



Leibniz-Institut für
Astrophysik Potsdam

BIENNIAL REPORT

2024 – 2025

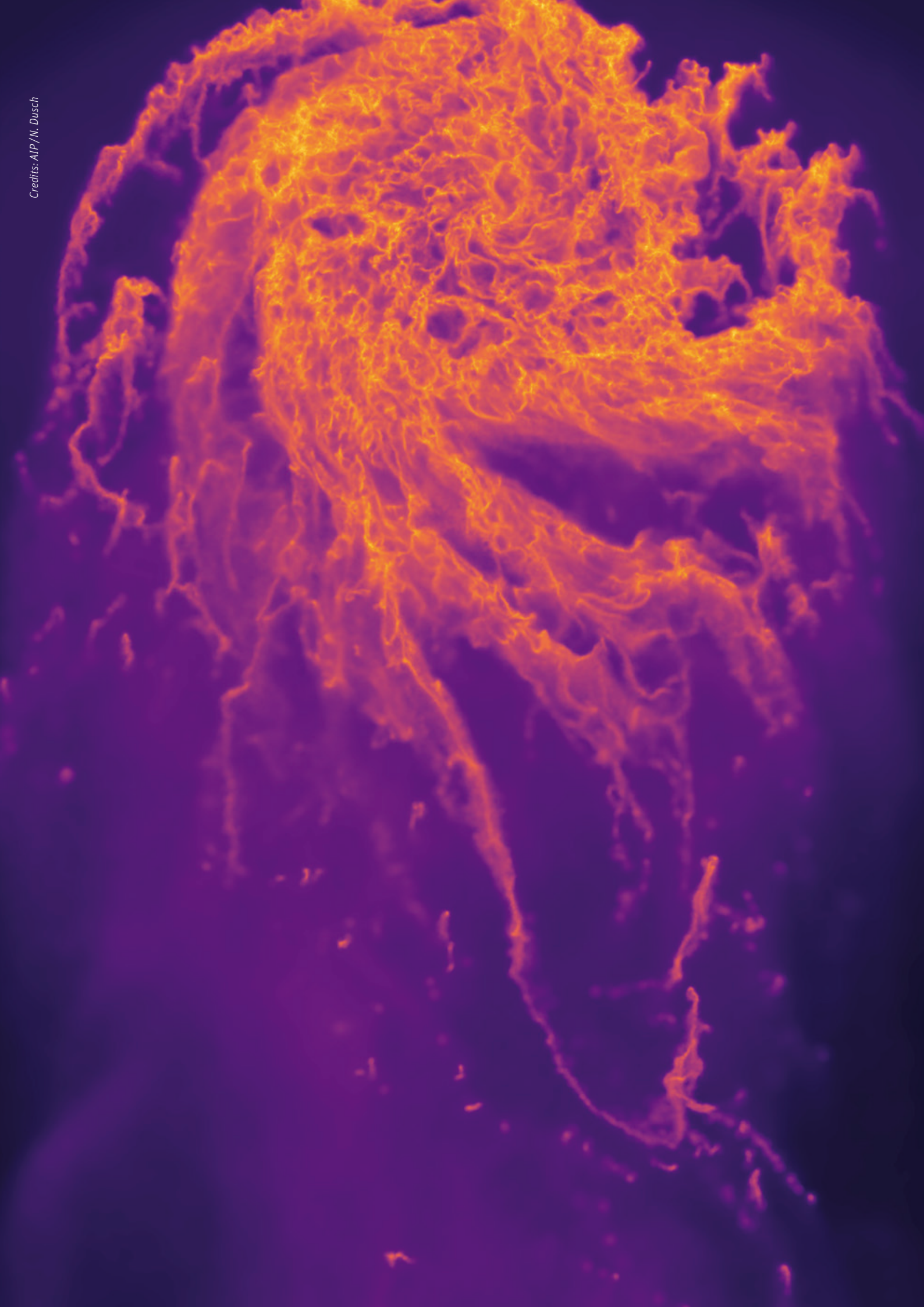


Das Titelbild zeigt eine Illustration des Maria-Margaretha-Kirch-Hauses, das 2025 auf dem AIP-Campus eingeweiht wurde.

Darstellung (rechts): Simulation einer Galaxie, die sich in einem Galaxienhaufen bewegt. Auf ihrem Orbit wechselwirkt sie mit der Umgebung und verliert dabei Gas.

The cover image shows an illustration of the Maria-Margaretha-Kirch-Haus, which was inaugurated on the AIP campus in 2025.

Visualisation (right): Simulation of a galaxy moving within a galaxy cluster. As it orbits, it interacts with its surroundings and loses gas in the process.





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

die Astrophysik richtet den Blick auf Objekte, deren Licht oft Millionen oder Milliarden Jahre unterwegs war. Die Geheimnisse des Universum aus diesen schwachen und weit entfernten Lichtquellen zu entschlüsseln verlangt nach Menschen, die gemeinsam neue Ideen entwickeln und neue Instrumente bauen. Exzellente Forschung braucht deshalb nicht nur visionäre Fragestellungen, sondern auch leistungsfähige Infrastruktur und eine Kultur des Zusammenarbeitens. Die vergangenen beiden Jahre markieren für das Leibniz-Institut für Astrophysik Potsdam in vielerlei

Hinsicht einen Meilenstein. Mit der Fertigstellung und Inbetriebnahme von 4MOST wurde ein Projekt erfolgreich abgeschlossen, das unser Institut über viele Jahre geprägt hat. Als Leiter eines großen internationalen Konsortiums haben wir für die Europäische Südsternwarte ESO einen der leistungsfähigsten Multiobjektspektrographen der Welt entwickelt und gebaut. Mit den ersten wissenschaftlichen Beobachtungen beginnt nun eine neue Phase, in der dieses Instrument die Erforschung unserer Milchstraße und des Universums über viele Jahre entscheidend prägen wird.

Auch auf unserem Campus ist ein neues Kapitel aufgeschlagen worden. Mit dem Maria-Margaretha-

Kirch-Haus entstand ein modernes Zentrum für Begegnung, wissenschaftlichen Austausch und interdisziplinäre Zusammenarbeit. Gleichzeitig trägt der Neubau dazu bei, die langjährigen räumlichen Herausforderungen unseres Instituts zu lösen und bietet hervorragende Bedingungen für die zukünftige Entwicklung des AIP.

Veränderung bedeutet aber auch Erneuerung durch Menschen. Wir freuen uns sehr, mit Prof. Dr. Katja Poppenhäger eine neue Direktorin für den Forschungsbereich Sterne, Sonne und Exoplaneten begrüßen zu dürfen. Mit ihrer wissenschaftlichen Expertise und ihren neuen Impulsen stärkt sie das Profil des Instituts und wird dessen Entwicklung in den kommenden Jahren maßgeblich mitgestalten.

Hinter all diesen Entwicklungen stehen die Menschen, die das AIP prägen. Wissenschaftliche Durchbrüche, der Bau komplexer Instrumente, die Gestaltung moderner Forschungsinfrastruktur oder die Weiterentwicklung eines Instituts entstehen nicht durch einzelne Personen, sondern durch das Zusammenspiel vieler. Unser Dank gilt daher den mehr als 200 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des AIP ebenso wie unseren Förderern aus Bund und Ländern, deren langfristiges Vertrauen in uns diese Entwicklung ermöglichte.

Der vorliegende Zweijahresbericht gibt verschiedene Einblicke in diese Entwicklung. Er zeigt wissenschaftliche Höhepunkte, technische Innovationen und die Personen, die hinter ihnen stehen. Wir laden Sie herzlich ein, uns auf dieser Reise durch die vergangenen beiden Jahre zu begleiten – und sich gemeinsam mit uns von den Wundern des Kosmos begeistern zu lassen.

DEAR READERS, DEAR SKY ENTHUSIASTS,

Astrophysics studies objects whose light has often been travelling for millions or billions of years. Unravelling the mysteries of the Universe from these faint and distant light sources requires people who work together to develop new ideas and build new instruments. Excellent research therefore requires not only visionary questions, but also high-performance infrastructure and a culture of collaboration.

The past two years have marked a milestone for the Leibniz Institute for Astrophysics Potsdam in many ways. With the completion and commissioning of 4MOST, a project that has shaped our institute over many years has been successfully concluded. As leaders of a large international consortium, we have developed and built one of the world's most powerful multi-object spectrographs for the European Southern Observatory (ESO). With the first scientific observations now underway, a new phase is beginning in which this instrument will play a decisive role in the exploration of our Milky Way and the Universe for many years to come.

A new chapter has also begun on our campus. The Maria-Margaretha-Kirch-Haus has been established as a modern centre for interaction, scientific exchange and interdisciplinary collaboration. At the same time, the new building helps to address the long-standing spatial challenges faced by our institute and provides excellent conditions for the future development of the AIP.

But change also means renewal through people. We are delighted to welcome Prof. Dr. Katja Poppenhäger as the new Director of the Stellar, Solar and Exoplanetary Physics department. With her scientific expertise and fresh ideas, she is strengthening the institute's profile and will play a key role in shaping its development in the coming years.

Behind all these developments are the people who shape the AIP. Scientific breakthroughs, the construction of complex instruments, the design of modern research infrastructure and the further development of an institute do not arise from the efforts of individuals, but through the interaction of many. We would therefore like to express our gratitude to the more than 200 members of staff at the AIP, as well as to our federal and state funding bodies, whose long-term trust in us has made this development possible. This biennial report offers various insights into this development. It highlights scientific achievements, technical innovations and the people behind them. We warmly invite you to join us on this journey through the past two years – and to share our fascination with the wonders of the cosmos.

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

Wolfram Rosenbach
Administrativer Vorstand
Direktor Administration

Prof. Dr. Katja Poppenhäger
Direktorin Forschungsabteilung
Sterne, Sonne und Exoplaneten



Inhaltsverzeichnis

Content

Profil des AIP		Astronomische Spektroskopische Instrumentierung	
Profile of the AIP	6	Astronomical Spectroscopic Instrumentation	70
Wissenschaftliche Highlights		Astrophotonik (innoFSPEC)	
Scientific Highlights	8	Astrophotonics (innoFSPEC)	74
Sterne, Sonne und Exoplaneten		Wissenschaftsunterstützende Einrichtungen	
Stellar, Solar and Exoplanetary Physics	10	Science-supporting Facilities	78
Magnetohydrodynamik und Turbulenz		Forschungstechnik	
Magnetohydrodynamics and Turbulence	12	Technical Section	80
Sonnenphysik		Projektmanagement	
Solar Physics	16	Project Management	82
Sternphysik und Exoplaneten		IT-Service	
Stellar Physics and Exoplanets	20	IT Services	84
Sternaktivität		Bibliothek und Dokumentationszentrum	
Stellar Activity	24	Scientific Library and Documentation Centre	86
Exoplaneten und ihre Atmosphären		Verwaltung	
Exoplanets and their Atmospheres	28	Administration	88
Extragalaktische Astrophysik		Presse- und Öffentlichkeitsarbeit	
Extragalactic Astrophysics	32	Public Relations	90
Milchstraße und die lokale Umgebung		AIP im Überblick	
Milky Way and the Local Volume	34	AIP at a glance	94
4MOST		AIP in Zahlen	
4-Meter-Multi-Object Spectroscopic Telescope	38	Facts and figures	96
Zwerggalaxien und der galaktische Halo		Abgeschlossene Forschungsarbeiten	
Dwarf Galaxies and the Galactic Halo	40	Completed Research Thesis	98
Galaxien und Quasare		Preise	
Galaxies and Quasars	44	Awards and Honours	100
Röntgenastronomie		Tagungen	
X-ray Astronomy	48	Conferences	102
Kosmologie und Hochenergie-Astrophysik		Tradition und Wandel	
Cosmology and High-Energy Astrophysics	52	Tradition and Change	104
Kosmographie und großräumige Strukturen		Geschichte	
Cosmography and Large-Scale Structure	56	History	106
Forschungstechnologie und Infrastruktur		Fördervereine	
Research Infrastructure and Technology	64	Supporters	108
Leibniz-Junior-Forschungsgruppen		Institutsstruktur	
Leibniz Junior Research Groups	60	Institute structure	110
Forschungsdaten- Infrastruktur		Anreise	
Research Data Infrastructure	66	How to get to AIP	114

*Luftaufnahme vom AIP Campus in Babelsberg.
Air view of the AIP Campus in Babelsberg.*

Profil des AIP Profile of the AIP



Das Leibniz-Institut für Astrophysik Potsdam (AIP) ist ein international anerkanntes Forschungsinstitut, das sich der Erforschung des Universums widmet. Im Mittelpunkt stehen die Entstehung und Entwicklung von Planetensystemen, Galaxien und großräumigen Strukturen im Kosmos sowie die Physik der Sonne und anderer Sterne. Das AIP verbindet theoretische Astrophysik, numerische Simulationen und moderne Beobachtungsmethoden und entwickelt zudem innovative astronomische Instrumente und Technologien. Das Institut ist eng in nationale und internationale Forschungsnetzwerke eingebunden und beteiligt sich weltweit an Observatorien und Weltraummissionen. Neben exzellenter Forschung engagiert sich das AIP auch stark in der Nachwuchsförderung, Lehre und Wissenschaftskommunikation.

The Leibniz Institute for Astrophysics Potsdam (AIP) is an internationally recognized research institute dedicated to the exploration of the Universe. Its research focuses on the formation and evolution of planetary systems, galaxies, and large-scale structures in the cosmos, as well as the physics of the Sun and other stars. AIP combines theoretical astrophysics, numerical simulations, and modern observational methods, and also develops innovative astronomical instruments and technologies. The institute is closely integrated into national and international research networks and participates in major observatories and space missions. In addition to conducting excellent research, AIP is strongly committed to early-career support, teaching, and science communication.

Das AIP besteht seit 1992 als Stiftung des bürgerlichen Rechts und wird vom Land Brandenburg, der Ländergemeinschaft und vom Bund institutionell gefördert. Als Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft arbeitet das AIP organisatorisch und wissenschaftlich eigenständig.

Gottfried Wilhelm Leibniz selbst initiierte 1700 die Preußische Akademie der Wissenschaften, unter deren Dach die Berliner Sternwarte entstand und die astronomische Forschung in Berlin prägte. Aufgrund schlechter werdender Beobachtungsbedingungen verlagerte sich diese Forschung im frühen 20. Jahrhundert nach Potsdam, wo bereits 1874 auch das Astrophysikalische Observatorium gegründet wurde. Das AIP führt die Tradition beider Einrichtungen fort und vereint heute den Babelsberger Institutscampus

sowie die beiden historisch bedeutsamen Gebäude Einsteinturm und Großer Refraktor auf dem Telegrafenberg im Wissenschaftspark Albert Einstein. Auf dem Gelände der Babelsberger Sternwarte arbeiten über 200 Personen in einem einzigartigen Umfeld, das historische Architektur mit modernster Technologie verbindet. Weitere Standorte sind die Radioteleskopstation LOFAR in Potsdam Bornim, das GREGOR Sonnenteleskop und die robotischen STELLA-Teleskope auf Teneriffa.

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des AIP erforschen unsere Sonne, galaktische Winde, Exoplaneten sowie den Aufbau und die Entstehung unserer Milchstraße und die Entwicklung des Universums als Ganzes. Mit ihrer täglichen Arbeit erzielen sie national wie international herausragende



Forschungsergebnisse. Darüber hinaus ist das Institut weltweit an zahlreichen Forschungsprojekten beteiligt, in deren Rahmen astronomische Großinstrumente entwickelt, gebaut und integriert, sowie die erforderlichen Daten analysiert werden. Durch mehrere Kollaborationen 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. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler am AIP arbeiten mit der Universität Potsdam zusammen, auf Professuren und als Dozentinnen und Dozenten sowie als Betreuerinnen und Betreuer für Bachelor-, Master- und Doktorarbeiten. Doktorandinnen und Doktoranden, die an der Universität Potsdam oder an einer anderen Universität, auch außerhalb Deutschlands, promovieren, können einen Teil oder ihr gesamtes Forschungsprojekt am AIP durchführen.

Founded in 1992 as a foundation under civil law, AIP is institutionally funded by the State of Brandenburg, the federal states, and the Federal Government of Germany. As a member of the Leibniz Association, AIP operates with both organizational and scientific independence.

Gottfried Wilhelm Leibniz himself initiated the Prussian Academy of Sciences in 1700, under whose auspices the Berlin Observatory was established. It shaped astronomical research in Berlin. Due to increasingly unfavourable observing conditions, this research was relocated to Potsdam in the early 20th century, where the Astrophysical Observatory was founded in 1874.



*Blick auf das Schwarzschildhaus (links) und die Bibliothek (rechts) des AIP.
A view to the Schwarzschildhaus (left) and the library (right) of the AIP.*

AIP continues the tradition of both institutions and today unites the Babelsberg Institute campus with the two historically significant telescopes – the Einstein Tower and the Great Refractor – located on Telegrafenberg in the Albert Einstein Science Park. More than 200 people work at the Babelsberg Observatory site in a unique environment that combines historic architecture with state-of-the-art technology. Additional locations include the LOFAR radio telescope station in Potsdam-Bornim, the GREGOR solar telescope, and the robotic STELLA telescopes on Tenerife.

Scientists at AIP study our Sun, galactic winds, exoplanets, and the structure and formation of the Milky Way as well as the development of the whole Universe. Through their daily work, they achieve outstanding research results at both national and international levels. Moreover, the institute is involved in numerous research projects worldwide, within which large astronomical instruments are developed, built, and integrated, and the necessary data are analyzed. Through multiple collaborations with universities and research institutions in the federal states of Brandenburg and Berlin, AIP is closely connected to the academic research landscape and other partner institutions in the region. Scientists at AIP work with the University of Potsdam as professors and lecturers, as well as supervisors of bachelor's, master's, and doctoral theses. Doctoral candidates enrolled at the University of Potsdam or at other universities, including those outside Germany, may carry out part or all of their research projects at AIP.

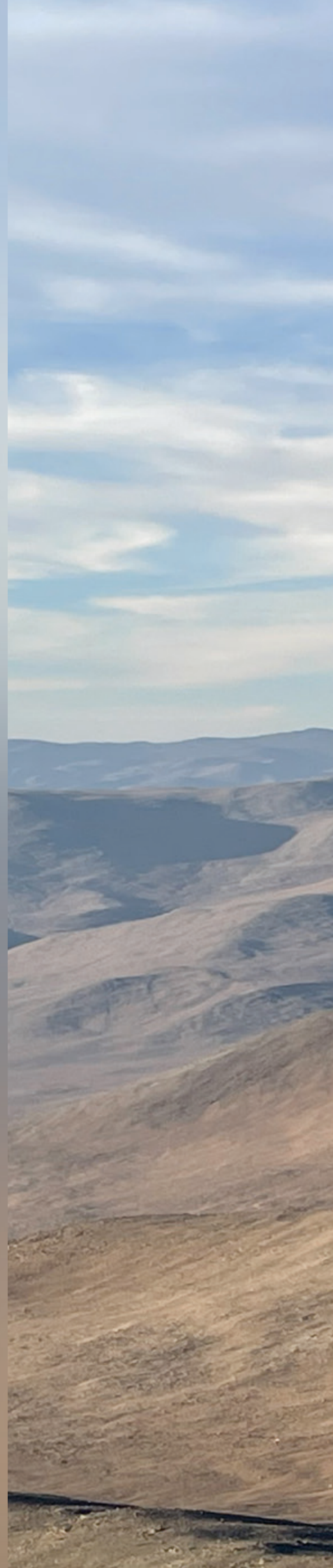
Blick vom Einsteinturm auf den Großen Refraktor auf dem Telegrafenberg in Potsdam.

A view from the Einstein Tower in front of the Great Refractor on Telegrafenberg in Potsdam.

Credit: T. Wolf, Wüstenrot Stiftung

**Wissenschaftliche
Highlights**

**Scientific
Highlights**





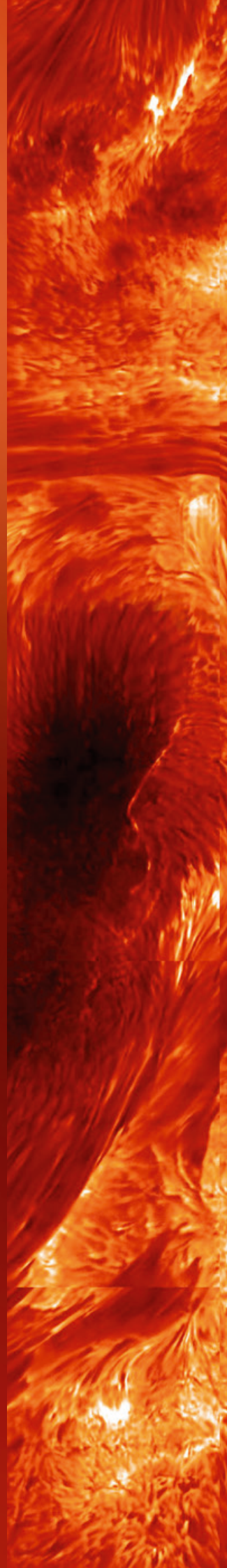
Hochaufgelöstes Bild einer aktiven Region auf der Sonne, in der sich Sonneneruptionen ereigneten. Beobachtungen mit dem GREGOR-Sonnenteleskop auf Teneriffa zeigen verdrehte Magnetfeldstrukturen und frühe Phasen solcher Ausbrüche.

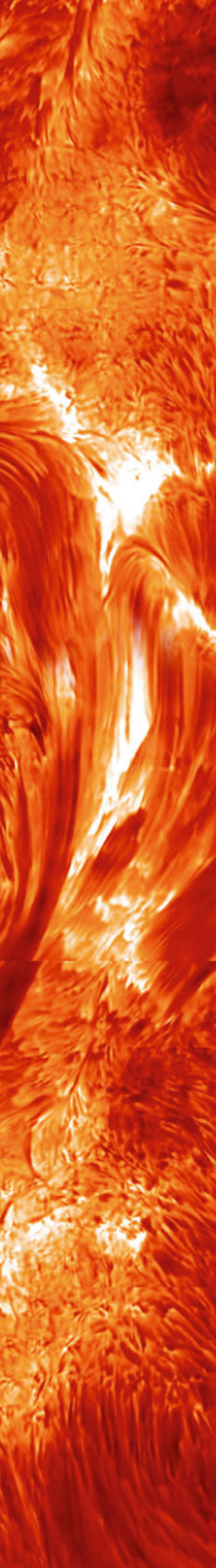
High-resolution image of an active, sunspot-dominated region on the Sun in which solar flares occurred. Observations with the GREGOR solar telescope on Tenerife reveal twisted magnetic field structures and early stages of such eruptions.

Credit: AIP / C. Denker

Sterne, Sonne und Exoplaneten

Stellar, Solar and Exoplanetary Physics





Die Forschungsabteilung Sonne, Sterne und Exoplaneten erforscht die physikalischen Prozesse, die Sterne und ihre Planetensysteme prägen. Das Themenspektrum reicht von der Entstehung von Planetensystemen über die Bildung und Veränderung von Planetenatmosphären bis hin zu den extrem langen Zeitskalen, auf denen sich Sterne und ihr Magnetismus entwickeln. Eine besondere Rolle kommt dabei der Sonne zu, die als Heimatstern aus nächster Nähe untersucht werden kann und als Referenz für andere Sterne dient. Zusätzlich spielt das von der Sonne verursachte Weltraumwetter eine wichtige Rolle in unserem zukünftigen Verständnis von Sternen und Planeten in anderen Sonnensystemen – auch im Hinblick auf die Suche nach Signaturen von Leben im Weltall.

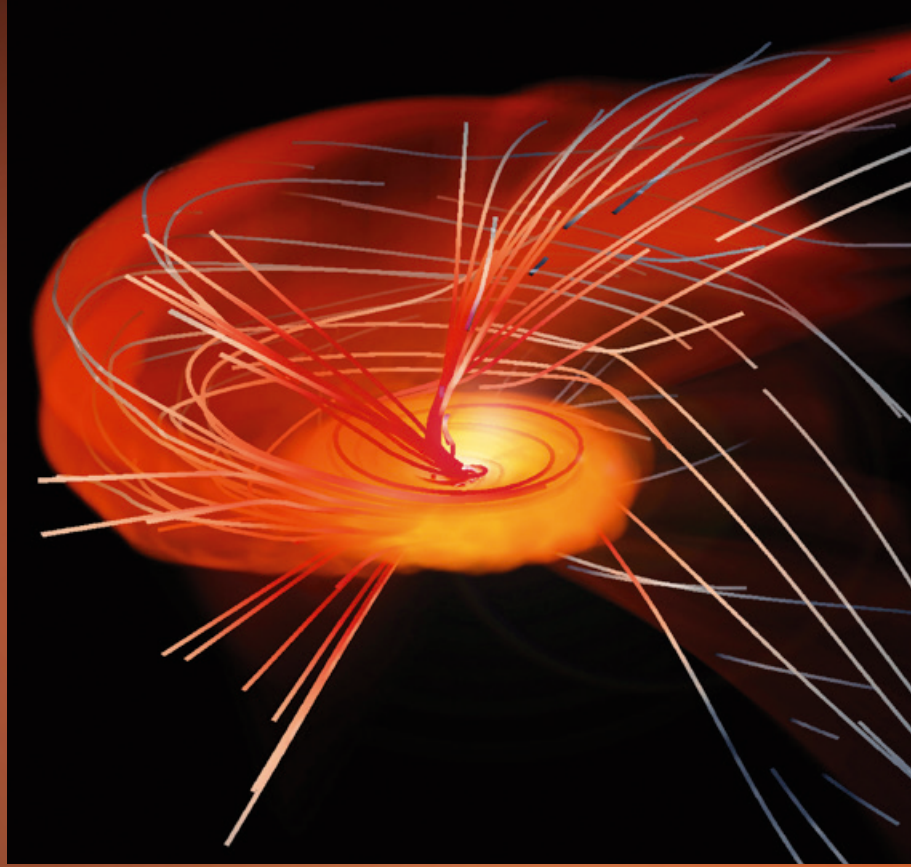
Grundlage der Forschung sind moderne Beobachtungsmethoden, neue Instrumentierungen und numerische Simulationen. Dazu zählen Beobachtungen mit großen internationalen Teleskopen; in der bodengebundenen Astronomie z.B. dem Large Binocular Teleskop, dem Very Large Telescope und dem Radioteleskopverbund LOFAR, in der weltraumgestützten Astronomie mit Teleskopen wie JWST, XMM-Newton und der zukünftigen Weltraummission PLATO. Das AIP entwickelt Technologie für das größte optische Teleskop der Menschheit, das Extremely Large Telescope der Europäischen Südsternwarte. Dazu leitet das AIP die Entwicklung des UVB-Moduls des hochauflösenden Spektrographen ANDES. Ergänzt werden diese Ansätze durch Sonnenbeobachtungen mit dem GREGOR-Teleskop, Langzeitmessungen mit dem robotischen Teleskop STELLA und hochpräzise Instrumentierung am AIP selbst. Theoretische Modelle und magnetohydrodynamische Simulationen auf leistungsfähigen Supercomputern verbinden diese Beobachtungen zu einem konsistenten physikalischen Gesamtbild.

The research department Solar, Stellar and Exoplanetary Physics explores the physical processes that shape stars and their planetary systems. Its thematic scope ranges from the formation of planetary systems and the development and evolution of planetary atmospheres to the extremely long timescales over which stars and their magnetic fields evolve. A special role is played by the Sun, as it is the only star that can be studied in close detail and therefore serves as a reference for other stars. In addition, space weather driven by the Sun is a key ingredient for understanding stars and planets in other planetary systems, including in the context of the search for signatures of life beyond the Solar System. This research is based on modern observational methods, new instrumentation and numerical simulations. These include observations with major international facilities, such as the Large Binocular Telescope, the Very Large Telescope and the LOFAR radio telescope array in ground-based astronomy, as well as space-based missions including the James Webb Space Telescope, XMM-Newton and the future PLATO mission. AIP contributes technology to the largest telescope ever built, the Extremely Large Telescope of the European Southern Observatory, and leads the development of the UVB module of the high-resolution ANDES spectrograph. These approaches are complemented by solar observations with the GREGOR telescope, long-term monitoring with the robotic STELLA telescope and high-precision instrumentation developed at AIP. Theoretical models and magnetohydrodynamic simulations on powerful supercomputers link these observations into a coherent physical framework.

Gasströmung einer durch Gezeitenkräfte zerrissenen Wolke, die mit einer protoplanetaren Scheibe interagiert. Stromlinien veranschaulichen den Materiefluss.

Gas flow from a tidally disrupted cloud interacting with a protoplanetary disc. Streamlines illustrate the flow of matter.

Credit: AIP / J. Joseph.



Magnetohydrodynamik und Turbulenz

Magnetohydrodynamics and Turbulence

Magnetfelder sind im gesamten Universum weit verbreitet, da fast alle Materie im Plasmazustand vorliegt, also als elektrisch leitfähiges Gasgemisch aus Ionen und freien Elektronen. Turbulente Bewegungen können diese Felder verstärken, indem sie kinetische Energie in magnetische Energie umwandeln, ähnlich wie bei Dynamomaschinen. Dieser Mechanismus funktioniert auf der Erde, anderen Planeten, der Sonne, Sternen und Galaxien, doch seine detaillierte Erklärung bleibt eine Herausforderung. Um ihn zu studieren, verwenden Forschende numerische Computersimulationen zur Untersuchung von Sternkonvektion und Turbulenz in Akkretionsscheiben.

Magnetic fields are widespread throughout the Universe as nearly all matter exists in a plasma state, i.e. as an electrically conductive gas mixture of ions and free electrons. Turbulent motions can strengthen these fields by transforming kinetic energy into magnetic energy, in a way analogous to dynamo machines. This mechanism is at work inside the Earth, other planets, the Sun, stars, and galaxies, yet its detailed explanation remains a challenge. To investigate it, researchers use numerical simulations to study stellar convection and turbulence in accretion discs.

TEAM

Oliver Gressel (head)
Rainer Arlt
Alfio Bonanno
Marc van den Bossche
Andrej Hermann
Noa Marie Hoffmann
Jibin Joseph
Manfred Küker
Giovanni Licciardello
Ankush Mandal
Domenico Meduri
Steven Rendon Restrepo
Eleftheria Sarafidou
Kester Weise
Udo Ziegler

AUSWIRKUNGEN DES EINFALLS VON WOLKEN AUF DIE STRUKTUR PROTOPLANETARER SCHEIBEN

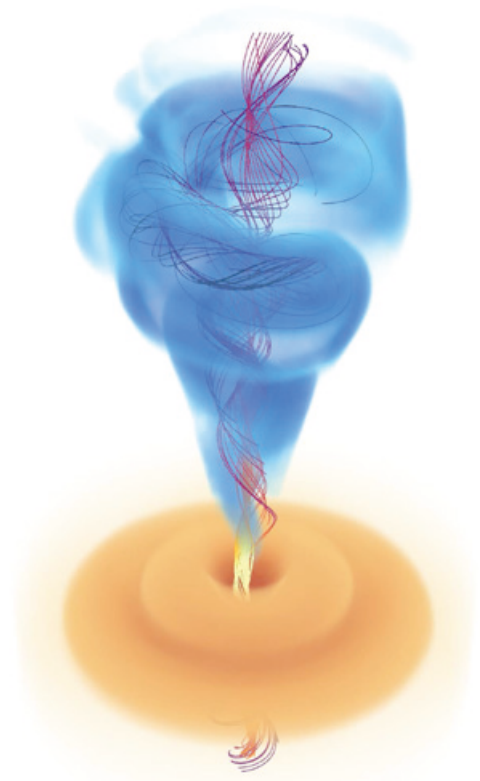
Planeten wie die in unserem Sonnensystem entstehen um junge Sterne innerhalb rotierender Scheiben aus Gas und Staub. Während sich ein Großteil der theoretischen Forschung auf ihre isolierte Entwicklung konzentriert hat, existieren reale Scheiben nicht isoliert und werden von externen Störungen beeinflusst. Ein solcher externer Einfluss ist das Gas aus der molekularen Vorläuferwolke der Scheibe. Beobachtungen haben filamentartige Strukturen – sogenannte „Streamer“ – aufgezeigt, die sich über Tausende von Astronomischen Einheiten erstrecken. Die Auswirkungen des einfallenden Gases auf die Scheibe werden durch 3D-Computersimulationen unter Verwendung des Codes NIRVANA untersucht. Unterschiedliche Wechselwirkungsparameter und physikalische Modelle wirken sich dabei auf die resultierende Morphologie aus. Vorläufige Ergebnisse zeigen, dass eine sphärische Gaswolke, die sich der Scheibe stark nähert, durch Gezeitenkräfte zerstört wird. Das Gas wird schließlich durch filamentartige Strömungen auf die Scheibe geleitet. An der Grenzfläche, wo das einfallende Gas auf die Scheibe trifft, entstehen Instabilitäten, die den Transport des Drehimpulses verstärken.

Ein GRAVITO-TURBULENTER DYNAMO IN FRÜHEN STADIEN PROTOPLANETARER SCHEIBEN

Der Begriff „Gravito-Turbulenz“ beschreibt einen Zustand, in dem die durch die eigene Schwerkraft des Plasmas verursachten Anziehungskräfte selbsterhaltende, chaotische Strömungsmuster erzeugen. Dies geschieht in der Regel, wenn die Kühleffekte nicht ausreichen, um zu einer Fragmentierung des Plasmas zu führen, bei der sich in dichteren Bereichen Klumpen bilden und zu gebundenen Objekten heranwachsen. In einem gravito-turbulenten Zustand entstehen zwar immer wiederkehrend mäßig überdichte Regionen, aber diese werden letztendlich durch die Kepler'sche Rotation um den Zentralstern wieder zerstreut. Gravito-Turbulenz spielt beispielsweise im Frühstadium einer protoplanetaren Scheibe eine wichtige Rolle. Über einen kinematischen Mean-Field-Dynamo kann sie dazu beitragen, kohärente großräumige Felder zu erzeugen. Diese sind erforderlich, damit die Magnetorotationsinstabilität einsetzt, die im Anschluss eine starke Durchmischung



Mitarbeitende der Forschungsgruppe / Members of the research group



3D-Simulation, in der eine dichte Region in einer Molekülwolke zu einem jungen Stern (nicht sichtbar) mit einer umgebenden Scheibe (orange) kollabiert. Durch die Drehung der Scheibe wird das Magnetfeld (rote Linien) aufgewickelt, wodurch ein Materiestrom (blau) entlang der Feldlinien entsteht.

