attractive working environment with excellent infrastructure, it is also located in the heart of a UNESCO World Heritage area between two state capitals with excellent quality of life. More than 200 people work on the site of the Babelsberg Observatory in a unique environment that combines historic architecture with state-of-the-art technology.

At AIP, people from 32 different nations work in the areas of science, administration and research infrastructure in an international atmosphere. Equal opportunities and the compatibility of career and family are both given high priority at the AIP. In addition to flexible working hours and support with childcare, a Works Council Agreement on Mobile Working actively promotes work-life balance.





◀ Kinder haben Spaß mit Riesenseifenblasen beim Sommerfest.

Children have fun creating giant soap bubbles at the summer party.
(Credits: AIP)

In order to support efficient internal communication and to facilitate the exchange of information in the multilingual setting, the AIP utilises a well-developed and versatile intranet that enables employees to access internal resources, information and relevant documents quickly and effectively. Various networks such as the German Academic Exchange Service, the International Office of the University of Potsdam and proWissen e.V., in which the AIP is actively involved, support new employees in starting their careers and establishing social contacts in Germany.

The promotion of young scientists is a top priority and has a long tradition at the AIP. Every year, employees at the institute supervise internships, students and doctoral candidates. In addition, regular conferences, colloquia and other training courses enrich the academic life on campus. The institute also organises an apprentice training programme in the non-academic sector and offers apprenticeships in administration, IT Services and the Technical Section.

DOKTORANDENAUSBILDUNG DOCTORAL TRAINING

FORSCHUNGSZENTRIERTE AUSBILDUNG VON DOKTORANDINEN UND DOKTORANDEN

Einige Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des AIP sind durch Professuren, Lehraufträge und die Betreuung von Bachelor-, Master- und Doktorarbeiten eng mit der Universität Potsdam verbunden. Doktorandinnen und Doktoranden, die an der Universität Potsdam oder an einer anderen Universität, auch im Ausland, promovieren, können einen Teil oder ihr gesamtes Forschungsprojekt am AIP durchführen. Promotionsprojekte führen in der Regel zur Veröffentlichung einer oder mehrerer Forschungsarbeiten in astronomischen Fachzeitschriften sowie zur Entwicklung von Software oder wissenschaftlichen Instrumenten, die über die eigentliche Doktorarbeit hinaus zur Anwendung kommen. Es arbeiten durchgehend etwa 35 Promovierende aus mehr als zehn Ländern an Forschungsprojekten unter der Aufsicht von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern am AIP, von denen etwa sieben pro Jahr ihre Dissertation abschließen. Einige Dissertationen erhalten Auszeichnungen als exzellente Forschungsarbeiten.

Im Rahmen des strukturierten Promotionsprogramms gibt es für jede Doktorandin und jeden Doktoranden ein Promotionskomitee. Dieses Komitee besteht aus der Hauptbetreuungsperson, die direkt mit der Universität Potsdam verbunden ist, einer Zweitbetreuungsperson und einer Mentorin oder einem Mentor. Die Zweitbetreuung kann der Universität Potsdam

Various committees represent the interests of employees. The Equal Opportunities Officer at AIP provides support in recruitment decisions, while the Works Council represents the interests of the staff vis-à-vis the Executive Board and provides regular updates on its work. A Code of Conduct, which was adopted in 2019, serves as a guideline for all members and guests of the institute to protect against bullying, discrimination, harassment and violence. The AIP's Inclusion Officer is responsible for the inclusion and participation of people with different backgrounds and needs. The ombudspersons for Good Scientific Practice monitor compliance with scientific working standards, while the Internal Scientific Committee, elected by the scientific staff of the AIP, ensures that they are actively involved in the scientific planning and development of the institute.

The AIP puts a lot of importance on promoting team spirit and building a strong community among employees. In addition to the day-to-day work, there are regular 'institute coffee breaks' for joint dialogue. Furthermore, the annual summer party has become an integral part of the institute calendar. A Christmas party is also organised every year, providing an opportunity to end the year together and get in the right spirit for the upcoming holidays.

oder einer anderen Universität, auch im Ausland, angehören, wenn die oder der Studierende z. B. in einem gemeinsamen Studiengang eingeschrieben ist. Mentorinnen und Mentoren, die unabhängig von dem studentischen Projekt sein können, müssen nicht Angehörige einer Universität sein. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler am AIP, auch Postdocs, können die Rolle des Mentors übernehmen. Die Einbindung der Studierenden in die Forschungsgruppen des AIP fördert die Zusammenarbeit und eröffnet ihnen ein breites Spektrum an Forschungsrichtungen, die das Fachwissen der Beschäftigten der Universitäten ergänzt.

AKTIVITÄTEN FÜR DOKTORANDINEN UND DOKTORANDEN

Am AIP wählen die Studierenden eine eigene Vertretung, die als Ansprechgremium innerhalb des Instituts fungiert und monatliche Kolloquien organisiert, um sich gegenseitig über ihre Arbeiten und administrative Angelegenheiten zu informieren. Ein erster PhD-Day mit über 20 Präsentationen von Forschungsarbeiten gab einen Überblick über die vielfältigen Themen und zeigte die hohe Qualität der Arbeiten. Er bildet die Grundlage für regelmäßige Aktivitäten zur Förderung der Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen Forschungsbereichen und zur Erweiterung des astrophysikalischen Wissens. Dazu wird den Studierenden auch die Teilnahme an den Kolloquien des AIP empfohlen.

Die „Potsdam Graduate School“ bietet Doktorandinnen und Doktoranden sowie Postdocs des AIP Kurse und Workshops zur Karriereplanung und zur Entwicklung von Soft Skills an. Das Portal „Astrophysics Network Potsdam“ bietet einen gemeinsamen Webauftritt der Universität Potsdam, des AIP, des Deutschen Elektronen-Synchrotrons (DESY) und des MPI für Gravitationsphysik (AEI).

DOCTORAL RESEARCH AND TRAINING

Several AIP scientists work in close collaboration with the University of Potsdam; they are professors and lecturers as well as supervisors of students for research projects at the bachelor, master and doctoral stages. Students studying for their doctoral degree, awarded by the University of Potsdam or by another university including those outside Germany, can work for part or the entirety of their research project at the AIP. Doctoral projects usually result in the publication of one or more research papers in professional astronomical journals, as well as the development of software code and technical instrumentation with applications beyond the thesis itself. There are about 35 doctoral students from more than ten countries working on research projects under the supervision of AIP scientists at any given time, with about seven of them completing their thesis each year. Some doctoral dissertations are recognized for their excellence in research and garner the students prize awards.



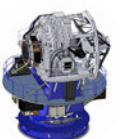
▲ Gruppenfoto des ersten PhD-Day am 27. Oktober 2023
Group picture from the first PhD-day on 27 October 2023 (Credits: AIP)

Each student has a supervisory committee which involves not only the main supervisor, who is directly associated to the University of Potsdam, but also a second supervisor and a mentor. The second supervisor can be a member of the University of Potsdam or of another university, also abroad, if the student is for example enrolled on a joint programme. Mentors, who are independent from the student project, do not need to be associated to a university and AIP researchers, also at the postdoctoral level, can act as mentors. The embedding of students within the research groups of the AIP fosters collaborations and exposes them to a breadth of research perspectives which complement the expertise of staff at the universities.

DOCTORAL ACTIVITIES AND OPPORTUNITIES

At AIP, students elect their own representatives to act as a point of contact within the organisation, organise monthly colloquia to inform each other about their work and administrative procedures. The first PhD-day, with over 20 research presentations, was a demonstration of the research quality of the students and set the stage for regular activities to promote interaction, and strengthen general astrophysical knowledge. Students are encouraged to attend AIP colloquia.

The Potsdam Graduate School offers AIP doctoral students and postdocs courses and workshops on career planning and the development of soft skills. The Astrophysics Network Potsdam portal serves as the joint web presence of the University of Potsdam, the AIP, the German Electron Synchrotron (DESY) and the MPI for Gravitational Physics (AEI).



Abgeschlossene Forschungsarbeiten

Completed Research Projects

2022

BACHELORARBEITEN

BACHELOR THESES

Jonathan Langentepe-Kong: Characterising extended Lyman-alpha emission around high-redshift galaxies with MUSE – Exploration of a new approach – L. Wisotzki

Alyssa Mayer: Fundamental and Technical Signal-to-Noise Calculations for Near-Infrared Heterodyne Interferometry in Space – M. Krutzik (Humboldt University Berlin), A. Dinkelaker, A. Günther

Nico Manthey: Binary classifier for eROSITA X-ray telescope images of point-like and extended sources – M. Krumpe, T. Scheffer (University of Potsdam)

Julia Schötzig: Bestimmung der Bahnverkipfung der Muttersterne exosolarer heißer Gasplaneten – E. Keles, K. Poppenhäger, M. Hofmann (TH Wildau)

MASTERARBEITEN

MASTER THESES

Özgün Adebali: Center to Limb Variation of Strong Solar Chromospheric Spectral Lines – C. Denker, M. Verma

Bogdan Corobean: Analysis of the statistical properties of structures in the ISM using hydrodynamical simulations – T. Buck, C. Pfrommer

Ajay Kumar Ramesh Kumar: Design, Development, Structural Analysis and Assembly Procedure of Component Positioning Tool for the 4-meter Object Spectroscopic Telescope – H. Önel, H. Schütte (Hochschule Rhein-Waal)

Sebastian Smarzyk: Characterisation of a discrete beam combiner for stellar interferometry with 6 telescopes – M. M. Roth, A. Dinkelaker, K. Madhav

Matthias Weber: Comparing energy and entropy formulations for cosmic ray hydrodynamics – C. Pfrommer, T. Thomas

DISSERTATIONEN

DISSERTATIONS

Kristian Ehlert: Simulations of active galactic nuclei feedback with cosmic rays and magnetic fields – C. Pfrommer, R. Weinberger (Canadian Institute for Theoretical Astrophysics (CITA), AIP)

Grace Foster: X-ray studies of exoplanet systems – K. Poppenhäger, A. Schwöpe

Ekaterina Ilin: High lights: stellar flares as probes of magnetism in stars and star-planet systems – K. Poppenhäger, M. M. Roth

Ancla Müller: Polarized radio emission of cluster galaxies: clue to the physics of ram-pressure stripping and its influence on galaxy evolution – R.-J. Dettmar (Universität Bochum), C. Pfrommer

Abani Nayak: Design, Characterization and On-sky Testing of an Integrated Optics Device for Stellar Interferometry: from Pupil Remappers to Discrete Beam Combiner – M. M. Roth, M. Gühr (University of Potsdam), K. Madhav

Andreas Stoll: Advanced Spectroscopic Instruments Enabled By Integrated Optics – M. M. Roth, M. Schell (Fraunhofer-Institut für Nachrichtentechnik (HHI), K. Madhav)

Timon Thomas: Cosmic-ray Hydrodynamics: Theory, Numerics, Applications – C. Pfrommer

Maria Werhahn: Simulating Galaxy Evolution with Cosmic Rays: the Multi-frequency View – C. Pfrommer

2023

MASTERARBEITEN MASTER THESES

Patricia Aparicio Marcos: Variability of quasars during the epoch of helium reionization – L. Keating, C. Pfrommer

Desmond Dsouza: Evolutionary scatter of magnetic activity in cool star twins – K. Poppenhäger, S. Geier (University of Potsdam)

Radha Gharapurkar: Clustering of [OII]-selected galaxies in MUSE Surveys of Deep Fields – L. Wisotzki

Sayali Kulkarni: Studying young stellar clusters in the nearby, star-forming galaxies in the Hubble Space Telescope's Legacy ExtraGalactic UV Survey (HST LEGUS) – R. de Jong, E. Sacchi

Nico Manthey: Detecting change in astronomical X-ray point sources using Vision Transformers – M. Krumpe, T. Scheffer (University of Potsdam)

Prachi Rahate: Analysis of facular to spot ratio of sun-like stars using Gradient of Power Spectra – S. Geier (University of Potsdam), E. Amazo-Gomez, K. Poppenhäger

Andrew Rosenswie: Detection of HAT-P-11's Magnetic Field via Stokes Polarimetry: Providing Unique Data Sets for the HAT-P-11 System – K. G. Strassmeier

Nikolaos Sagias: Numerical Simulations of Jellyfish Galaxies – M. Sparre (University of Potsdam), C. Pfrommer

Yusuf Taufique: Numerical Simulation of Dynamo Effects in Strato-Rotational Turbulence – O. Gressel, K. Poppenhäger

Larissa Tevlin: Analysing the Magnetic Field Evolution in the Intracluster Medium – C. Pfrommer, T. Berlok

Viswajith Vanaraj: The role of galaxy environment in the formation of multiple stellar populations in globular clusters – F. Niederhofer, M.-R. Cioni

Joana Wokittel: Spectral features of Earth's Atmosphere in Observations – T. Sauter (Humboldt University Berlin), K. Poppenhäger

BACHELORARBEITEN BACHELOR THESES

Colin Gebauer: High-resolution spectroscopic observations of the quiet Sun – C. Denker, I. Kontogiannis

Hannes Kroke: Manifestation of the Milky Way bar deceleration: kinematics and abundance variations of stars in the disc – M. Steinmetz, S. Khoperskov

Joseph Singh: Flux measurements of emission line galaxies in MUSE-Wide – T. Urrutia

DISSERTATIONEN DISSERTATIONS

Xanthippi Alexoudi: Clarifying the discrepant results in the characterization of exoplanetary atmospheres – K. G. Strassmeier, M. Mallonn

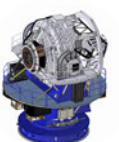
Anna Barbara de Andrade Queiroz: The Milky Way discs, bulge, and bar sub-populations: a chemo-dynamical view of our Galaxy in the APOGEE + Gaia era – C. Chiappini, M. Steinmetz

David Gruner: New Frontiers in Gyrochronology – K. G. Strassmeier, S. Barnes

Yohana Herrero Alonso: Properties of high-redshift galaxies in different environments – L. Wisotzki, P. Richter (University of Potsdam)

Nikoleta Ilić: Stars under influence: evidence of tidal interactions between stars and substellar companions – K. Poppenhäger, C. Chiappini

Aurélien Valade: Unveiling the Local Universe – M. Steinmetz, N. Libeskind





▲ Das STELLA-Observatorium mit den beiden robotischen Teleskopen auf Teneriffa bereitet sich auf den Beginn der Beobachtungsnacht vor.

The STELLA observatory with its two robotic telescopes at Tenerife prepares for the beginning of the observation night. (Credits: AIP / M. Weber)

STANDORTE

SITES

Potsdamer Telegrafenberg

Potsdam Telegrafenberg

Auf einer 96 Meter hohen Erhebung – dem Telegrafenberg – befindet sich in Potsdam der „Wissenschaftspark Albert Einstein“. Aufgrund seiner Lage ist der Telegrafenberg nicht nur ein beliebtes Ausflugsziel für Einheimische und Touristen, sondern auch ein Ort der Wissenschaftsgeschichte und Forschung. Dort befinden sich zwei historisch bedeutende und noch heute funktionsfähige Teleskope, die zum AIP gehören – der Große Refraktor und der Einsteinturm.

DER GROSSE REFRAKTOR

Als der Große Refraktor im Jahr 1899 fertiggestellt wurde, galt er als das viertgrößte Linsenteleskop der Welt. Er kombinierte die einstigen mechanischen Möglichkeiten mit den Bedürfnissen der Astrophysik seiner Zeit, insbesondere im Bereich der Spektroskopie. Das Teleskop ist ein Doppelrefraktor mit zwei fest miteinander verbundenen Fernrohren auf einer parallaktischen Montierung. Das größere der beiden Rohre verfügt über ein Objektiv mit einem Durchmesser von 80 Zentimetern und einer Brennweite von 12,2 Metern. Das kleinere Objektiv, das für visuelle Beobachtungen ausgelegt ist, hat einen Durchmesser von 50 Zentimetern und eine Brennweite von 12,5 Metern. Die 200 Tonnen schwere, drehbare Kuppel hat einen Durchmesser von 21 Metern. Das Gebäude entstand nach den Plänen des Architekten Paul Spieker. Einen wissenschaftlichen Höhepunkt seiner Geschichte stellt die Entdeckung des diffusen interstellaren Mediums durch Johannes Hartmann anhand von stationären Kalziumlinien in spektroskopischen Doppelsternen im Jahr 1904 dar.

Nach kriegsbedingten Beschädigungen im Jahr 1945 und einer Modernisierung im Jahr 1953 wurde der Betrieb des Großen Refraktors 1968 schließlich vollständig eingestellt. Erst durch die Gründung des Fördervereins Großer Refraktor Potsdam e. V. im Jahr 1997 und dank großzügiger Spenden konnte das denkmalgeschützte Teleskop umfassend renoviert und 2006 wieder voll funktionsfähig eingeweiht werden. Im Jahr 2017 fanden weitere Sanierungsarbeiten statt. Heutzutage können interessierte Gruppen im Rahmen öffentlicher Beobachtungsabende, Veranstaltungen und Führungen das historische Instrument besichtigen und in Aktion erleben. Der beeindruckende Kuppelsaal dient auch für Staatsbesuche sowie für Film- und Fernsehaufnahmen als beliebte Kulisse. Das Instrument hat seine bedeutende Position als Doppel-



▲ Der Große Refraktor – viertgrößtes Linsenteleskop der Welt
The Great Refractor – the fourth largest refracting telescope in the world.
(Credits: AIP)

refraktor seit 125 Jahren nicht eingebüßt und bleibt auch heute noch das größte seiner Art in Deutschland.

DER EINSTEINTURM

Zum 100. Geburtstag des Einsteinturms im Jahr 2024 erstrahlt das Bauwerk des Architekten Erich Mendelsohn in neuem Glanz. Eine großzügige Förderung der Wüstenrot Stiftung ermöglichte umfassende Instandhaltungsarbeiten von 2021 bis 2023. In den Jahren zuvor gab es aufwändige Renovierungsarbeiten und Studien zum Gebäudeerhalt. Am 26. September 2023 feierte das AIP gemeinsam mit der Wüstenrot Stiftung und ca. 100 Gästen die Wiedereröffnung des Turms. Zum Festakt sprachen als Ehrengäste Brandenburgs Wissenschaftsministerin Dr. Manja Schüle und Potsdams Oberbürgermeister Mike Schubert Grußworte. Mit der Wiedereinweihung eröffnete auch die digitale Ausstellung „Einsteinturm Revisited“ www.einsteinturm.com.

Erich Mendelsohns Werk entstand in den Jahren 1919 bis 1924 in Zusammenarbeit mit Albert Einstein und Erwin Finlay Freundlich. Mendelsohn gelang mit dem Einsteinturm eine Verbindung zwischen Wissenschaft und Kunst, da sowohl die Anforderungen der Astrophysik als auch seine eigenen Vorstellungen zur Formgebung in das Bauwerk flossen. Das ursprüngliche Ziel des Observatoriums war der Nachweis der durch Einsteins Relativitätstheorie vorhergesagten Rotverschiebung von Spektrallinien im Gravitationsfeld der Sonne. Da man zu dieser Zeit jedoch noch kein richtiges Verständnis der solaren Konvektion hatte, blieben die Beobachtungen ergebnislos. Bis zum Zweiten Weltkrieg galt der Einsteinturm als das führende Sonnenteleskop Europas.

Der Einsteinturm beherbergt heute eine leistungsstarke Sonnenforschungsanlage mit einem 60 Zentimeter großen Turmteleskop und einem langbrennweitigen Spektrographen.



Das Herzstück des futuristischen Gebäudes ist der 14 Meter lange, thermisch isolierte Spektrographenraum im Keller, wo Licht in seine spektralen Bestandteile zerlegt und analysiert wird. Der Fokus liegt auf spektralphotometrischen Messungen in Sonnenfleckengruppen, die Einblicke in das Magnet- und Geschwindigkeitsfeld an der Sonnenoberfläche erlauben. Mit seiner aufwändig modernisierten Ausrüstung spielt der Turm eine bedeutende Rolle bei der Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses und bei der Entwicklung neuer Instrumente für Großteleskope.

The Albert Einstein Science Park in Potsdam is located on a 96-metre-high hill – the Telegrafenberg. Because of its location, the Telegrafenberg is not only a popular tourist destination, but also a place of scientific history and research. The Telegrafenberg is known for its two historically significant and still operating telescopes belonging to the AIP – the Great Refractor and the Einstein Tower.

THE GREAT REFRACTOR

When the Great Refractor was completed in 1899, it was the fourth largest refracting telescope in the world. It combined the former mechanical possibilities with the requirements of astrophysics of its time, especially in the field of spectroscopy. The telescope is a double refractor with two permanently connected telescopes on a parallactic mount. The larger of the two telescopes, which is intended for the photographic spectral range, has an objective lens with a diameter of 80 centimetres and a focal length of 12.2 metres. The smaller lens, which is designed for visual observations, has a diameter of 50 centimetres and a focal length of 12.5 metres. The rotating dome, which weighs 200 tonnes, has a diameter of 21 metres and was built according to the plans designed by architect Paul Spieker. A scientific highlight of its history was the 1904 discovery of the diffuse interstellar medium by Johannes Hartmann on the

basis of stationary calcium lines in spectroscopic binary stars. After being damaged during the war in 1945 and then modernised in 1953, the Great Refractor finally completely ceased operation in 1968. Thanks to the founding of the Förderverein Großer Refraktor Potsdam e.V. in 1997 and generous donations, the heritage-listed telescope was completely renovated and then reopened in 2006 in full working order. Further renovation work was carried out in 2017. Nowadays, interested groups can visit the historic instrument and experience it in action as part of public observation evenings, events and guided tours. The impressive dome chamber is also a popular setting for both, official state visits as well as film and television productions. The instrument has not lost its important position as a double refractor for the past 120 years and remains the largest of its kind in Germany today.