3D magnetohydrodynamic simulation of a molecular cloud core, that collapses into a protostar (not seen) with a surrounding protoplanetary disc (orange). The magnetic field lines (shown in red) are wound up by the rotation of the disc, thereby producing an outflow (blue).

Credit: AIP/N. Hoffmann & A. Mandal

bewirkt. Daraus folgt eine Umverteilung des Drehimpulses und Akkretion von Materie auf das zentrale Objekt. Andere astrophysikalische Systeme, in denen dieser neuartige Dynamo-Mechanismus eine Rolle spielen könnte, sind Spiralgalaxien sowie Scheiben in aktiven Galaxienkernen.

STABILITÄT VON MAGNETFELDERN IN DEN KERNEN ROTER RIESEN

Das strahlende Innere weit entwickelter Riesensterne rotiert in der Regel langsamer als erwartet, was auf einen gewissen Verlust an Drehimpuls hindeutet. Um dies zu erklären, muss es eine Quelle turbulenter Vermischung geben. Es wurde vermutet, dass instabile Magnetfelder eine Quelle für solche Turbulenzen darstellen. Aber welche magnetischen Topologien unter welchen Voraussetzungen instabil sind, ist noch nicht vollständig erforscht. Aus der Untersuchung rein axialsymmetrischer, azimuthaler Magnetfelder und ihrer Stabilität gegenüber nicht-axialsymmetrischen Störungen ist bekannt, dass sich sowohl die Wachstumsrate als auch die Wellenlänge der dominanten Störung verringert, wenn der Stern eine hochstabile Schichtung aufweist.

Die Forschungsgruppe hat eine wesentliche Einschränkung dieser Theorien identifiziert: Die bisherigen Analysen beschränkten die instabilen Moden auf Regionen in der Nähe der Pole, was Auswirkungen auf die abgeleiteten Gesetzmäßigkeiten hat. Daher ist ihr neuer Ansatz zur linearen Stabilitätsanalyse global im Radius. Die theoretische Analyse zeigt tatsächlich eine neue Struktur, die unter dem stabilisierenden Effekt der Schichtung immer noch angeregt wird, aber den gesamten Innenbereich und nicht nur die Polregionen besetzt. Die neuen Erkenntnisse werden durch numerische Simulationen bestätigt. Bei der Interpretation der Ergebnisse mit konkreten Sterneigenschaften erscheinen die Wachstumszeiten der letzteren Moden zwar extrem lang, sie können jedoch in der obersten Schicht des Strahlungskerns von Roten Riesen oder in Strahlungszonen von Sternen wie Ap-Sternen oder vielleicht Weißen Zwergen dennoch relevant sein.

IMPACT OF CLOUD INFALL ON THE STRUCTURE AND EVOLUTION OF PROTOPLANETARY DISCS

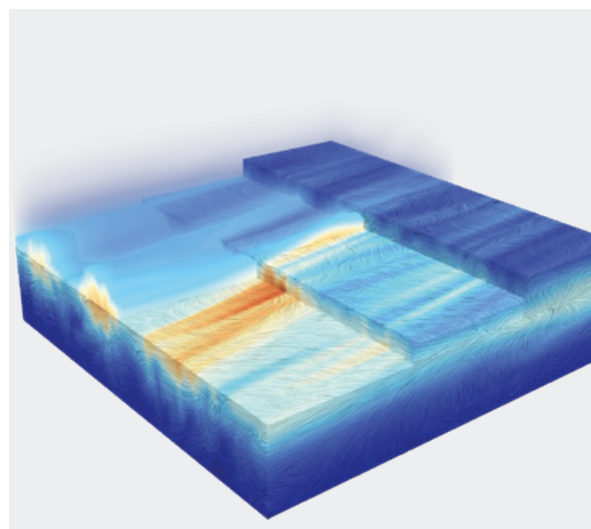
Planets—such as those in our Solar System—form around young stars within rotating discs of gas and dust. While much of the theoretical research has focused on their isolated evolution, real discs do not exist in isolation and are influenced by external perturbations. One such external influence is the gas from the disc's progenitor molecular cloud. Observations have revealed filament-like structures extending over thousands of astronomical units.

These so-called streamers, appear to feed pristine interstellar material onto the disc. The effect of infalling gas on the disc is studied through 3D numerical simulations using the gas dynamics code NIRVANA. We investigate how different interaction parameters and physical models affect the resulting morphology. Preliminary results show that, when a spherical gas cloud approaches the disc closely, it becomes tidally disrupted. The gas is eventually funnelled onto the disc through streams. Instabilities develop at the interface where this infalling gas meets the disc, enhancing angular momentum transport.

A GRAVITO-TURBULENT DYNAMO DURING EARLY STAGES OF PROTOPLANETARY DISCS

In the context of astrophysical discs, the term 'gravito-turbulence' describes a situation where the attractions driven by the plasma's own gravity create self-sustained chaotic flow patterns. This usually happens when cooling is insufficient to lead to fragmentation of the plasma, a process where clumps would form in denser areas and grow into bound objects. In a gravito-turbulent state, moderately overdense regions are periodically created, perhaps briefly attracted by nearby neighbours, but they are ultimately torn-apart and dispersed again by their Keplerian rotation around the central star.

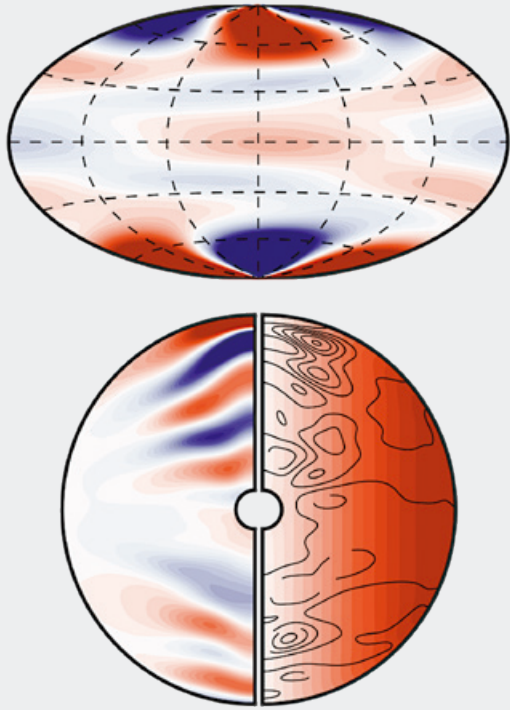
Gravito-turbulence may, for instance, play a key role during the earliest stages of protoplanetary discs. Via a kinematic mean-field dynamo, it can act to seed coherent large-scale fields.



Visualisierung von Dichtewellen, erzeugt durch Eigengravitation.

Visualisation of density waves driven by the self-gravity of the gas flow.

Credit: AIP/A. Hermann



Oben: Projektion des Magnetfeldes in konstanter Tiefe. An den Polen erscheint das Magnetfeld am stärksten. Unten: Schnitt durch das Sterninnere nach Einsetzen der globalen magnetischen Instabilität. Links und rechts ist jeweils eine Komponente des Magnetfeldes farblich dargestellt.

Upper panel: Projected magnetic field at fixed depth. The magnetic field appears strongest at the poles, Lower panel: Vertical cross-section through the core of a star after the onset of the global magnetic instability. The left and right hemispheres each show a component of the magnetic field in colour-coded contours. – Credit: AIP/D. Meduri

These are required for the magnetorotational instability to set-in and subsequently drive even more vigorous turbulence, leading to redistribution of angular momentum and accretion of mass onto the central star. Other astrophysical systems where this novel dynamo mechanism may play a role include spiral galaxies as well as discs in active galactic nuclei.

STABILITY OF MAGNETIC FIELDS IN RED GIANT CORES

The radiative interiors of evolved red giants typically spin slower than expected, indicating some degree of angular momentum removal. To explain this, some source of turbulent mixing is required. Unstable magnetic fields have been proposed to provide a means of turbulence, but an exact understanding of which magnetic topologies under which stellar properties are unstable is yet to be fully explored. When studying purely axisymmetric, azimuthal magnetic fields and probing their stability against non-axisymmetric perturbations, it is known that the presence of a highly stable stellar stratification reduces both the growth rate and the wavelength of the unstable modes.

The research group has identified a key limitation of these theories: restricting the unstable modes to regions near the poles has an effect on the derived stability properties. Hence, our new approach is global in radius, meaning that the short-wavelength approximation is no longer necessary. The theoretical analysis indeed reveals a new type of structure which is still excited under the stabilising effect of stratification, but populates the entire domain rather than just the polar regions. The new findings are confirmed by numerical simulations. When interpreting the results with concrete stellar properties, the growth times of the latter modes appear to be extremely long. They may, however, still be relevant in the top-most layer of the radiative core of red giants, or in radiative zones of stars such as Ap stars or perhaps white dwarfs.

AUSGEWÄHLTE PUBLIKATIONEN | SELECTED PUBLICATIONS

Inceoglu, F., Arlt, R. (2024): *Evaluating solar-like behavior in turbulent alpha and Babcock–Leighton mechanisms using non-kinematic nonlinear flux-transport solar dynamos*, Nature Scientific Reports, 14, 23425, doi: 10.1038/s41598-024-74825-3

Küker, M., Järvinen, S. P., Hubrig, S., Ilyin, I., Schöller, M. (2024): *Characterizing the dynamical magnetosphere of the extremely slowly rotating magnetic O9.7 V star HD 54879 using rotational modulation of the H α profile*, Astronomische Nachrichten, 345, doi:10.1002/asna.20230169

Meduri, D. G., Jouve, L., Lignières, F. (2024): *Angular momentum and chemical transport by azimuthal magnetorotational instability in radiative stellar interiors*, Astronomy & Astrophysics, 683, A12, doi:10.1051/0004-6361/202347672

Bonanno, A., Arlt, R. (2025): *Data-Driven Reconstruction of a Low-Order Dynamo Model from Sunspot Data*, Solar Physics, 300, doi:10.1007/s11207-025-02531-y

Järvinen, S. P., Hubrig, S., Küker, M., Ziegler, U. et al. (2025): *First snapshot of a magnetosphere around a Herbig Ae/Be star*, Astronomy & Astrophysics, 696, A155, doi:10.1051/0004-6361/202452980

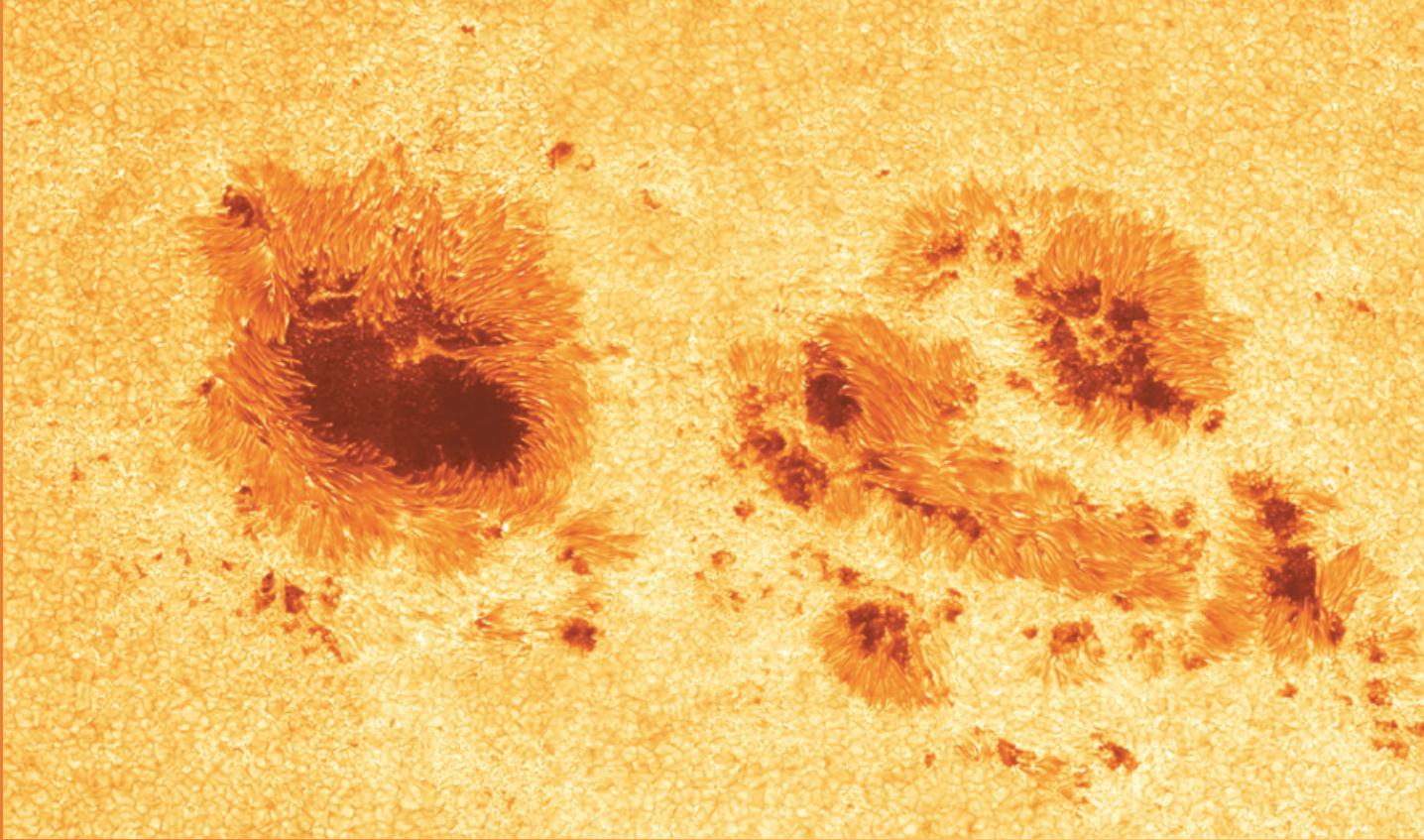
Meduri, D. G., Arlt, R., Bonanno, A., Licciardello, G. (2025): *Gravity's role in taming the Tayler instability in red giant cores*, Astronomy & Astrophysics, 702, A44, doi:10.1051/0004-6361/202453436

Rendon Restrepo, S., Rometsch, T., Ziegler, U., Gressel, O. (2025): *Self-gravity in thin protoplanetary discs: 1. The smoothing-length approximation versus the exact self-gravity kernel*, Astronomy & Astrophysics, 706, A279, doi:10.1051/0004-6361/202555989

Rendon Restrepo, S., Ziegler, U., Villenave, M., Gressel, O. (2025): *Gravito-turbulent bi-fluid protoplanetary discs*, Astronomy & Astrophysics, 697, A126, doi:10.1051/0004-6361/202453434

Sarafidou, E., Gressel, O., Ercolano, B. (2025): *Global Hall-magnetohydrodynamic simulations of transition disks*, Astronomy & Astrophysics, 696, A19, doi:10.1051/0004-6361/202452121

Weber, M. L., Sarafidou, E., Rab, C., Gressel, O., Ercolano, B. (2025): *From thermal to magnetic driving: Spectral diagnostics of simulation-based magnetothermal disc wind models*, Astronomy & Astrophysics, 704, A197, doi:10.1051/0004-6361/202557339



Mosaik aus speckle-rekonstruierten Schmalband-Ha-Bildern, aufgenommen mit HiFI+ am 1,5-Meter-Sonnenteleskop GREGOR, das die aktive Region NOAA 14274 um 08:33 UT am 10. November 2025 zeigt, etwa 30 Minuten vor Beginn eines X1,2-Strahlungsausbruchs.

Mosaic of speckle-restored narrow-band Ha images obtained with HiFI+ at the 1.5-meter GREGOR solar telescope, showing active region NOAA 14274 at around 08:33 UT on 10 November 2025, about 30 min before an X1.2 flare began.

Credit: AIP / C. Denker

Sonnenphysik

Solar Physics

Die Sonne ist nicht nur für das Leben auf unserem Planeten von entscheidender Bedeutung, sondern auch für das Verständnis der Bausteine des Universums, da sie der der Erde am nächsten gelegene Stern ist. Durch Beobachtungen mit einer Vielzahl von Instrumenten und bei unterschiedlichen Wellenlängen untersucht die Forschungsgruppe Sonnenphysik am AIP verschiedene physikalische Phänomene, darunter die Erzeugung des magnetischen Flusses an der Sonnenoberfläche und den Sonnenwind.

The Sun is not only crucial for life on our planet, but also for understanding the building blocks of the Universe, as it is the closest star to Earth. Using multiple instruments and different wavelengths, the Solar Physics research group at the AIP investigates various physical phenomena, including the generation of magnetic flux on the Sun's surface and the solar wind.

TEAM

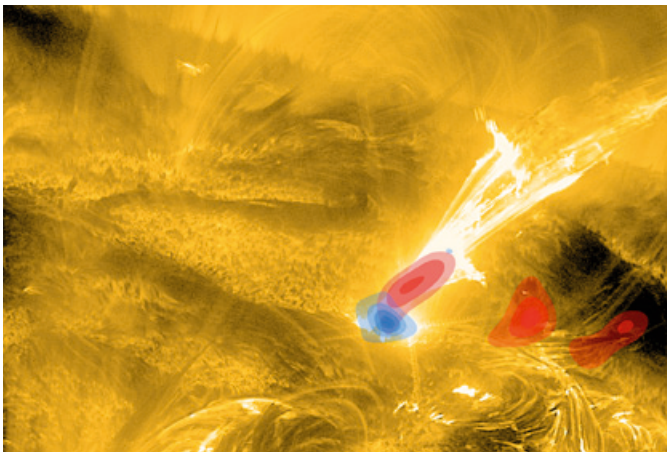
Carsten Denker (head)
Horst Balthasar
Malte Bröse
Oliver Flor
Hyoyin Gan
Axel Hofmann
Stefan Hofmeister
Ajinkya Kakade
Robert Kamlah
Ioannis Kontogiannis
Madison Liebel
Emily Lößnitz
Gottfried Mann
Jake Mitchell
Chukwudi Stephen Okoro
Dominique Petit dit de la Roche
Alex Pietrow
Olena Podladchikova
Jürgen Rendtel
Alexis Rouillard
Claudia Schmeckeber
Frédéric Schuller
Fanpeng Shi
Jürgen Staudé
Alexandros Stork
Saqib Sumra
Song Tan
Meetu Verma
Christian Vocks
Alexander Warmuth
Zahra Yousefi
Lilly Zeberer

VON DER SONNENOBERFLÄCHE ZUR HELIOSPHÄRE UND DARÜBER HINAUS

Die Forschungsgruppe konzentriert sich darauf, die grundlegenden Vorgänge an der Oberfläche der Sonne, die durch die Interaktion von Plasmaströmen und Magnetfeldern entstehen, zu verstehen. Darüber hinaus wird der Massen- und Energietransfer von der Entstehung des Magnetfelds bis zum Ausstoß des Plasmas in Form von Sonnenwind und koronalen Massenauswürfen untersucht. Mithilfe von Bildern und spektroskopischen Daten gelingt es, die dreidimensionale Strömungs- und Magnetfeldstruktur von Poren und Sonnenflecken zu rekonstruieren. Gleichzeitig beobachten Instrumente an Bord von Weltraumsatelliten die Entwicklung von Sonneneruptionen in den oberen Schichten der Sonnenatmosphäre. Schließlich wird die Ausbreitung von koronalen Massenauswürfen in der Heliosphäre mithilfe von Radiobeobachtungen vom Boden aus und von Teilchendetektoren im Weltraum untersucht.

WELTRAUMGESTÜTZTE SONNENBEOBACHTUNGEN MIT SOLAR ORBITER

Die ESA-Raumsonde Solar Orbiter befindet sich mitten in der wissenschaftlichen Phase und liefert einzigartige Beobachtungsdaten der Sonne und der Heliosphäre. Das AIP ist direkt an zwei Instrumenten



Eine von Solar Orbiter beobachtete Sonneneruption. Das Hintergrundbild zeigt extreme UV-Emission von Plasma mit einer Temperatur von einer Million Kelvin, aufgenommen vom Teleskop EUI. Überlagert sind die von STIX beobachteten Röntgenquellen: heißes Plasma mit über 10 Millionen Kelvin (rot) und hochenergetische Elektronen (blau).

A solar eruption observed with Solar Orbiter. The background image shows extreme UV emission from plasma with a temperature of a million Kelvin, recorded by the EUI telescope. Superimposed are the X-ray sources observed by STIX: hot plasma at over 10 million Kelvin (red) and highly energetic electrons (blue). – Credit: AIP/S. Tan

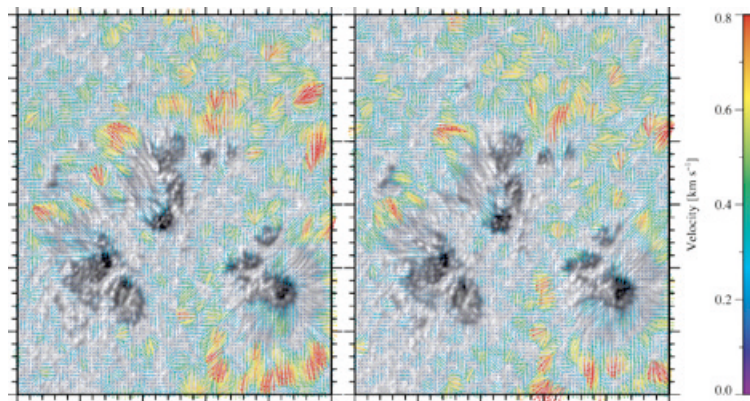


Mitarbeitende der Forschungsgruppe / Members of the research group

an Bord beteiligt: dem Röntgenteleskop STIX (Spectrometer/Telescope for Imaging X-rays) und dem In-situ-Teilchendetektor EPD (Energetic Particle Detector). Der wissenschaftliche Fokus liegt auf der Energiefreisetzung und Teilchenbeschleunigung in Sonneneruptionen. Dabei werden Synergien mit den weiteren Instrumenten an Bord von Solar Orbiter und anderen Missionen genutzt. So hat eine vom AIP geleitete Kollaboration unter Nutzung von acht Instrumenten, die sich an Bord befinden, den bisher umfassendsten Katalog von energiereichen Elektroschauern im interplanetaren Raum erstellt. Dadurch konnte erstmals statistisch gezeigt werden, dass die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Teilchen signifikant von den Bedingungen des interplanetaren Mediums abhängt.

RADIOBEOBACHTUNGEN MIT LOFAR

Das AIP betreibt in Potsdam-Bornim eine eigene Station für LOFAR (Low Frequency Array) als Teil des internationalen LOFAR Teleskops. LOFAR ist ein Radioteleskop, das die Frequenzbereiche 10 bis 90 MHz und 110 bis 250 MHz abdeckt. Es besteht aus einem Kern von 24 Stationen in Exloo und 14 weiteren Stationen in den Niederlanden sowie 14 in anderen Ländern wie Irland, Lettland, Schweden und Frankreich. In den nächsten Jahren werden zudem neue Stationen in Italien und Bulgarien hinzukommen. Seit dem 22. Januar 2024 ist LOFAR ein Europäisches Infrastrukturkonsortium (ERIC).



Zweidimensionale Strömungskarten auf Basis von speckle-rekonstruierten TiO-Bildern, die die aktive Region NOAA 13096 um 08:05 UT (links) und 09:55 UT (rechts) am 9. September 2022 zeigen.

Two-dimensional flow maps based on speckle-restored TiO images, showing active region NOAA 13096 at around 08:05 UT (left) and 09:55 UT (right) on 9 September 2022.

Credit: AIP/R. Kamlah

Die Flexibilität des LOFAR-Systems ermöglicht verschiedene Modi für die Sonnenbeobachtung: von dynamischen Spektren über interferometrische Aufnahmen und Bildgebung mit geringer räumlicher, aber hoher zeitlicher Auflösung bis hin zu interplanetarer Szintillation. Dadurch wird ein detailliertes Bild der räumlichen und zeitlichen Variabilität solarer Strahlungsausbrüche geliefert. Durch die Kombination der Radiodaten mit Röntgenbeobachtungen von STIX und In-situ-Daten von Solar Orbiter und Parker Solar Probe (PSP) können energiereiche Elektronen von ihrer Quelle in einem solaren Flare auf ihrem Weg durch die Korona in den interplanetaren Raum untersucht werden.

SONNENBEOBACHTUNG MIT HOHER RÄUMLICHER, SPEKTRALER UND ZEITLICHER AUFLÖSUNG

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

Beobachtungen mit dem GREGOR-Sonnenteleskop nähern sich den Dimensionen der mittleren freien Weglänge von Photonen und der grundlegenden magnetischen Strukturen in der Sonnenatmosphäre, die nur wenige Dutzend Kilometer groß sind. Dies ist entscheidend für das Verständnis der magnetischen Rekonnexion und anderer dynamischer, kleinräumiger Prozesse im Zusammenhang mit Flares und anderen eruptiven Ereignissen. Das VTT ist das ideale Instrument, um die beugungsbegrenzten räumlichen Skalen von hochauflösenden und synoptischen Teleskopen zu überbrücken.

FROM THE SUN'S SURFACE TO THE HELIOSPHERE AND BEYOND

The research group focuses on understanding the fundamental processes at the Sun's surface that arise from the interaction of plasma flows and magnetic fields. In addition, it investigates the transfer of mass and energy from the formation of the magnetic field to the ejection of plasma in the form of solar wind and coronal mass ejections. Images and spectroscopic data are used to reconstruct the three-dimensional flow and magnetic field structure of pores and sunspots. At the same time, instruments on board space satellites observe the development of solar flares in the upper layers of the Sun's atmosphere. Finally, the propagation of coronal mass ejections in the heliosphere is studied using radio observations from the ground and particle detectors in space.

SPACE-BASED SOLAR OBSERVATIONS WITH SOLAR ORBITER

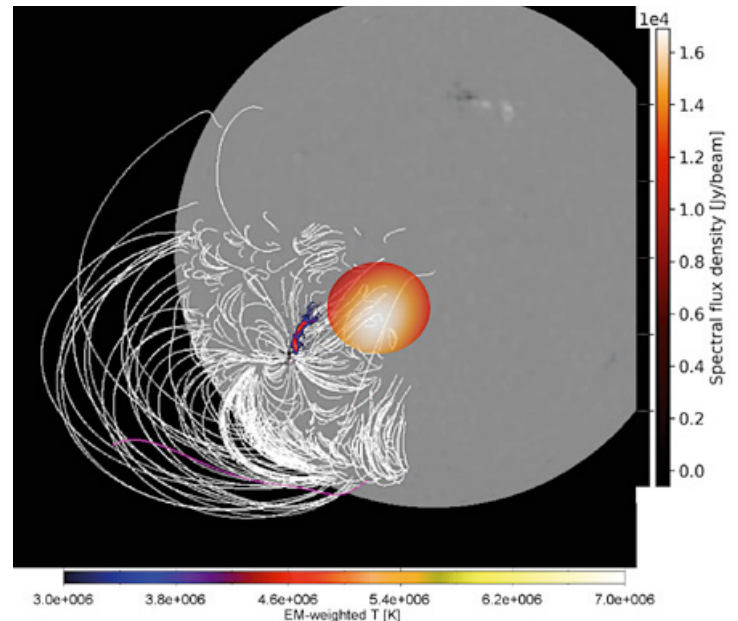
The ESA Solar Orbiter spacecraft is in the midst of its scientific phase and continues to deliver unique observational data on the Sun and the heliosphere. The AIP is directly involved in two instruments on board: the X-ray telescope STIX (Spectrometer/Telescope for Imaging X-rays) and the in-situ particle detector EPD (Energetic Particle Detector). The scientific focus is on energy release and particle acceleration in solar flares. Synergies with other instruments on board the Solar Orbiter and other missions are being exploited. For example, a collaboration of eight instruments on board, led by the AIP, has compiled the most comprehensive catalog to date of high-energy electron showers in interplanetary space. For the first time, it has been statistically demonstrated that the propagation velocity of the particles depends significantly on the conditions of the interplanetary medium.

RADIO OBSERVATIONS WITH LOFAR

The AIP operates its own station for LOFAR (Low Frequency Array) in Potsdam-Bornim as part of the international LOFAR telescope. LOFAR is a radio telescope that covers the frequency ranges 10 to 90 MHz and 110 to 250 MHz. It consists of a core of 24 stations in Exloo and 14 additional stations in the Netherlands, as well as 14 in other countries such as Ireland, Latvia, Sweden, and France. In the coming years, new stations will be added in Italy and Bulgaria. Since January 22, 2024, LOFAR has been a European Research Infrastructure Consortium (ERIC). The flexibility of the LOFAR system enables various modes of solar observation: from dynamic spectra to interferometric imaging and beamforming imaging with low spatial but high temporal resolution to interplanetary scintillation. This provides a detailed picture of the spatial and temporal variability of solar flares. By combining the radio data with X-ray observations from STIX and in-situ data from Solar Orbiter and Parker Solar Probe (PSP), high-energy electrons can be studied from their source in a solar flare on their way through the corona into interplanetary space.

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

The AIP is a 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



Dieses Beispiel einer Multiwellenlängenstudie einer Sonneneruption zeigt eine differentielle Emissionsmessung einer eruptiven Flussschleife unter Verwendung von Daten des Solar Dynamics Observatory / AIA, Extrapolationen des Oberflächenmagnetfelds und einem LOFAR-Bild des zugehörigen Typ-III-Radiobursts.

This example of a multi-wavelength study of a solar flare shows a differential emission measure (DEM) analysis of the flaring loop using Solar Dynamics Observatory / AIA data, surface magnetic field extrapolations, and a LOFAR image of the associated type III radio bursts. – Credit: AIP/M. Bröse

the Echelle spectrograph of the 0.7-metre Vacuum Tower Telescope (VTT).

Observations with the GREGOR solar telescope are approaching the dimensions of the photon mean free path and of the fundamental magnetic structures in the solar atmosphere, which are only a few tens of kilometres in size. This is crucial for understanding magnetic reconnection and other dynamic, small-scale processes related to flaring and other eruptive events. The VTT is the ideal instrument with which to bridge the diffraction-limited spatial scales of both high-resolution and synoptic telescopes.

AUSGEWÄHLTE PUBLIKATIONEN | SELECTED PUBLICATIONS

Diercke, A. et al. (2024): *A universal method for solar filament detection from Ha observations using semi-supervised deep learning*, *Astronomy & Astrophysics*, 686, A213, doi:10.1051/0004-6361/202348314

Kontogiannis, I., Pietrow, A. G. M., **Druett, M. K., Dineva, E., Verma, M., Denker, C.** (2024): *Solar active region evolution and imminent flaring activity through color-coded visualization of photospheric vector magnetograms*, *Astronomy & Astrophysics*, 691, A119, doi:10.1051/0004-6361/202451393

Pietrow, A. G. M. et al. (2024): *A comparative study of two X2.2 and X9.3 solar flares observed with HARPS-N*, *Astronomy & Astrophysics*, 682, A46, doi:10.1051/0004-6361/202347895

Verma, M. (2024): *High-resolution observations of two pores with the integral field unit (IFU) of the GREGOR Infrared Spectrograph (GRIS)*, *Astronomy & Astrophysics*, 690, A3, doi:10.1051/0004-6361/202347571

Bröse, M. et al. (2025): *Magnetic connectivity of coronal loops and flare-accelerated electrons in a B-class flare*, *Astronomy & Astrophysics*, 694, A188, doi:10.1051/0004-6361/202449289

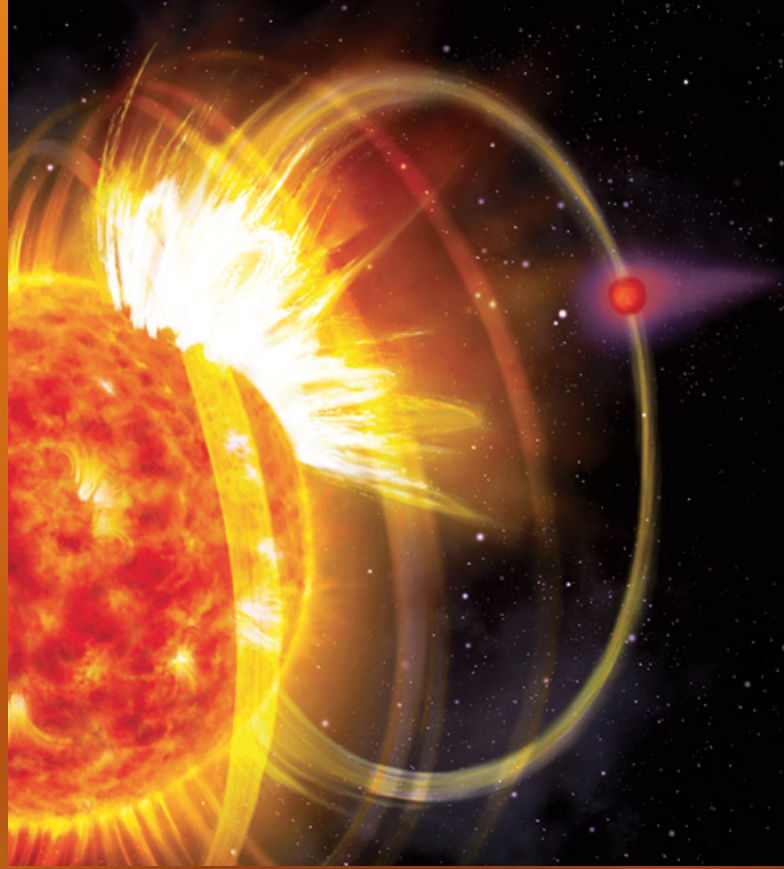
Kamlah, R. et al. (2025): *Wide-field image restoration of G-band and Ca II K images containing Large and Complex active Regions*, *Solar Physics*, 300, 62, doi:10.1007/s11207-025-02472-6

Shi, F. et al. (2025): *Spatially resolved oscillations of a flare looptop X-Ray source*, *The Astrophysical Journal Letters*, 982, L6, doi:10.3847/2041-8213/adb9e0

Mann, G., Schuller, F. (2025): *Spatial extent of the magnetic influence of an active region on the solar atmosphere*, *Astronomische Nachrichten*, 346, e70040, doi:10.1002/asna.70040

Tan, S., Warmuth, A., Schuller, F., Shen, Y., Mitchell, J. A. J., Shi, F. (2025): *Extremely diverse coronal jets accompanying an erupting filament captured by Solar Orbiter*, *Astronomy & Astrophysics*, 702, A189, doi:10.1051/0004-6361/202555297

Warmuth, A. et al. (2025): *CoSEE-Cat: A Comprehensive Solar Energetic Electron event Catalogue obtained from combined in situ and remote-sensing observations from Solar Orbiter*, *Astronomy & Astrophysics*, 701, A20, doi:10.1051/0004-6361/202554830



Darstellung der magnetischen Wechselwirkung zwischen Stern und Planet: Ein kräftiger stellarer Ausbruch geht vom Stern aus und trifft auf den Planeten. Das Besondere ist, dass der Planet selbst die energiereiche Eruption auf seinem Mutterstern auslöst.