THE EINSTEIN TOWER

Celebrating the 100th anniversary of the Einstein Tower in 2024, the building designed by architect Erich Mendelsohn looks as good as new. Generous funding from the Wüstenrot Foundation enabled extensive maintenance work to be carried out from 2021 to 2023. In previous years, extensive renovation work and studies on the preservation of the building had already been carried out. On 26 September 2023, the AIP celebrated the reopening of the Einstein Tower together with the Wüstenrot Foundation and around 100 guests. Guests of honour at the ceremony included Brandenburg's Minister of Science Dr. Manja Schüle and Potsdam's Lord Mayor Mike Schubert. The reopening also marked the launch of the digital exhibition *Einstein Tower revisited*, www.einsteinturm.com, which was commissioned by the Wüstenrot Foundation.

Erich Mendelsohn's building was created between 1919 and 1924 in collaboration with Albert Einstein and Erwin Finlay Freundlich. In creating the Einstein Tower, Mendelsohn combined science and art, as both the requirements of astrophysics and his own ideas on design were reflected in the building. The observatory's original aim was to prove the redshift of spectral lines in the gravitational field of the sun which was predicted by Einstein's theory of relativity. However, as there was no proper understanding of solar convection at the time, the observations were unsuccessful. Until the Second World War, the Einstein Tower was regarded as the leading solar telescope in Europe.

Today, the Einstein Tower still houses a powerful solar research facility with a 60-centimetre tower telescope and a long focal length spectrograph. The heart of the futuristic building is the 14-metre-long, thermally insulated spectrograph room in the basement, where light is broken down into its spectral components and analysed. The focus is on spectral polarimetric measurements in sunspot groups, which provide insights into the magnetic and velocity field on the surface of the sun. With its complex, modernised equipment the tower plays an important role in the training of young scientists and the development of new instruments for large telescopes.



▲ Der Einsteinturm nach der Sanierung im Jahr 2023

The Einstein Tower after its renovation in 2023 (Credits: AIP)

Potsdam-Bornim

Potsdam-Bornim

Das AIP betreibt in Potsdam-Bornim eine eigene Station für LOFAR (LOW Frequency ARray) als Teil des International LOFAR Telescope. LOFAR ist ein Radioteleskop für die Frequenzbereiche 10 bis 90 MHz (Low Band) und 110 bis 250 MHz (High Band). Es besteht aus einem Kern von 24 Stationen bei Exloo, Niederlande, 14 weiteren Stationen in den Niederlanden und 14 internationalen Stationen von Irland bis Lettland und von Schweden bis Frankreich. In den nächsten Jahren werden neue Stationen in Italien und Bulgarien hinzukommen. In den Jahren 2022 und 2023 wurde LOFAR in ein Europäisches Infrastrukturkonsortium (ERIC) überführt. Der Prozess wurde am 22. Januar 2024 mit der Gründung des LOFAR ERIC formell abgeschlossen.

Die LOFAR-Beobachtungen der Sonne und der Heliosphäre organisiert das Key Science Project (KSP) „Solar Physics and Space Weather with LOFAR“. Das Team besteht aus 43 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus zehn Ländern, mit AIP-Forschenden als Kernmitgliedern. Für den Zeitraum vom 1. Juni 2021 bis zum 31. Mai 2023 warb es im Rahmen eines Langzeitantrags 700 Stunden Beobachtungszeit für gemeinsame Kampagnen mit den Raumsonden Solar Orbiter und Parker Solar Probe (PSP) während ihrer Periheldurchflüge ein. Dies ermöglichte simultane Beobachtungen unter anderem mit dem Röntgeninstrument STIX und dem Detektor für energiereiche Teilchen (EPD) auf Solar Orbiter. Die Kampagnen nutzen die Flexibilität von LOFAR, um gleichzeitig in verschiedenen Modi zu beobachten, von dynamischen Spektren über interferometrische Aufnahmen, Bildgebung durch Beamforming mit geringerer räumlicher und höherer zeitlicher Auflösung bis hin zu interplanetarer Szintillation. Dies liefert ein detailliertes Bild der räumlichen und zeitlichen Variabilität solarer Strahlungsausbrüche. Durch die Kombination der Radiodaten mit Röntgenbeobachtungen von STIX und In-situ-Daten von Solar Orbiter und PSP können energiereiche Elektronen von ihrer Quelle in einem solaren Flare auf ihrem Weg durch die Korona in den interplanetaren Raum untersucht werden.

Am 1. Juni 2023 starteten die gemeinsamen Beobachtungen in LOFAR Cycle 20 mit 308 Beobachtungsstunden über zwölf Monate. Danach ist ein Upgrade auf LOFAR 2.0 geplant, das unter anderem simultane Beobachtungen im Low- und High-Band ermöglicht. Damit wird LOFAR in der Lage sein, solare Radiobursts von der mittleren Korona bis zum Übergang in den Sonnenwind zu verfolgen. Das Solare KSP hat im Oktober 2023 einen Antrag für ein LOFAR-2.0-Schwerpunktprogramm mit insgesamt 2000 Beobachtungsstunden über vier Jahre eingereicht.

AIP operates its own LOFAR (LOW Frequency ARray) station in Potsdam-Bornim as part of the International LOFAR Telescope.



▲ Das LOFAR-Antennenfeld in Potsdam-Bornim
The LOFAR antennae field in Potsdam Bornim (Credits: AIP / R. Arlt)

LOFAR is a radio telescope for the frequency ranges 10 to 90 MHz (low band) and 110 to 250 MHz (high band). It consists of a core of 24 stations near Exloo, the Netherlands, 14 remote stations in the Netherlands, and 14 international stations from Ireland to Latvia and from Sweden to France. In the coming years, new stations will be added in Italy and Bulgaria. In 2022 and 2023 LOFAR was transformed into a European Research Infrastructure Consortium (ERIC). This process was formally completed on 22 January 2024 with the establishment of the LOFAR ERIC.

LOFAR observations of the sun and heliosphere are organised by the Key Science Project (KSP) ‘Solar Physics and Space Weather with LOFAR’. The Solar KSP consists of 43 scientists from ten countries, with AIP scientists as core members. From 1 June 2021 to 31 May 2023, the Solar KSP was awarded a long-term proposal with 700 hours of observing time for joint campaigns with the spacecraft Solar Orbiter and Parker Solar Probe (PSP) during their perihelion passes. This enabled observations with the X-ray instrument STIX and the Energetic Particle Detector (EPD) on Solar Orbiter. These campaigns take advantage of LOFAR’s flexibility for simultaneous observations in different observing modes, ranging from dynamic spectra, interferometric images, beamformed imaging with lower spatial and higher temporal resolution, to heliospheric studies with interplanetary scintillation measurements. This combination provides a detailed picture of the spatial and temporal variability of solar radio bursts. The joint analysis of radio data with X-ray data from STIX and in-situ observations from Solar Orbiter and PSP allows scientists to follow energetic electrons from their source in a solar flare through the solar corona into interplanetary space.

Starting on 1 June 2023, such joint campaigns continued in LOFAR observing cycle 20 with 308 observing hours over 12 months. After this period, LOFAR will undergo a major upgrade to LOFAR2.0. Among other things, this upgrade will make it possible to perform simultaneous observations in the low and high bands. This will allow LOFAR to follow radio bursts from the middle corona to the transition into the solar wind. The Solar KSP submitted a proposal for a LOFAR2.0 Large Program with 2000 observing hours over four years in October 2023.



Teneriffa

Tenerife

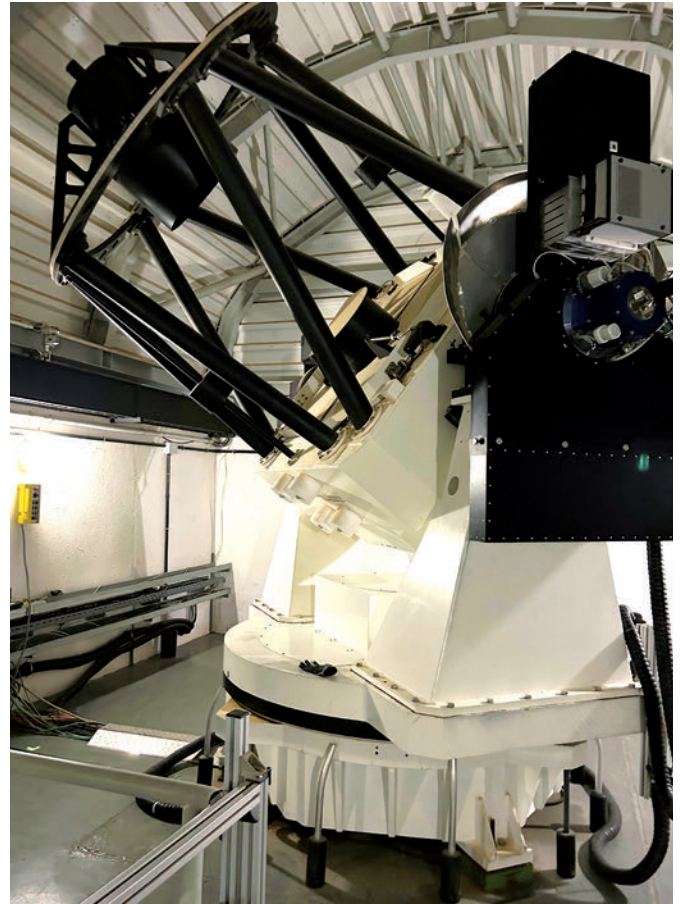
Im Observatorio del Teide auf Teneriffa befindet sich die vom AIP entwickelte und betriebene robotische Sternwarte STELLA. Darüber hinaus beherbergt das Observatorium das 1,5-Meter-Sonnenteleskop GREGOR und das 0,7-Meter-Vakuumturmteleskop (VTT), die beide von einem deutschen Konsortium mit dem AIP als Partner betrieben werden. Der Standort auf einer Vulkaninsel, etwa 2400 Meter über dem Atlantik, umgeben von einer kalten Meeresströmung, bietet exzellente Beobachtungsbedingungen sowohl für die Tag- als auch für die Nachtastronomie. Laminare Winde und eine Inversionsschicht mit einer geschlossenen Wolkendecke einige 100 Meter unterhalb des Observatoriums unterbinden wirksam den störenden Einfluss der turbulenten Erdatmosphäre.