Illustration of the magnetic interaction between a star and its planet: a powerful stellar outburst originates from the star and impacts the planet. Remarkably, the planet itself triggers the energetic eruption on its host star.

Credit: Danielle Futselaar

Sternphysik und Exoplaneten

Stellar Physics and Exoplanets

Sterne prägen ihre Umgebung durch Strahlung, Teilchenströme und Magnetismus. Planeten entstehen in ihrem Umfeld und entwickeln sich unter dem dauerhaften Einfluss ihres Zentralsterns. Die Forschungsgruppe Sternphysik und Exoplaneten untersucht diese Zusammenhänge entlang einer durchgehenden Kette – vom Inneren der Sterne über ihre Aktivität und Strahlungsfelder bis hin zu den Auswirkungen auf Exoplaneten und deren langfristige Entwicklung.

Stars shape their surroundings through radiation, particle flows and magnetism, while planets form and evolve under the continuous influence of their host star. The Stellar Physics and Exoplanets research group studies these processes along a continuous chain, from stellar interiors and activity to radiation fields and their effects on exoplanets and long-term planetary evolution.

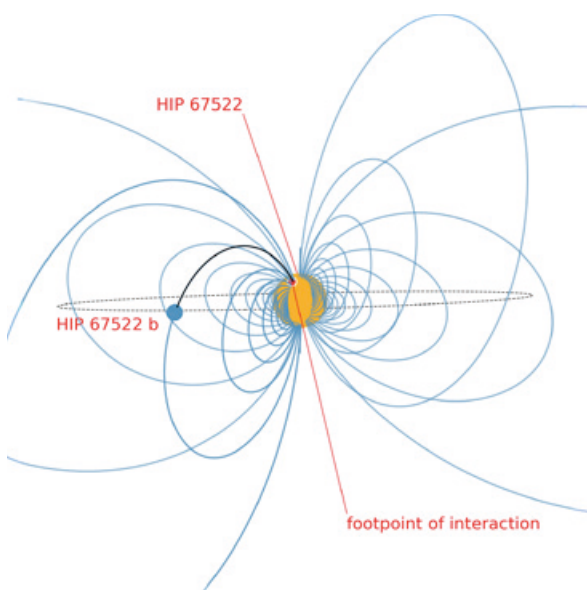
TEAM

Katja Poppenhäger (head)
Julián Alvarado-Gómez
Martíño Balboa Costa
Judy Chebly
Yuehong Chen
Ilaria Civalè
Desmond Dsouza
Linda Giuliani
Julius Göhring
Raghavan Gopalan
Svetlana Hubrig
Nikoleta Ilić Petković
Silva Järvinen
Coleman Kilby
Fabio Lesjak
Matthias Steffen
Zheng Sun
Iva Viločić
Anna Maria Weiss
Yu Xu
Laura von Zadow

STELLARE AKTIVITÄT UND WELTRAUMWETTER

Ein zentrales Forschungsfeld ist die Physik der Sterne selbst, insbesondere ihre magnetische Aktivität, da sie die Umgebung und damit auch umlaufende Planeten maßgeblich beeinflusst. Viele Sterne zeigen magnetisch bedingte Phänomene wie Sternflecken, energiereiche Strahlungsausbrüche und koronale Massenauswürfe. Beobachtungen des sonnenähnlichen Sterns ι Horologii ermöglichen die detaillierte Untersuchung eines stabilen magnetischen Aktivitätszyklus außerhalb unseres Sonnensystems. Erstmals konnte für einen Stern jenseits der Sonne ein magnetisches Schmetterlingsdiagramm erstellt werden, das die Entstehung, Wanderung und Umpolung magnetischer Strukturen sichtbar macht. Der vollständige magnetische Zyklus von ι Horologii dauert nur etwas mehr als zwei Jahre und verläuft damit deutlich schneller als der entsprechende Zyklus der Sonne.

Koronale Massenauswürfe schleudern große Mengen heißen Plasmas in den Raum um den Stern und prägen das stellare Weltraumwetter. Simulationen solcher Ereignisse auf jungen sonnenähnlichen Sternen zeigen, unter welchen Bedingungen diese Ausbrüche beobachtbar sind und wie sie die stellare Umgebung beeinflussen. Die Arbeiten zu diesen Prozessen in den vergangenen zwei Jahren wurden mit einem internationalen Fachpreis ausgezeichnet.



Schematische Darstellung der magnetischen Wechselwirkung zwischen einem Stern und seinem nahen Planeten.

Schematic illustration of the magnetic interaction between a star and its close-in planet.

Credit: Ilin 2025



Mitarbeitende der Forschungsgruppe / Members of the research group

STRAHLUNGSFELDER UND WECHSEL- WIRKUNG ZWISCHEN STERNEN UND PLANETEN

Die von aktiven Sternen ausgehende hochenergetische Strahlung beeinflusst umlaufende Planeten maßgeblich, indem sie die Atmosphäre aufheizt, chemisch verändert oder langfristig verdampfen lässt. In dem jungen Sternsystem HIP 67522 mit einem sehr nahen Riesenplaneten konnte erstmals direkt gezeigt werden, dass der Planet energiereiche Strahlungsausbrüche auf seinem Zentralstern auslöst. Dieses Ergebnis belegt, dass Planeten unter bestimmten Bedingungen aktiv in magnetische Prozesse ihres Sterns eingreifen können.

Auch die langfristige Entwicklung von Sternen kann eng mit planetaren Prozessen verknüpft sein. Untersuchungen des Systems GJ 504 deuten darauf hin, dass ein massereicher Planet früh nach innen wanderte und schließlich vom Stern verschluckt wurde, was die ungewöhnlich schnelle Rotation und hohe Röntgenleuchtkraft des Sterns erklären kann.

Das im Jahr 2025 neu gestartete und mit einem ERC Consolidator Grant geförderte Projekt EVAPORATOR vereint die stellaren und exoplanetaren Aspekte der Forschungsgruppe. Ziel ist es, mithilfe der Sternphysik besser zu verstehen, wie Exoplaneten ihre ursprünglichen wasserstoff- und heliumreichen Atmosphären verlieren und dadurch Raum für sekundäre, potenziell lebensfreundliche Atmosphären entsteht.

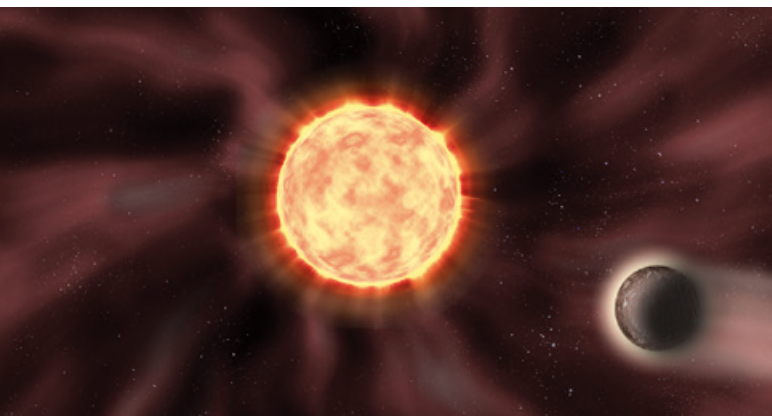
HOCHAUFLÖSENDE SPEKTROSKOPIE

Ein wichtiger methodischer Schwerpunkt liegt in der hochauflösenden Spektroskopie. Neue Transitspektren des gut untersuchten Exoplaneten HD 189733b im Natrium-Spektralbereich deuten auf vergleichsweise schwache atmosphärische Winde hin und stellen frühere Annahmen sehr starker Strömungen infrage. Diese Beobachtungen wurden mit dem Spektrographen PEPSI am Large Binocular Telescope durchgeführt, der vom AIP entwickelt und gebaut wurde.

Das AIP beteiligt sich zudem am Bau des hochauflösenden Spektrographen ANDES für das Extremely Large Telescope (ELT) und leitet die Entwicklung des UVB-Moduls. Damit lassen sich viele der hier behandelten Fragestellungen künftig mit bislang unerreichter Präzision untersuchen und neue Ansätze, wie der mögliche Nachweis von Biosignaturen in anderen Sonnensystemen verfolgen.

WISSENSCHAFTLICHER AUSTAUSCH

Die Workshop-Reihe EXCHANGE-d fördert den wissenschaftlichen Austausch, indem sie Berliner und Brandenburger Institutionen zusammenbringt, die zu Sternen, Planeten und deren Wechselwirkungen forschen, und neue regionale Kooperationen unterstützt. Auf internationaler Ebene war das AIP zwischen 2021 und 2025 Teil des EU-geförderten Netzwerks ChETEC-INFRA, dass der nuklearen Astrophysik freien Zugang zu Teleskopen, kernphysikalischen Laboren und Hochleistungsrechnern ermöglicht. Im Rahmen des Projekts wurde eine öffentlich verfügbare Software entwickelt, die Sternphysik und nukleare Astrophysik enger miteinander verbindet.



Künstlerische Darstellung eines Stern-Planeten-Systems, die den Sternwind und seinen Beitrag zum atmosphärischen Verlust des Planeten zeigt.

Artistic illustration of a star-planet system, showing the stellar wind and its role in driving atmospheric escape from the planet. – Credit: AIP/K.Riebe

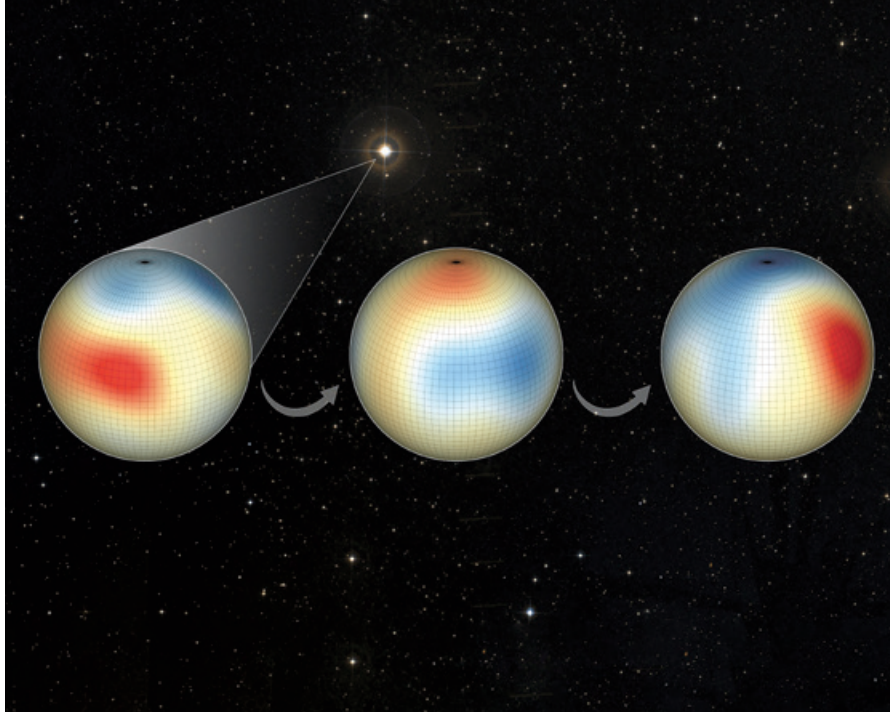
STELLAR ACTIVITY AND SPACE WEATHER

A central research focus is stellar physics itself, in particular magnetic activity, as it strongly influences the surrounding environment and thus also orbiting planets. Many stars exhibit magnetically driven phenomena such as starspots, energetic radiation outbursts and coronal mass ejections. Observations of the Sun-like star ι Horologii enable a detailed investigation of a stable magnetic activity cycle beyond our Solar System. For the first time, a magnetic butterfly diagram was constructed for a star other than the Sun, revealing the emergence, migration and reversal of magnetic structures. The full magnetic cycle of ι Horologii lasts just over two years, making it significantly faster than the corresponding cycle of the Sun. Coronal mass ejections expel large amounts of hot plasma into the stellar environment and shape stellar space weather. Simulations of such events on young Sun-like stars show under which conditions these outbursts can be detected and how they affect their surroundings. This work over the past two years was recognised with an international scientific award.

RADIATION FIELDS AND STAR-PLANET INTERACTION

High-energy radiation emitted by active stars has a strong impact on orbiting planets, as it can heat, chemically alter and erode planetary atmospheres. In the young system HIP 67522, hosting a very close-in giant planet, it was shown for the first time that a planet can directly trigger energetic radiation outbursts, i.e. flares, on its host star. This result demonstrates that planets are not merely passive recipients of stellar activity but can actively influence magnetic processes on their stars under certain conditions. The long-term evolution of stars can also be closely linked to planetary processes. Studies of the system GJ 504 suggest that a massive planet migrated inward at an early stage and was eventually engulfed by the star, providing a plausible explanation for the unusually rapid rotation and high X-ray luminosity of the host star.

The ERC Consolidator Grant project EVAPORATOR, launched in 2025, combines stellar and exoplanetary research to investigate how exoplanets lose their primordial hydrogen- and helium-rich atmospheres, enabling the formation of secondary, potentially habitable atmospheres.



Magnetfelds des Sterns Iota Horologii. Die Abbildung zeigt drei Zeitpunkte eines vollständigen magnetischen Zyklus, bei dem sich die Polarität des Magnetfelds umkehrt. Die Farben kennzeichnen Stärke und Richtung des Feldes. Ein solcher Zyklus dauert bei diesem Stern im Mittel nur etwa 2,1 Jahre.

Illustration of the star Iota Horologii's changing magnetic field. The image shows three stages of a full magnetic cycle, during which the star's magnetic polarity reverses. Colours indicate the strength and direction of the magnetic field. For this star, a complete magnetic cycle lasts on average about 2.1 years.

*Credit: AIP/J. Alvarado-Gómez
background: DSS STScI/NASA*

HIGH-RESOLUTION SPECTROSCOPY

High-resolution transit spectroscopy of the exoplanet HD 189733b indicates comparatively weak atmospheric winds, challenging earlier assumptions of very strong flows. These observations were carried out with the PEPSI spectrograph at the Large Binocular Telescope, developed and built by AIP. AIP also contributes to the ANDES spectrograph for the Extremely Large Telescope and leads the development of its UVB module. This will allow many of the questions addressed here to be studied with unprecedented precision and will enable new approaches, such as the potential detection of biosignatures in other planetary systems.

SCIENTIFIC EXCHANGE

The EXCHANGE-d workshop series fosters regional scientific collaboration by connecting institutions in Berlin and Brandenburg working on stars, planets and their interactions. Internationally, AIP participated in the EU-funded ChETEC-INFRA network between 2021 and 2025, which provides the nuclear astrophysics community with access to telescopes, nuclear laboratories and high-performance computing facilities. Within this framework, a publicly available software tool was developed that strengthens the connection between stellar physics and nuclear astrophysics.

AUSGEWÄHLTE PUBLIKATIONEN | SELECTED PUBLICATIONS

Ilin, E., Vedantham, H. K., Poppenhäger, K., Bloor, S., Callingham, J. R., Brandeker, A., Chakraborty, H. (2025): *Close-in planet induces flares on its host star*, Nature, 643, 645, doi:10.1038/s41586-025-09236-z

Keles, E. et al. (2024): *The PEPSI Exoplanet Transit Survey (PETS) – V. New Na D transmission spectra indicate a quieter atmosphere on HD 189733b*, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 530, 4826, doi:10.1093/mnras/stae1097

Roederer, I. U. et al. (2024): *The discovery space of ELT-ANDES. Stars and stellar populations*, Experimental Astronomy, 57, doi:10.1007/s10686-024-09938-8

Alvarado-Gómez, J. D. et al. (2025): *Far beyond the Sun*, Astronomy & Astrophysics, 704, A68, doi:10.1051/0004-6361/202555349

Hubrig, S., Järvinen, S. P., Ilyin, I., Schöller, M. (2025): *The incidence of magnetism in blue and yellow straggler stars*, Astronomy & Astrophysics, 701, A255, doi:10.1051/0004-6361/202556166

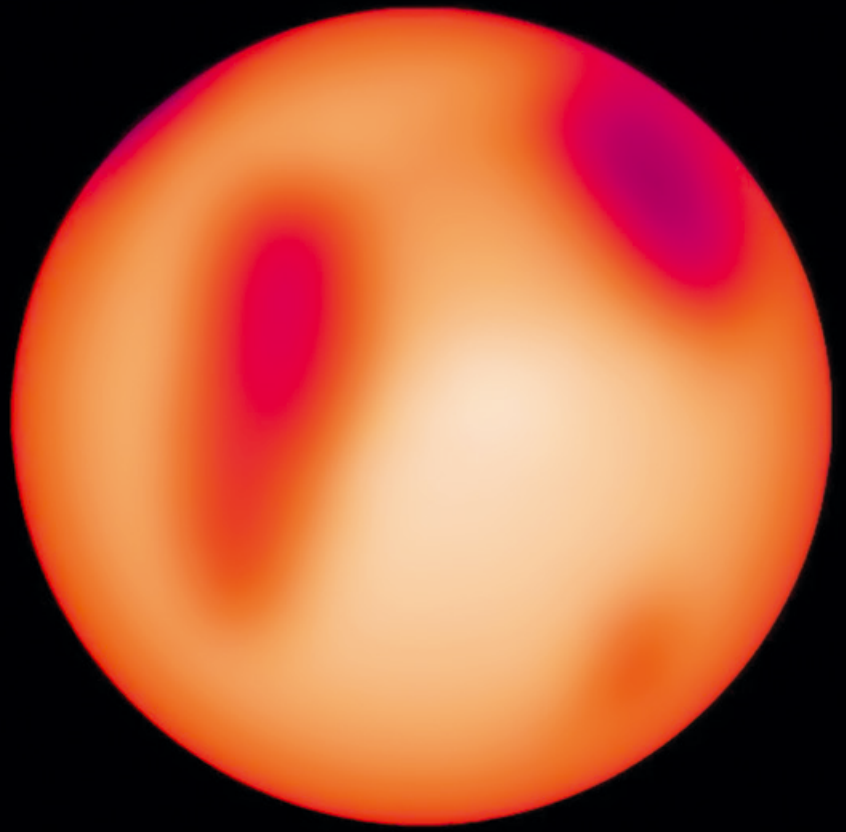
Hubrig, S., Järvinen, S. P., Ilyin, I., Schöller, M. (2025): *The enigmatic magnetic field of the planet hosting Herbig Ae/Be star HD 169142*, Astronomy & Astrophysics, 696, L15, doi:10.1051/0004-6361/202453225

Poppenhaeger, K., Ketzner, L., Ilıc, N., Magaúda, E., Robrade, J., Stelzer, B., Schmitt, J. H. M. M., Schneider, P. C. (2024): *The high-energy environment of the heavy sub-Earth GJ 367 b indicates likely complete evaporation of its atmosphere*, Astronomy & Astrophysics, 689, A188, doi:10.1051/0004-6361/202449351

Palle, E. et al. (2025): *Ground-breaking exoplanet science with the ANDES spectrograph at the ELT*, Experimental Astronomy, 59, doi:10.1007/s10686-025-10000-4

Pezzotti, C., Buldgen, G., Magaúda, E., Farnir, M., Van Grootel, V., Bellotti, S., Poppenhaeger, K. (2025): *Planetary inward migration as the potential cause of GJ 504's fast rotation and bright X-ray luminosity*, Astronomy & Astrophysics, 694, A179, doi:10.1051/0004-6361/202452580

Xu, Y., Tian, H., Alvarado-Gómez, J. D., Drake, J. J., Guerrero, G. (2025): *Simulations of Coronal Mass Ejections on a Young Solar-type Star and Their Detectability Through Coronal Spectral Observations*, The Astrophysical Journal, 985, 219, doi:10.3847/1538-4357/adcee7



Die Helligkeitskarte des Sterns XX Trianguli wurde aus Aufnahmen von einem Zeitraum von über 16 Jahren rekonstruiert.

The brightness map of XX Trianguli was reconstructed from images taken over a period of more than 16 years.

Credit: HUN-REN RCAES/Zs. Kővári, MOME/Á. Radványi, AIP/K. Strassmeier

Sternaktivität Stellar Activity

Die Forschungsgruppe für Sternaktivität befasst sich mit beobachtenden, rechnerischen, und theoretischen Untersuchungen des nichtklassischen Verhaltens von Sternen. Sie konzentriert sich auf die Konvektion, Rotation, Aktivität und den Magnetismus von sonnenähnlichen Sternen und Sternen mit geringerer Masse.

The stellar activity research group concerns itself with observational, computational, and theoretical investigations of the non-classical behaviour of stars, generally encompassing those concerning the convection, rotation, activity and magnetism of solar-type and lower mass stars.

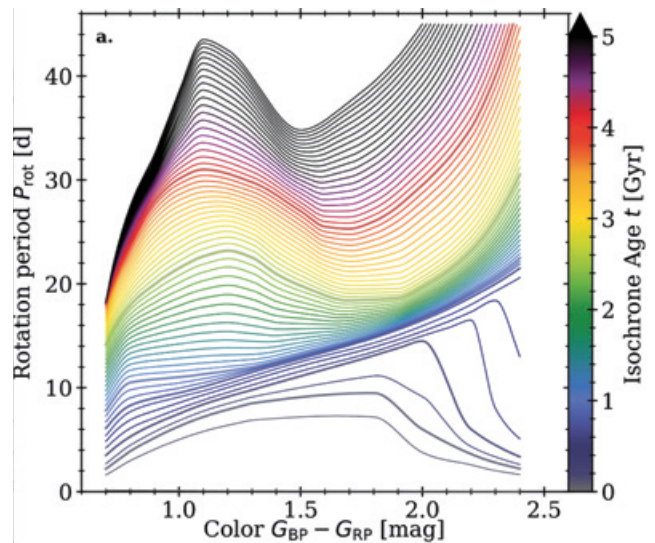
TEAM

Sydney Barnes (head)
Özgün Adebali
Thorsten A. Carroll
Dario Fritzewski
David Gruner
Detlef Schönberger
Klaus G. Strassmeier

DIE ROTATION DER STERNE LIEFERT EINEN WEG ZUR CHRONOLOGIE DER GALAXIE

Mit Ausnahme der Planeten und gelegentlicher Novae oder Kometen galten die Sterne am Nachthimmel historisch gesehen als unveränderlich. Mit der Identifizierung charakteristischer Sternpopulationen durch Walter Baade und andere sowie der Entwicklung realistischer Modelle zur Sternentwicklung wurde jedoch deutlich, dass bestimmte Sterne sehr alt sind, während andere sich gerade erst bilden. Infolgedessen und in einer bemerkenswerten Parallele zur geologischen Vorstellung, dass sich die Erde und ihre Gesteine im Laufe der Jahrmillionen verändert haben, ist die Galaxie zu einer dynamischen Bühne statt einem starren Hintergrund geworden. Diese Vorstellung hat sich in den letzten Jahren noch verstärkt, da es nun möglich ist, nicht nur das Alter von Sternhaufen, sondern auch das Alter einzelner Feldsterne, die die überwiegende Mehrheit der Sterne in der Galaxie ausmachen, zu bestimmen. Das schließt auch die kühlen Hauptreihensterne mit ein, deren klassische Eigenschaften wie Helligkeit und Farbe nahezu unveränderlich sind.

Die Sternaktivitätsgruppe am AIP hat im Laufe der Jahre eine Technik namens Gyrochronologie entwickelt, um das Alter solcher Feldsterne anhand ihrer präzise messbaren (und sich verändernden) Rotationsperioden zu bestimmen. Durch umfangreiche Untersuchungen der Rotationsperioden von Sternen mit bodengebundenen und Weltraumteleskopen ist es möglich, eine Art Chronologie der Galaxie zu erstellen. Tatsächlich hat eine andere Forschungsgruppe erst kürzlich mithilfe der Gyrochronologie gezeigt,



Kurven gleichen Sternalters (Isochronen) in einem Diagramm, das die Rotationsperiode gegenüber den Sternfarben darstellt. Diese Kurven unterteilen den Raum und ermöglichen so die Identifizierung gleichaltriger (einzelner) Sterne sowie die Bestimmung des Alters einzelner Sterne, wenn sie in diesem Diagramm eingezeichnet werden.

Equal age curves (isochrones) in a diagram showing rotation period against stellar colours. These curves stratify the space, allowing the recognition of coeval (single-age) stars and also the determination of the ages of individual stars by plotting them in this diagram. – Credit: Gruner & Barnes 2025, Astronomische Nachrichten

dass die kleine Gruppe naher Sterne namens Plejaden tatsächlich Teil eines großen Superhaufens von über dreitausend Sternen gleichen Alters ist, der sich über beide Hemisphären des Himmels erstreckt. Um weitere Studien dieser Art zu ermöglichen, haben Forschende des AIP eine Reihe von Rotations-Isochronen erstellt. Das sind Kurven für Sterne gleichen Alters, mit denen sich sowohl gleichaltrige Sternpopulationen identifizieren lassen als auch das Alter verschiedener Sterne von bis zu sechs Milliarden Jahren auf einfache Weise bestimmen lässt. Diese und weitere Entwicklungen könnten einen bedeutenden Beitrag zur Erstellung einer Chronologie der Milchstraße leisten.

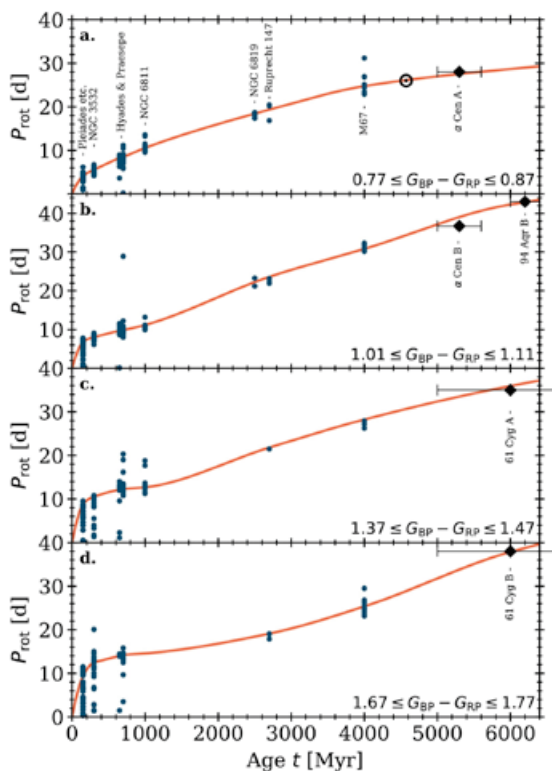
UMFASSENDE STUDIE ZUM DOPPELSTERN LAMBDA ANDROMEDAE

Lambda Andromedae, ein Doppelsternsystem vom Typ RS CVn, eignet sich ideal zur Untersuchung hochaktiver Sternsysteme und der Auswirkungen dieser Aktivität auf verschiedene Schichten der Sternatmosphäre. Anhand von Langzeitbeobachtungen mit dem STELLA-Teleskop haben Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Forschungsgruppe ein empirisches Modell entwickelt, das beschreibt, wie die Aktivität der Sterne die Bestimmung der Sternbewegung, d. h. der Radialgeschwindigkeit, beeinflusst.



Mitarbeitende der Forschungsgruppe / Members of the research group

Mit Hilfe des hochauflösenden Instruments PEPsi und der Doppler-Bildgebungstechnik konnten die Strukturen der Sternoberfläche bestimmt werden. Diese Messungen ermöglichen es Forschenden, eine Korrelation zwischen der Oberflächenstruktur (z.B. Größe, Lage und Temperatur von Flecken) und den Indikatoren für die Sternaktivität (z.B. chromosphärische Emission, Radialgeschwindigkeitsschwankungen) herzustellen. Dies dient der Interpretation verschiedener wissenschaftlicher Fälle, wie z.B. die Entdeckung von Exoplaneten oder die Entwicklung von Doppelsternen.



Die empirische Entwicklung der Rotationsperiode im Verhältnis zum Alter in Millionen Jahren für vier verschiedene Sternmassen, die nach oben hin zunehmen. Die Entwicklung von Sternen mit geringer Masse unterscheidet sich deutlich von der früher angenommenen Potenzgesetz-Beziehung und ist wesentlich komplexer.

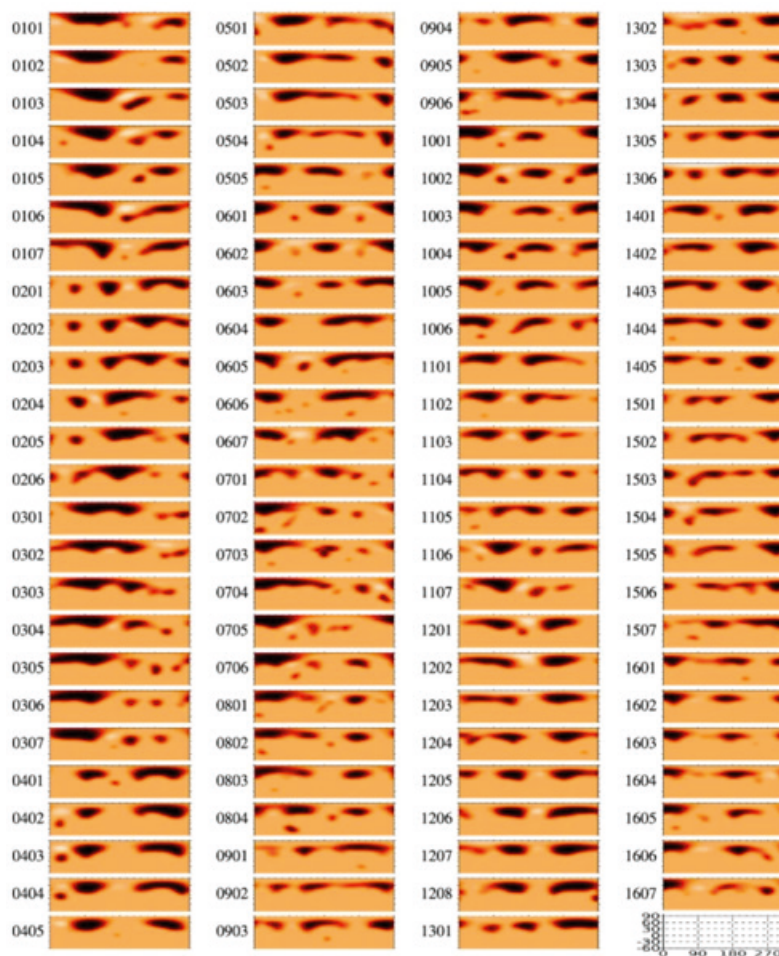
These curves display the empirical rotation period evolution against age (in millions of years) for four different stellar masses increasing upwards. The evolution of low mass stars is observed to be significantly different from, and more complex than a power law relationship as was previously believed.

Credit: Gruner & Barnes 2025, Astronomische Nachrichten

STELLAR ROTATION PROVIDES A ROUTE TOWARDS A CHRONOLOGY OF THE GALAXY

With the exception of the planets 'wandering' across the night sky and the occasional nova or comet, the stars have historically been considered to be unchanging. But with the identification of distinctive stellar populations by Walter Baade and others, and the development of realistic evolutionary stellar models, it became evident that certain stars are very old, while others are only just forming. As a consequence, and in a curious parallelism with the geological conception of the Earth and its rocks themselves as having changed over eons, the Galaxy has become a dynamic arena instead of a static background. This view has accelerated in recent years, with the possibility of deriving ages not just for clusters of stars, but for individual field stars as well, which represent the vast majority of stars in the Galaxy. This includes also the cool main sequence types whose classical properties such as brightness and colour are almost changeless.

The Stellar Activity group at the AIP has, over the years, developed a technique called gyrochronology to determine the ages of such field stars from their precisely measurable (and changing) rotation periods. With ground- and space-based observatories conducting massive surveys of rotation periods of stars, it becomes possible to envisage a Chronology of the Galaxy. Indeed, another research group has recently used gyrochronology to show that a seemingly small group of nearby stars called the Pleiades is actually part of a large supercluster of over three thousand stars of equal age (coeval), spanning both hemispheres of the sky. With a view to enabling further studies of this kind, a set of rotational isochrones, i.e. equal age curves, has been constructed, allowing both the identification of coeval stellar populations as well as the simple determination of the ages of diverse stars of up to six billion years of age. These, and further developments, could contribute meaningfully towards the eventual construction of a Chronology of the Galaxy.



Ein Panorama aus 99 einzelnen Doppler-Bildern des Riesensterns XX Tri, das die Entwicklung der Sternfleckendeckung des Sterns im Zeitraum 2006–2022 zeigt. Jede einzelne Oberflächenkarte wird als Mercator-Projektion für den begrenzten Breitengradbereich von -60° bis $+90^\circ$ (bei einer Neigung der Sternrotationsachse von 60°) dargestellt. Die Farbcodierung gibt die Temperatur an, die von einem Tiefstwert von 3450 K (am dunkelsten) bis zu 4850 K (am hellsten) reicht.

A panorama of 99 individual Doppler images of the giant star XX Tri, showing the evolution of the starspot coverage of the star over the 2006–2022 interval. Each individual surface map is shown as a Mercator projection for the restricted latitude range -60° to $+90^\circ$ (at an inclination of the stellar rotation axis of 60°). The colour coding indicates the temperature, varying from 3450 K (darkest) to 4850 K (brightest).

Credit: Strassmeier et al. 2024, *Nature Communications*, 15, 9986

A COMPREHENSIVE STUDY OF THE BINARY LAMBDA ANDROMEDAE

Lambda Andromedae, a binary system of RS CVn type, is an ideal example to study high-activity systems, and how activity can affect different layers of stellar atmospheres. Using long-term observations with the STELLA telescope, scientists of this research group formulated an empirical model for how stellar activity distorts the determination of stellar motion, i.e. radial velocity. The high-resolution instrument PEPsi was used to determine stellar surface structures by using the Doppler imaging technique. These detections make it possible to develop a correspondence between the surface structure (e.g. size, location and temperature of spots) and activity indicators (e.g. chromospheric emission, radial velocity jitter) of a star which can be used to interpret different science cases such as the detection of exoplanets or binary star evolution.

AUSGEWÄHLTE PUBLIKATIONEN | SELECTED PUBLICATIONS

Strassmeier, K. G., Ilyin, I., Woche, M. (2024): *Solar disk integration polarimeter: An automated disk-integration full-Stokes-vector solar feed for the Potsdam Echelle Polarimetric and Spectroscopic Instrument spectrograph*, *Astronomische Nachrichten*, 345, doi:10.1002/asna.20240033

Basinger, C., Johnson, M. C., Wang, J. (2025): *PEPSI investigation, retrieval, and atlas of numerous giant atmospheres (PIRANGA) – III. Composition and winds in the atmosphere of TOI-1518 b*, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 543, 4136, doi:10.1093/mnras/staf1648

Schönbörner, D., Steffen, M. (2024): *Hot bubbles of planetary nebulae with hydrogen-deficient winds*, *Astronomy & Astrophysics*, 684, A105, doi:10.1051/0004-6361/202346170

Strassmeier, K. G., Kővári, Z., Weber, M., Granzer, T. (2024): *Long-term Doppler imaging of the star XX Trianguli indicates chaotic non-periodic dynamo*, *Nature Communications*, 15, doi:10.1038/s41467-024-54329-4

Adebali, Ö., Strassmeier, K. G., Ilyin, I. V., Weber, M., Gruner, D., Kővári, Z. (2025): *First Doppler image and starspot-corrected orbit for λ Andromedae*, *Astronomy & Astrophysics*, 695, A89, doi:10.1051/0004-6361/202453073

Carvalho-Silva, G., Barragán, O., Haywood, R. D., Meléndez, J., Barnes, S. A. (2025): *Stellar Rotation in an Old Solar Twin Using ESPRESSO/VLT Validates Gyrochronology*, *The Astrophysical Journal Letters*, 995, L62, doi:10.3847/2041-8213/ae2744

Gruner, D., Barnes, S. A. (2025): *PERICLES: A Set of Empirical Rotational Isochrones Modeled on Cool Dwarfs in Open Clusters and Wide Binaries*, *Astronomische Nachrichten*, 347, doi:10.1002/asna.70056

Fritzewski, D. J., Barnes, S. A., Ok, S., Lamer, G., Schwöpe, A. (2025): *A star-by-star correspondence between X-ray activity and rotation in the young open cluster NGC 2516 with eROSITA*, *Astronomy & Astrophysics*, 702, A218, doi:10.1051/0004-6361/202554526

Järvinen, S. P., Strassmeier, K. G. (2025): *A search for Maunder-minimum candidate stars*, *Astronomy & Astrophysics*, 698, A93, doi:10.1051/0004-6361/202554111

Strassmeier, K. G., Ilyin, I., Steffen, M., Barnes, S. A. (2025): *Surface activity of a Rossby sequence of cool Hyades stars*, *Astronomy & Astrophysics*, 704, A8, doi:10.1051/0004-6361/202556888



Ein Planetensystem entsteht. Genaueste Beobachtungen und modernste Computersimulationen erweitern unser Verständnis der Entstehung und der Atmosphären von Exoplaneten.

A planetary system in formation. High-precision observations and modern computer simulations expand our understanding of exoplanet formation and of their atmospheres.

Credit: NASA/JPL-Caltech

Exoplaneten und ihre Atmosphären

Exoplanets and their Atmospheres

Die Forschungsgruppe Exoplaneten und ihre Atmosphären erweitert unser Verständnis von Planetenentstehung, Klimaprozessen und Atmosphärenchemie durch die Kombination hochpräziser Beobachtungen mit modernster Modellierung von Exoplanetenatmosphären. Diese Arbeit liefert wegweisende Techniken zur Erforschung potenziell bewohnbarer Exoplaneten und zur Suche nach Biosignaturen.

The Exoplanet and their Atmospheres research group advances our understanding of planetary formation, climate processes, and atmospheric chemistry by combining high-precision observations with state-of-the-art modelling of exoplanet atmospheres. Ultimately, this work provides pioneering techniques that are used to study potentially habitable exoplanets and search for biosignatures.

TEAM

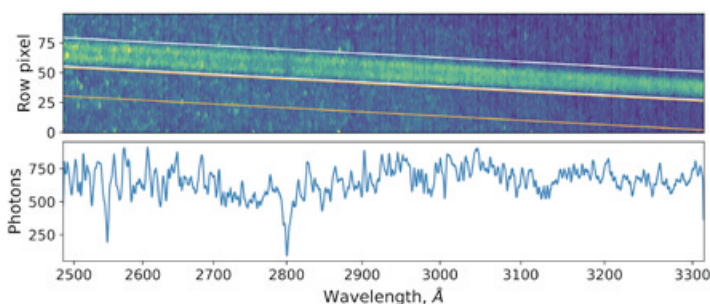
Jean-Michel Désert (head)
Robin Baeyens
Saugata Barat
John Lopez
Hinna Shivkumar

UNTERSUCHUNG VON EXOPLANETEN-ATMOSPHÄREN ZUR ERFORSCHUNG DER PLANETENENTSTEHUNG

Exoplanetenatmosphären bewahren chemische Signaturen wie Metallizität, Kohlenstoff-Sauerstoff-Verhältnisse und flüchtige Elemente, die Aufschluss über ihren Entstehungsort und -prozess geben. Bodenbasierte hochaufgelöste Spektroskopie liefert liniengenaue Informationen zur Molekülzusammensetzung und Dynamik, während das James Webb Space Telescope (JWST) breitbandige, hochpräzise Infrarotspektren bereitstellt. Die Forschenden der Gruppe kombinieren diese Methoden, um die Häufigkeit von Molekülen zu bestimmen und so eine Verbindung zwischen den heutigen Atmosphäreneigenschaften und der zugrunde liegenden Planetenentstehung herzustellen.

FRÜHE ENTWICKLUNG VON PLANETENSYSTEMEN

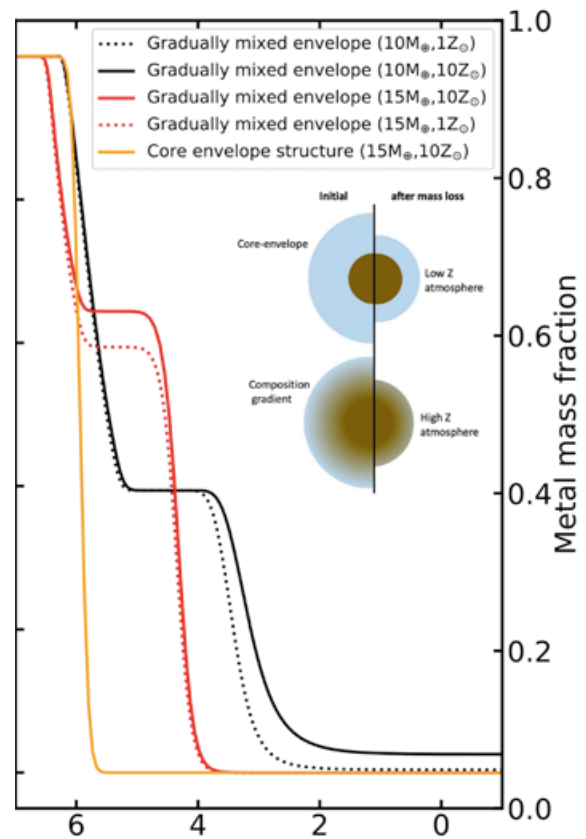
Kürzlich mit der Transit-Methode entdeckte junge Planeten, die nur wenige hundert Millionen Jahre alt sind, liefern seltene Einblicke in atmosphärische Prozesse kurz nach der Entstehung. In diesem Stadium kühlen die Planeten noch ab, kontrahieren und verlieren erheblich an Masse. Mit Daten des Hubble Space Telescope (HST) und des James Webb Space Telescope zeigte das Team, dass ein 20 Millionen Jahre altes System eine weitgehend ursprüngliche Wasserstoff-Helium-Hülle mit starker Wasserabsorption und schwacher Methanabsorption aufweisen kann – ein Hinweis auf Nicht-Gleichgewichtschemie, angetrieben durch ein heißes,



Ein 2D-CUT-E-CCD-Bild einer 5-minütigen Belichtung. Das Bild wurde korrigiert (Bias-Subtraktion, Korrektur von Pixelfehlern und kosmischer Strahlung). Der Spektralextraktionsbereich ist weiß, der Hintergrundbereich orange umrandet. Unten: Das summierte 1D-Spektrum nach Hintergrundsubtraktion, zur besseren Darstellung mit einem Gauß-Filter geglättet.

A 2D CUT E CCD image of a single 5-minute exposure. The image is bias-subtracted and corrected for bad pixels and cosmic rays. The spectral extraction region is outlined in white, and the background region is outlined in orange. Bottom: The summed 1D spectrum after background subtraction, smoothed with a Gaussian filter for display purposes.

Credit: Egan et al. 2024



Evolutionenmodelle des Radius und der Innentemperatur des Exoplaneten V1298 Tau b unter Berücksichtigung verschiedener Massen- und Metallizitätsbereiche. Gepunktete Linien entsprechen solarer Metallizität, durchgezogene Linien der zehnfachen solaren Metallizität. Die Evolutionspfade von V1298 Tau b wurden mithilfe von Modellen zur inneren Struktur und Evolutionsmodellen simuliert.

Evolutionary track models of the radius V1298 Tau b considering various ranges of mass and metallicity. Dotted lines correspond to solar metallicity and continuous lines correspond to 10 times solar metallicity. The evolution tracks for V1298 Tau b have been simulated using interior structure and evolutionary models.

Credit: Barat et al. 2025

junges Planeteninneres und anhaltende Erosion der Atmosphäre. Zudem zeigten die Beobachtungen erstmals, dass Schwesterplaneten im selben System stark unterschiedliche Atmosphären aufweisen können, vermutlich durch Variationen in Dunst und Metallizität. Solche Systeme gelten als Vorläufer der reifen Planetenpopulation und ihre Atmosphärenchemie spiegelt frühe evolutionäre Prozesse wider.

ATMOSPHÄRISCHE PROZESSE UND SUCHE NACH BIOSIGNATUREN

Exoplanetenatmosphären sind natürliche Labore für Physik, Chemie und Klimaprozesse der Atmosphäre unter vielfältigen Bedingungen und bieten zugleich Wege zur Identifizierung potenzieller Biosignaturen auf Welten mit gemäßigten Temperaturen. Hochpräzise Spektroskopie erlaubt Rückschlüsse darauf, wie Einstrahlung, Zirkulation und Photochemie die Zusammensetzung und Struktur der Atmosphäre bestimmen.

Die Forschungsgruppe führte phasenaufgelöste Beobachtungen exzentrischer Riesenplaneten mit dem Hubble und JWST durch, um phasenabhängige thermische und chemische Schwankungen zu charakterisieren. Der Vergleich mit Modellen, die Nicht-Gleichgewichtschemie einbeziehen, zeigt, wie Dunst, Metallizität und molekulare Vielfalt atmosphärische Prozesse prägen.

EIN BEOBACHTUNGSGETRIEBENES FORSCHUNGSFELD

Die Exoplaneten-Atmosphärenforschung wird durch präzise Weltraummissionen und eine wachsende Zahl bodengebundener Beobachtungsanlagen angetrieben. Die Forschungsgruppe war von Beginn an Teil des JWST Early Release Science Programms zu Transit-Exoplaneten. Dieses Projekt lieferte die erste umfassende molekulare Bestandsaufnahme einer Exoplanetenatmosphäre und wies u.a. Kohlenstoffdioxid, Kohlenstoffmonoxid, Wasser, Schwefeldioxid und Alkali-Metalle nach. Damit demonstrierte sie die bahnbrechenden Möglichkeiten der hochauflösenden Breitband-Infrarotspektroskopie für die Untersuchung chemischer und Nicht-Gleichgewichtsprozesse. Die Untersuchung der Atmosphäre von Exoplaneten erfordert Beobachtungen in mehreren Wellenlängen. Für kürzere Wellenlängen wurde daher ergänzend der CUTE CubeSat entwickelt, der ultraviolette Transmissionsspektren liefert, mit denen Massenverlust, Stern-Planet-Wechselwirkungen und die Aufheizung der oberen Atmosphäre in nahen Planeten verfolgt werden können.

Mit der PLATO-Mission der ESA wird ein umfangreicher Katalog heller Transitplaneten entstehen – perfekte Ziele für künftige Atmosphärenstudien. Die Forschungsgruppe bereitet entsprechende Phasenkurvenstudien im Rahmen der Mission vor. Parallel dazu laufen die Vorarbeiten für die kommende Instrumentierung des Extremely Large Telescope (ELT), die einen neuen Maßstab in Sachen Empfindlichkeit und spektraler Auflösung setzen und detaillierte Untersuchungen atmosphärischer Dynamik, Zusammensetzung und potenzieller biosignaturrelevanter Moleküle ermöglichen werden.

PROBING EXOPLANET ATMOSPHERES TO TRACE PLANET FORMATION

Exoplanet atmospheres retain key chemical signatures – such as metallicity, carbon-to-oxygen ratios, and volatile abundances – that trace where and how planets formed in their natal discs. Ground-based high-resolution spectroscopy provides line-level exquisite constraints on molecular composition and atmospheric dynamics, while state of the art facilities such as the James Webb Space Telescope (JWST) delivers broad, high-precision infrared spectra that reveal the global thermal and chemical structure. Scientists in this group used these complementary techniques to measure the molecular abundance ratios and thus enable a link between present-day atmospheric properties and underlying planet-formation pathways.

TRACING THE EARLY EVOLUTION OF PLANETARY SYSTEMS

Recently discovered transiting young planets, only a few hundred million years old, provide invaluable and rare snapshots of atmospheric evolution shortly after formation. These systems are observed at a stage when planets are still cooling, contracting, and undergoing significant mass loss. Using observations with the Hubble Space Telescope (HST) and JWST, the team has shown that at 20 million years old, such systems can retain a largely primordial hydrogen-helium envelope with strong water absorption and weak methane. This is most likely due to non-equilibrium chemistry driven by an unexpectedly hot and still young interior, and ongoing atmospheric restructuring and erosion that will ultimately change the planet.

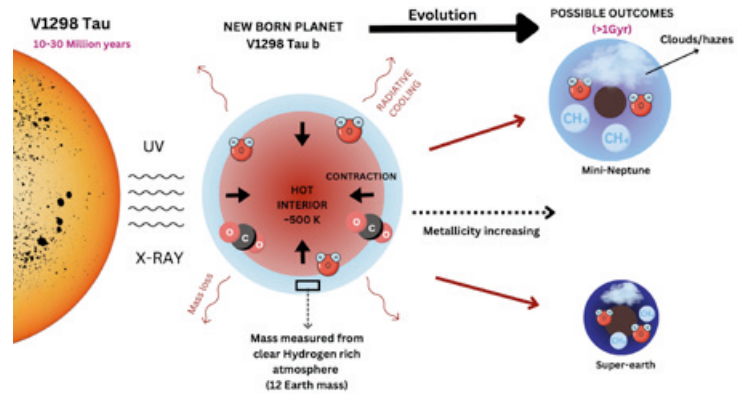
For the first time, the observations also showed that sibling planets within the same system can exhibit markedly different atmospheric behaviours, probably arising from contrasting haze properties and metallicity levels. Collectively, these findings demonstrate that such systems are precursors of the dominant mature planet population, and that atmospheric chemistry and haze properties encode their early evolutionary history.

ATMOSPHERIC PROCESSES AND SEARCH FOR BIOSIGNATURES IN OTHER WORLDS

Exoplanet atmospheres serve as natural laboratories for understanding atmospheric physics, chemistry, and climate processes across a wide range of conditions, and they also open a path toward identifying potential biosignatures on temperate worlds by revealing molecular inventories and disequilibrium chemistry. High-precision spectroscopic observations capture how irradiation, circulation, and photochemistry shape atmospheric composition and structure. In this context, this research group has obtained spectroscopically resolved phase-curve studies of eccentric giants with HST and JWST to provide insights into phase-dependent thermal and chemical variation. Such observations are intrinsically powerful when compared to advanced atmospheric models that include non-equilibrium chemistry and kinetics to understand how time and longitudinal diversity in haze, metallicity, and molecular signatures impact these atmospheres. It is also an opportunity to study and test atmospheric processes in variable regimes that are not encountered in the solar system.

EXOPLANET ATMOSPHERES: AN OBSERVATIONALLY DRIVEN FIELD

Exoplanet science is an observationally driven field, propelled by high-precision space missions and an expanding ground-based landscape. The group contributed to the JWST Early Release Science programme on transiting exoplanets from its start. This project delivered the first comprehensive molecular inventory of an exoplanet atmosphere including carbon dioxide, carbon monoxide, water, sulfur dioxide, and alkali



Die Beobachtungen von V1298 Tau b mit dem Hubble-Weltraumteleskop (HST) und dem JWST verändern unser Verständnis der frühesten Entwicklungsstadien von Planeten unterhalb der Neptun-Größe.

HST and JWST observations of V1298 Tau b reshape how we think about the earliest stages in the lives of sub-Neptune planets.

Credit: AIP/Jean-Michel Désert, Saugata Barat, and Kamalika Chakraborty

metals demonstrating the transformative power of high-resolution, broad-band infrared spectroscopy for probing chemistry and disequilibrium processes. Exoplanet atmospheric studies require multi-wavelength observations, so for shorter wavelengths, CUTE cube-sat was developed, which has provided ultraviolet transmission spectra that trace mass-loss, stellar interaction, and upper-atmosphere heating in close-in planets, showcasing how small missions can deliver unique diagnostics complementary to large observatories. With ESA's PLATO mission, a huge catalogue of bright exoplanets will be compiled – ideal targets for future atmospheric studies. The research group is preparing the relevant phase curve studies as part of the mission. Meanwhile, preparation work for the upcoming instrumentation of the Extremely Large Telescope (ELT) is in progress. The ELT will set a new benchmark in matters of sensitivity and spectral resolution, allowing more detailed investigations into atmospheric dynamics, composition and molecules relevant to the search for biosignatures.

AUSGEWÄHLTE PUBLIKATIONEN | SELECTED PUBLICATIONS

Jacobs, B. et al. (2023): *Probing Reflection from Aerosols with the Near-infrared Dayside Spectrum of WASP-80b*, The Astrophysical Journal Letters, 956, L43, doi:10.3847/2041-8213/acfee9

Baeyens, R., Désert, J., Petrignani, A., Carone, L., Schneider, A. D. (2024): *Photodissociation and induced chemical asymmetries on ultra-hot gas giants*, Astronomy & Astrophysics, 686, A24, doi:10.1051/0004-6361/202348022

Barat, S. et al. (2024): *First comparative exoplanetology within a transiting multi-planet system: Comparing the atmospheres of V1298 Tau b and c*, Astronomy & Astrophysics, 692, A198, doi:10.1051/0004-6361/202451127

Barat, S. et al. (2024): *The metal-poor atmosphere of a potential sub-Neptune progenitor*, Nature Astronomy, 8, 899, doi:10.1038/s41550-024-02257-0

Egan, A. et al. (2024): *Colorado Ultraviolet Transit Experiment Near-ultraviolet Transmission Spectroscopy of the Ultrahot Jupiter KELT-9b*, The Astronomical Journal, 168, 108, doi:10.3847/1538-3881/ad61e5

Pineda, J. S., Hallinan, G., Desert, J., Harding, L. K. (2024): *Impact of Electron Precipitation on Brown Dwarf Atmospheres and the Missing Auroral H3+ Emission*, The Astrophysical Journal, 966, 58, doi:10.3847/1538-4357/ad2f9e

Barat, S. et al. (2025): *A Metal-poor Atmosphere with a Hot Interior for a Young Sub-Neptune Progenitor: JWST/NIRSpec Transmission Spectrum of V1298 Tau b*, The Astronomical Journal, 170, 165, doi:10.3847/1538-3881/adece89

Jacobs, B. et al. (2025): *Spectroscopically Resolved Partial Phase Curve of the Rapid Heating and Cooling of the Highly Eccentric Hot Jupiter HAT-P-2b with WFC3*, The Astronomical Journal, 169, 96, doi:10.3847/1538-3881/ad9b2a

Panwar, V. et al. (2025): *The Roasting Marshmallows Program with IGRINS on Gemini South III: Seeing deeper into the metal depleted atmosphere of a gas-giant on the cusp of the hot to ultra-hot Jupiter transition*, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, doi:10.1093/mnras/staf1150

Sikora, J. T. et al. (2025): *Seasonal Changes in the Atmosphere of HD 80606 b Observed with JWST's NIRSpec/G395H*, The Astronomical Journal, 170, 105, doi:10.3847/1538-3881/addfda

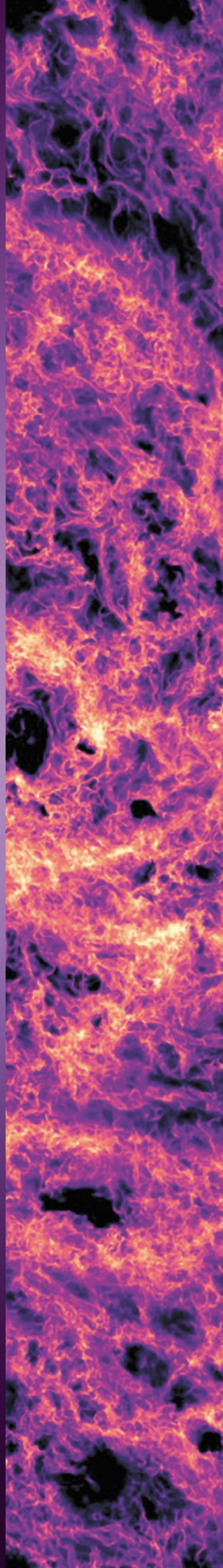
Die Simulation einer Milchstraßen-ähnlichen Galaxie mit dem CRISP-Modell zeigt ein strukturiertes interstellares Medium.

A simulation of a Milky Way-like galaxy using the CRISP model reveals a structured interstellar medium.

Credit: AIP / T. Thomas

Extragalaktische Astrophysik

Extragalactic Astrophysics



Die Forschungsabteilung Extragalaktische Astrophysik widmet sich der Erforschung unserer Milchstraße, ihren Nachbarn, sowie von Galaxien und großskaligen Strukturen des Universums. Im Zentrum steht die Frage, wie Galaxien entstehen, sich entwickeln und miteinander wechselwirken. Dabei untersuchen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sowohl nahe als auch extrem weit entfernte Galaxien, deren Licht Milliarden Jahre unterwegs ist und somit Einblicke in die frühe Phase des Kosmos erlaubt.

Ein wesentlicher Schwerpunkt liegt auf der Analyse unserer galaktischen Nachbarschaft, der Gasdynamik und Dunkler Materie in Galaxien. Mithilfe moderner Spektroskopie und hochauflösender Simulationen werden physikalische Prozesse wie Sternentstehung, galaktische Verschmelzungen und aktive galaktische Kerne untersucht. Die Forschungsabteilung arbeitet eng mit internationalen Observatorien zusammen und nutzt sowohl bodengebundene Teleskope als auch Weltraummissionen.

Ein weiteres Forschungsfeld ist die kosmische Großstruktur, also die Verteilung von Galaxien im Universum in Filamenten, Haufen und Voids. Diese Strukturen liefern wichtige Hinweise auf die Entwicklung des Universums seit dem Urknall. Die Kombination von Beobachtungsdaten und theoretischen Modellen trägt maßgeblich zum Verständnis kosmologischer Zusammenhänge bei.

Die extragalaktische Forschung am AIP zeichnet sich durch ihre interdisziplinäre Herangehensweise aus, bei der Astrophysik, Informatik und Datenanalyse eng verzahnt sind. Große Himmelsdurchmusterungen werden mit innovativen Methoden ausgewertet, um neue Erkenntnisse über die Struktur und Geschichte des Universums zu gewinnen.

The Extragalactic Astrophysics research department is dedicated to studying our Milky Way, its neighbours, as well as galaxies and large-scale structures of the Universe. At its core is the question of how galaxies form, evolve, and interact with one another. The researchers investigate both nearby and extremely distant galaxies, whose light has travelled for billions of years and thus provides insights into the early stages of the cosmos.

A key focus lies in analysing our galactic neighbourhood, the gas dynamics, and dark matter within galaxies. Using modern spectroscopy and high-resolution simulations, physical processes such as star formation, galactic mergers, and active galactic nuclei are examined. The department collaborates closely with international observatories and makes use of both ground-based telescopes and space missions.

Another field of research is the large-scale structure of the Universe, namely the distribution of galaxies in filaments, clusters, and voids. These structures provide important clues about the evolution of the Universe since the Big Bang. The combination of observational data and theoretical models contributes significantly to understanding cosmological relationships.

Extragalactic research at the AIP is characterised by its interdisciplinary approach, in which astrophysics, computer science, and data analysis are closely interconnected. Large sky surveys are analysed using innovative methods to gain new insights into the structure and history of the Universe.

Rekonstruktion der dreidimensionalen Struktur und Morphologie der Milchstraße aus einer hydrodynamischen Simulation, die auf der Überlagerung der Umlaufbahnen nahegelegener Sternpopulationen basiert. Die linke Seite zeigt die Milchstraße im Infrarotlicht, während die rechte Seite eher den optischen Wellenlängen entspricht, die das menschliche Auge sehen kann.

Reconstruction of the three-dimensional structure and morphology of the Milky Way galaxy, based on a hydrodynamical simulation initialised from an orbit-superposition of nearby stellar populations. The left-hand side shows infrared wavelengths while the right side is more similar to optical wavelengths that human eyes would be able to see.

Credit: AIP/S. Khoperskov



Milchstraße und die lokale Umgebung

Milky Way and the Local Volume

Die Forschungsgruppe Milchstraße und die lokale Umgebung untersucht die Entwicklung unserer Galaxie und anderer vergleichbarer Scheibengalaxien, die nah genug sind, um ihre einzelnen Sterne im Detail zu studieren. Durch groß angelegte Vermessungen, bei denen Spektral-, Positions- und seismische Daten von Sternen erfasst werden, lassen sich die einzigartigen chemischen Signaturen und dynamischen Verhaltensweisen von Sternen bestimmen. Anschließend werden Computermodelle angewendet, um die Entstehung und das Wachstum dieser Scheibengalaxien im größeren kosmologischen Kontext zu verstehen.

The Milky Way and the Local Volume research group investigates the formation of our galaxy and other comparable disc galaxies that are close enough to examine their individual stars. By employing large surveys that capture spectral, positional, and seismic data of stars, the unique chemical signatures and dynamic behaviours of stars can be determined, allowing for the classification of stellar groups formed under similar conditions. Computational models are subsequently applied to understand the origins and growth of these galaxies within a broader cosmological framework.

TEAM

Roelof de Jong (head)
John Paul Bernaldez
Cristina Chiappini
Noel Hofmann
Nikolay Kacharov
Sergey Khoperskov
SungWon Kwak
Léa Marques
Genoveva Micheva
Ivan Minchev
Samir Nepal
Georg Noffz
Aaron Omadutt
Bridget Ratcliffe
Ralf-Dieter Scholz
Weijia Sun
Kseniia Sysoliatina
Marica Valentini
Katja Weingrill

ALTER, CHEMIE UND KINEMATIK DER MILCHSTRASSE

Eine neue Technik zur Überlagerung von Umlaufbahnen rekonstruiert die gesamte Sternstruktur, Kinematik und Chemie der Milchstraße aus begrenzten Daten aus der Sonnenumgebung. Sie berechnet die Umlaufbahnen der Sterne und füllt so die Galaxie statistisch auf, wobei die globale Dynamik erhalten bleibt. Dies ermöglicht die Übertragung detaillierter Informationen über Alter und chemische Zusammensetzung der Sterne aus der Sonnenumgebung auf entfernte Regionen, die für spektroskopische Analysen unzugänglich sind. Die Technik enthüllte, dass die erweiterte Sonnenumgebung eine Übergangszone ist, die sowohl Eigenschaften der inneren als auch der äußeren Scheibenabschnitte in Bezug auf Sternalter und Chemie aufweist.

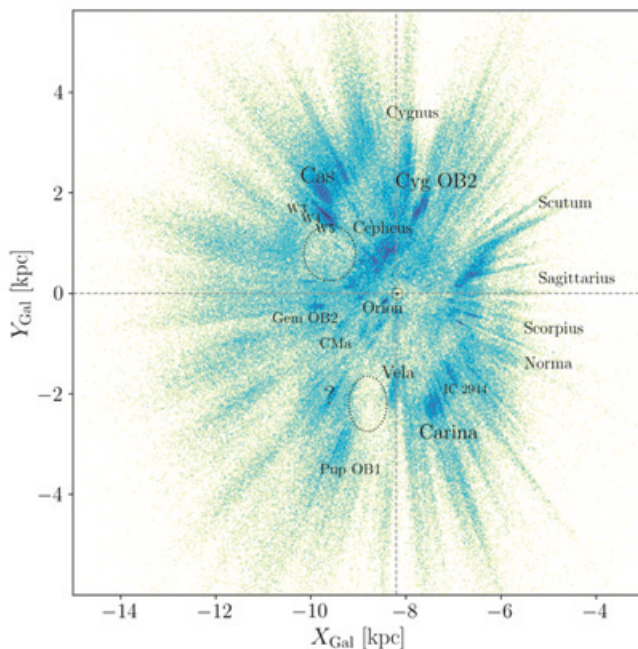
Ein wesentliches Hindernis beim „Lesen“ der Geschichte der Milchstraße besteht darin, dass Sterne nicht in dem Abstand vom Milchstraßenzentrum bleiben, bei dem sie entstanden sind, sondern über Milliarden von Jahren hinweg von ihrem Geburtsradius aus nach innen und außen driften und so die wahren Vorgänge verschleiern. Neue Arbeiten



Mitarbeitende der Forschungsgruppe / Members of the research group

bestimmen den Geburtsradius von Sternen anhand ihres Alters und ihrer chemischen Zusammensetzung, wodurch man nachvollziehen kann, wie verschiedene Teile der Scheibe im Laufe der Zeit entstanden sind. Durch die Kombination dieser Technik zur Bestimmung des Geburtsradius mit der Methode der Bahnüberlagerung konnten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler erstmals ein schlüssiges Bild davon erstellen, wie sich Sterne zu einem bestimmten Zeitpunkt in der gesamten Galaxie gebildet haben.

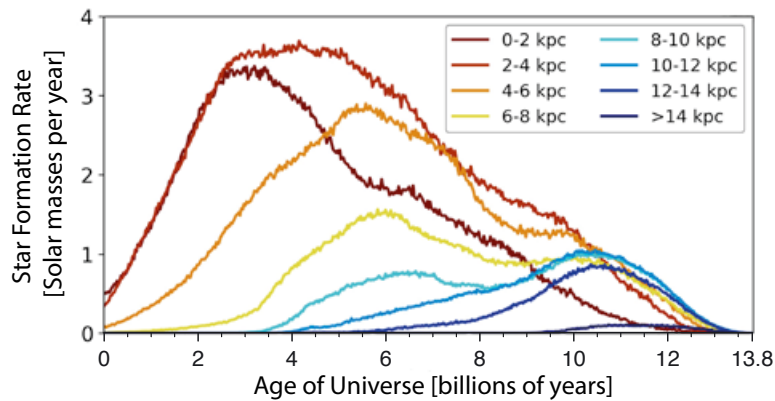
Anhand von Sternen mit einer stark angereicherten chemischen Zusammensetzung haben Forschende herausgefunden, dass die Milchstraße vor etwa drei bis vier Milliarden Jahren eine Phase verstärkter Sternentstehung durchlief, die möglicherweise mit einem starken Verformungsereignis im zentralen Balken der Milchstraße zusammenhängt. Die Spektren der Gaia-Weltraummission in Kombination mit maschinellem Lernen ermöglichten eine genaue Bestimmung des Sternalters und zeigten, dass die Milchstraße bereits eine Milliarde Jahre nach dem Urknall eine dünne Scheibenkomponente besaß. Durch die Zusammenführung der Gaia-Daten mit anderen Himmelsdurchmusterungen entstand ein Katalog mit über 200 Millionen Sternen mit präzisen Angaben zu Entfernungen, Geschwindigkeiten, Temperaturen, chemischen Zusammensetzungen, Massen und Angaben zur Staubextinktion. Dieser Katalog hat bereits zu weiteren Entdeckungen geführt, darunter eine bisher unbekannte sternfreie Zone in der Nähe der Vela-Region, und zu verbesserten Karten von metallarmen, metallreichen und jungen Sternpopulationen, die neue Einblicke in die Struktur und Entwicklung der Milchstraße bieten.



Verteilung junger Sterne in der Nachbarschaft der Sonne. Die Sonne befindet sich am Schnittpunkt der gestrichelten Linien. Auffällig ist das offensichtliche Fehlen von Sternentstehung in den durch gepunktete Ellipsen gekennzeichneten Bereichen.

Distribution of young stars in the Solar System neighbourhood. The Sun is located at the cross of the dashed lines. A notable feature is the apparent lack of star formation in the areas indicated by dotted ellipses.

Credit: AIP/A. Khalatyan



Die Entstehungsgeschichte der Sterne in der Milchstraße nach Entstehungsort auf der Scheibe, korrigiert um Auswahlereffekte. Anfangs entstanden die meisten Sterne im Zentrum (< 5 kpc), doch seitdem hat sich die Sternentstehung allmählich in die Randgebiete verlagert.

Milky Way's star-formation history by birthplace across the disc, corrected for survey selection. Initially, most stars were formed in the centre (< 5 kpc), but since then, star formation has gradually shifted to the outskirts.

Credit: AIP / B. Ratcliffe

BALKENSTRUKTUR DER MILCHSTRASSE

Computersimulationen zeigen, dass die Wechselwirkung zwischen dem zentralen Balken und der Spiralstruktur von Scheibengalaxien sowohl die Entstehung als auch die Bewegung von Sternen beeinflusst. Der Balken und die Spiralstruktur rotieren mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten, was zu einer starken Umverteilung der Sterne führt, wenn sie sich überlappen. In ähnlicher Weise wird Gas komprimiert, wenn sich die Endpunkte des Balkens und die Spiralstruktur überlagern, was zu einem explosionsartigen Anstieg der Sternentstehungsrate führt. Die Simulationen zeigen auch, dass Balken bevorzugt in Galaxien entstehen, die sich aus Gaswolken gebildet haben, welche im frühen Universum einen hohen Drehimpuls erworben haben, und dass der starke Balken in der Milchstraße eine natürliche Folge der frühen Entstehung ihrer Sternscheibe ist.