STELLA – EIN ROBOTISCHES OBSERVATORIUM

Seit fast zwei Jahrzehnten setzen die beiden STELLA-Teleskope neue Maßstäbe in der automatischen Beobachtung. Mit einer Öffnung von jeweils 1,2 Metern sind sie zwar bei weitem nicht die größten Teleskope der Welt, aber mit einer technischen Verfügbarkeit von 99,9% und einer reinen Belichtungszeitquote von 85% gehören sie zu den effizientesten Teleskopen. STELLA-I bedient ein Bildaufnahmegerät mit 4096×4096 Pixeln und mit einem Gesichtsfeld von 22 Bogenminuten. STELLA II speist einen hochauflösenden Spektrographen mit einer spektralen Auflösung von $R = 55.000$. Diese Kombination eines spektroskopischen und eines abbildenden Teleskops ist weltweit einzigartig. Beide Teleskope wurden von der Firma Halfmann Teleskoptechnik gebaut. Während sie vor zwei Jahrzehnten auf dem neuesten Stand der Technik waren, haben viele, auch essenzielle Teile der Teleskopsteuerungshardware inzwischen das Ende ihres Wartungsintervalls erreicht. Das AIP leitete ein Konsortium der Nutzer von Halfmann-Teleskopen mit dem Ziel, das elektronische System zu überarbeiten und auf moderne speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) der Firma Beckhoff umzustellen. Die von den spanischen Partnern gewünschte nicht-siderische Nachführung wurde integriert. Damit können jetzt Objekte innerhalb unseres Sonnensystems besser beobachtet werden. Im November 2022 erhielt das erste der beiden STELLA-Teleskope ein System-Upgrade. Nach einer fünfmonatigen Testphase blickt STELLA-I nun mit deutlich besserer Leistung als das alte System in den Himmel.

GREGOR – SONNENBEOBACHTUNGEN MIT HOHER RÄUMLICHER UND ZEITLICHER AUFLÖSUNG

Die Photosphäre und Chromosphäre der Sonne sind hochdynamisch, insbesondere während eines Strahlungsausbruchs, wenn sich die Struktur des Magnetfelds rasch ändert. Daher werden hochspezialisierte Instrumente benötigt, um



▲ STELLA-I wartet auf den Beginn der Nacht.
STELLA-I eagerly awaits nightfall. (Credits: AIP / M. Weber)

die Physik der unteren Sonnenatmosphäre zu erfassen. Das AIP entwickelte und baute den verbesserten High-resolution Fast Imager (HiFI+), um die Entwicklung solcher eruptiven Ereignisse in verschiedenen Schichten der solaren Photosphäre und Chromosphäre zu erfassen. Das Instrument besteht aus sechs großformatigen CMOS-Kameras, den Nachfolgern von CCD-Kameras, mit einer Bildaufnahmegeschwindigkeit von bis zu 100 Bildern pro Sekunde. Trotz der Echtzeitkorrektur für atmosphärische Turbulenzen durch die adaptive Optik (AO) sind derart hohe Bildraten für die Bildrekonstruktion erforderlich, um die höchstmögliche räumliche Auflösung über ein großes Sichtfeld zu erreichen. Die Inbetriebnahme und die Kommissionierung erfolgten im März und April 2022. Das Instrument stand in den Beobachtungssaisons 2022 und 2023 allen Mitgliedern des GREGOR-Konsortiums und seinen Partnern sowie denjenigen zur Verfügung, die im Rahmen des wettbewerbsorientierten Programms für den länderübergreifenden Zugang des EU-Projekts Horizon 2020 SOLARNET Beobachtungszeit erhielten. Jährlich nahm es etwa 100 Millionen Bilder auf. „Lucky Imaging“ selektiert kontrastreiche Bilder, so dass nur 20% der Datenmenge im GREGOR-Archiv am AIP gespeichert werden. Diese Daten dienen als Input für die Bildrekonstruktion, so dass etwa 200.000 Bilder pro Jahr für die Untersuchung der dynamischen Sonne zur Verfügung stehen.

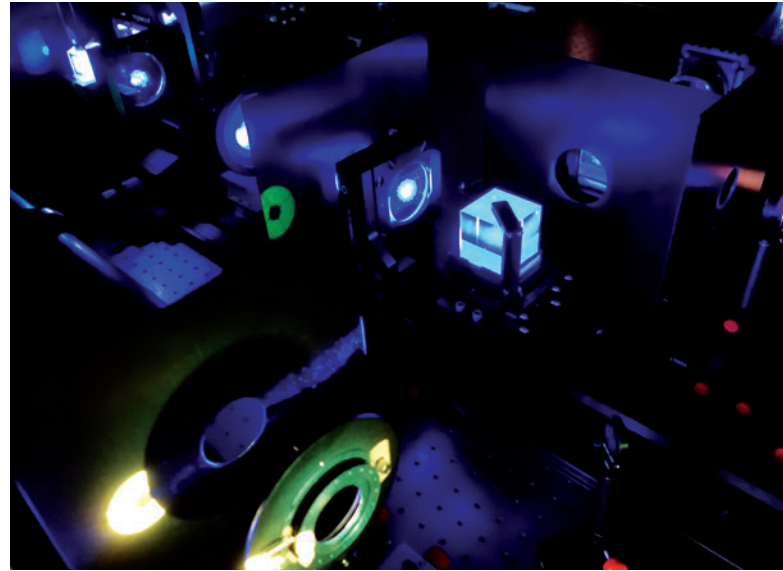
VTT – SONNENBEOBACHTUNGEN MIT HOHER SPEKTRALER AUFLÖSUNG

Das einfache optische Design des Vakuumturmteleskops (VTT) ermöglicht die Beobachtung eines großen Bildfeldes von 270 Bogensekunden mit einer adaptiven Optik (AO). Ein Vorteil eines Coelostaten-Systems ist die fehlende Bildrotation, die bei massiven Postfokus-Instrumenten erforderlich ist. Das Hauptinstrument des VTT ist ein hochauflösender Echelle-Spektrograph, dessen Bildskala die Tatsache widerspiegelt, dass zu der Zeit, als das VTT und seine erste Generation von Instrumenten gebaut wurden, fotografischer Film das vorherrschende Mittel zur Aufnahme von Bildern und Spektren war. Die Verfügbarkeit von schnellen (30 Hz Bildfrequenz) und großformatigen (48 Megapixel) CMOS-Kameras motivierte den Einbau eines digitalen Kamerasystems in den Spektrographenausgang, der für das ursprüngliche 35-Millimeter-Filmkameraformat konzipiert war. Vier Kameras beobachten gleichzeitig vier Spektralbereiche, wobei sorgfältig ausgewählte Filter Spektrallinien selektieren, die eine aussagekräftige Diagnose der Photosphäre und Chromosphäre ermöglichen. Die Länge des Spektrographenspalts (220 Bogensekunden) und der Scanbereich des AO-Systems (120 Bogensekunden) definieren das Bildfeld des neuen Fast Multiline Universal Spectrograph (FaMuLUS) Kamerasystems. Das Scannen einer solchen Region dauert je nach ausgewählten Spektrallinien zwischen 90 Sekunden und 5 Minuten. Unter guten Seeing-Bedingungen und mit AO-Korrektur lassen sich kleinskalige Strukturen bis zu einer Bogensekunde (etwa 725 Kilometer auf der Sonnenoberfläche) auflösen. Im Jahr 2023 hat FaMuLUS mehrere Meilensteine der wissenschaftlichen Verifizierung erreicht und bereits Daten in wissenschaftlicher Qualität aufgenommen. Die spektroskopischen Fähigkeiten im nahen Infrarot und die Beobachtung von Protuberanzen außerhalb der Scheibe werden derzeit erprobt und erforscht.

The Observatorio del Teide on Tenerife is home to the STELLA robotic observatory developed and operated by the AIP. The observatory is also home to the 1.5-metre GREGOR solar telescope and the 0.7-metre Vacuum Tower Telescope (VTT), both of which are operated by a German consortium with the AIP as a partner. Located on a volcanic island about 2400 metres above the Atlantic Ocean and surrounded by a cold ocean current, the site offers excellent observing conditions for both day and night astronomy. Laminar winds and an inversion layer with a closed cloud cover a few 100 metres below the observatory effectively block the undesired effects of the turbulent Earth's atmosphere.

STELLA – A ROBOTIC OBSERVATORY

For almost two decades, the two STELLA telescopes have been pushing the frontiers of automated observing. With an aperture size of 1.2 m each, they are by far not the largest telescopes in the world, but with a technical uptime of 99.9% and a shutter-open time of 85%, they are among the most efficient telescopes in the world. STELLA I serves an imaging device with 4096×4096 pixels and a field of view of 22 arcminutes. STELLA II feeds a high-resolution spectrograph with a spectral



▲ Aufteilung des Sonnenlichts im High-resolution Fast Imager (HiFI+) am Sonnentelскоп GREGOR.

Light distribution within the improved High-resolution Fast Imager (HiFI+) at the GREGOR solar telescope. (Credits: AIP / C. Denker)

resolution of $R = 55,000$. This combination of a spectroscopic and an imaging telescope is still the only one of its kind. Both telescopes were built by Halfmann Teleskoptechnik. While they were state-of-the-art two decades ago, many elements of the telescope control hardware, including vital ones, have since reached their end-of-life. In a long-term effort, the AIP has led a consortium of Halfmann telescope users in overhauling the electronic system and basing it on modern Programmable Logic Controllers (PLCs) from Beckhoff. Non-sidereal tracking, a feature requested by our Spanish partners, has also been incorporated. This now enables a more accurate observation of solar system bodies. In November 2022, the first of the two STELLA telescopes received its system upgrade. After a five-month commissioning period, STELLA-I is now back on sky, with far better performance than the old system.

GREGOR – SOLAR OBSERVATIONS WITH HIGH SPATIAL AND TEMPORAL RESOLUTION

The solar photosphere and chromosphere are highly dynamic, especially during flares when the structure of the magnetic field changes rapidly. Thus, highly specialised instruments are needed to capture the physics of the lower solar atmosphere. The improved High-resolution Fast Imager (HiFI+) was designed and built by AIP to capture the evolution of such eruptive events in different layers of the solar photosphere and chromosphere. The instrument consists of six large-format CMOS cameras, the successor to CCD cameras, with image acquisition rates of up to 100 frames per second. Despite the real-time correction for atmospheric turbulence provided by adaptive optics (AO), such high frame rates are required for image restoration to achieve the highest possible spatial resolution over a large field of view.



Commissioning and scientific verification were completed in March/April 2022, and in the 2022 and 2023 observing seasons the instrument was available to all members of the GREGOR consortium and its partners, as well as to those who obtained observing time through the competitive Transnational Access Program of the EU Horizon 2020 SOLARNET project. Approximately 100 million images were taken each year. 'Lucky Imaging' selects high-contrast images so that only 20% of the data volume is stored in the GREGOR archive at AIP. These data are used as input for image restoration, allowing about 200,000 images per year to be restored for the study of the dynamic sun.

VTT – SOLAR OBSERVATIONS WITH HIGH SPECTRAL RESOLUTION

The simple optical design of the Vacuum Tower Telescope (VTT) allows for observations of a large field of view (FOV) of 270 arcseconds in diameter with adaptive optics (AO) correction. An advantage of a coelostat system is the absence of image rotation, which is a requirement for massive post-focus instruments. The main instrument of the VTT is a high-resolution Echelle spectrograph, where the plate scale reflects the fact that photographic film was the predominant means of recording images and spectra at the time when the VTT and its first generation of instruments were built. The availability of fast (30 Hz frame rate) and large format (48 megapixel) CMOS cameras led to an upgrade of the camera system with a detector suitable for the original 35-mm film camera format. Four cameras simultaneously observe four spectral bands, where carefully chosen filters select spectral lines that provide powerful diagnostics of the solar photosphere and chromosphere. The length of the spectrograph slit (220 arcseconds) and the scan range of the AO system (120 arcseconds) define the FOV of the new Fast Multi-line Universal Spectrograph (FaMuLUS) camera system. Scanning such a region takes between 90 seconds and 5 minutes, depending on the selected spectral lines. Under good seeing conditions and with AO correction, features as small as one arcsecond (about 725 km on the solar surface) can be resolved. In 2023, FaMuLUS completed several science verification milestones and already obtained science-quality data. Near-infrared spectroscopic capabilities and off-disc observations of prominences are currently being explored.

Arizona Arizona



▲ LBT im Beobachtungsmodus
LBT in observing mode (Credits: Ryan Ketterer)

LARGE BINOCULAR TELESCOPE (LBT)

Das LBT steht auf dem 3200 Meter hohen Mount Graham in Arizona und ist mit seinen beiden 8,4-Meter-Spiegeln das derzeit größte optische Teleskop der Welt. Es entspricht dem Lichtsammelvermögen eines einzelnen 11,8-Meter-Teleskops. Interferometrisch gekoppelt liefert es eine räumliche Auflösung am Himmel entsprechend eines einzelnen 22,8-Meter-Giganten. Das Teleskop befindet sich seit 2018 im Routinebetrieb und bietet neben einer Reihe von regulären Beobachtungsinstrumenten die Möglichkeit für die Weiterentwicklung bestehender und der Neuentwicklung zukünftiger Instrumente.

DER BEITRAG DES AIP ZUM LBT

Das AIP hatte den hochauflösenden optischen Spektrographen PEPSI („Potsdam Echelle Polarimetric and Spectroscopic Instrument“) entworfen und gebaut, der seit 2020 eines von fünf Facility-Instrumenten ist. Er ist mit zwei permanenten Fokaleinheiten sowie zwei Stokes-IQUV-Polarimetern ausgestattet. PEPSI kann alternativ zum LBT auch mit Licht vom nahegelegenen Vatican Advanced Technology Telescope (VATT) über eine unterirdische 400-Meter-Faserverbindung oder von einem kleinen robotischen Sonnenteleskop (SDI) gefüttert werden. Zuvor war das AIP auch an der Entwicklung und dem Bau der sogenannten „Acquisition Guiding and Wavefront Sensing“-Einheiten (AGW) beteiligt und hatte den Tip-Tilt-Sensor für die Laser-Leiteinrichtung ARGOS beigesteuert.

DIE VATT-PEPSI-VERBINDUNG

Dem AIP standen im Jahr 2022 insgesamt 50 Nächte am 1,8-Meter-VATT zur Verfügung. Die Zeit wurde wie in den Vorjahren in einem gemeinsamen Projekt mit der Vatikansternwarte genutzt.

Die hochauflösende spektroskopische Vatican-Potsdam-Durchmusterung (VPNEP) beobachtete Sterne der NASA-Mission Transiting Exoplanet Survey Satellite (TESS) in einer Region um den Himmelsnordpol. Dieses Projekt konnte zum Abschluss gebracht und in Form einer ersten Publikation Ende 2023 in der Zeitschrift *Astronomy & Astrophysics* veröffentlicht werden.

SDI-POL-INSTALLATION

Die Installation des neuen PEPSI-Sonnenteleskops und seines Solar-Disc-Integration-Polarimeters (SDI-POL) konnte nach der Corona-Zwangspause abgeschlossen werden. Erste Beobachtungen waren gerade noch rechtzeitig zur Sonnenfinsternis in Tucson / Arizona am 14. Oktober 2023 möglich; bereits die ersten Spektren der „Sonne als Stern“ im polarimetrischen Modus übertrafen alle Erwartungen. Ziel ist es nun, die Sonne mit demselben Spektrographen und den gleichen Methoden zu beobachten wie Sterne und dabei ihr großskaliges Magnetfeld zu kartografieren.

LARGE BINOCULAR TELESCOPE

The LBT is located at an altitude of 3200 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, both offering a complement of facility instruments as well as providing a platform for developing and experimenting with new instrument concepts.

AIP CONTRIBUTIONS TO THE LBT

The AIP designed and built the high-resolution spectrograph PEPSI ('Potsdam Echelle Polarimetric and Spectroscopic Instrument'), one of the LBT's five facility instruments since 2020. It comes with two permanent focal units (PFU) and two Stokes-IQUV polarimeters. As an alternative to the LBT, PEPSI can also be fed with light from the nearby Vatican Advanced Technology Telescope (VATT) through an underground 400-metre-fiber link and from a small robotic solar telescope (SDI). Previously, AIP had also developed and built the Acquisition Guiding and Wavefront Sensing (AGW) units for the telescope. Additionally, the AIP contributed in-kind the tip-tilt sensor for the laser guide star facility ARGOS.

THE VATT-PEPSI CONNECTION

In 2022, the AIP had access to 50 nights at the 1.8-m VATT. As in previous years, these nights were used for a joint project with the Vatican Observatory. In this high-resolution spectroscopic Vatican-Potsdam survey (VPNEP), stars of NASA's Transiting Exoplanet Survey Satellite mission were observed in a region around the northern ecliptic pole. By the end of 2023, this project had been completed and a first publication appeared in the journal *Astronomy & Astrophysics*.

SDI-POL INSTALLATION

The installation of the new solar-disc-integration (SDI) telescope with its integrated polarimeter (SDI-POL) was finished after it had been halted due to the pandemic situation. First solar observations commenced just in time for the local annular solar eclipse on 14 October 2023. Even the very first spectra in polarimetric mode exceeded expectations. The goal is now to observe the sun with the same spectrograph and techniques as stars and thereby map its large-scale magnetic field.



▲ Die linke Hälfte des LBTs mit einer der permanenten Fokaleinheiten von PEPSI

Left half of the LBT with one of the permanent focal units of PEPSI
(Credits: LBTO / S. Allanson)





▲ Die Roadshow „Universe on Tour“ reiste 2023 mit einem mobilen Planetarium und einem Ausstellungszelt durch ganz Deutschland. Im Mai machte sie auf dem Luisenplatz in Potsdam Station.

The Universe on Tour roadshow, featuring a mobile planetarium and an exhibition tent, travelled across Germany in 2023. In May, the roadshow visited Potsdam at the Luisenplatz. (Credits: AIP)

PRESSE- UND ÖFFENTLICHKEITSARBEIT

PUBLIC RELATIONS

Das Institut informiert kontinuierlich über aktuelle Forschungsergebnisse und bietet ein vielseitiges Programm öffentlicher Veranstaltungen. Es trägt so dazu bei, die Begeisterung für die Erforschung des Universums zu fördern.

UNSER UNIVERSUM

Im Wissenschaftsjahr 2023 „Unser Universum“, einer Initiative des Bundesministeriums für Bildung und Forschung engagierte sich das AIP in zahlreichen Veranstaltungen und Formaten. Die Roadshow „Universe on Tour“ galt als Mobilisierungsaktion im Wissenschaftsjahr und entwickelte sich zu einem Publikumsmagneten. Von Mai bis September 2023 bereisten das mobile Planetarium und Ausstellungszelt deutschlandweit 15 Städte und lockte 60.000 Besuchende. Der Standort Potsdam war mit mehr als 6000 Gästen einer der besucherstärksten Standorte. Das schwimmende Ausstellungsschiff „MS Wissenschaft“ fuhr von Berlin nach Wien und machte in 32 Städten Halt. Mit an Bord waren als Ausstellungsstücke des AIP Teleskopmodelle sowie ein interaktives Exponat zum Thema „Lichter des Universums“.

Die Freiluftausstellung „Beam me up, Potsdam – Einmal Milchstraße und zurück!“ entstand in Zusammenarbeit mit der Universität Potsdam, dem Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik und proWissen. Die Ausstellung gastierte von Juli bis Dezember 2023 in der belebten Innenstadt Potsdams auf dem Alten Markt. Aufwändig gestaltete Infostelen bildeten das Herzstück der Ausstellung und informierten über die verschiedenen Facetten der Milchstraße mit ihren Spiralarmen, Sternhaufen, Schwarzen Löchern und Dunkler Materie. Ergänzt wurde sie durch eigens produzierte Podcasts mit Forschenden, Vorträge, Schülerworkshops und ein exklusives Science Dinner. Mittlerweile hat die Ausstellung im Volkspark Potsdam ihren neuen Standort gefunden und ergänzt diesen als neue Attraktion.

Darüber hinaus gab es in der Potsdamer Nikolaikirche im Rahmen des Wissenschaftsjahres im September 2023 „Besuch vom Mars“. Das Kunstwerk – eine sieben Meter große beleuchtete Marskugel – entwarf der britische Künstler Luke Jerram. Die feierliche Eröffnung begann mit einer Podiumsdiskussion unter dem Titel „Der Traum vom Mars – Götter, Staub und Marsianer“, begleitet von Orgelmusik. Das Potsdamer Kunstmuseum Barberini stellte von Februar bis Juni 2023 historische Fotoplatten aus dem Einsteinurm, die eine Sonnenfinsternis von 1912 zeigen, neben Werken berühmter Künstler wie Claude Monet oder William Turner aus. Die Ausstellung mit dem Titel „Sonne. Die Quelle des Lichts in der Kunst“ widmete sich der bildlichen Darstellung der Sonne von der Antike bis zur Gegenwart und verzeichnete 167.000 Gäste.

Live erleben konnten Besucherinnen und Besucher eine partielle Sonnenfinsternis am 25. Oktober 2022. Das AIP lud zur gemeinsamen Beobachtung des Himmelspektakels auf dem Babelsberger Campus ein.



▲ Bei der Pressekonferenz zur Eröffnung des Wissenschaftsjahres präsentierte Bundesministerin Bettina Stark-Watzinger eine Glasfasersonde des Instruments 4MOST.

At the press conference that marked the beginning of the Science Year, Federal Minister Bettina Stark-Watzinger presented a fibre optic probe from the 4MOST instrument. (Credits: BMBF / Hans-Joachim Rickel)

Ab Oktober 2023 fanden nach langer Corona- und Reparaturpause erstmals wieder monatliche öffentliche Beobachtungsabende im Großen Refraktor auf dem Telegrafenberg statt. Die Besucherinnen und Besucher konnten das große Linsenteleskop besichtigen sowie die Ausstellung historischer Beobachtungsinstrumente im Kuppelsaal betrachten. Bei gutem Wetter war auch ein Blick durch das Teleskop möglich, was pro Abend ca. 100 Gäste nutzten. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des AIP beteiligten sich zudem an der Veranstaltungsreihe „Book a Scientist“ der Leibniz-Gemeinschaft. Hier hatten Interessierte die Möglichkeit, virtuelle 25-minütige Einzelgespräche mit Forschenden zu buchen.