STERNHALOS UND ZWERGSATELLITEN BENACHBARTER GALAXIEN

Zum ersten Mal wurden einzelne Sterne verwendet, um die Kinematik eines Sternhalos um eine Galaxie außerhalb der Lokalen Gruppe zu messen. Der Sternhalo von NGC 4945 zeigt in seinen inneren Bereichen eine scheibenartige Rotation, ähnelt jedoch in seinen Außenbereichen eher einer zufälligen Geschwindigkeitsverteilung einer Population eingefangener Zwerggalaxien. Daten des Hubble-Weltraumteleskops zeigten zwei Sternentstehungsausbrüche in M82 außerhalb ihrer Hauptscheibe. Das deutet darauf hin, dass Sterne entstehen, wenn Gas durch die Sternentstehungsausbrüche in der Scheibe aus dieser herausgeschleudert wird und erneut bei der Kollision dieses Gases mit bereits vorhandenem Gas im zirkumgalaktischen Medium.

MILKY WAY AGE-CHEMISTRY-KINEMATICS STRUCTURE

A new orbit superposition technique reconstructs the entire Milky Way's stellar structure, kinematics and chemistry from limited solar neighbourhood data. It calculates stellar orbits and statistically fills the galaxy while maintaining global dynamical consistency. This method enables transferring detailed age and chemical composition information from the solar neighbourhood to distant regions inaccessible to spectroscopic analysis. The technique revealed the extended solar vicinity as a transition zone sharing properties of both inner and outer disc sequences in stellar age and chemistry.

A key obstacle in 'reading' the Milky Way's history is that stars do not stay at the distance at which they were born, but drift inward and outward from their birth radius over billions of years, hiding the true order of events. New work estimates the birth radius of stars from their ages and chemical composition, enabling us to trace how different parts of the disc were built in time. Combining this birth radius technique with the orbit superposition method has allowed scientists to build the first coherent picture of how stars formed throughout the Galaxy at any given time.

Using stars with highly enriched chemical composition, researchers found that the Milky Way experienced enhanced star formation three to four billion years ago, possibly linked to a strong buckling event in the central bar. Gaia space mission spectra combined with machine learning enabled accurate stellar age determination, revealing the Milky Way already had a thin disc component just one billion years after the Big Bang. Pooling Gaia data with other surveys created a catalogue of over 200 million stars with precise distances, velocities, temperatures, chemical compositions, masses, and dust extinction estimates.

This catalogue has already enabled more discoveries, including a previously unknown stellar void near the Vela region and yielding improved maps of metal-poor, metal-rich, and young stellar populations, offering fresh insights into the Milky Way's structure and evolution.

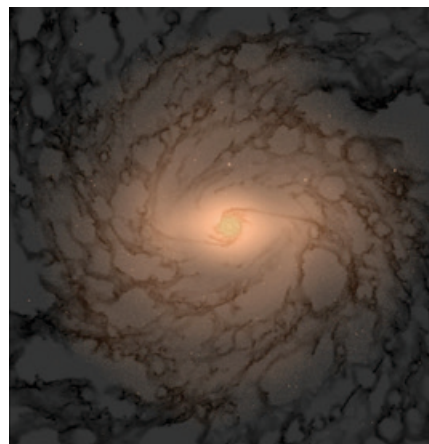
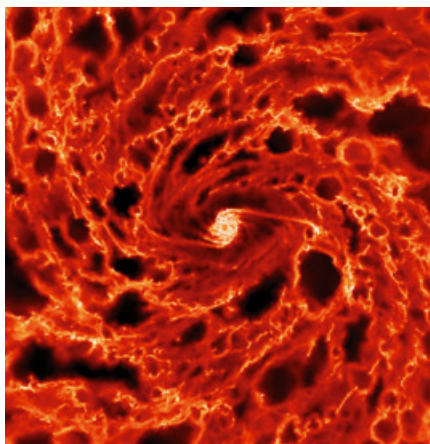
MILKY WAY BAR STRUCTURE

Computer simulations show that the interaction between the central bar and the spiral structure of disc galaxies impacts both the formation and motion of stars. The bar and the spiral structure rotate at different speeds causing strong redistributions of stars when they overlap. Similarly, when the bar endpoints and spiral structure overlap, gas gets compressed leading to a burst of the star formation rate. Simulations also showed that bars develop preferentially in galaxies that have formed from gas clouds that

acquired high angular momentum in the early Universe, and the strong bar in the Milky Way is a natural manifestation of the early formation of its stellar disc.

STELLAR HALOS AND DWARF SATELLITES OF NEARBY GALAXIES

For the first time, individual stars were used to measure the kinematics of a stellar halo around a galaxy outside the Local Group. The stellar halo of NGC 4945 shows disc-like rotation in its inner parts, but resembles a more random velocity distribution of an accreted dwarf galaxy population in its outskirts. Hubble Space Telescope data revealed two star formation bursts in M82 beyond its main disc, suggesting that stars are being formed when gas is driven out of the disc by the starbursts in the disc and again upon collision of this gas with pre-existing circumgalactic medium gas.



Draufsicht auf den zentralen Bereich eines hochauflösenden Galaxienmodells. Links: Oberflächendichteverteilung von Gas, rechts: Verteilung von Sternen und Staub.

Face-on projection of the central region of a high-resolution galaxy model displaying the surface density distribution of gas (left) and stars and dust (right).

Credit: AIP/S. Kwak

AUSGEWÄHLTE PUBLIKATIONEN | SELECTED PUBLICATIONS

Beltrand, C. et al. (2024): *First resolved stellar halo kinematics of a Milky Way-mass galaxy outside the Local Group: The flat counter-rotating halo in NGC 4945*, *Astronomy & Astrophysics*, 690, A115, doi:10.1051/0004-6361/202450626

de Jong, R. S., Liebner, T., Dionies, F. (2024): *FLEX: a new grid-based fibre positioner concept with large patrol area, small pitch, and very good clustering capabilities*, *Advances in Optical and Mechanical Technologies for Telescopes and Instrumentation VI*, 83, doi:10.1117/12.3019907

Khalatyan, A. et al. (2024): *Transferring spectroscopic stellar labels to 217 million Gaia DR3 XP stars with SHBoost*, *Astronomy & Astrophysics*, 691, A98, doi:10.1051/0004-6361/202451427

Khoperskov, S., Minchev, I., Steinmetz, M., Ratcliffe, B., Walcher, J. C., Libeskind, N. I. (2024): *Why does the Milky Way have a bar?*, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 533, 3975, doi:10.1093/mnras/stae1902

Nepal, S. et al. (2024): *Insights from super-metal-rich stars: Is the Milky Way bar young?*, *Astronomy & Astrophysics*, 681, L8, doi:10.1051/0004-6361/202348365

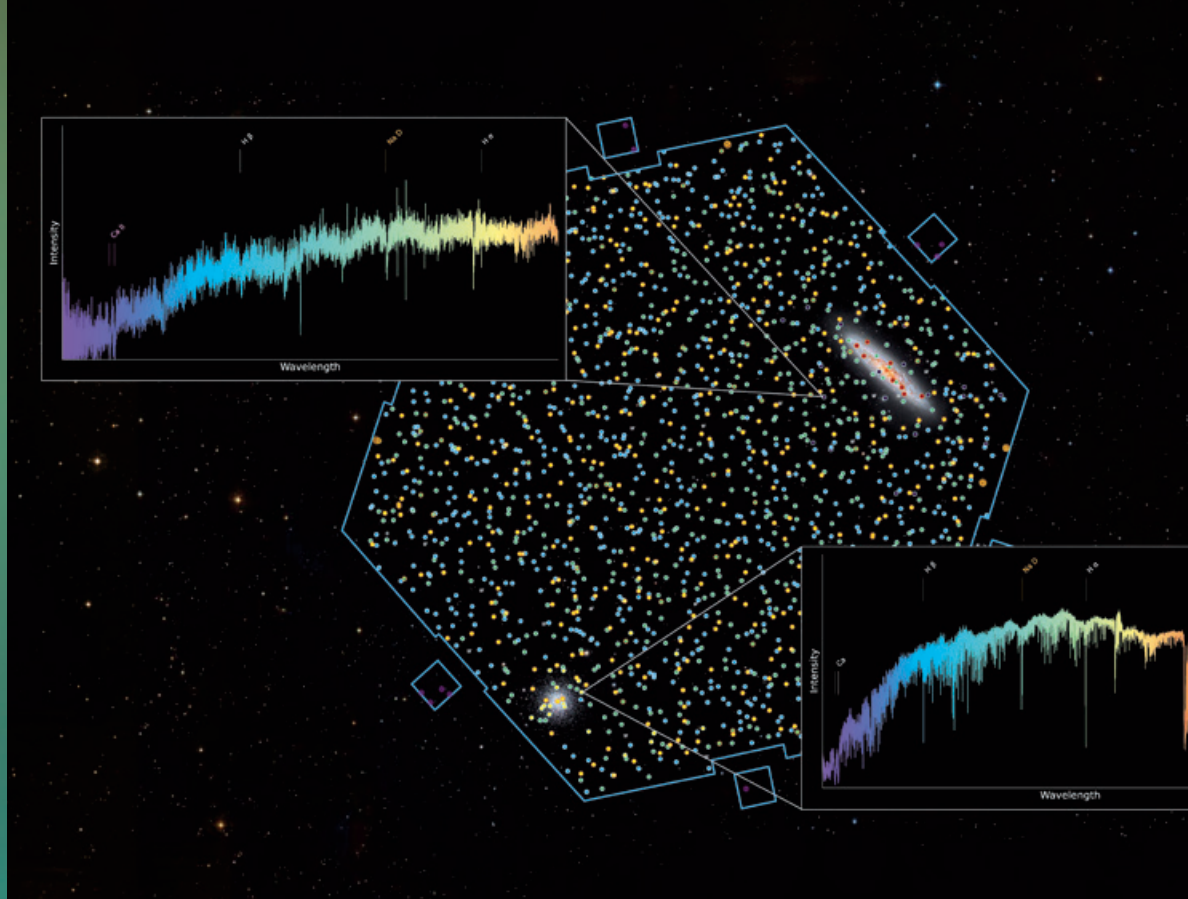
Nepal, S., Chiappini, C., Queiroz, A. B., Guiglion, G., Montalbán, J., Steinmetz, M., Miglio, A., Khalatyan, A. (2024): *Discovery of the local counterpart of disc galaxies at $z > 4$: The oldest thin disc of the Milky Way using Gaia-RVS*, *Astronomy & Astrophysics*, 688, A167, doi:10.1051/0004-6361/202449445

Scholz, R. (2024): *Hypervelocity star candidates from Gaia DR2 and DR3 proper motions and parallaxes*, *Astronomy & Astrophysics*, 685, A162, doi:10.1051/0004-6361/202348430

Khoperskov, S. et al. (2025): *Rediscovering the Milky Way with an orbit superposition approach and APO-GEE data*, *Astronomy & Astrophysics*, 700, A89, doi:10.1051/0004-6361/202453305

Marques, L. et al. (2025): *Bar-spiral interaction induces radial migration and star formation bursts*, *Astronomy & Astrophysics*, 701, A88, doi:10.1051/0004-6361/202554020

Ratcliffe, B. et al. (2025): *Evolution of the radial interstellar medium metallicity gradient in the Milky Way disk since redshift $z=3$* , *Astronomy & Astrophysics*, 698, A267, doi:10.1051/0004-6361/202452658



Der Himmelsausschnitt um die Sculptor-Galaxie und den Kugelsternhaufen NGC 288 war das Ziel der ersten Beobachtungen mit 4MOST. Der blaue Rahmen zeigt das Gesichtsfeld von 4MOST, jeder Kreis eine der 2400 Fasern. Die eingebetteten Bilder zeigen das Spektrum eines Sternhaufens der Galaxie (oben) und von einem Stern im Kugelsternhaufen (unten).

The sky around the Sculptor Galaxy and the globular cluster NGC 288 was the target of the first observations with 4MOST. The blue frame shows 4MOST's field of view, each circle one of the 2400 fibres. The embedded images show the spectrum of a stellar cluster in the Sculptor galaxy (top) and the spectrum of a star in the globular cluster (bottom).

*Credit: AIP/R. de Jong, CRAL/J.-K. Krogager
Background: Harshwardhan Pathak/Telescope Live*

4MOST

4-METER-MULTI-OBJECT SPECTROSCOPIC TELESCOPE

Am 18. Oktober 2025 hat das Instrument 4MOST, das am VISTA-Teleskop der Europäischen Südsternwarte (ESO) im Paranal-Observatorium in Chile installiert ist, sein erstes Licht des Nachthimmels empfangen. Dieser Meilenstein ist ein entscheidender Schritt im Leben jeder neuen Beobachtungseinrichtung und markiert den Moment, ab dem die wissenschaftliche Arbeit beginnen kann.

On October 18, 2025, the 4MOST facility, installed on the VISTA telescope at the European Southern Observatory's (ESO) Paranal Observatory in Chile, obtained its first light from the night sky. This milestone is a crucial step in the life of any new facility, marking the moment it is ready to begin its scientific journey.

4MOST nimmt keine Bilder auf, sondern Spektren, und kann das Licht von 2400 Himmelsobjekten gleichzeitig in 18.000 Farbkomponenten zerlegen, sodass Forschende deren detaillierte chemische Zusammensetzung und Eigenschaften untersuchen können. 4MOST wird die Entstehungs- und Entwicklungsprozesse von Sternen und Planeten, der Milchstraße und anderen Galaxien, Schwarzen Löchern und anderen exotischen Objekten sowie des Universums als Ganzes untersuchen. Durch die Analyse der detaillierten regenbogenartigen Farben von Tausenden von Objekten alle 10 bis 20 Minuten wird 4MOST einen Katalog mit Temperaturen, chemischen Zusammensetzungen, Geschwindigkeiten und vielen weiteren physikalischen Parametern von Millionen von Objekten erstellen, die über den gesamten südlichen Himmel verteilt sind. In den ersten fünf Jahren der Himmelsbeobachtung sind 25 verschiedene wissenschaftliche Programme geplant. Das AIP wird die größten jemals durchgeführten Sternvermessungen der Milchstraße und der Magellanschen Wolken leiten, um deren Entstehungs- und Entwicklungsgeschichte zu verstehen und die detaillierte Verteilung von Sternen und Dunkler Materie in und um sie herum zu untersuchen.

Nach Abschluss umfangreicher Tests am AIP wurde 4MOST zwischen Oktober 2024 und Mai 2025 in vier großen Lieferungen mit fast hundert großen Kisten verschickt, sorgfältig am Teleskop installiert und nach Empfang des ersten Lichts vollständig verifiziert und getestet. 4MOST hat ein Sichtfeld von 2,6 Grad Durchmesser und wird gleichzeitig 1624 Spektren mittlerer Auflösung ($R \sim 6500$) und einer Wellenlängenabdeckung von 370 bis 950 Nanometern parallel zu 812 hochauflösenden Spektren ($R \sim 20.000$) in drei Wellenlängenbändern erfassen.

Das AIP leitet das Konsortium aus 29 Instituten, das 4MOST gebaut hat und nun betreiben und wissenschaftlich nutzen wird. Ein Team von mehr als 750 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, Ingenieurinnen und Ingenieuren sowie Support-Mitarbeitenden bereitet derzeit die Aufnahme des Beobachtungsbetriebs für Mitte 2026 vor, der für die nächsten 15 Jahre geplant ist.

4MOST does not take pictures but spectra, and can unravel the light of 2400 celestial objects simultaneously into spectra of 18,000 colour components, allowing astronomers to study their detailed chemical composition and properties. 4MOST will investigate the formation and evolution processes of stars and planets, the Milky Way and

other galaxies, black holes and other exotic objects, and of the Universe as a whole. By analysing the detailed rainbow-like colours of thousands of objects every 10–20 minutes, 4MOST will build a catalogue of temperatures, chemical compositions, velocities and many more physical parameters of tens of millions of objects spread across the entire southern sky. Twenty-five different science programmes will be executed in its first 5-year survey of the sky. The AIP will lead the largest stellar surveys ever conducted of the Milky Way and the Magellanic Clouds to understand their assembly and evolution history and to investigate the detailed distribution of stellar and dark matter in and around them.



Das 4MOST-Instrument, installiert am VISTA-Teleskop am Paranal-Observatorium in Chile.

The 4MOST instrument installed on the VISTA telescope at Paranal Observatory, Chile.

Credit: AIP/A. Saviauk

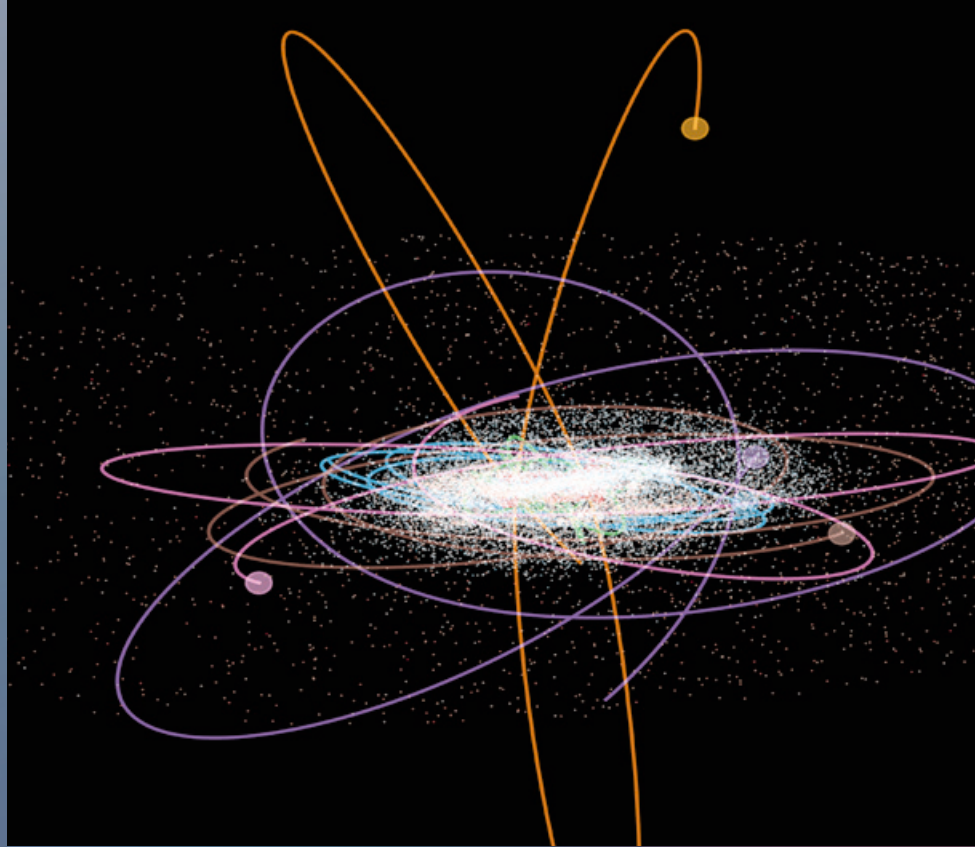
After completing extensive tests at AIP, 4MOST was shipped between October 2024 and May 2025 in four large shipments of nearly one hundred large crates, carefully installed on the telescope, and after achieving first light fully verified and tested the rest of the year. 4MOST has a field of view of 2.6 degrees diameter and 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.

AIP leads the consortium of 29 institutes that has constructed, and now will be operating and scientifically exploiting 4MOST. A team of more than 750 scientists, engineers, and support staff are now preparing for start of operations in mid 2026, planned to continue for the next 15 years.

Rekonstruierte Umlaufbahnen von sieben alten Sternhaufen innerhalb der Großen Magellanschen Wolke über einen Zeitraum von einer Milliarde Jahren. Der wahrscheinlich akkretierte Sternhaufen NGC 1841 (orangefarbene Linie) folgt einer stark exzentrischen Umlaufbahn, fast senkrecht zur Scheibe.

Reconstructed orbits of seven ancient star clusters within the LMC for a timespan of one billion years. The likely accreted cluster NGC 1841 (orange line) follows a highly eccentric orbit almost perpendicular to the disc.

Credit: Niederhofer et al. 2024, Astronomy & Astrophysics, 704, A257



Zwerggalaxien und der galaktische Halo

Dwarf Galaxies and the Galactic Halo

Zwerggalaxien sind die häufigste Art von Galaxien, wobei die Große und Kleine Magellansche Wolke typische Beispiele für helle, sternbildende, irreguläre Zwerggalaxien sind. Sie leuchten am südlichen Himmel und sind nur 50 bis 60 Kiloparsec entfernt. Bedeutende Ereignisse in ihrer Geschichte, die ihre Struktur und ihren Gehalt an baryonischer Materie veränderten, ereigneten sich vor einigen hundert bis einigen tausend Millionen Jahren, als sie sich unserer Galaxie näherten und sich ihre Bahnen dabei mehrfach kreuzten. Die Forschungsgruppe untersucht den Ursprung und die Auswirkungen dieser Ereignisse auf die Magellanschen Wolken.

Dwarf galaxies are the most common galaxy type and the Large and Small Magellanic Clouds (LMC and SMC) are typical examples of bright star-forming dwarf irregular galaxies. They shine in the southern sky and are only 50 to 60 kiloparsecs away. Significant events in their history, which altered their structure and baryonic content, occurred between a few hundred and a few thousand million years ago, when they approached our Galaxy and their orbits crossed multiple times. The research group studies the origin and impact of these events.

TEAM

Maria-Rosa Cioni (head)
Lara Cullinane
Soumya Dhavale
Lisa Di Carlo
Kosuke Jamie Kanehisa
Prem Kumar
Shubham Mamgain
Amy Miller
Alexey Mints
Florian Niederhofer
Marcel Pawlowski
Mariana Pouseiro Júlio
Mathias Schultheis
Abhilash Sengupta
Kriti Sharma
Avital Sievers
Jesper Storm
Smitha Subramanian
Salvatore Taibi
Erasmus Trentin
Sreepriya Vijayasree

STERNHAUFEN IN DEN MAGELLANSCHEN WOLKEN

Zahlreiche Sternhaufen in den Magellanschen Wolken liefern wichtige Hinweise auf die Entstehungs- und Wechselwirkungsgeschichte der beiden Zwerggalaxien. Die Forschenden verwendeten Daten des Hubble-Weltraumteleskops, um erstmals die vollständige dreidimensionale Bewegung von Sternhaufen unterschiedlichen Alters in der Großen Magellanschen Wolke auf konsistente Weise zu untersuchen. Die Ergebnisse für die alten (> 10 Mrd. Jahre) Kugelsternhaufen lieferten Hinweise darauf, dass die Große Magellansche Wolke einen Sternhaufen einer kleineren Galaxie entrissen hat. Dies ergibt sich aus seinem Alter und Metallgehalt sowie seiner ungewöhnlichen Umlaufbahn um die Große Magellansche Wolke. Zur Untersuchung der jüngsten Wechselwirkungsgeschichte der Großen Magellanschen Wolke wurde die Bewegungsstruktur jüngerer Sternhaufen (1–2 Mrd. Jahre) mit dynamischen Modellen verglichen. Demnach kreuzte die Kleine Magellansche Wolke innerhalb der letzten Milliarde Jahre wahrscheinlich zweimal die Scheibenebene der Großen Magellanschen Wolke.

GROSSFLÄCHIGE BEOBACHTUNGEN DER WOLKEN

Der Vista Survey of the Magellanic Clouds (VMC) liefert einen homogenen Datensatz, der aus tiefen und wiederholten Aufnahmen der Wolken in den nahinfraroten Filtern besteht. Die finale Datenveröffentlichung umfasst eine verbesserte Datenqualität und neue Datenprodukte. Dazu gehören beispielsweise individuelle Eigenbewegungen von Sternen, die Rötung durch Staub entlang der Sichtlinie zu metallreichen Riesensternen (Red Clump Stars) und die Klassifizierung von 64 Millionen gemessenen Quellen.

Die 4MOST-Konsortiumsstudie „1001 Magellanic Fields“ (1001MC) erstellt ein einzigartig detailliertes Bild der chemischen und dynamischen Geschichte der Wolken, indem Spektren von Millionen ihrer Sterne erfasst werden. Ein umfassender Objektkatalog wurde erstellt und mit der Prüfung der ersten Spektren begonnen.

VERÄNDERLICHE STERNE, VORBEREITUNG AUF DIE WOLKEN

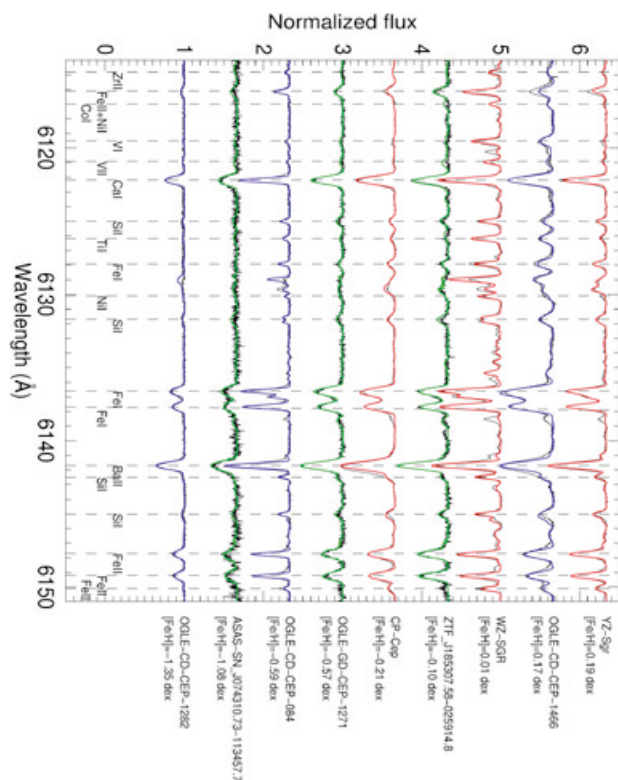
Cepheiden-Veränderliche haben ein Alter zwischen einigen Millionen und etwa 200 Millionen Jahren. Das macht sie zu sehr guten Indikatoren für die gegenwärtige Zusammensetzung des Gases, aus dem Sterne entstehen. Mithilfe einer neuen Reihe hochauflösender Spektren, u. a. vom UVES-Spektrographen am Very Large Telescope der ESO, gelang es für eine Stichprobe von 292 Cepheiden der Milchstraße die genauen Häufigkeiten von bis zu 29 Elementen zu bestimmen. Daraus ergab sich der Häufigkeitsverlauf für die verschiedenen Elemente in einem großen Bereich der Milchstraße in Entfernungen von 4 bis 24 Kiloparsec. Dank der Tatsache, dass die Milchstraßenscheibe gebogen ist, ist es möglich, sogar Sterne in der äußeren Scheibe über dem normalerweise verdeckenden Staub in der Ebene zu sehen.

STERNKINEMATIK UND DIE ENTWICKLUNG DER WOLKEN

Basierend auf VMC-Beobachtungen wurden hochpräzise Sternbewegungen in der Großen Magellanschen Wolke gemessen und mit dem Modell einer rotierenden Scheibengalaxie kombiniert, um die zweidimensionalen Bewegungen in der Ebene der Galaxie zu untersuchen. Das auffälligste Merkmal in der Geschwindigkeitskarte nach Abzug der Rotationsbewegung der Galaxie ist ein Strom von Sternen in Richtung der Balkenstruktur in der Scheibe der Großen Magellanschen Wolke. Dabei scheint sich der Balken gerade neu im Zentrum des Halos aus Dunkler Materie auszurichten.



Mitarbeitende der Forschungsgruppe / Members of the research group



Beispiele für Spekttralsynthese im Bereich von 6110 bis 6151 Angström.

Examples of spectral synthesis in the region from 6110 to 6151 Angstrom.

Credit: Trentin et al. 2024, *Astronomy & Astrophysics*, 690, A246

STELLAR CLUSTERS IN THE MAGELLANIC CLOUDS

The properties of the numerous star clusters within the Magellanic Clouds contain valuable information about the assembly and interaction history of the two dwarf galaxies. The researchers used data from the Hubble Space Telescope to investigate for the first time the full 3D dynamics of LMC clusters spanning a large range of ages in a self-consistent way. Results for the ancient (> 10 billion years) globular clusters revealed evidence that one cluster was accreted by the LMC from a smaller galaxy, based on its unique age and metallicity, combined with its peculiar orbit around the LMC. The kinematic structure of younger (1–2 billion years) clusters was compared to dynamical models to constrain the recent interaction history of the LMC, suggesting that the SMC likely crossed the LMC disc plane twice within the last billion years.

LARGE-SCALE OBSERVATIONS OF THE CLOUDS

The Vista Survey of the Magellanic Clouds (VMC) provides a homogeneous data set resulting from deep and multi-epoch near-infrared imaging observations of the Clouds. The final data release features improved data quality and new data products. For example, individual stellar proper motions, reddening due to dust towards red clump stars, and source classifications for 64 million detections.

The 4MOST-consortium survey '1001 Magellanic Fields' (1001MC) aims to piece together a uniquely detailed picture of the chemical and dynamical history of the Clouds by obtaining spectra for millions of their stars. A comprehensive target catalogue was prepared and the first inspection of spectra began.

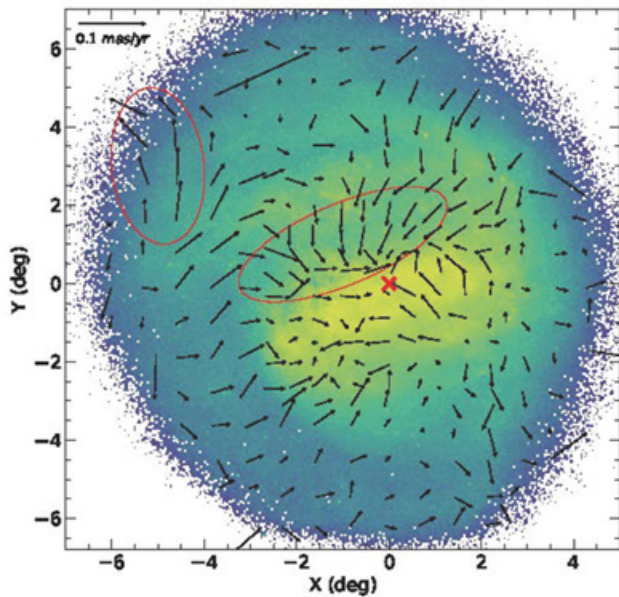
VARIABLE STARS, PREPARING FOR THE CLOUDS

Cepheid variable stars have ages between a few million to about 200 million years. This makes them very good tracers of the current abundance of elements in the gas out of which stars are being formed. Using a new set of high-resolution spectra, among others from the UVES spectrograph at ESO's Very Large Telescope, precise abundances for up to 29 elements have been determined for a sample of 292 Milky Way Cepheids. This yielded abundance gradients for the various elements in a large radius range of the Galaxy, from 4 to 24 kiloparsec, thanks to the fact that the Milky Way disc is warped so it is possible to see stars in the outer disc above the normally obscuring dust in the plane.

Auch wurden Bewegungen in Richtung Nordosten, weg vom Zentrum, beobachtet, was auf eine mögliche dynamische Verbindung zwischen der inneren Scheibe und den äußeren Regionen hindeutet; ein besonderes Merkmal, das sowohl eine Folge der Gezeitenkräfte der Milchstraße als auch der jüngsten Wechselwirkung zwischen Großer und Kleiner Magellanscher Wolke sein könnte.

HÄUFIGKEITEN IN VERZERRTEN ZWERGGALAXIEN

Mithilfe von Spektren mittlerer Auflösung wurde die chemische Zusammensetzung von etwa 80 roten Riesenast-Sternen in der diffusen Begleitgalaxie Andromeda XIX von M31 untersucht. Die Studie ergab einen starken Rückgang von Alpha-Elementen mit zunehmendem Eisengehalt. Der gemessene durchschnittliche Metallgehalt der Galaxie lag deutlich höher als die heutige Relation zwischen Sternmasse und Metallgehalt in Zwerggalaxien der Lokalen Gruppe. Zusammen mit den unregelmäßigen Bewegungen in der Galaxie deutet dies darauf hin, dass der Massenverlust durch Gezeitenkräfte für die Entstehung der Galaxie eine wichtige Rolle spielte. Zur Messung des Metallgehalts junger und alter Sterne in den Wolken wurden aus Gaia-Spektren künstliche Helligkeiten in Stömgren-Filtern erzeugt. Die Ergebnisse zeigen, dass der unstete Verlauf des Metallgehalts wahrscheinlich mit den dynamischen Wechselwirkungen der Galaxien zusammenhängt, welche auch Strukturen in den Außenbereichen beeinflussen.



Karte der Rest-Eigenbewegung, ausgerichtet auf die Himmelsebene, überlagert mit der Dichte wahrscheinlicher Quellen in der Großen Magellanschen Wolke. Die roten Ovale zeigen die Positionen der im Text beschriebenen spezifischen Merkmale, das rote Kreuz das abgeleitete dynamische Zentrum.

Residual proper motion map aligned with the sky plane, superimposed to the density of likely LMC sources. The red ovals show the locations of the specific features discussed in the text and the red cross the dynamical centre.

Credit: Vijayasree et al. 2025, *Astronomy & Astrophysics*, 700, A279

STELLAR KINEMATICS AND THE EVOLUTION OF THE CLOUDS

VMC-based high-precision stellar proper motions for the LMC were derived and combined with a velocity field model for a rotating disc galaxy to investigate the two-dimensional motions in the plane of the galaxy. The most prominent feature in the velocity map after subtracting the bulk rotational motion is the streaming of stars towards the bar in the LMC disc.

This appears consistent with recent N-body simulations of the LMC with the SMC, suggesting that the bar is in the process of re-aligning with the centre of the dark matter halo. There is also a residual motion toward the northeast, away from the LMC centre, suggesting a potential dynamical connection between the inner disc and the outer periphery; a peculiar feature which might be a consequence of both the tidal forces from the Milky Way and the recent LMC-SMC interaction.

ABUNDANCES IN DISTURBED DWARF GALAXIES

Using medium resolution spectra, AIP scientists analysed chemical abundances for around 80 red giant branch stars in the diffuse dwarf satellite galaxy Andromeda XIX of M31. The study revealed a steep decrease in the abundance of alpha elements with increasing iron abundances, and that the mean metallicity of the galaxy is significantly higher than the present-day stellar mass-metallicity relation for Local Group dwarf galaxies. In combination with the galaxy's disturbed kinematics, this suggests that tidal stripping is a strong contender for the galaxy's formation.

Synthetic Strömgren photometry generated from Gaia spectra was used to measure the metallicities of young and old stars in the Clouds. The results indicate that the observed breaks in the metallicity gradients are likely linked to their history of dynamical interaction, that left morphological substructures in their periphery.