Im Rahmen des Potsdamer Tages der Wissenschaften mit dem Motto „Forschen. Entdecken. Mitmachen.“ war das AIP im Jahr 2022 mit der LOFAR-Station in Bornim und im Jahr 2023 auf dem Universitätscampus Griebnitzsee aktiv vertreten. Die Veranstaltungen lockten mehrere tausende Besuchende an. Jeweils im Juni 2022 und 2023 ermöglichte das AIP mehreren tausend Besucherinnen und Besuchern der Langen Nacht der Wissenschaften auf dem Telegrafenberg einen Blick in den Einsteinurm, auf das Michelson-Experiment und den Großen Refraktor inklusive Beobachtungen mit dem historischen Teleskop. Interessierte jeden Alters erwartete ein vielfältiges Programm zur Astronomie. Am 12. August 2023 feierte die Lange Nacht der Astronomie auf dem Tempelhofer Feld in Berlin ihr zehnjähriges Bestehen. Das AIP war mit einem Informationsstand auf der Veranstaltung vertreten. Unzählige Menschen strömten auf das ehemalige Flughafengelände, um den Perseiden-Meteorstrom zu bewundern und das bunte Programm für die ganze Familie zu erleben.





Am Tag des offenen Denkmals 2022 und 2023 öffnete das AIP den Großen Refraktor zusammen mit dem Förderverein Großer Refraktor. Zum Angebot gehörten Führungen zu den astrophysikalischen Höhepunkten des Telegrafenberges sowie Erläuterungen zum Teleskop.

AIP IN DEN MEDIEN

Medien wie *Deutschlandradio*, *ntv*, *Tagesspiegel*, *Zeit*, *Frankfurter Allgemeine Zeitung*, *El País* oder *The Guardian* griffen Themen des AIP auf. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des AIP informierten außerdem regelmäßig in Interviews über ihre Forschung oder zu aktuellen astronomischen Themen und Veranstaltungen. Das Institut verstärkte seine Kommunikation in den sozialen Medien mit einer Vielzahl von Beiträgen zu aktuellen Ereignissen, die auf reges Interesse stießen. Die virtuellen Vorträge der Babelsberger Sternennächte in Kooperation mit den YouTube-Kanälen „Urknall, Weltall und das Leben“ und „videowissen“ erfreuten sich großer Beliebtheit. Die monatlichen Vortragsvideos, begleitet von Kommentarchecks zur Beantwortung von Publikumsfragen, erreichten kontinuierlich Zuschauerzahlen von 50.000 Aufrufen.

NACHWUCHSFÖRDERUNG

Während der Girls' Day / Zukunftstag Brandenburg 2022 nur virtuell angeboten wurde, fand er 2023 bereits wieder auf dem Campus Babelsberg statt. Die Teilnehmerinnen erhielten Einblicke in den Arbeitsalltag von Astrophysikerinnen, Ingenieurinnen und Studentinnen. Verschiedene Gruppen besuchten den wissenschaftshistorischen Standort auf dem Telegrafenberg bei Führungen. Besucherinnen und Besucher trafen außerdem auch wieder vermehrt auf dem Campus Babelsberg ein: Zahlreiche Schul- und Kitagruppen sowie interessierte Erwachsene, unter ihnen Jugendliche aus Südkorea, ein Verein für Blinde und Sehbehinderte sowie die Kinderredaktion des BMBF-Magazins „forscher“. 40 Schülerinnen und Schüler absolvierten im Berichtszeitraum ein Praktikum am AIP.

◀ Das Exponat „Lichter des Universums“ des AIP an Bord der „MS Wissenschaft“ im Wissenschaftsjahr „Unser Universum“ 2023. Mehr als 100.000 Gäste besuchten die interaktive Ausstellung.

The AIP *Lights of the Universe* exhibit on board the *MS Wissenschaft* in the Science Year 2023 – *Our Universe*. More than 100,000 guests visited the interactive exhibition. (Credits: Ilja C. Hendel / Wissenschaft im Dialog)

The AIP frequently informs the public about its current research and offers a diverse programme of public events, thus contributing to fostering enthusiasm for the exploration of the universe.

OUR UNIVERSE

In the Science Year 2023 – *Our Universe*, an initiative from the German Federal Ministry of Education and Research, the AIP was involved in numerous events and formats. The *Universe on Tour* roadshow was an awareness-raising campaign in the Science Year and became a public attraction. From May to September 2023, the mobile planetarium and exhibition tent travelled to 15 cities nationwide and attracted 60,000 visitors. The Potsdam site was one of the most visited of all locations with more than 6000 guests. The floating exhibition ship *MS Wissenschaft* traveled from Berlin to Vienna and made stops in 32 cities. On board were exhibition contributions from the AIP such as telescope models and an interactive exhibit on *Lights of the Universe*.

The outdoor exhibition *Beam me up, Potsdam – Once Milky Way and back!* was created in collaboration with the University of Potsdam, the Max Planck Institute for Gravitational Physics, and proWissen. The exhibition was hosted from July to December 2023 in Potsdam's lively city centre on the Alter Markt square. Elaborately designed information steles formed the heart of the exhibition and provided information about the various facets of the Milky Way with its spiral arms, star clusters, black holes, and dark matter. It was complemented by specially produced podcasts with researchers, lectures, school workshops, and an exclusive science dinner. The exhibition has since found its new home in Volkspark Potsdam and complements it as a new attraction.

In addition, there was a *Visit from Mars* in Potsdam's Nikolai Church as part of the Science Year in September 2023. The artwork – a seven-metre illuminated Mars globe – was designed by the British artist Luke Jerram. The opening ceremony began with a panel discussion titled *The Dream of Mars – Gods, Dust, and Martians*, accompanied by organ music. From February to June 2023, the Barberini Art Museum in Potsdam exhibited historical photo plates from the Einstein Tower, showing a solar eclipse from 1912, alongside works by famous artists such as Claude Monet and William Turner. The exhibition entitled *Sun. The Source of Light in Art* was dedicated to the pictorial representation of the sun from antiquity to the present day and attracted 167,000 visitors. In real time, visitors were able to observe a partial solar eclipse on 25 October 2022.

The AIP invited people to watch the celestial spectacle together on the Babelsberg campus, during which the moon partially moved in front of the sun.

From October 2023, monthly public observation evenings have been held in the Great Refractor on Telegrafenberg for the first time again after a long COVID and repair break. Visitors could view the large refracting telescope and the exhibition of historical observation instruments in the dome hall. In good weather, it was also possible to look through the telescope, which around 100 guests took advantage of each evening. Scientists from the AIP also took part in the Leibniz Association's Book a Scientist event series, in which people were able to book virtual 25-minute one-on-one meetings with researchers.

As part of the Potsdam Science Day with the motto *Research. Discover. Join in.*, the AIP actively represented itself in 2022 at the LOFAR station in Potsdam Bornim and in 2023 on the Griebnitzsee university campus. These events attracted several thousand visitors. In June 2022 and 2023, the AIP provided several thousand visitors to the Long Night of Science on Telegrafenberg with the opportunity to take a look inside the Einstein Tower, at the Michelson experiment and the Great Refractor, including observations with the historic refracting telescope. A varied programme on astronomy awaited interested visitors of all ages.

On 12 August 2023, the Long Night of Astronomy celebrated its 10th anniversary at Tempelhofer Feld in Berlin. The AIP was represented at the event with an information stand. Countless visitors flocked to the former airport to admire the Perseid meteor stream and experience a varied programme for the whole family. On the Open Monument Day in 2022 and 2023, the AIP opened the Great Refractor together with the Förderverein Großer Refraktor e.V. association.



TEAM – PRESSE- UND ÖFFENTLICHKEITSARBEIT

Kristin Riebe, Tilo Bergemann, Janine Fohlmeister (head), Sophia Zariouto

The programme included guided tours of the astrophysical highlights of the Telegrafenberg and explanations of the telescope.

AIP IN THE MEDIA

Media outlets such as *Deutschlandradio*, *ntv*, *Tagesspiegel*, *Zeit*, *Frankfurter Allgemeine Zeitung*, *El País* and *The Guardian* picked up on AIP topics. AIP scientists also regularly gave interviews about their research or current astronomical topics and events. The institute stepped up its communication in social media with a large number of posts on current events, which were met with lively interest. The virtual lectures in the Babelsberg Starry Nights series in cooperation with the YouTube channels *Urknall*, *Weltall und das Leben* and *video-wissen* enjoyed great popularity. The monthly lecture videos, accompanied by comment checks to answer questions from the audience, consistently reached viewer numbers of 50,000.

SUPPORTING YOUNG TALENTS

While the Girls' Day/Future Day Brandenburg in 2022 was only offered virtually, it took place again on the Babelsberg campus in 2023. In a round of introductions, the participants were given insights into the day-to-day work of female astrophysicists, engineers and students. Various groups visited the science-historical site on the Telegrafenberg during guided tours. There was also an increase in the number of visitors to the Babelsberg campus: numerous school and kindergarten groups as well as interested adults, including young people from South Korea, an association for the blind and visually impaired, and the children's editorial team from the children's magazine *forscher*. 40 school pupils completed an internship at the AIP during this period.

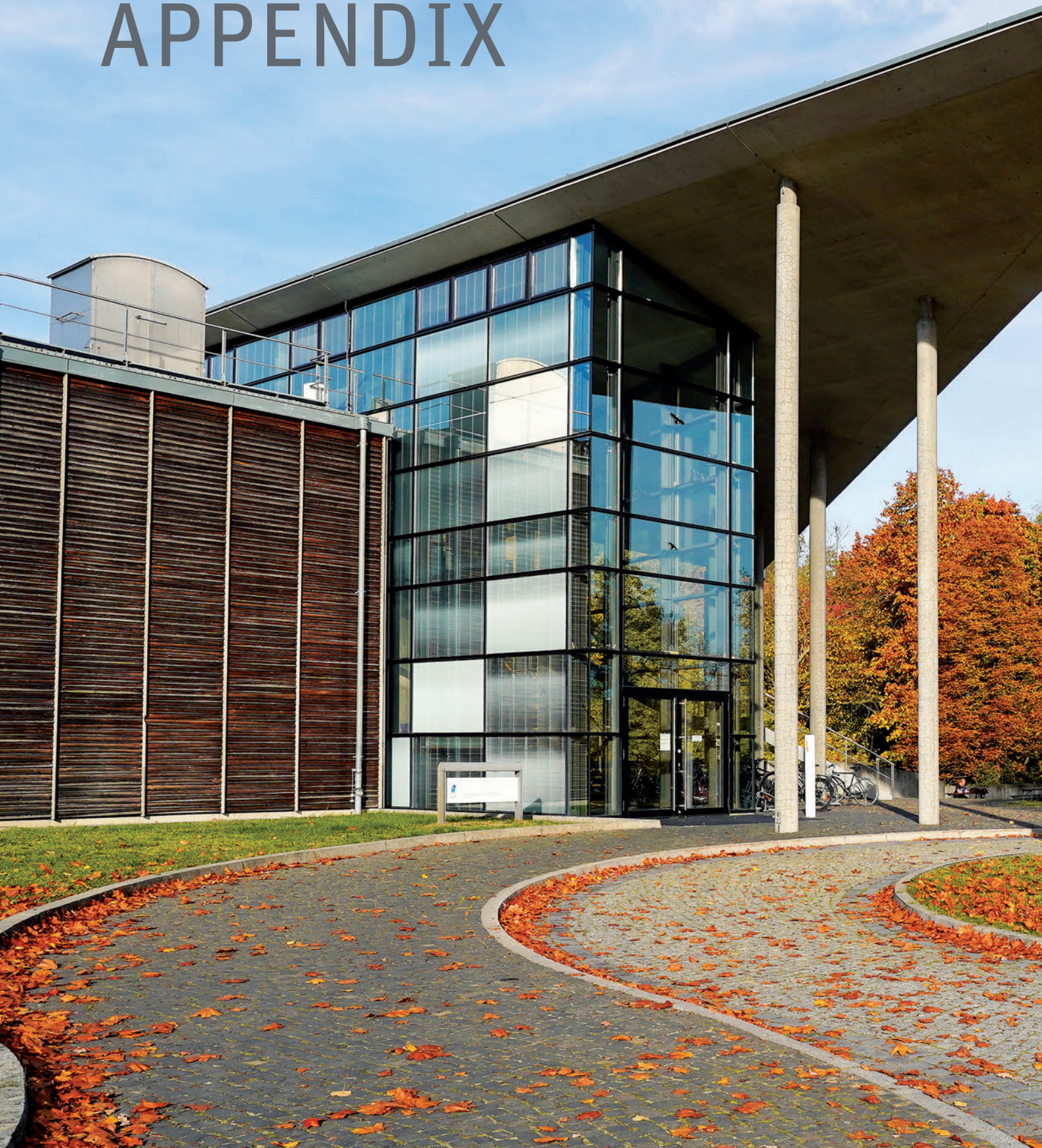
◀ Die Ausstellung „Beam me up, Potsdam – Einmal Milchstraße und zurück!“ im Zentrum von Potsdam

The exhibition *Beam me up, Potsdam – Once Milky Way and back!* in the centre of Potsdam (Credits: AIP)



ANHANG

APPENDIX





←  Information/Emplang
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 receives institutional funding from the state of Brandenburg, the community of states, and the federal German government.

Gremien und Organe

Committees and statutory bodies

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 und Vorsitzender des Vorstands
Scientific Member and Chairman of the Executive Board

Direktor Forschungsbereich: Extragalaktische
Astrophysik
Director Research Branch: Extragalactic Astrophysics

Wolfram Rosenbach

Administrativer Vorstand
Administrative Member of the Executive Board
Direktor Administration
Director of Administration

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 kann dem Stiftungsvorstand Weisungen erteilen. Das Kuratorium überwacht die Rechtmäßigkeit, Zweckmäßigkeit und Wirtschaftlichkeit der Geschäftsführung des Stiftungsvorstandes.

BOARD OF TRUSTEES

The Board of Trustees decides on the foundation's general research objectives and its important political and financial affairs. It can also direct the Executive Board with regard to important political and financial affairs. The Board of Trustees also reviews the legality, appropriateness and efficiency of the management of the Executive Board.

Dr. Inge Schlotzhauer

Vorsitzende
Chair
Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kultur des
Landes Brandenburg
Brandenburg Ministry of Science, Research and Culture

Dr. Karsten Hess

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. Sami K. Solanki

Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung, Göttingen
Max-Planck-Institute for Solar System Research, Göttingen



GREMIEN UND ORGANE COMMITTEES AND STATUTORY BODIES

WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT

Der aus externen Mitgliedern bestehende Wissenschaftliche Beirat berät die Stiftung in allen wissenschaftlichen und fachübergreifenden Fragen. Der Wissenschaftliche Beirat bewertet die wissenschaftlichen Ergebnisse und nimmt zu den Entwürfen der Forschungs- und Entwicklungsprogramme Stellung. Er unterstützt bei der Gewinnung von Leitungspersonal und bei wichtigen Entscheidungen zur Weiterentwicklung der Einrichtung.

SCIENCE ADVISORY BOARD

Comprised of external members, the Science Advisory Board advises the foundation on all scientific and interdisciplinary issues. The Science Advisory Board evaluates the scientific results of the foundation and comments on drafts of the research and development programmes. It provides support when recruiting upper management staff and when decisions are made on the institute's further development.

Prof. Dr. Sami K. Solanki

Vorsitzender

Chair

Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung, Göttingen

Prof. Dr. Ralf Bender

Stellvertretender Vorsitzender

Vice Chair

Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik, Garching, Universitäts-Sternwarte, Ludwig-Maximilians-Universität, München

Prof. Dr. Natalie Batalha

Department of Astronomy & Astrophysics, UC Santa Cruz, USA

Prof. Dr. Marcus Brüggen

Hamburger Sternwarte, Universität Hamburg

Prof. Dr. Sarbani Basu

Department of Astronomy, Yale University, USA

Prof. Dr. Peter T. Gallagher

Dublin Institute for Advanced Studies (DIAS) & Trinity College Dublin

Dr. Juna A. Kollmeier

Canadian Institute for Theoretical Astrophysics, Toronto, Canada

Prof. Dr. Andrey Kravtsov

Department of Astronomy and Astrophysics, The University of Chicago, USA

BETRIEBSRAT

Der Betriebsrat des AIP unterstützt und vermittelt die Anliegen der Mitarbeitenden gegenüber dem Vorstand.

WORKS COUNCIL

The AIP Works Council supports and conveys employee's concerns to the Executive Board.

Katrin Böhrs, Robert Hermsdorf, Silke Kuba-Lehmann, Dr. Noam Libeskind, Ronny Nickel, Dr. Kristin Riebe, Dr. Daniel Sablowski, Dr. Ole Streicher, Dr. Christian Vocks

GLEICHSTELLUNGSBEAUFTRAGTE

Die Gleichstellungsbeauftragte ist Ansprechpartnerin für alle Themen rund um die Gleichstellung und die Vereinbarkeit von Familie und Beruf.

GENDER EQUALITY OFFICER

The Gender Equality Officer is the contact person for all issues relating to equality and the compatibility of family and career.

Dr. Ulrike Lemke

Gleichstellungsbeauftragte

Gender Equality Officer

Hillene Ites

Stellvertreterin

Deputy Officer

INTERNES WISSENSCHAFTLICHE 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 Instituts.

THE 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. Julián Alvarado-Gómez, Dr. Sydney Barnes, Dr. Genoveva Micheva, Dr. Elena Sacchi, Dr. Iris Traulsen, Dr. Tanya Urrutia, Dr. Meetu Verma

**KURATORIUM
BOARD OF TRUSTEES**

Dr. Inge Schlotzhauer (Vorsitzende/Chair)
Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kultur des Landes Brandenburg

Dr. Karsten Hess (Stv. Vorsitzender/Vice Chair)
Bundesministerium für Bildung und Forschung

**WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT
SCIENCE ADVISORY BOARD**

Prof. Dr. Sami Solanki (Vorsitzender/Chair)
Prof. Dr. Ralf Bender (Stv. Vorsitzender/Vice Chair)

INSTITUTSLEITUNG INSTITUTE MANAGEMENT

**VORSTAND
EXECUTIVE BOARD**

Prof. Dr. Matthias Steinmetz (Sprecher/Chair)
Wolfram Rosenbach

**KOSMISCHE MAGNETFELDER
COSMIC MAGNETIC FIELDS**

Prof. Dr. Klaus Strassmeier

**Magnetohydrodynamik und Turbulenz
Magnetohydrodynamics and Turbulence**

Dr. Oliver Gressel

**Sonnenphysik
Solar Physics**

apl. Prof. Dr. Carsten Denker

**Sternphysik und Exoplaneten
Stellar Physics and Exoplanets**

Prof. Dr. Katja Poppenhäger

**Sternaktivität
Stellar Activity**

Dr. Sydney Barnes

**EXTRAGALAKTISCHE ASTROPHYSIK
EXTRAGALACTIC ASTROPHYSICS**

Prof. Dr. Matthias Steinmetz

**Milchstraße und die lokale Umgebung
Milky Way and the Local Volume**

Dr. Roelof de Jong

**Zwerggalaxien und der Galaktische Halo
Dwarf Galaxies and the Galactic Halo**

Prof. Dr. Maria-Rosa Cioni

**Galaxien und Quasare
Galaxies and Quasars**

Prof. Dr. Lutz Wisotzki

**Röntgenastronomie
X-ray Astronomy**

PD Dr. Axel Schwöpe

**Kosmologie und Hochenergie-Astrophysik
Cosmology and High-Energy Astrophysics**

Prof. Dr. Christoph Frommer

**Kosmographie und großräumige Strukturen
Cosmography and Large-Scale Structure**

Dr. Noam Libeskind

**Teleskopsteuerung und Robotik
Telescope Control and Robotics**

Dr. Thomas Granzer

**Hochauflösende Spektroskopie und Polarimetrie
High-resolution Spectroscopy and Polarimetry**

Dr. Michael Weber

**ADMINISTRATION
ADMINISTRATION**

Wolfram Rosenbach

**Finanzen und Beschaffung
Finance and Procurement**

Ulrich Boyer

**Personal und Recht
Personnel and Legal Affairs**

Gernot Rosenkranz

**Haustechnik
Building Service**

Dennis Nagel

**Bauangelegenheiten
Building Supervision**

Wolfram Rosenbach (komm.)