AUSGEWÄHLTE PUBLIKATIONEN | SELECTED PUBLICATIONS

Cullinane, L. R. et al. (2024): *Elemental Abundances in And XIX from Coadded Spectra*, *The Astrophysical Journal*, 972, 133, doi:10.3847/1538-4357/ad5f2e

Niederhofer, F. et al. (2024): *Hubble Space Telescope proper motions of Large Magellanic Cloud star clusters: I. Catalogues and results for NGC 1850*, *Astronomy & Astrophysics*, 689, A162, doi:10.1051/0004-6361/202450255

Trentin, E. et al. (2024): *Cepheid Metallicity in the Leavitt Law (C-MetaLL) survey: VI. Radial abundance gradients of 29 chemical species in the Milky Way disc*, *Astronomy & Astrophysics*, 690, A246, doi:10.1051/0004-6361/202450376

Trentin, E. et al. (2024): *Cepheid Metallicity in the Leavitt Law (C-MetaLL) survey: IV. The metallicity dependence of Cepheids period-luminosity relations*, *Astronomy & Astrophysics*, 681, A65, doi:10.1051/0004-6361/202347195

Cioni, M.-R. L. et al. (2025): *The VMC survey: LII. Data release #7: Complete survey data and data from additional programmes*, *Astronomy & Astrophysics*, 699, A300, doi:10.1051/0004-6361/202554254

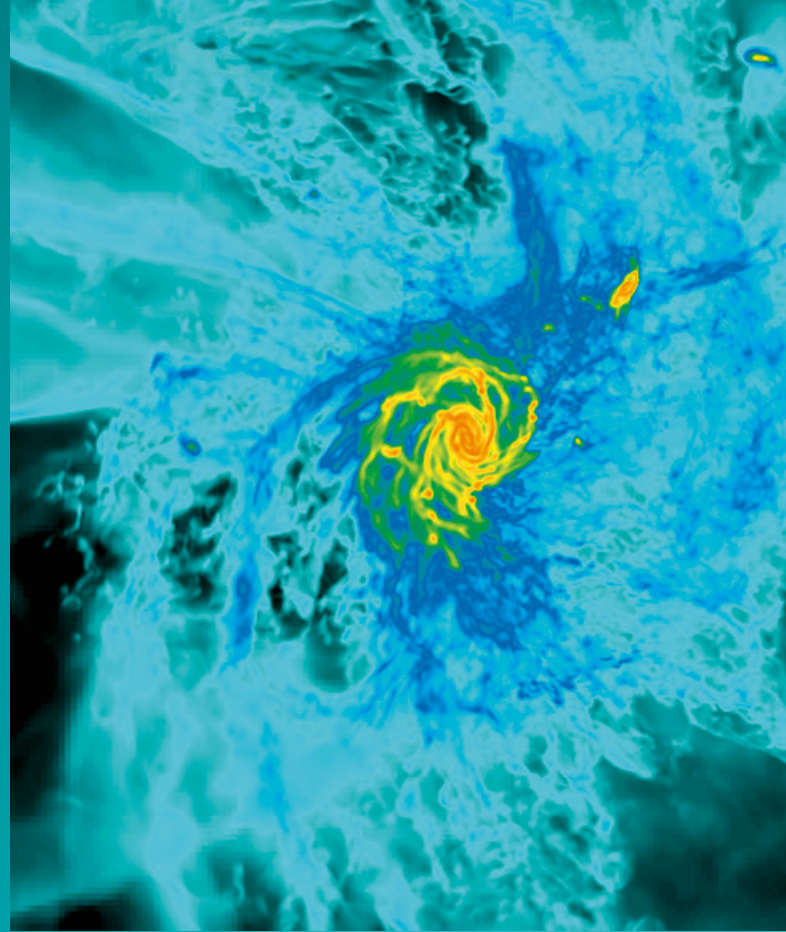
Niederhofer, F. et al. (2025): *Cluster Ages to Reconstruct the Milky Way Assembly (CARMA): Chrono-dynamics of seven old star clusters in the Large Magellanic Cloud and the peculiar origin of NGC 1841*, *Astronomy & Astrophysics*, 704, A257, doi:10.1051/0004-6361/202554384

Omkumar, A. O., et al. (2025): *Strömgren photometric metallicity map of the Magellanic Cloud stars using Gaia DR3-XP spectra*, *Astronomy & Astrophysics*, 700, A74, doi:10.1051/0004-6361/202452510

Pennock, C. M. et al. (2025): *The VMC Survey – LI. Classifying extragalactic sources using a probabilistic random forest supervised machine learning algorithm*, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 537, 1028, doi:10.1093/mnras/staf080

Povick, J. T. et al. (2025): *Revealing the chemical structure of the Magellanic Clouds with APOGEE. II. Abundance gradients of the Large Magellanic Cloud*, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 544, 457, doi:10.1093/mnras/staf1428

Vijayasree, S. et al. (2025): *The VMC survey: LIV. The internal kinematics of the Large Magellanic Cloud with new VISTA observations*, *Astronomy & Astrophysics*, 700, A279, doi:10.1051/0004-6361/202453145



Verteilung der projizierten Gasdichte im zirkumgalaktischen Medium einer computersimulierten Galaxie (FOGGIE-Simulationen), die zeigt, wie das Gas in eine Vielzahl kleiner Klumpen und Filamente zerfällt.

Projected gas density distribution in the circumgalactic medium of a simulated galaxy (FOGGIE simulations), showing how the gas breaks up into many small-scale clumps and filaments.

Credit: R. Augustin / FOGGIE Collaboration

Galaxien und Quasare

Galaxies and Quasars

Durch astronomische Beobachtungen von Galaxien lassen sich deren Entstehungs- und Entwicklungswege rekonstruieren und die dabei relevanten physikalischen Prozesse analysieren. Dabei müssen die diversen Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Bestandteilen quantitativ berücksichtigt werden: junge und alte Sterne auf äußerst vielfältigen Bahnen, interstellares und zirkumgalaktisches Gas, die Dunkle Materie, und auch die Schwarzen Löchern und Quasare in Galaxienzentren.

Astronomical observations of galaxies allow us to reconstruct their formation and evolution and analyse the relevant physical processes. This requires a quantitative treatment of the various interactions between the different components: young and old stars moving on highly diverse orbits, interstellar and circumgalactic gas, dark matter, and also black holes and quasars in the nuclei of galaxies.

TEAM

Lutz Wisotzki (head)
 Hasan Alirzayev
 Ramona Augustin
 Avinash Chaturvedi
 Ravi Shankar Chaurasia
 Daria Kozlova
 Davor Krajnović
 Sonia Manivel
 Constanza Muñoz López
 Ismael Pessa
 John Pharo
 Meredith Powell
 Rakesh Ramesh Chitra
 Lucas Ramos Vieira
 Hector Salas Olave
 Guilherme dos Santos Couto
 Daniil Smirnov
 Tanya Urrutia
 Jakob Walcher
 Peter Weilbacher

DIE AUSBILDUNG LANGSAM ROTIERENDER GALAXIEN VOR SIEBEN MILLIARDEN JAHREN

Die meisten Galaxien im heutigen Universum haben die Form von Scheiben. In diesen bewegen sich die Sterne meist schnell und in geordneter Weise um eine klar definierte Symmetrieachse. Etwa 15 % aller Galaxien weisen jedoch keine solchen Scheibenstrukturen auf – sie rotieren langsam oder gar nicht. Es ist immer noch unklar, wann (d. h. in welcher kosmischen Epoche) solche „langsamen Rotatoren“ zum ersten Mal als relevante Untergruppe von Galaxien auftraten und welche Bedingungen für die Entstehung derartiger Strukturen notwendig sind. Eine neue Studie adressierte diese Fragen durch eine Analyse der Bewegungsmuster von Sternen in einer Stichprobe von über 100 Galaxien mit Entfernungen (Rotverschiebungen), die etwa dem halben Alter des Universums seit dem Urknall entsprechen. Dabei zeigten lediglich drei Galaxien (also etwa 3 %) der untersuchten Systeme die charakteristischen Merkmale von Galaxien ohne Scheiben. Dieser extrem geringe Anteil langsamer Rotatoren in der Stichprobe legt nahe, dass solche Objekte sich erst in jüngerer Zeit ausbilden. Er könnte aber auch dadurch erklärt werden, dass die untersuchten Systeme relativ isoliert im All sind und sich nicht in Galaxiengruppen oder -haufen befinden wie die langsamen Rotatoren im nahen Universum.

DIE KLEINRÄUMIGE STRUKTUR VON ZIRKUMGALAKTISCHEM GAS

Die großen Gasreservoirs um Galaxien, oft als „zirkumgalaktisches Medium“ bezeichnet, sind in kosmologischen Simulationen schwer zu erfassen und fast immer unzureichend aufgelöst. Im Rahmen des FOGGIE-Projekts wurde eine Reihe hydrodynamischer Simulationen durchgeführt speziell zur Untersuchung der kleinräumigen Dichtefluktuationen dieses Gases, d. h. mit exquisiter räumlicher Auflösung im zirkumgalaktischen Bereich. Die Analyse dieser Simulationen ergab, dass eine signifikante Verklumpung des Gases bevorzugt nahe an der galaktischen Scheibe stattfindet, wobei sich zwei unterschiedliche Populationen von Gaswolken ausbilden: Ausströmende Klumpen sind überwiegend ionisiert, heiß und reich an schweren Elementen („Metallen“), während einströmende Klumpen kühler sowie in höherem Maße neutral und metallarm sind. In jedem Fall gehören diese Klumpen jeweils zu größeren zusammenhängenden Strukturen, entlang derer sie sich im Raum bewegen.

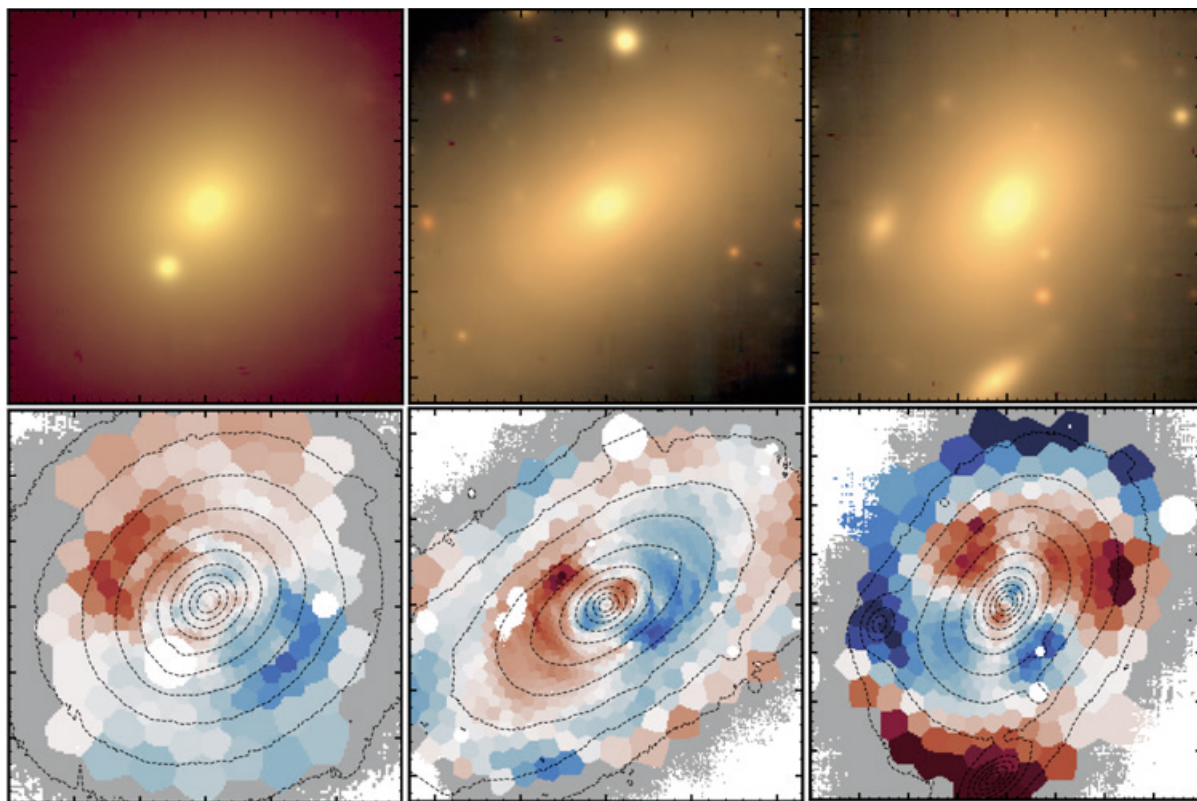
Aus diesen künstlichen Daten abgeleitete simulierte Beobachtungen zeigen starke Unterschiede zwischen verschiedenen Sichtlinien, was eine natürliche Erklärung für die beobachtete Vielfalt liefert. Darüber hinaus stimmt die Verteilung der simulierten klumpigen Strukturen recht gut mit den beobachteten Eigenschaften von Hochgeschwindigkeitswolken in unserem eigenen Milchstraßensystem überein.

DIE INTRINSISCHE VERTEILUNG DER EIGENSCHAFTEN VON LYMAN-ALPHA-HALOS

Ultraviolettes Licht von jungen massereichen Sternen in einer Galaxie kann in ausgedehnten Wasserstoffwolken, die die Galaxie umgeben, gestreut werden und dabei einen in der Lyman-Alpha-Spektrallinie leuchtenden „Halo“ um die Galaxie hervorbringen. Beobachtungen mit dem MUSE-Instrument zeigen eine große Vielfalt solcher Halos, woraus sich eine einzigartige Möglichkeit ergibt, die räumliche Verteilung und die Bewegungsmuster von Gas um Galaxien im Detail zu untersuchen. Systematische Tests des Beobachtungsprozesses anhand von Modellhalos zeigten jedoch, dass die Detektierbarkeit einer Galaxie und ihres Halos stark von den Eigenschaften des Halos abhängt. Dies bedeutet, dass die scheinbare Verteilung der beobachteten Halo-Eigenschaften nicht repräsentativ ist, sondern zugunsten bestimmter Objekttypen verzerrt wurde. Mit einem neu entwickelten Algorithmus zur Quantifizierung und Korrektur dieser statistischen Verzerrungen lässt sich aber die tatsächliche (intrinsische) Verteilung von Lyman-Alpha-Halo-Eigenschaften rekonstruieren.



Mitarbeitende der Forschungsgruppe / Members of the research group



Mosaik aus einigen der massereichsten Galaxien des näheren Universums. Die oberen Bilder zeigen jeweils die Verteilung des Sternlichts, die unteren Diagramme stellen farbkodiert dar, wie sich die Sterne in diesen Galaxien auf ihren Bahnen bewegen.

Mosaic of some of the most massive galaxies known in the nearby Universe. The upper images show the distribution of starlight, the lower panels reveal by colour coding how the stars inside these galaxies move on their orbits.

may indicate that most such objects form only at later times, but it could also be explained by the location of these systems in relative isolation instead of in groups or clusters of galaxies like the slow rotators in the nearby Universe.

THE EMERGENCE OF SLOWLY ROTATING GALAXIES SEVEN BILLION YEARS AGO

The majority of galaxies in the present-day Universe are shaped as thin discs. The majority of their stars move fast and in an ordered fashion around a well-defined symmetry axis. Yet about 15% of all galaxies lack such disc structures – they rotate slowly or not at all. It is still unknown at what cosmic epoch such ‘slow rotators’ appear for the first time as a noticeable sub-population of galaxies, and what the necessary conditions are for their formation. A new study addressed these questions by analysing the patterns of stellar motion for a large sample of more than 100 galaxies at redshifts corresponding to a cosmic time when the Universe was about half its current age. This analysis revealed only three galaxies with the characteristics of galaxies without any discs. The low fraction of slow rotators in this sample

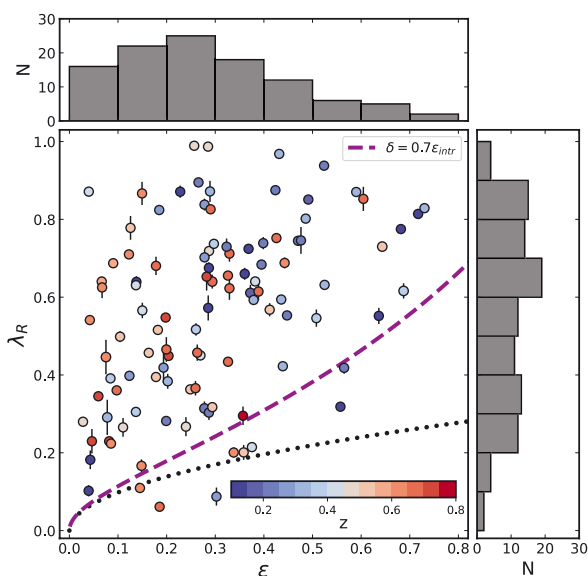
THE SMALL-SCALE STRUCTURE OF CIRCUMGALACTIC GAS

The large gas reservoirs around galaxies, usually called the circumgalactic medium (CGM), are notoriously difficult to capture in cosmological simulations and nearly always heavily underresolved. The FOGGIE project is a new suite of hydrodynamical simulations with exquisite spatial resolution in the circumgalactic region, specifically designed to investigate the small-scale density fluctuations of the CGM. It turns out that significant clumping occurs preferentially relatively close to the galactic disc, and that two distinct populations of clumps are forming: Outflowing clumps are predominantly ionised, hot, and enriched in heavy elements (‘metals’), whereas inflowing clumps are cool, more neutral, and metal-poor. All these clumps belong to larger coherent structures along which they move in space.

Using these artificial data to simulate realistic observations reveals strong variations between different sightlines, providing a natural explanation for the observed diversity. Furthermore, the distribution of simulated clumpy structures matches quite well the observed properties of high-velocity clouds of our own Milky Way system.

THE INTRINSIC DISTRIBUTION OF THE PROPERTIES OF LYMAN-ALPHA HALOS

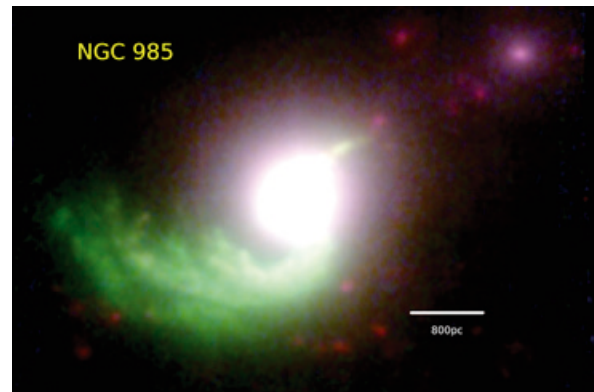
Ultraviolet light from recent star formation in a galaxy can be scattered in large clouds of hydrogen surrounding the galaxy, producing an extended halo shining in the Lyman-alpha spectral line.



Die gemessene Abflachung ϵ und Rotationseigenschaften (Drehmoment λ_R) für eine Stichprobe von mit MUSE beobachteten Galaxien. Die Symbolfarbe zeigt die Rotverschiebung (Entfernung).

Shapes (ϵ) and angular momenta (λ_R) for a sample of galaxies observed with MUSE. Symbols are coloured based on the galaxy redshift (distance).

Credit: AIP/C. Muñoz



MUSE-Aufnahme des aktiven Kerns der Galaxie NGC 985. Der „Narrow Field Mode“ von MUSE erreicht eine besonders hohe Bildauflösung, so dass sich Details in der unmittelbaren Nähe des zentralen Schwarzen Lochs untersuchen lassen. Eine Wolke bewegt sich spiralförmig zum Zentrum und wird dabei durch die Strahlung des Kerns ionisiert. Sternentstehungsgebiete sind violett dargestellt.

MUSE image of the active nucleus in the galaxy NGC 985. By using the so-called 'Narrow Field Mode' of MUSE the resolution of this image is so high that details very close to the central black hole can be investigated. A cloud is spiraling towards the centre and is getting ionised by the radiation from the nucleus. Star forming regions are shown in purple.

Credit: L. Ramos Vieira / T. Urrutia / G. Couto

Observations with the MUSE instrument revealed a broad diversity in these halo shapes which provides a unique tool to investigate the spatial distribution and the motion of gas around galaxies. However, by systematically testing the detection process using model halos it became clear that the detectability of a galaxy and its halo depend sensitively on the properties of the halo. This implies that the apparent distribution of halo properties 'as observed' is not representative, but biased in favour of certain types of objects. With a newly developed algorithm to quantify and correct for these biases, the true intrinsic distribution of Lyman-alpha halo properties can now be reconstructed.

AUSGEWÄHLTE PUBLIKATIONEN | SELECTED PUBLICATIONS

den Brok, M., Krajnović, D., Emsellem, E., Mercier, W., Steinmetz, M., Weilbacher, P. M. (2024): **Recovery of the low- and high-mass end slopes of the IMF in massive early-type galaxies using detailed elemental abundances**, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 530, 3278, doi:10.1093/mnras/stae912

Chaturvedi, A., Tonnesen, S., Bryan, G. L., Popping, G., Hilker, M., Serra, P., Genel, S. (2024): **Observational Predictions for the Survival of Atomic Hydrogen in Simulated Fornax-like Galaxy Clusters**, The Astrophysical Journal, 969, 28, doi:10.3847/1538-4357/ad43dd

Kerutt, J. et al. (2024): **Lyman continuum leaker candidates at $z=3-4$ in the HDUV based on a spectroscopic sample of MUSE LAEs**, Astronomy & Astrophysics, 684, A42, doi:10.1051/0004-6361/202346656

Muñoz López, C. et al. (2024): **Stellar angular momentum of intermediate-redshift galaxies in MUSE surveys**, Astronomy & Astrophysics, 688, A75, doi:10.1051/0004-6361/202449758

Pessa, I. et al. (2024): **A galactic outflow traced by its extended Mg II emission out to a ~ 30 kpc radius in the Hubble Ultra Deep Field with MUSE**, Astronomy & Astrophysics, 691, A5, doi:10.1051/0004-6361/202450547

Pharo, J. et al. (2024): **The intrinsic distribution of Lyman- α halos**, Astronomy & Astrophysics, 690, A343, doi:10.1051/0004-6361/202451318

Powell, M. C., Krumpe, M., Coil, A., Miyaji, T. (2024): **The impact of AGN X-ray selection on the AGN halo occupation distribution**, Astronomy & Astrophysics, 686, A57, doi:10.1051/0004-6361/202349092

Augustin, R. et al. (2025): **FOGGIE. X. Characterizing the Small-scale Structure of the Circumgalactic Medium and Its Imprint on Observables**, The Astrophysical Journal, 993, 52, doi:10.3847/1538-4357/ae0462

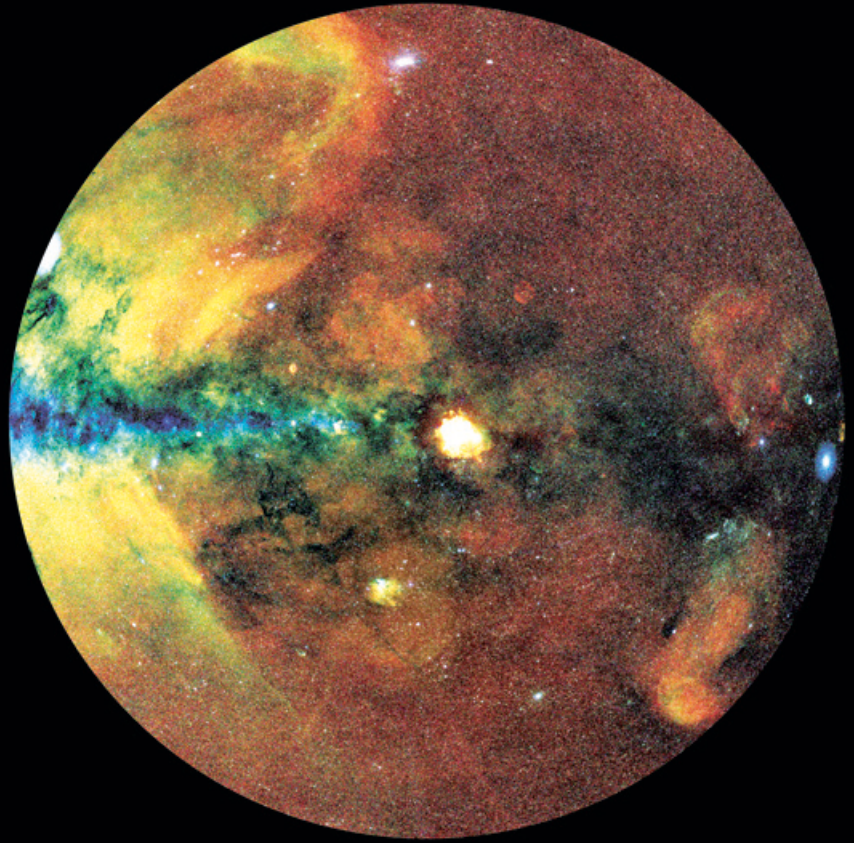
Muñoz López, C. et al. (2025): **Multiple star-forming episodes of intermediate-redshift galaxies**, Astronomy & Astrophysics, 702, A146, doi:10.1051/0004-6361/202555197

Pessa, I., Tejos, N., Martínez-Acosta, K., Lopez, S., Werk, J., Prochaska, J. X. (2025): **A positive correlation between broad H I Ly α absorptions and local overdensities of galaxies**, Astronomy & Astrophysics, 698, A116, doi:10.1051/0004-6361/202450542

Die erste Himmelsdurchmusterung mit eROSITA. Deutlich zu erkennen sind die galaktische Ebene (horizontales Band in der Mitte), die eROSITA-Blasen (ausgedehnte Bögen), der Vela-Supernova-Überrest (heller Fleck in der Mitte), die Orion-Sternentstehungsregion (grüner Bereich rechts unten) und der Pulsar im Krebsnebel (blauer Punkt rechts).

The first X-ray all-sky survey with eROSITA. Pronounced structures are the galactic plane (horizontal band in the centre), the eROSITA bubbles (expanded arcs), the Vela Supernova remnant (bright spot in the centre), the Orion region of star formation (green area at the bottom right) and the pulsar in the Crab Nebula (blue dot on the right).

Credit: MPE, J. Sanders for the eROSITA consortium



Röntgenastronomie

X-ray Astronomy

Die Forschungsgruppe erforscht den Röntgenhimmel auf Basis großskaliger, empfindlicher Durchmusterungen mit den Satelliten XMM-Newton und SRG/eROSITA. Diese dienen der Identifikation interessanter Hochenergieobjekte, die anschließend über das gesamte elektromagnetische Spektrum hinweg detailliert analysiert werden. Forschungsschwerpunkte sind kompakte galaktische Objekte und stark variable Kerne aktiver Galaxien. Zudem unterstützt die Gruppe die Satellitenmissionen durch die Entwicklung spezieller Auswertesoftware zur Erstellung der weltweit genutzten Röntgenquellenkataloge.

The research group explores the X-ray sky on the basis of large-scale, sensitive surveys with the XMM-Newton and SRG/eROSITA satellites. These are used to identify interesting high-energy objects, which are then analysed in detail across the entire electromagnetic spectrum. The main areas of research are compact galactic objects and highly variable cores of active galaxies. The group also supports the satellite missions by developing special analysis software for creating X-ray source catalogues that are used worldwide.

TEAM

Axel Schwobe (head)
Sabina Bahic
Jaco Brink
Virginia Cúneo
Thijs Dorhout
Yuji He
David Sebastiaan Homan
Kira Knauff
Mirko Krumpke
Jan Kurpas
Georg Lamer
Rontis-Mithra Marquardt
Kala Pradeep
Tathagata Saha
Vishnu Shankar
Surodeep Sheth
Binnur Sokmen Sevik
Laurent Stütz
Iris Traulsen
Dusan Tubin

DIE ERSTE HIMMELSDURCHMUSTERUNG MIT SRG/EROSITA

Im Januar 2024 wurden alle Daten der ersten vollständigen Himmelsdurchmusterung mit SRG/eROSITA veröffentlicht und weltweit zur weiteren Analyse zugänglich gemacht. Mehr als 30 Jahre nach der letzten niederenergetischen Röntgendurchmusterung mit dem Satelliten ROSAT, stellt diese neue Durchmusterung einen deutlichen Fortschritt dar – insbesondere in Bezug auf Empfindlichkeit, Bildschärfe und Energieauflösung. SRG/eROSITA entdeckte rund eine Million neuer Röntgenquellen, die die Grundlage zahlreicher Studien bilden, von der Untersuchung einzelner Objekte bis hin zur Analyse großer, aussagekräftiger Stichproben. Das AIP leistete wichtige Beiträge zur Datenveröffentlichung, unter anderem durch Software zur Identifikation und Charakterisierung der neuen Röntgenquellen sowie durch einen Upper Limit Server, mit dem die Beobachtungsempfindlichkeit an beliebigen Himmelspositionen bestimmt werden kann. Auf Basis der neuen Quellkataloge wurden umfangreiche Folgebeobachtungen mit dem Sloan Digital Sky Survey V (SDSS-V) und 4MOST angestoßen.

KOMPAKTE OBJEKTE IN UNSERER MILCHSTRASSE

Der Satellit ROSAT entdeckte eine sehr seltene Klasse von Objekten: isolierte Neutronensterne, von denen nur sieben bestätigt werden konnten. Hier gelangen erstmals Untersuchungen der Atmosphäre von Neutronensternen, ohne dass starke Strahlung aus ihrer Umgebung (wie bei Pulsaren) die Beobachtungen überlagerte. Solche Objekte könnten wichtige Hinweise auf die Eigenschaften der extrem dicht gepackten Materie im Inneren von Neutronensternen liefern. Dank der empfindlichen Himmelsdurchmusterungen mit SRG/eROSITA konnte die Zahl der Kandidaten nun um etwa 30 Objekte deutlich erhöht werden. Um diese Kandidaten eindeutig als Neutronensterne zu bestätigen, sind umfangreiche Folgebeobachtungen im Röntgenbereich aus dem All sowie im optischen Bereich mit großen bodengebundenen Teleskopen nötig.

Die galaktische Ebene leuchtet schwach im Röntgenlicht. Dieses scheinbar diffuse Leuchten setzt sich aus vielen einzelnen Röntgenquellen zusammen. Welche Objektarten dazu beitragen und in welchem Verhältnis, ist noch unklar.

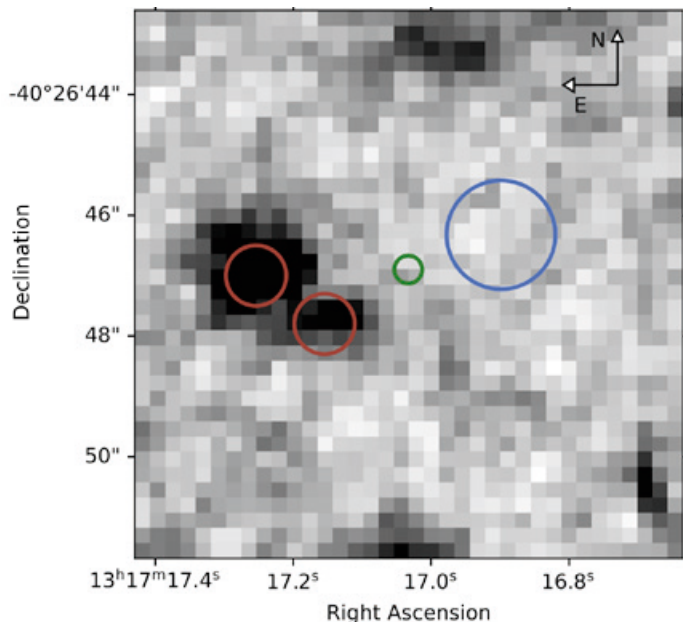


Mitarbeitende der Forschungsgruppe / Members of the research group

Sicher ist jedoch, dass kompakte Doppelsternsysteme mit Materieübertragung von einem sonnenähnlichen Stern auf ein kompaktes Objekt eine wichtige Rolle spielen, ihre Häufigkeit ist aber unbekannt. Mithilfe von Folgebeobachtungen von SRG/eROSITA-Quellen an großen optischen Teleskopen sowie den groß angelegten spektroskopischen Durchmusterungen SDSS-V und 4MOST werden derzeit alle Kandidaten systematisch identifiziert, um darauf aufbauend die Zusammensetzung des leuchtenden Röntgenbandes zu bestimmen.

SUCHE NACH VERSCHMELZENDEN SUPERMASSEREICHEN SCHWARZEN LÖCHERN

Galaxienverschmelzungen führen laut gängigen Simulationen der Galaxienentwicklung häufig zu binären supermassereichen Schwarzen Löchern. Bislang konnte jedoch erst ein einziges solches Objekt bestätigt werden. Simulationen sagen für diese Systeme eine periodische Helligkeitsänderung im Röntgen- und UV-Licht voraus. SRG/eROSITA eignet sich durch wiederholte Himmelsdurchmusterungen besonders zur Identifikation solcher Kandidaten. Forschende untersuchten eine Stichprobe von 16 guten Kandidaten mit Satelliten wie NICER, Swift und XMM-Newton; bei 15 bestätigte sich die extragalaktische Natur durch optische Spektroskopie und die Massen konnten bestimmt werden. Der bislang vielversprechendste Kandidat zeigt eine quasi-periodische Röntgenvariabilität mit einer typischen Zeitskala von etwa einem Jahr. Auf Grundlage der untersuchten Stichprobe wurde eine Obergrenze für den Anteil von binären supermassereichen Schwarzen Löchern von etwa 5% pro Galaxie abgeschätzt.



Tiefe r-Band Aufnahme des Feldes um einen Neutronenstern. Die Kreise zeigen die von XMM-Newton (grün) und eROSITA (blau) geschätzten Positionsunsicherheiten an.

Deep r-band image of the field of a neutron star. The circles indicate the 1σ positional uncertainty estimated from XMM-Newton (green) and eROSITA (blue). No optical counterpart can be detected down to a magnitude of 27.5.

Credit: AIP / J. Kurpas

THE FIRST X-RAY ALL-SKY SURVEY WITH SRG/EROSITA

In January 2024, all raw data and derived data products from the first sky survey with SRG/eROSITA were published worldwide. More than 30 years after the last low-energy X-ray survey with the ROSAT satellite, this new survey represents a significant advance – particularly in terms of sensitivity, image sharpness and energy resolution. SRG/eROSITA discovered around one million new X-ray sources, forming the basis for numerous studies, from the investigation of individual objects to the analysis of large, meaningful samples. The AIP made important contributions to the data release, including software for identifying and characterising the new X-ray sources and an upper limit server that can be used to determine the observation sensitivity at any position in the sky. Based on the new source catalogues, extensive follow-up observations were initiated with the Sloan Digital Sky Survey V (SDSS-V) and 4MOST.