**Presse- und Öffentlichkeitsarbeit
Public Relations**

Dr. Janine Fohlmeister

**Forschungstechnik
Technical Section**

Dr. Hakan Önel

**Projektmanagement
Project Management**

Joak Bynnell

**IT-Service
IT-Services**

Sebastian Bär

**Wissenschaftliche Bibliothek und Dokumentationszentrum
Scientific Library and Documentation Centre**

Rebecca Klee

ENTWICKLUNG VON FORSCHUNGSTECHNOLOGIE UND INFRASTRUKTUR DEVELOPMENT OF RESEARCH INFRASTRUCTURE AND TECHNOLOGY

**Astrophotoniik (innoFSPEC)
Astrophotonics (innoFSPEC)**

Dr. Kalaga Madhav

**3D- und Multi-Objekt-Spektroskopie
3D and Multi Object Spectroscopy**

Dr. Andreas Kelz

**Supercomputing und E-Science
Supercomputing and E-Science**

Dr. Harry Enke

**Betriebsrat
Works Council**

Internes Wissenschaftliches Komitee
Internal Scientific Committee
Dr. Tanya Urrutia

**Ombudsperson für gute wissenschaftliche Praxis
Ombudsperson for Good Scientific Practice**

Prof. Dr. Katja Poppenhäger

**Gleichstellung
Gender Equality**

Dr. Ulrike Lemke

**Inklusion
Inclusion**

Melanie Dautz

**Datenschutz
Data Protection**

Dr. Harry Enke

**IT Sicherheit
IT Security**

Marlo Dionies

Leibniz-Institut für Astrophysik Potsdam (AIP)
An der Sternwarte 16
14482 Potsdam

info@aip.de
+49 331 7499-0
www.aip.de

Stand Juli 2024



Leibniz-Institut für
Astrophysik Potsdam

Anreise

How to Get to AIP

POTSDAM BABELSBERG, AIP FORSCHUNGSCAMPUS

Mit öffentlichen Verkehrsmitteln: Die Buslinie 616 hält direkt vor dem Haupteingang (Haltestelle: „Sternwarte“) und bietet eine Verbindung zu den S-Bahnstationen Griebnitzsee und Babelsberg. Fahrpläne sind auf www.bvg.de verfügbar.

Mit dem Auto: Aus Berlin und Umgebung kommend folgen Sie der Autobahn A115 bis zur Abfahrt „Potsdam Babelsberg“ und bleiben dann auf der Nuthe-Schnellstraße bis zur Ausfahrt „Friedrich-List-Straße“. Folgen Sie der Straße Alt Nowawes geradeaus bergauf, bis Sie auf der rechten Seite die Einfahrt zum AIP sehen.

Nächster Flughafen: Berlin Brandenburg BER

POTSDAM BABELSBERG, AIP RESEARCH CAMPUS

By public transport: Bus line 616 stops right in front of the campus entrance (bus stop: ‘Sternwarte’) and connects to the railway stations S Griebnitzsee and S Babelsberg. Timetables are available at www.bvg.de.

By car: If you are arriving from Berlin and the surrounding area, follow the A115 motorway, take the ‘Potsdam Babelsberg’ exit and then stay on the ‘Nuthe-Schnellstraße’ until the ‘Friedrich-List-Straße’ exit. Follow the ‘Alt Nowawes’ road straight ahead uphill until you see the entrance to the AIP on the right-hand side.

Nearest airport: Berlin Brandenburg BER

POTSDAM TELEGRAFENBERG, GROSSER REFRAKTOR UND EINSTEINTURM

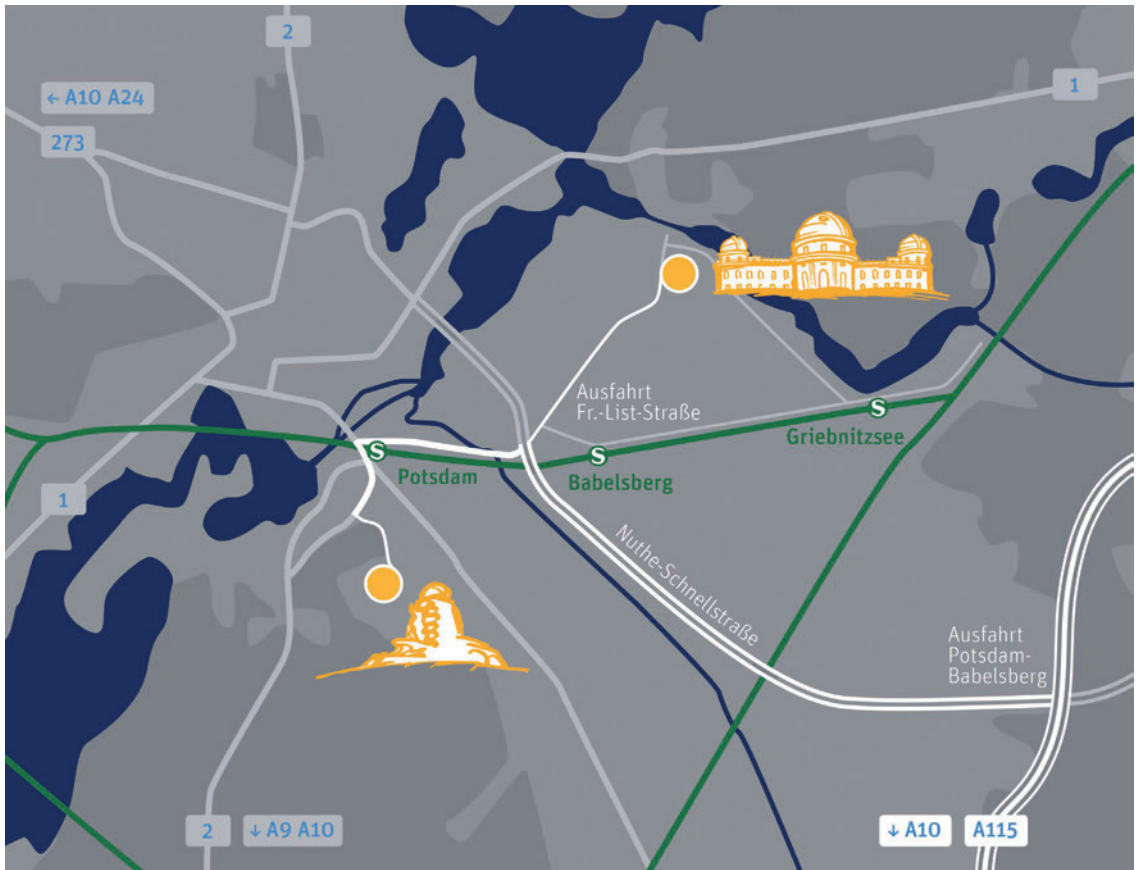
Mit dem Bus: Die Linie 691, die zum „Wissenschaftspark Albert Einstein“ auf dem Telegrafenberg führt, startet am Hauptbahnhof Potsdam. Diese Linie verkehrt nur werktags zu Stoßzeiten.

Mit dem Auto: Aus Berlin und Umgebung kommend nehmen Sie die A115 bis zur Abfahrt „Potsdam Babelsberg“ und fahren dann von der Nuthe-Schnellstraße aus über die Friedrich-Engels-Straße Richtung Potsdam Hauptbahnhof. Folgen Sie dann der Straße Brauhausberg und anschließend der Albert-Einstein-Straße bis zum Eingang des Wissenschaftsparks. Bitte parken Sie vor dem Gelände des Wissenschaftsparks.

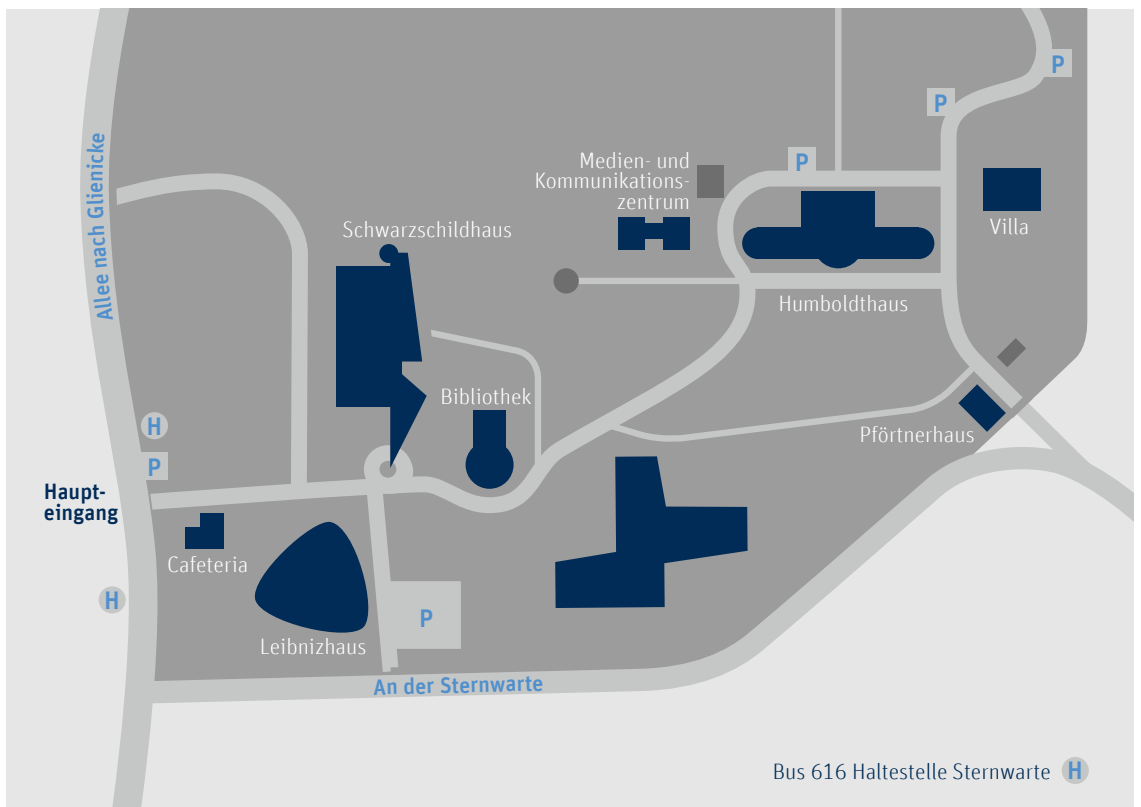
POTSDAM TELEGRAFENBERG, GREAT REFRACTOR AND EINSTEIN TOWER

By bus: Line 691, which takes you to the Albert Einstein Science Park on Telegrafenberg, departs from Potsdam main station. This line only runs on weekdays at peak times.

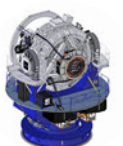
By car: If you are approaching from Berlin and the surrounding area, take the A115 motorway to the ‘Potsdam Babelsberg’ exit and then drive from ‘Nuthe-Schnellstraße’ along ‘Friedrich-Engels-Straße’ towards Potsdam main station. Then continue on the Brauhausberg road and follow ‘Albert-Einstein-Straße’ to the entrance of the Science Park. Please park your car in front of the Science Park.



▲ Standorte in Potsdam Babelsberg und auf dem Telegrafenberg | AIP locations at Potsdam Babelsberg and Telegrafenberg



▲ Forschungscampus Potsdam Babelsberg | Research campus Potsdam Babelsberg





 Information/Empfang →

IMPRESSUM

IMPRINT

Biennial Report 2022 – 2023

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

Teamfotos

Thomas Spikermann

Bilder ohne Credits-Angabe

AIP

Redaktion

Janine Fohlmeister, Kristin Riebe, Tilo Bergemann,
Sophia Zariouto

Gestaltung

eckedesign GmbH, Potsdam

Auflage

500 Exemplare

ISSN

2367-3664

Potsdam, 2024

**Leibniz-Institut für
Astrophysik Potsdam (AIP)**

An der Sternwarte 16
14482 Potsdam
+49 331 7499-0

www.aip.de