COMPACT OBJECTS IN OUR MILKY WAY

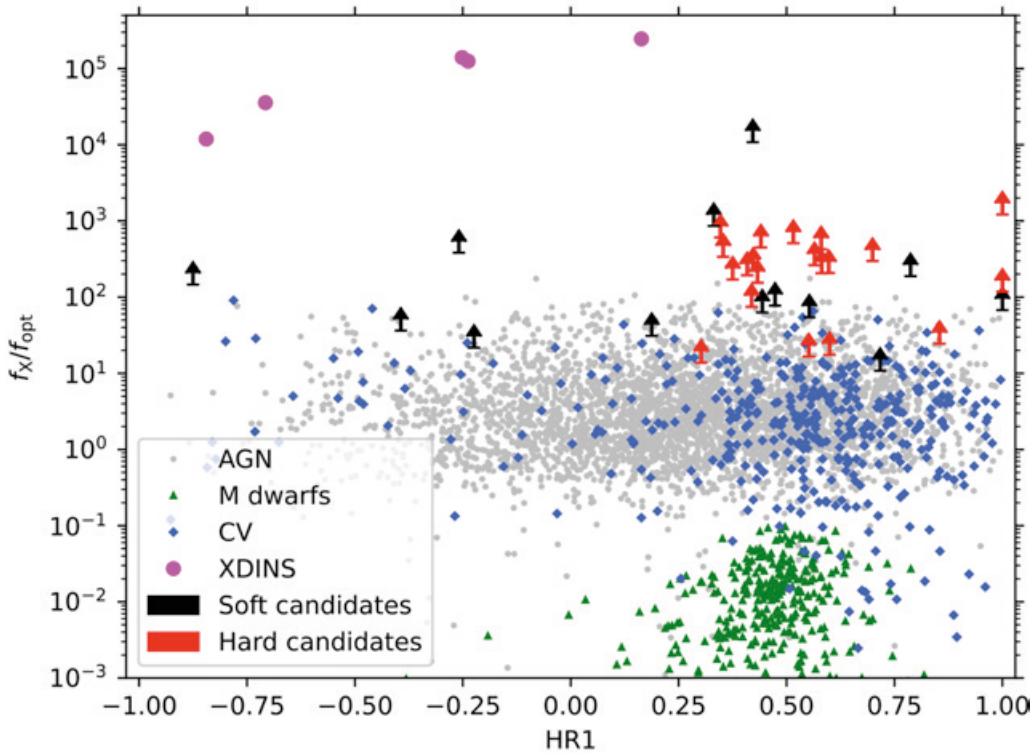
The ROSAT satellite discovered a very rare class of objects: isolated neutron stars, of which only seven have been confirmed. These enabled studies of the atmosphere of neutron stars for the first time without strong radiation from their surroundings (as in the case of pulsars) interfering with the observations. Such objects could provide important clues about the properties of extremely dense matter inside neutron stars. Thanks to the sensitive sky surveys with SRG/eROSITA, the number of candidates has now been significantly increased by about 30 objects. In order to confirm these candidates as neutron stars, extensive follow-up observations in the X-ray range from space and in the optical range with large ground-based telescopes are necessary.

The galactic plane glows faintly in X-ray light. This seemingly diffuse glow is composed of many individual X-ray sources. It is still unclear which types of objects contribute to this and in what proportions. However, it is certain that compact binary star systems with mass transfer from a low mass normal star to a compact object play an important role, but their frequency is unknown. With the help of follow-up observations of SRG/eROSITA sources with large optical telescopes and the large-scale spectroscopic surveys SDSS-V and 4MOST, all candidates are currently being systematically identified in order to determine the composition of the luminous X-ray band.



Illustration des Weltraumteleskops eROSITA

Illustration of the eROSITA space telescope – Credit: DLR



Farben-Farben-Diagramm der wachsenden Neutronensternpopulation. Mit grüner, blauer und grauer Farbe sind typische Röntgenquellen am Himmel dargestellt. Lila Punkte und Pfeile markieren Neutronensterne, die sich durch ein extrem hohes Verhältnis der relativen Helligkeiten im Röntgenbereich und bei optischen Wellenlängen und durch ein sehr weiches Röntgenspektrum (eher obere und linke Diagrammhälften) auszeichnen.

Colour-colour-diagram of the growing neutron star population. Typical X-ray sources in the sky are shown in green, blue and grey. Purple dots and arrows mark neutron stars that are characterised by an extremely high ratio of relative brightness in the X-ray range and at optical wavelengths and by a very soft X-ray spectrum (tending towards the upper and left half of the diagram).

Credit: AIP/J. Kurpas

SEARCH FOR MERGING SUPERMASSIVE BLACK HOLES

According to current simulations of galaxy evolution, galaxy mergers often lead to binary supermassive black holes (SMBHBs). However, only one such object has been confirmed to date. Simulations predict periodic brightness variations in X-ray and UV light for these systems. SRG/eROSITA is particularly well suited for identifying such candidates through repeated sky surveys. Scientists investigated a sample of 16 good candidates with satellites such as NICER,

Swift and XMM-Newton; in 15 cases, the extragalactic nature was confirmed by optical imaging and spectroscopy and the SMBH masses were determined. The most promising candidate to date shows quasi-periodic X-ray variability with a typical timescale of about one year. Based on the sample studied, an upper limit for the fraction of SMBHB candidates was estimated to be about 5 % per galaxy.

AUSGEWÄHLTE PUBLIKATIONEN | SELECTED PUBLICATIONS

Kurpas, J., Schwöpe, A. D., Pires, A. M., Haberl, F. (2024): *Detection of pulsed X-ray emission from the isolated neutron star candidate eRASSU J131716.9–402647*, *Astronomy & Astrophysics*, 683, A164, doi:10.1051/0004-6361/202347967

Kurpas, J., Schwöpe, A. D., Pires, A. M., Haberl, F. (2024): *Thermally emitting isolated neutron star candidates from the SRG/eROSITA All-Sky Survey*, *Astronomy & Astrophysics*, 687, A251, doi:10.1051/0004-6361/202450248

Merloni, A., Lamer, G. et al. (2024): *The SRG/eROSITA all-sky survey*, *Astronomy & Astrophysics*, 682, A34, doi:10.1051/0004-6361/202347165

Powell, M. C., Krumpe, M., Coil, A., Miyaji, T. (2024): *The impact of AGN X-ray selection on the AGN halo occupation distribution*, *Astronomy & Astrophysics*, 686, A57, doi:10.1051/0004-6361/202349092

Schwöpe, A. D., Knauff, K., Kurpas, J., Salvato, M., Stelzer, B., Stütz, L., Tubín-Arenas, D. (2024): *A first systematic characterization of cataclysmic variables in SRG/eROSITA surveys*, *Astronomy & Astrophysics*, 690, A243, doi:10.1051/0004-6361/202450537

Schwöpe, A. et al. (2024): *Compact white dwarf binaries in the combined SRG/eROSITA/SDSS eFEDS survey*, *Astronomy & Astrophysics*, 686, A110, doi:10.1051/0004-6361/202348426

Tubín-Arenas, D. et al. (2024): *The eROSITA upper limits*, *Astronomy & Astrophysics*, 682, A35, doi:10.1051/0004-6361/202346773

Saha, T. et al. (2025): *The Close AGN Reference Survey (CARS)*, *Astronomy & Astrophysics*, 699, A205, doi:10.1051/0004-6361/202554707

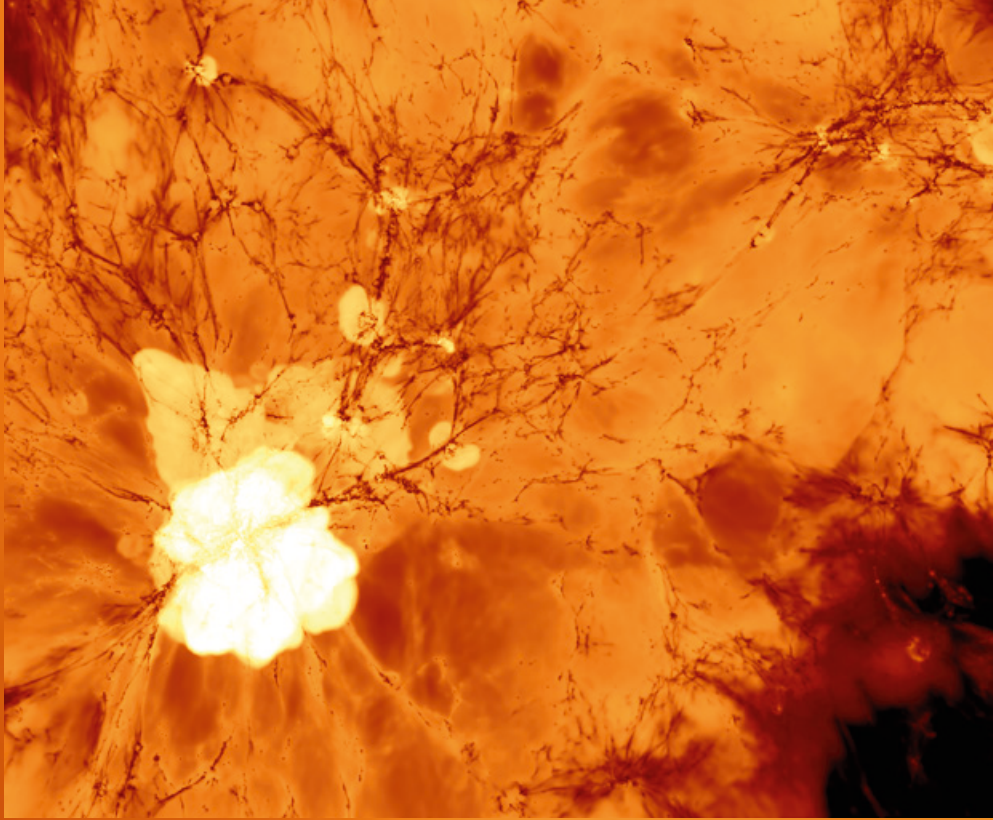
Schwöpe, A. D. (2025): *PolarCat: Catalog of polars, low-accretion rate polars, and candidate objects*, *Astronomy & Astrophysics*, 698, A106, doi:10.1051/0004-6361/202554519

Tubín-Arenas, D. et al. (2025): *Searching for supermassive black hole binaries within SRG/eROSITA-De*, *Astronomy & Astrophysics*, 698, A192, doi:10.1051/0004-6361/202554749

Gas temperature map of a galaxy and its surroundings from the epoch of cosmic reionisation: black indicates cold, neutral gas; orange warm, ionised gas; and yellow zones show strongly heated gas produced by galactic feedback such as supernova explosions.

Gas temperature map of a galaxy and its surroundings from the epoch of cosmic reionisation: black indicates cold, neutral gas; orange warm, ionised gas; and yellow zones show strongly heated gas produced by galactic feedback such as supernova explosions.

Credit: AIP/E. Puchwein



Kosmologie und Hochenergie-Astrophysik

Cosmology and High-Energy Astrophysics

Die Strukturen des heutigen Universums entstanden über 13,8 Milliarden Jahre aus kleinen Dichtefluktuationen, die sich durch die Schwerkraft zu Galaxien und Galaxienhaufen entwickelten. Am AIP erforschen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler mit hochau aufgelösten Computersimulationen die physikalischen Prozesse, die diese Entwicklung steuern. Eine zentrale Rolle spielen dabei Feedbackprozesse von Sternen und supermassereichen Schwarzen Löchern, deren Strahlungsenergie, Explosionen und kosmische Strahlung die Galaxien nachhaltig prägen. Besonders Magnetfelder und plasmakinetische Prozesse auf kleinsten Skalen können diese Entwicklung entscheidend beeinflussen.

The structures of the present-day Universe formed over 13.8 billion years from small density fluctuations that evolved into galaxies and galaxy clusters under the influence of gravity. At the AIP, researchers study the physical processes governing the formation and evolution of these structures using high-resolution computer simulations. Feedback processes from stars and supermassive black holes play a central role, as their radiation, stellar explosions, and cosmic rays have a lasting impact on galaxy evolution. In particular, magnetic fields and plasma-kinetic processes on the smallest scales can significantly influence this evolution.

TEAM

Christoph Pfrommer (head)
Francesco Bollati
Niklas Dusch
Ashwin Vergis George
Azzam Jaber
Léna Jlassi
Rouven Lemmerz
Meenakshi Meenakshi
Volker Müller
Lorenzo Maria Perrone
Ewald Puchwein
Nele Stachlys
Larissa Tevlin
Timon Thomas
Matthias Weber
Rainer Weinberger
Joseph Whittingham

GALAXIENENTSTEHUNG, FEEDBACK UND REIONISIERUNG

Neue Computersimulationen liefern wichtige Einblicke in die frühe Galaxienentstehung. Sie zeigen, dass die Berücksichtigung einer stark zeitlich variablen Sternentstehung zu einer deutlich besseren Übereinstimmung zwischen Simulationen und Beobachtungen führt, etwa mit Daten des James-Webb-Weltraumteleskops. Die damit verbundenen Feedbackprozesse bestimmen maßgeblich die Verteilung des Gases in und um Galaxien und beeinflussen, wie effizient energiereiche Strahlung entweichen kann. So verknüpfen Feedback und Strahlungstransport die Galaxienphysik direkt mit der großräumigen Reionisierung des frühen Universums.

DER URSPRUNG VON MAGNETFELDERN IN GALAXIENHAUFEN

Diffuse Radiostrahlung aus Galaxienhaufen belegt, dass dort bereits vor über zehn Milliarden Jahren großskalige Magnetfelder existierten. Neue Simulationen zeigen, dass das frühe Wachstum von Galaxien große Teile der entstehenden Haufen magnetisierte. Galaktische Winde und dynamische Prozesse verteilten die Magnetfelder weit in den umgebenden Raum. Über Milliarden Jahre verstärkten einfallende Galaxien, Gaszuflüsse und Kollisionen zwischen Galaxienhaufen diese Magnetfelder weiter und transportierten sie auf immer größere Skalen.

ENTSCHLÜSSELUNG DER PHYSIK MYSTERIÖSER RADIO-RELIKTE

Kollisionen von Galaxienhaufen erzeugen starke Stoßwellen, die Elektronen auf hohe Energien beschleunigen und ausgedehnte Radio-Relikte entstehen lassen. Forschende am AIP untersuchten diese Prozesse mit hochaufgelösten Simulationen und konnten mehrere langjährige Rätsel lösen. Die Ergebnisse zeigen, dass sich Stoßwellen durch ein inhomogenes Medium ausbreiten und dabei Turbulenzen erzeugen, die Magnetfelder verformen und bis zu den beobachteten Stärken verstärken.

HERKUNFT DER TENTAKELARTIGEN SCHWEIFE VON QUALLENGALAXIEN

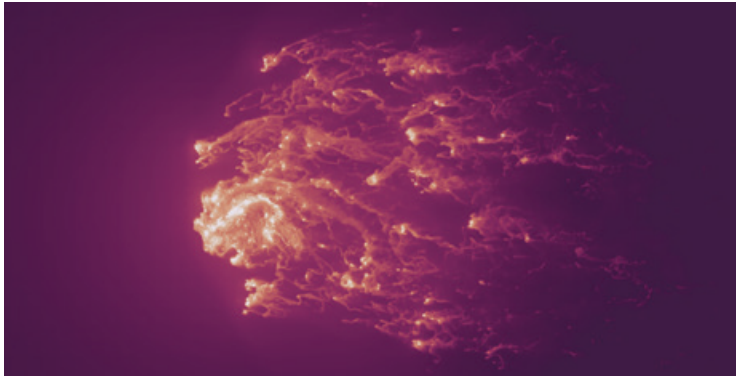
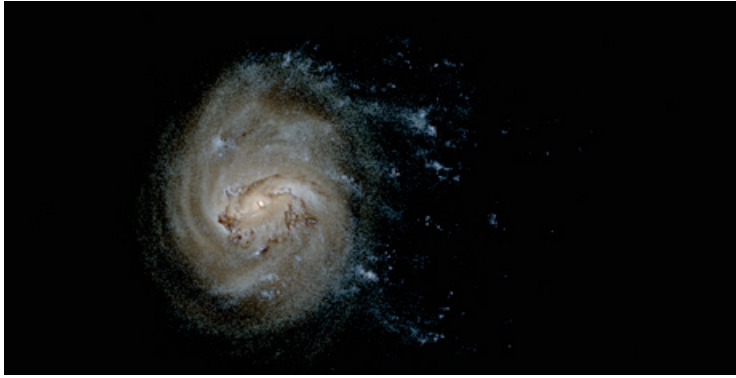
Wenn Galaxien in Galaxienhaufen eintauchen, wird Gas durch einen starken Gegenwind aus ihnen herausgedrückt und bildet lange Schweife. Neue Simulationen zeigen, dass dieses Gas größtenteils aus einem zuvor vorhandenen, heißen Gasreservoir um die Galaxie stammt, das sich mit abgestreiftem interstellarem Gas vermischt, abkühlt und die charakteristischen Tentakel bildet – in denen sogar neue Sterne entstehen können.

DER ANTRIEB GALAKTISCHER WINDE

Forschungen der letzten Jahre zeigen, dass galaktische Winde eine Schlüsselrolle für unser Verständnis der Galaxienentstehung spielen. Wird Gas aus der galaktischen Scheibe in die Umgebung hinausgetragen, kann es keine neuen Sterne mehr bilden – so wird es auch beobachtet. Forschende am AIP haben ein neues Modell des interstellaren Mediums entwickelt, das das Zusammenspiel von Supernova-Explosionen, Sternenlicht und kosmischer Strahlung beschreibt. Die Simulationen zeigen dabei deutliche Unterschiede zwischen den antreibenden Mechanismen: Supernovae erhitzen das Gas und schleudern es aus der Scheibe, wo es rasch abkühlt und wie bei einer Fontäne zurückfällt. Kosmische Strahlung hingegen kann große Gasmengen dauerhaft aus der Galaxie beschleunigen, wodurch langfristig keine Sterne mehr entstehen – das macht sie zu einem vielversprechenden Schlüsselmechanismus für das Verständnis der Galaxienentstehung.



Mitarbeitende der Forschungsgruppe / Members of the research group



Auf ihren Orbits in Galaxienhaufen interagieren Galaxien mit ihrer Umgebung, so dass Gas durch einen starken Gegenwind aus ihnen herausgedrückt werden und lange Schweife bilden kann. Die Bilder zeigen eine Scheinbeobachtung einer Simulation einer solchen Quallengalaxie mit ihrem multiphasigen interstellaren Medium: oben im optischen Licht, wie sie mit dem Hubble-Weltraumteleskop sichtbar wäre, und unten im Infrarotlicht, wie sie vom James-Webb-Weltraumteleskop beobachtet werden könnte.

As galaxies move along their orbits in galaxy clusters, they interact with their environment in such a way that gas can be stripped from them by a strong headwind, forming long tails. The images present a mock observation of a simulation of such a jellyfish galaxy with its multiphase interstellar medium: shown above in optical light, as it would appear with the Hubble Space Telescope, and below in infrared light, as it could be observed by the James Webb Space Telescope.

Credit: AIP / N. Dusch, T. Thomas

DER TRANSPORT KOSMISCHER STRAHLUNG IN GALAKTISCHEN PLASMEN

Wie stark kosmische Strahlung das Gas in Galaxien beeinflusst, hängt davon ab, wie gut sie mit dem umgebenden Plasma gekoppelt ist und wie schnell sie sich darin ausbreiten kann. Diese Wechselwirkung wird durch kleine Wellen im Magnetfeld vermittelt, die von der Strahlung selbst angeregt werden. Simulationen am AIP zeigen, dass ihr Einfluss entscheidend davon abhängt, wie sich die Teilchenbahnen im Magnetfeld organisieren. Zunächst regen die Teilchen Wellen an, indem sie sich in bestimmten Phasen ihrer Kreisbewegung um das galaktische Magnetfeld ansammeln. Die Wellen wachsen, bis die Teilchen sie „überholen“ und abschwächen. Diese Erkenntnisse helfen zu verstehen, wie kosmische Strahlung ihre Umgebung beeinflusst und welche Rolle sie bei der Entwicklung von Galaxien und galaktischen Winden spielt.

GALAXY FORMATION, FEEDBACK, AND REIONISATION

New computer simulations provide important insights into early galaxy formation. They show that taking strongly time-variable star formation into account leads to much better agreement between simulations and observations, including data from

the James Webb Space Telescope. The associated feedback processes play a key role in shaping the distribution of gas in and around galaxies and influence how efficiently high-energy radiation can escape. In this way, feedback and radiation transport directly link the physics of galaxies to the large-scale reionisation of the early Universe.

THE ORIGIN OF MAGNETIC FIELDS IN GALAXY CLUSTERS

Diffuse radio emission from galaxy clusters shows that large-scale magnetic fields already existed more than ten billion years ago. New simulations indicate that the early growth of galaxies magnetised large parts of the forming clusters. Galactic winds and dynamic processes spread these magnetic fields far into the surrounding space. Over billions of years, infalling galaxies, gas accretion, and cluster collisions further amplified the fields and transported them to ever larger scales.

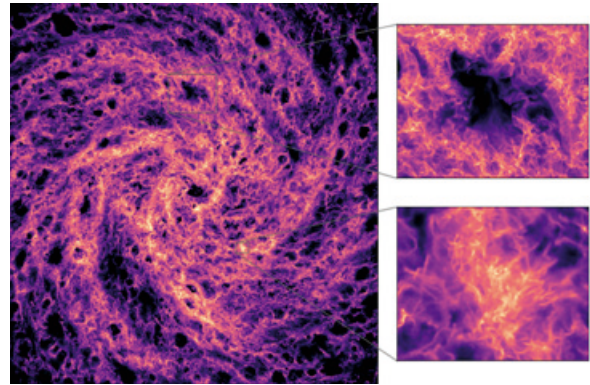
DECODING THE PHYSICS OF MYSTERIOUS RADIO RELICS

Collisions between galaxy clusters generate powerful shock waves that accelerate electrons to high energies, creating extensive radio relics.

Researchers at the AIP studied these processes using high-resolution simulations and solved several long-standing puzzles. The results show that the shock waves propagate through an inhomogeneous medium, generating turbulence that distorts and amplifies magnetic fields to the observed strengths.

FORMATION OF TENTACLE-LIKE TAILS FOR JELLYFISH GALAXIES

When galaxies enter galaxy clusters, gas is stripped by a strong headwind, forming long tails. New simulations show that most of this gas comes from a previously existing, hot gas reservoir surrounding the galaxy. It mixes with stripped interstellar gas, cools, and forms the characteristic tentacles—where new stars can even form, far from the galaxy itself.



Diese Simulation einer Milchstraßen-ähnlichen Galaxie mit dem CRISP-Modell zeigt ein strukturiertes interstellares Medium: große, gasarme Regionen (oben) wechseln sich mit dichten Molekülwolken ab, in denen Sterne entstehen (unten).

A simulation of a Milky Way-like galaxy using the CRISP model reveals a structured interstellar medium: large, gas-poor regions (top) alternate with dense molecular clouds, where stars form (bottom).

Credit: AIP/T. Thomas

THE DRIVER OF GALACTIC WINDS

Research in recent years has shown that galactic winds are key to understanding galaxy formation. When gas is carried out of the galactic disc, it can no longer form stars, consistent with observations. Researchers at the AIP developed a new model of the interstellar medium that describes the interplay of supernova explosions, starlight, and cosmic rays. The simulations reveal clear differences in how these mechanisms drive winds: supernovae heat the gas and eject it from the disc, where it quickly cools and falls back like a fountain. Cosmic rays, in contrast, can permanently accelerate large amounts of gas out of a galaxy, preventing star formation over long timescales – placing them as a promising key mechanism for understanding galaxy formation.

THE TRANSPORT OF COSMIC RAYS IN GALACTIC PLASMAS

The influence of cosmic rays on galactic gas depends on how well they are coupled to the surrounding plasma and how fast they propagate. This interaction is mediated by small waves in the magnetic field, which are excited by the cosmic rays themselves. AIP simulations show that their impact depends critically on how particle trajectories organise in the magnetic field. Initially, the particles excite waves by accumulating in certain phases of their circular motion around the galactic magnetic field. The waves grow until the particles eventually ‘overtake’ them, causing them to weaken. These insights help to understand how cosmic rays shape their environment and influence the development of galaxies and galactic winds.

AUSGEWÄHLTE PUBLIKATIONEN | SELECTED PUBLICATIONS

Girichidis, P., Werhahn, M., Pfrommer, C., Pakmor, R., Springel, V. (2024): *Spectrally resolved cosmic rays – III. Dynamical impact and properties of the circumgalactic medium*, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 527, 10897, doi:10.1093/mnras/stad3628

Chiu, H.-H. S., Ruszkowski, M., Thomas, T., Werhahn, M., Pfrommer, C. (2024): *Simulating Radio Synchrotron Morphology, Spectra, and Polarization of Cosmic Ray Driven Galactic Winds*, The Astrophysical Journal, 976, 136, doi:10.3847/1538-4357/ad84e9

Perrone, L. M., L., Berlok, T., Pfrommer, C. (2024): *Thermal conductivity with bells and whistlers: Suppression of the magnetothermal instability in galaxy clusters*, Astronomy & Astrophysics, 690, A292, doi:10.1051/0004-6361/202449555

Sparre, M., Pfrommer, C., Puchwein, E. (2024): *The magnetized and thermally unstable tails of jellyfish galaxies*, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 527, 5829, doi:10.1093/mnras/stad3607

Lemmer, R., Shalaby, M., Pfrommer, C., Thomas, T. (2025): *The Theory of Resonant Cosmic Ray-driven Instabilities—Growth and Saturation of Single Modes*, The Astrophysical Journal, 979, 34, doi:10.3847/1538-4357/ad8eb3

Sike, B., Thomas, T., Ruszkowski, M., Pfrommer, C., Weber, M. (2025): *Cosmic-Ray-driven Galactic Winds with Resolved Interstellar Medium and Ion-neutral Damping*, The Astrophysical Journal, 987, 204, doi:10.3847/1538-4357/adda3d

Tevlin, L. et al. (2025): *Magnetic dynamos in galaxy clusters: The crucial role of galaxy formation physics at high redshifts*, Astronomy & Astrophysics, 701, A114, doi:10.1051/0004-6361/202452823

Thomas, T., Pfrommer, C., Pakmor, R. (2025): *Why are thermally and cosmic ray-driven galactic winds fundamentally different?*, Astronomy & Astrophysics, 698, A104, doi:10.1051/0004-6361/202450817

Weber, M., Thomas, T., Pfrommer, C., Pakmor, R. (2025): *CRexit: How different cosmic ray transport modes affect thermal instability in the circumgalactic medium*, Astronomy & Astrophysics, 698, A125, doi:10.1051/0004-6361/202553954

Whittingham, J., Pfrommer, C., Werhahn, M., Jlassi, L., Girichidis, P. (2025): *Zooming-in on cluster radio relics – I. How density fluctuations explain the Mach number discrepancy, microgauss magnetic fields, and spectral index variations*, Astronomy & Astrophysics, 706, A39, doi:10.1051/0004-6361/202453002



Stromlinien des Geschwindigkeitsfeldes des lokalen Universums bis zu einer Entfernung von 500 Millionen Lichtjahren. Sie zeigen, wie sich Materie ohne die Expansion des Universums bewegen würde. Eine hohe Dichte an Stromlinien weist auf Galaxienhaufen hin.

Stream lines of the velocity field of the local Universe out to a distance of 500 million light years. Essentially, these lines show how matter would move without the expansion of the Universe. Clusters of galaxies are indicated by a high density of stream lines.

Credit: Valade et al. 2025

Kosmographie und großräumige Strukturen

Cosmography and Large-Scale Structure

Kosmographie ist die Kunst, das Universum zu kartieren. Im Allgemeinen ist dies eine gewaltige Herausforderung, denn der größte Teil des Universums ist entweder unsichtbar, verdeckt oder nicht hell genug, um mit einem Teleskop beobachtet zu werden. Die Vermessung des Universums erfordert daher modernste Methoden und komplexe Techniken, um mit unvollständigen und fehlerbehafteten Daten umgehen zu können. Das Universum im größten Maßstab zu kartieren ist nicht nur ein Ziel an sich, sondern auch entscheidend, um das kosmologische Standardmodell einzugrenzen und kritisch zu überprüfen.

Cosmography is the art of mapping the Universe. In general, this is a formidable task since most of the Universe is either invisible, obscured, or too dim to see with a telescope. Mapping the Universe thus requires advanced techniques and complicated ways of dealing with the incomplete and flawed data. While mapping the Universe on the largest scales is an end on to itself, it also is important for constraining and scrutinising the cosmological paradigm.

TEAM

Noam Libeskind (head)
David Benisty
Chaimongkol Duangchan
Stefan Gottlöber
Yuvraj Muralichandran
Moorits Mihkel Muru
Shreeya Nadgowda
Simon Pfeifer
Aurelien Valade

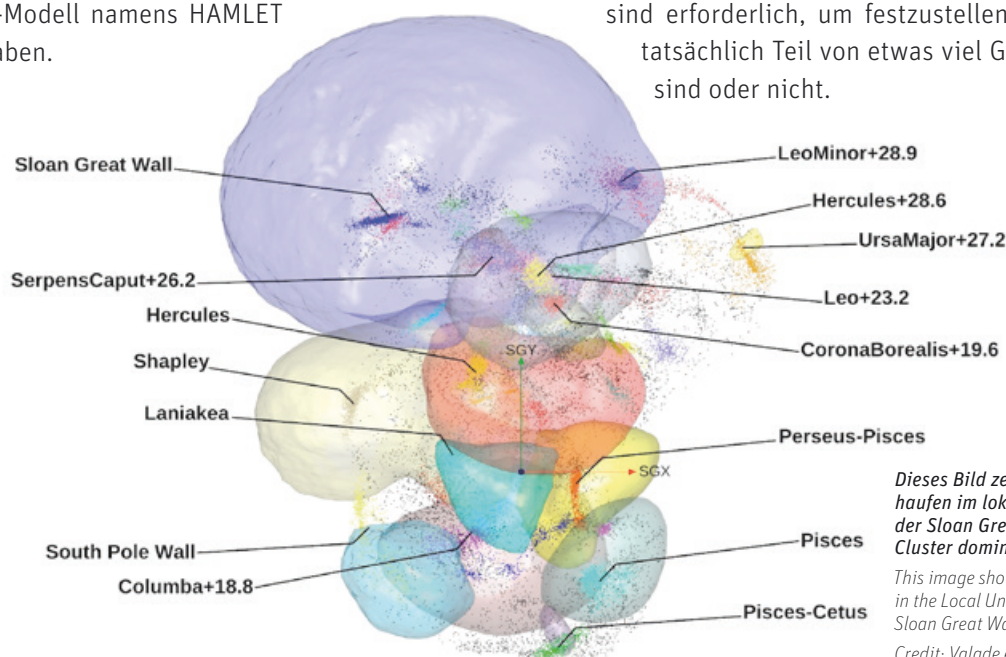
KARTIERUNG DES UNIVERSUMS MIT EIGENBEWEGUNGEN

Die Beobachtung von Galaxien im Universum ist eine bewährte und traditionelle Methode zur Kartierung des Himmels. Allerdings machen Galaxien nur einen kleinen Teil der Masse im Universum aus und zeichnen daher kein vollständiges Bild. Ihre Eigenbewegungen reagieren jedoch auf die gesamte Massenverteilung des Universums. Daher kann man durch die Messung der Geschwindigkeiten von Galaxien die zugrunde liegende Massenverteilung rekonstruieren. Dieser Prozess ist anspruchsvoll, denn Eigenbewegungen sind schwer zu ermitteln. Zunächst erfordert es die Kenntnis der spektroskopischen Rotverschiebung und Entfernung einer Galaxie mit hoher Genauigkeit. Zudem müssen die Geschwindigkeiten einer Vielzahl von Galaxien gemessen werden, um ein zusammenhängendes Bild zu erhalten. Hinzu kommt, dass sich aufgrund der großen Entfernungen der Galaxien nur die Geschwindigkeitskomponente entlang der Sichtlinie messen lässt – Bewegungen quer über den Himmel bleiben uns weitgehend verborgen. Eine weitere Schwierigkeit ergibt sich aus der lückenhaften Himmelsabdeckung durch Teleskope und aus der Verdeckung von entfernten Galaxien durch die Milchstraße selbst. Insgesamt ist die Kartierung des Universums anhand der Eigenbewegungen von Galaxien eine enorme Herausforderung, die Forschende am AIP jedoch mit einem ausgeklügelten Hamilton-Forward-Modell namens HAMLET gelöst haben.

Mit diesem Modell ist es möglich, das Dichtefeld „im Dunkeln“ zu messen, wo keine Galaxien beobachtbar sind, Strukturen im Geschwindigkeitsfeld zu identifizieren und verschiedene Strukturen klar voneinander abzugrenzen.

PROBABILISTISCHE ANZIEHUNGSGBIETE

Das oben beschriebene Modell liefert viele verschiedene wahrscheinliche „Zustände“ des Universums, also Geschwindigkeits- und Dichtefelder, die mit den Beobachtungen und ihren Messfehlern vereinbar sind. Jedes davon sagt eine leicht unterschiedliche Karte voraus. Wichtige Strukturen in diesen Karten sind die großen Anziehungsgebiete, die die Galaxien ihrer Umgebung so stark anziehen, als würden sie in ein Becken „hineinfallen“. Während die Zentren dieser Anziehungsgebiete in der Regel feststehen, können die Ränder mehrdeutig sein und je nach Rekonstruktion zu verschiedenen Nachbargebieten gehören. Da alle diese Karten gleichermaßen gültig sind, gibt es keine Möglichkeit, zwischen ihnen zu unterscheiden. Das Konzept der „probabilistischen“ Anziehungsgebiete verfolgt einen neuen Ansatz, bei dem Galaxien dem Anziehungsgebiet zugeordnet werden, dem sie am wahrscheinlichsten angehören. Eine solche Analyse zeigt, dass unser Heimat-Superhaufen Laniakea mit einer Wahrscheinlichkeit von etwa 50 % in den viel größeren Shapley-Supercluster eingebettet ist. Zukünftige Beobachtungen sind erforderlich, um festzustellen, ob wir tatsächlich Teil von etwas viel Größerem sind oder nicht.



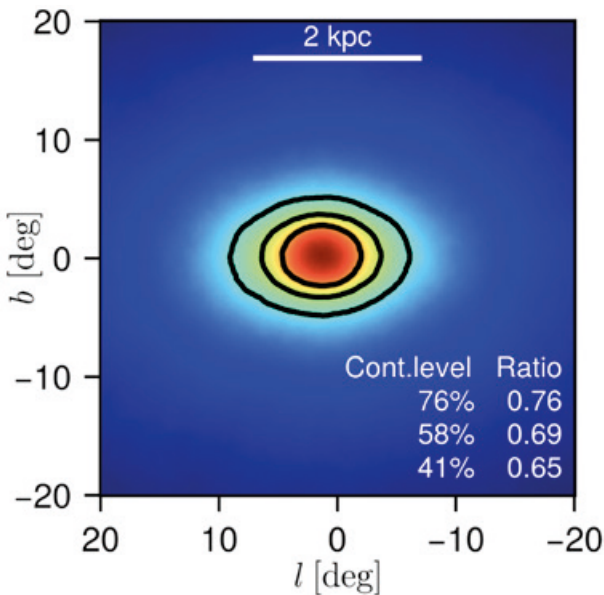
Dieses Bild zeigt die wichtigsten Superhaufen im lokalen Universum: Es wird von der Sloan Great Wall und dem Shapley-Cluster dominiert.

This image shows the main supercluster basins in the Local Universe: It is dominated by the Sloan Great Wall and the Shapley supercluster.

Credit: Valade et al. 2025

EINGESCHRÄNKTE SIMULATIONEN

Die meisten Simulationen modellieren Universen, die statistisch gesehen nicht von der Realität zu unterscheiden sind, jedoch in den Details abweichen. Mit anderen Worten: Die meisten Simulationen reproduzieren die Galaxienpopulation als Ganzes und nicht als eine Reihe einzelner Objekte. Die Kartierung und Rekonstruktion des Universums bietet die Möglichkeit, Ausgangsbedingungen für kosmologische Simulationen auf der Grundlage der Kartendaten zu erstellen, so dass die Simulationen zwangsweise das uns umgebende lokale Universum erzeugen. Solche Simulationen ermöglichen einen direkten Vergleich zwischen dem kosmologischen Modell und dem realen Universum bis ins kleinste Detail. Einige der vielen Beispiele für die Anwendbarkeit einer solchen Methode sind die Untersuchung der Galaxienverteilung im Vergleich zur Verteilung der Dunklen Materie, die Untersuchung der Expansionsrate des Universums oder die großskaligen Bewegungen von Galaxien und Galaxienhaufen.



Mit HESTIA-Simulationen bestimmte Dichte der Dunklen Materie im Kern der Milchstraße aus Sicht der Erde dargestellt. Die Konturwerte und ihre Achsenverhältnisse sind in der unteren rechten Ecke angegeben. Es ist eine deutliche Abweichung von der Kugelform zu erkennen.

The dark matter density of the Milky Way's core as seen from Earth from HESTIA simulations. Contour levels and their axis ratios are given in the bottom right corner. A clear asphericity is visible.

Credit: Muru et al. 2025

GAMMASTRAHLUNG IM ZENTRUM DER MILCHSTRASSE

Das Fermi-LAT-Experiment hat einen bislang ungeklärten Überschuss an Gammastrahlung aus dem Zentrum unserer Galaxie entdeckt. Eine mögliche Erklärung für diesen Überschuss ist die Annihilation Dunkler Materie, die hochenergetische Photonen freisetzt. Diese Erklärung wurde jedoch verworfen, da die Asphärizität des galaktischen Zentrums nicht genau modelliert war. Mithilfe von HESTIA-Simulationen konnten Forschende der Forschungsgruppe die Dichte der Dunklen Materie im Kern der Milchstraße und die räumliche Verteilung bestimmen. Eine deutliche asphärische Form war erkennbar – ein Hinweis darauf, dass die Annihilation Dunkler Materie die einzige Erklärung für den Gammastrahlenüberschuss sein könnte.

MAPPING THE UNIVERSE WITH PECULIAR VELOCITIES

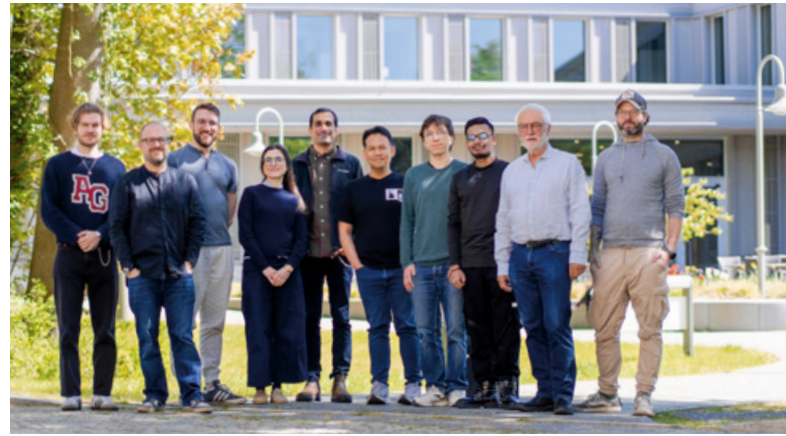
Looking out at galaxies in the Universe is a time-tested and traditional way of mapping the heavens. However, since galaxies represent only a small fraction of the mass in the Universe, they do not fully chart everything. Their peculiar velocities however react to the full mass distribution of the Universe. Therefore, measuring the peculiar velocity of a galaxy allows us to reconstruct the mass distribution that engendered it. This process is difficult since peculiar velocities are hard to obtain. First, a galaxy's spectroscopic redshift and distance must be known with great accuracy. Second, a great many galaxies' velocities must be measured such that we have a continuous field. Lastly, since galaxies are so far away, it is only possible to measure the component of their speed along the line of sight, essentially hiding motion across the sky. The final difficulty relates to the patchy telescope coverage and obscuration due to the Milky Way itself. Taken in sum, mapping the Universe with peculiar velocities is a formidable challenge, but one that AIP scientists solved with the sophisticated Hamiltonian Forward model known as HAMLET. This model allows to measure the density field 'in the dark' where no galaxies are observable; to identify structures in the velocity field and to delineate different structures from each other.

PROBABILISTIC BASINS OF ATTRACTION

The model described above returns many different likely ‘states’ of the Universe, namely velocity and density fields that are compatible with the observations and their errors. Each one of these predicts a slightly different map. A main feature in these maps are the large areas of attraction, which pull the galaxies in their vicinity so strongly that they seem to ‘fall’ into a so-called ‘basin of attraction’. While the centres of these basins of attraction tend to be fixed, the rims of the basins can be ambiguous and can belong to different neighbouring ones, depending on the reconstruction. Since all these maps are equally valid, there is no way to distinguish between them. This gives rise to the concept of ‘probabilistic basins of attraction’, a new concept in cosmography where galaxies are ascribed membership to the basin to which they most likely belong. Such an analysis reveals that our home supercluster Laniakea has a roughly 50 % chance of being embedded in the much larger Shapley supercluster. Future observations are needed to see if we are actually part of something much larger or not.

CONSTRAINED SIMULATIONS

Most simulated Universes are statistically indistinguishable from the real one but differ in the fine details. In other words, most simulations will reproduce the galaxy population as a whole rather than a set of individual objects. The ability to map and reconstruct the Universe leads to the ability to generate initial conditions for cosmological simulations that are constrained by the data and thus forced to produce the local Universe around us. Such simulations allow for the one-to-one comparison between



Mitarbeitende der Forschungsgruppe / Members of the research group

the cosmological paradigm and the real Universe in its finest details. Some of the many examples of the applicability of such a method is the study of the galaxy distribution in comparison to the dark matter distribution, the study of the expansion rate of the Universe or the large-scale motion of galaxies and galaxy clusters.

GAMMA RAYS IN THE CENTRE OF THE MILKY WAY

An as yet unexplained excess of gamma radiation coming from the central region of our Galaxy was discovered by the Fermi-LAT experiment. One of the possible explanations for this excess is dark matter annihilation which emits high-energy photons. However this explanation was dismissed because theory did not accurately model the asphericity of the galactic center. Using HESTIA simulations, the research group determined the dark matter density of the Milky Way’s core and its spatial distribution. A clear asphericity was seen indicating that dark matter annihilation may be the only explanation of the gamma ray excess.

AUSGEWÄHLTE PUBLIKATIONEN | SELECTED PUBLICATIONS

Hoffman, Y., Valade, A., Libeskind, N. I., Sorce, J. G., Tully, R. B., Pfeifer, S., Gottlöber, S., Pomarède, D. (2024): *The large-scale velocity field from the Cosmicflows-4 data*, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 527, 3788, doi:10.1093/mnras/stad3433

Raj, M. A. et al. (2024): *Large-scale structure around the Fornax-Eridanus complex*, Astronomy & Astrophysics, 690, A92, doi:10.1051/0004-6361/202450815

Valade, A., Libeskind, N. I., Pomarède, D., Tully, R. B., Hoffman, Y., Pfeifer, S., Kourkchi, E. (2024): *Identification of basins of attraction in the local Universe*, Nature Astronomy, 8, 1610, doi:10.1038/s41550-024-02370-0

Wang, W. et al. (2024): *The boundary of cosmic filaments*, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 532, 4604, doi:10.1093/mnras/stae1801

Chisholm, R., D’Onghia, E., Libeskind, N., Lucchini, S., Fox, A. J., Steinmetz, M. (2025): *A Preinfall Magellanic Analog–Corona and Stream Formation in the HESTIA Cosmological Simulations*, The Astrophysical Journal, 993, 67, doi:10.3847/1538-4357/ae0ccc

Huang, Y., Lee, K., Libeskind, N. I., Simha, S., Valade, A., Prochaska, J. X. (2025): *Modelling the cosmic dispersion measure in the $D < 120$ Mpc Local Universe*, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 538, 2785, doi:10.1093/mnras/staf417

Kanehisa, K. J., Pawlowski, M. S., Libeskind, N. (2025): *Andromeda’s asymmetric satellite system as a challenge to cold dark matter cosmology*, Nature Astronomy, 9, 692, doi:10.1038/s41550-025-02480-3

Makarov, D., Makarov, D., Kozyrev, K., Libeskind, N. (2025): *Line-of-Sight Mass Estimator and the Masses of the Milky Way and Andromeda Galaxy*, Universe, 11, 144, doi:10.3390/universe11050144

Makarov, D., Makarov, D., Makarova, L., Libeskind, N. (2025): *The frozen outskirts: A cold Hubble flow and the mass of the Local Group*, Astronomy & Astrophysics, 698, A178, doi:10.1051/0004-6361/202554778

Muru, M. M., Silk, J., Libeskind, N. I., Gottlöber, S., Hoffman, Y. (2025): *Fermi-LAT Galactic Center Excess Morphology of Dark Matter in Simulations of the Milky Way Galaxy*, Physical Review Letters, 135, doi:10.1103/g9qz-h8wd

Die Spiralgalaxie NGC 2750 und die sie umgebenen Zwerggalaxien. Diese optische Beobachtung mit dem Large Binocular Telescope in Arizona ist Teil eines vom AIP geleiteten Programms, das nach neuen Zwerggalaxien und Überresten von Galaxienkollisionen sucht

The spiral galaxy NGC 2750 and its surrounding dwarf galaxies. This optical observation by the Large Binocular Telescope in Arizona is part of a programme led by AIP scientists that searches for new dwarf galaxies and remnants of galaxy mergers.

Credit: Salvatore Taibi et al. (2025), A&A, 699, A285



LEIBNIZ JUNIOR RESEARCH GROUP

COSMIC CHOREOGRAPHIES: STUDYING SYSTEMS OF SATELLITE GALAXIES AND THEIR PHASE-SPACE CORRELATIONS

Die Leibniz-Nachwuchsgruppe untersucht die Verteilung und Bewegung von Satelliten-Zwerggalaxien um massereichere Wirtsgalaxien, sowohl innerhalb als auch außerhalb der Lokalen Gruppe. Ein besonderer Schwerpunkt liegt auf dem Vergleich mit kosmologischen Erwartungen, die auf numerischen Simulationen der Strukturbildung basieren.

The Leibniz junior research group investigates the distribution and motion of satellite dwarf galaxies around more massive hosts, both within and beyond the Local Group. Special emphasis is put on comparisons to cosmological expectations, based on numerical simulations of structure formation.

TEAM

Marcel S. Pawlowski (head)
Soumya Dhavale
Mariana Pouseiro Júlio
Kosuke Kanehisa
Prem Kumar
Abhilash Sengupta
Avital Sievers
Salvatore Taibi

KOSMOLOGIE AUF DEM PRÜFSTAND

Eine klassische Herausforderung der Kosmologie war das Problem der fehlenden Satellitengalaxien: Frühe Simulationen sagten viel mehr galaktische Satelliten voraus als beobachtet. Moderne Simulationen lösen diesen Widerspruch, indem sie komplexe Galaxienentstehungsprozesse modellieren. Die Forschung der Nachwuchsgruppe hat gezeigt, dass moderne Simulationen und Satellitensysteme außerhalb der Lokalen Gruppe eine umgekehrte Diskrepanz aufweisen: zu viele Zwerggalaxien. Dies deutet an, dass aktuelle Modellierungen der Galaxienentstehung noch unvollständig sind.

Die Forschenden haben außerdem Methoden zur Untersuchung der Verteilung und Bewegung von Satellitengalaxiensystemen weiterentwickelt und

bewertet. Dies offenbarte eine weitere Diskrepanz zur Kosmologie: die Unausgewogenheit der Satelliten um Andromeda. Das System ist in einem Ausmaß asymmetrisch, das in kosmologischen Simulationen sehr selten ist. Auch die bei vielen Galaxien beobachtete Anordnung von Satellitengalaxien in einer Ebene stellt die Kosmologie seit Langem vor eine Herausforderung. Die Forschenden haben das NGC 4490-System der wachsenden Liste an Systemen hinzugefügt, die extremer sind, als kosmologisch erwartet.

DYNAMIK

Die Nachwuchsgruppe untersuchte die Orbits und Dynamik von Zwerggalaxien und fand Hinweise, dass die Satellitenebene der Milchstraße ein junges

Phänomen ist. Außerdem untersuchte sie die Auswirkungen von Messunsicherheiten auf die daraus abgeleitete Stabilität. Anhand der Eigenbewegungen von Gaia und eigenen Messungen mit dem Hubble Weltraumteleskop bestimmten die Forschenden, dass mehrere galaktische Satelliten wahrscheinlich als Gruppe akkretiert wurden. Darüber hinaus zeigten sie, dass die interne Dynamik von Zwerggalaxien nicht der von massereicheren Galaxien abgeleiteten radialen Beschleunigungsbeziehung folgt, was Theorien mit modifizierter Gravitation als Alternative zur Dunklen Materie in Frage stellt.

TESTING COSMOLOGY

A classic challenge for cosmology was the Missing Satellite Galaxies Problem: early simulations predicted many more Galactic satellites than observed. Modern simulations are thought to resolve this by implementing complex galaxy formation prescriptions. Research from the group now showed that counts from modern simulations and satellite systems outside the Local Group indicate an inverse mismatch: a too-many-dwarfs problem, suggesting that current galaxy formation prescriptions might still be incomplete.

The researchers also continued to develop and assess methodologies to study the distribution and motion of satellite galaxy systems. Here another tension with cosmology was found in the strong asymmetry of satellites around Andromeda: the system is heavily lopsided, to a degree very rare in cosmological simulations. The arrangement of satellite galaxies in a single plane, observed in many galaxies, has also long posed a challenge to cosmology.



Team-Foto / Team photo

The researchers in the group have added the NGC 4490 system to the growing list of such systems that are more extreme than cosmologically expected.

DYNAMICS

The junior research group studied the orbits and dynamics of dwarf galaxies, revealing indications that the Milky Way's satellite plane is a young phenomenon, and investigating effects of measurement uncertainties on its inferred stability. Using proper motions from Gaia and own HST measurements, researchers determined that several Galactic satellites were likely accreted as a group. Furthermore, the internal dynamics of dwarfs was found to deviate from the radial acceleration relation established by more massive galaxies, challenging theories with modified gravity as alternatives to dark matter.

AUSGEWÄHLTE PUBLIKATIONEN | SELECTED PUBLICATIONS

Júlio, M. P., Pawlowski, M. S., Tony Sohn, S., Taibi, S., van der Marel, R. P., McGaugh, S. S. (2024): *Satellite group infall into the Milky Way: Exploring the Crater-Leo case with new HST proper motions*, *Astronomy & Astrophysics*, 687, A212, doi:10.1051/0004-6361/202449985

Pawlowski, M. S., Müller, O., Taibi, S., Júlio, M. P., Kanehisa, K. J., Heesters, N. (2024): *The satellite galaxy plane of NGC 4490 in light of Λ CDM*, *Astronomy & Astrophysics*, 688, A153, doi:10.1051/0004-6361/202449954

Taibi, S., Pawlowski, M. S., Khoperskov, S., Steinmetz, M., Libeskind, N. I. (2024): *A portrait of the vast polar structure as a young phenomenon: Hints from its member satellites*, *Astronomy & Astrophysics*, 681, A73, doi:10.1051/0004-6361/202347473

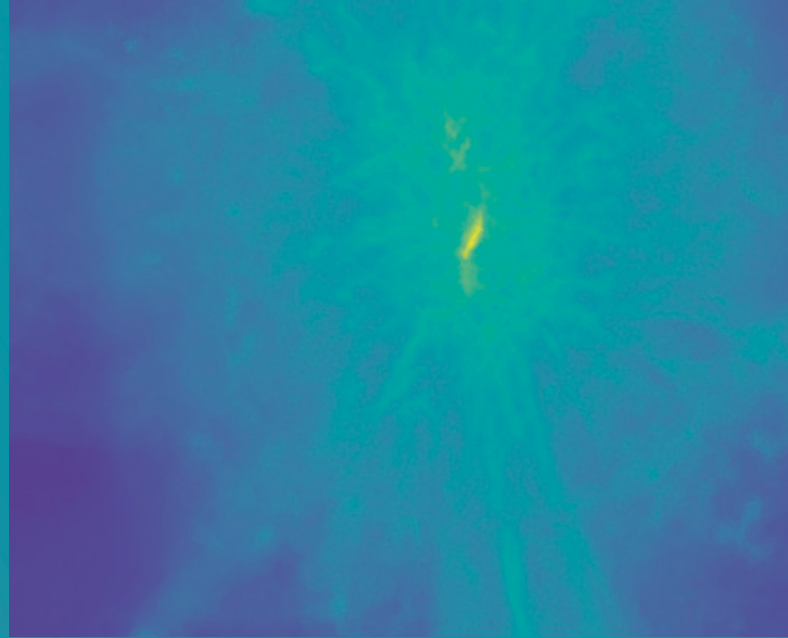
Kanehisa, K. J., Pawlowski, M. S., Libeskind, N. (2025): *Andromeda's asymmetric satellite system as a challenge to cold dark matter cosmology*, *Nature Astronomy*, 9, 692, doi:10.1038/s41550-025-02480-3

Kumar, P., Pawlowski, M. S., Kanehisa, K. J., Li, P., Júlio, M. P., Taibi, S. (2025): *The effect of measurement uncertainties on the inferred stability of planes of satellite galaxies*, *Astronomy & Astrophysics*, 699, A363, doi:10.1051/0004-6361/202453087

Simulierte protogalaktische Umgebung eines wachsenden supermassereichen Schwarzen Lochs.

Simulated proto-galactic environment of a growing supermassive black hole.

Credit: AIP/R. Weinberger



LEIBNIZ JUNIOR RESEARCH GROUP

MODELING MULTIPHASE MEDIA IN AND AROUND GALAXIES IN A COSMOLOGICAL CONTEXT

Die Leibniz-Nachwuchsgruppe untersucht, wie Gas in und um Galaxien die weitere Entwicklung der Wirtsgalaxien vorantreibt. Mithilfe neuartiger Berechnungsmethoden entwickelt die Gruppe großräumige Simulationen, um die kosmische Entstehungsgeschichte der Galaxien bis hin zu ihrem heutigen Zustand aufzudecken.

The Leibniz junior research group investigates how gas in and around galaxies is driving the host galaxies' further evolution. Using novel computational techniques, the group develops large-scale simulations to unveil the cosmic growth history of galaxies into the state we can observe today.

TEAM

Rainer Weinberger (head)
Francesco Bollati
Ashwin Vergis George
Nele Stachlys

DIE ROLLE VON MEHRPHASENMEDIEN IN GALAKTISCHEN AUSFLÜSSEN

Galaktische Ausströmungen sind ein Schlüsselfaktor, der den Gasgehalt und die Sternentstehungsaktivität in einer Galaxie reguliert. Ihre Charakterisierung ist jedoch schwierig, da die ausströmenden Gaswolken eine komplexe Temperaturstruktur aufweisen. Beobachtungen können oft nur einen Teil der Ausströmung erfassen und dabei die energetischste, heißeste Komponente, die die Dynamik antreibt, übersehen. Daher ist es schwierig, Modelle zu entwickeln, die sowohl die Dynamik als auch die beobachtbaren Eigenschaften der Ausströmungen zuverlässig vorhersagen. Angesichts dieser Beobachtungsgrenzen führen die Forschenden der Gruppe neuartige Methoden ein, inspiriert von Beschreibungen von

Gas-Flüssigkeits-Gemischen aus der Ingenieurwissenschaft. Diese Ansätze ermöglichen es, die beobachtbaren und dynamischen Aspekte von Gasausströmungen auf elegante und einfache Weise zu kombinieren, sodass es erstmals möglich wird, die Komplexität von Ausströmungen mit langfristigen Studien zur Galaxienentwicklung zu verknüpfen.

DAS KOSMISCHE WACHSTUM SUPERMASSEREICHER SCHWARZER LÖCHER

Die meisten massereichen Galaxien beherbergen in ihrem Zentrum ein supermassereiches Schwarzes Loch. Diese kompakten Objekte, deren Massen von mehreren Millionen bis zu Milliarden Sonnenmassen reichen, wachsen und entwickeln sich gemeinsam mit ihren Muttergalaxien und stehen in vielfältiger

Wechselwirkung mit dem umgebenden Gas im Zentrum. Der Hauptmechanismus für das Wachstum der Schwarzen Löcher ist das Einströmen von Gas, wobei enorme Energien freigesetzt werden. So entstehen aktive Galaxienkerne, die sich als leuchtende Quasare zeigen können, die das Sternenlicht ihrer Muttergalaxien überstrahlen und selbst im frühen Universum sichtbar sind. Jüngste Beobachtungen mit dem James-Webb-Weltraumteleskop haben Eigenschaften dieser frühesten Schwarzen Löcher zutage gefördert, die sich mit bestehenden Modellen nur schwer vereinbaren lassen und unser Verständnis der Physik hinter der Entstehung und dem Wachstum massereicher Schwarzer Löcher in Frage stellen.

THE ROLE OF MULTIPHASE MEDIA IN GALACTIC OUTFLOWS

Galactic outflows are a key process regulating the gas content and star formation activity in a galaxy. Yet characterising these phenomena is challenging due to the complex, multi-temperature nature of the outflowing gas clouds. Observations frequently are only capable of detecting a fraction of the outflow, crucially missing the most energetic, highest temperature component that drives its dynamics, making it hard to come up with models that predict both the dynamics as well as the observables of an outflow. Given these observational constraints, a new modelling approach is needed to bridge the gap between what can be observed and the underlying physical processes. To address this, scientists of the junior research group introduce novel techniques inspired by prescriptions of gas-liquid mixtures used in engineering applications.

THE COSMIC GROWTH OF SUPERMASSIVE BLACK HOLES

Most massive galaxies host a supermassive black hole in their centres. These compact objects, with masses ranging from millions to billions of solar masses, grow and evolve in tandem with their host galaxies, interacting with the nuclear gas in multiple ways. The main mechanism by which they grow is inflowing gas, which releases enormous amounts of energy. This leads to the phenomenon of active galactic nuclei, which can manifest as luminous quasars that, outshining the starlight of their host galaxies, are observable even in the early Universe. Recent observations with the James Webb Space Telescope have revealed properties of these earliest black holes that are difficult to reconcile with existing models, challenging our understanding of the physics driving formation and growth of massive black holes.



Team-Foto / Team photo

AUSGEWÄHLTE PUBLIKATIONEN | SELECTED PUBLICATIONS

Belli, S. et al. (2024): *Star formation shut down by multiphase gas outflow in a galaxy at a redshift of 2.45*, Nature, 630, 54, doi:10.1038/s41586-024-07412-1

Bhowmick, A. K. et al. (2024): *Introducing the BRAHMA simulation suite: signatures of low-mass black hole seeding models in cosmological simulations*, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 531, 4311, doi:10.1093/mnras/stae1386

Borodina, O. et al. (2025): *You Shall Not Pass! The Propagation of Low-/Moderate-powered Jets Through a Turbulent Interstellar Medium*, The Astrophysical Journal, 981, 149, doi:10.3847/1538-4357/adb016

Das, H. K., Gronke, M., Weinberger, R. (2025): *MOGLI: model for multiphase gas using multifluid hydrodynamics*, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 544, 4447, doi:10.1093/mnras/staf1976

Weinberger, R., Bhowmick, A., Blecha, L., Bryan, G., Buchner, J., Hernquist, L., Hlavacek-Larrondo, J., Springel, V. (2025): *Accretion onto supermassive and intermediate-mass black holes in cosmological simulations*, Astronomy & Astrophysics, 700, A52, doi:10.1051/0004-6361/202554174



Das Extremely Large Telescope (ELT) entsteht derzeit in der chilenischen Atacama-Wüste und wird künftig neue Einblicke in das Universum ermöglichen. Das AIP beteiligt sich an der Entwicklung des hochauflösenden Spektrographen ANDES sowie des Multi-Objekt-Spektrographen MOSAIC.

Construction of the Extremely Large Telescope (ELT) is in progress in the Atacama Desert in Chile, and it will provide new insights into the Universe in the future. AIP contributes to the development of the high-resolution spectrograph ANDES as well as to the multi-object spectrograph MOSAIC.

Credit: ESO

Entwicklung von Forschungs- technologie und Infrastruktur

Development of Research Infrastructure and Technology



Astrophysikalische Objekte und Prozesse lassen sich aufgrund ihrer Größe, Entfernung und Komplexität nicht im Labor nachstellen. Der Zugang zu physikalischen Eigenschaften des Kosmos ist daher nur über Beobachtungen mit immer leistungsfähigeren Instrumenten und über numerische Simulationen möglich. Die Forschungstechnologie- und Infrastrukturgruppen am AIP entwickeln und betreiben innovative Instrumente, Methoden und digitale Werkzeuge für die astronomische Forschung. Ein Schwerpunkt liegt auf der hochauflösenden Spektroskopie und Polarimetrie zur Untersuchung von Sternen, Galaxien und Exoplaneten. Weitere Arbeitsfelder sind die 3D- und Multi-Objekt-Spektroskopie, die Steuerung und der robotische Betrieb von Teleskopen sowie die Entwicklung moderner Detektoren. Beobachtungen erfolgen mit einer begrenzten Zahl sehr großer Teleskope an Standorten mit optimalen Bedingungen, etwa in Chile, Arizona oder im Weltraum, sowie mit kleineren, teilweise robotischen Teleskopen für Langzeitüberwachungen und Himmelsdurchmusterungen. Das AIP beteiligt sich an internationalen Instrumentierungsprojekten und arbeitet eng mit Observatorien, Forschungseinrichtungen und Industriepartnern zusammen, unter anderem im Rahmen von Großprojekten wie dem Extremely Large Telescope (ELT). Parallel dazu gewinnt Supercomputing an Bedeutung. Astrophysikalische Simulationen und datenintensive Analysen stellen hohe Anforderungen an Rechenleistung, Datenspeicherung und Softwareentwicklung. Am AIP werden numerische Simulationen, datengetriebene Methoden und E-Science-Ansätze weiterentwickelt, um Beobachtungen physikalisch zu interpretieren und theoretische Modelle zu testen. Die Entwicklung von Forschungsdateninfrastrukturen dient dazu, die wissenschaftlichen Daten aus Beobachtungen und Simulationen systematisch zu erschließen, nachhaltig elektronisch zu archivieren und international verfügbar zu machen. Diese Aktivitäten schaffen die technologische Grundlage, die Grenzen des Beobachtbaren zu erweitern und neue Erkenntnisse über das Universum zu gewinnen.

Astrophysical objects and processes cannot be reproduced in laboratory experiments because of their size, distance and complexity. Access to the physical properties of the Universe therefore relies on observations with increasingly powerful instruments and on numerical simulations. The Research Infrastructure and Technology research groups at AIP develop and operate innovative instruments, methods and digital tools for astronomical research. A key focus is high-resolution spectroscopy and polarimetry for the study of stars, galaxies and exoplanets. Other areas include 3D- and multi-object spectroscopy, telescope control and robotic operation, as well as the development of modern detectors. Observations are carried out with a limited number of very large telescopes at sites with optimal conditions, such as Chile, Arizona or in space, complemented by smaller and partly robotic telescopes for long-term monitoring and systematic sky surveys. AIP participates in international instrumentation projects and works closely with observatories, research institutions and industrial partners, including major facilities such as the Extremely Large Telescope (ELT). At the same time, supercomputing is becoming increasingly important. Astrophysical simulations and data-intensive analyses place high demands on computing resources and software development. At AIP, numerical simulations and data-driven methods are advanced to interpret observations physically and to test theoretical models. The development of research data infrastructures serves to systematically catalogue scientific data from observations and simulations, archive it electronically in a sustainable manner, and make it available internationally. Together, these activities provide the technological foundation for extending the limits of what can be observed and for gaining new insights into the Universe.



Es wird Nacht im Izaña-Observatorium und die STELLA-Teleskope beginnen mit ihrer Kalibration. Am Horizont erkennt man den Schatten des Pico del Teide.

Nightfall on Izaña observatory. The STELLA telescopes get ready for another night of observing and start with their calibration. The shadow of Pico del Teide is visible on the horizon.

Credit: AIP / T. Granzer

Forschungsdaten- Infrastruktur

Research Data Infrastructure

Die Astrophysik war schon immer wegweisend in der computerbasierten Grundlagenforschung. Das AIP hebt diesen Ansatz auf ein neues Niveau: Durch die Bündelung automatisierter Beobachtungen, rechnergestützter Datenreduktion und Datenpublizierung in einer gemeinsamen Forschungsgruppe werden neue Synergien geschaffen. Modernste digitale Werkzeuge in einer verteilten Infrastruktur ermöglichen den Grundlagenforscherinnen und -forschern am AIP und ihren internationalen Partnern durch die Analyse unterschiedlichster Datensätze neues Wissen zu schöpfen.

Astrophysics has always been at the forefront of computer-based fundamental research. The AIP is taking this approach to a new level: By consolidating automated observations, computational data reduction, and data publication within a single research group, new synergies are created. State-of-the-art digital tools in a distributed infrastructure enable researchers at the AIP and within their international collaborations to generate new knowledge by analysing highly diverse datasets.

TEAM

Thomas Granzer (head)
Wail Abbas Ahmed
Katrín Böhrs
Harry Enke
Anastasia Galkin
Arto Järvinen
Kirill Makan
Olaf Michaelis
Simeon Reusch
Elena Sacchi
Enrico Tom Leonhard Strauss
Ole Streicher
Jörg Weingrill
Patrick Winkler

DIE ROBOTISCHE STERNWARTE STELLA

Ein weltweites Flaggschiff der automatisierten astronomischen Beobachtungen ist das STELLA-Observatorium, das in seiner Kombination eines photometrischen und spektroskopischen Teleskops weltweiter Vorreiter war. Nach über zwei Jahrzehnten des ununterbrochenen Betriebs wurde 2021 ein Ersatz grundlegender Komponenten begonnen und im Februar 2025 abgeschlossen. Probleme des ursprünglichen Systems, wie niederfrequente Schwingungen der Teleskopachsen, wurden gelöst und führten bei STELLA-2 zu einer Reduktion des Lichtverlustes an der Eintrittspupille um ca. 15%. Die zugrunde liegende Teleskopsteuerungssoftware ist nun nicht mehr proprietär, sondern wurde als Open-Source-Software veröffentlicht. Gleichzeitig unterstützt das AIP die Universität Göttingen bei der Umrüstung der baugleichen MoNet-Teleskope und die Hamburger Sternwarte bei ihrem TIGRE-Teleskop.

ERSTE DATEN DER BMK10K-KAMERA

Im Juli 2025 gelang es mit dem robotischen Weitfeldteleskop BMK10k, das sich in unmittelbarer Nachbarschaft des Extremely Large Telescopes (ELT) der ESO befindet, erste wissenschaftliche Daten zu gewinnen. Der Kernauftrag dieses Teleskops ist die Absicherung langfristiger Beobachtungen des PLATO Südfeldes. Es ist damit Teil der ESA Exoplanetenmission PLATO, die im Frühjahr 2027 startet und dieses Feld für drei Jahre beobachten wird. Das AIP geht sogar über diesen Zeitrahmen noch einmal deutlich hinaus: Mit einer projektierten Lebensdauer von mindestens 10 Jahren kann die BMK10k einzigartige statistische Informationen zur Häufigkeit von kalten, jupiterähnlichen Planeten in Supererden-Systemen sammeln.



Sonnenuntergang am Cerro Murphy Observatorium. Im Vordergrund die Kuppel der BMK10k kurz vorm Öffnen, damit die Tageshitze entweicht und ein Temperaturgleichgewicht zur Umgebung hergestellt wird.

Sunset at Cerro Murphy observatory. The dome of the BMK10k has just opened to let out the heat of the day and to let the telescope gain identical temperature as the surroundings.

Credit: AIP / J. Weingrill

DATENPUBLIKATIONEN UND DAS DAIQUIRI FRAMEWORK

Über die Jahre konnte das AIP Expertise im stabilen Langzeitbetrieb und dem Kuratieren von astronomischen Datenarchiven aufbauen, die nicht zuletzt verantwortlich dafür war, dass das AIP heute eines der Partnerdatenzentren für die Gaia-Mission der ESA ist. Nicht nur die Beobachtungen der Teleskope des Instituts, sondern auch Daten von Missionen, an denen das AIP beteiligt ist, werden am Institut veröffentlicht. Die Bandbreite an Daten ist enorm – sie reicht von digitalisierten Fotoplaten (APPLAUSE) über spektroskopische bzw. photometrische Daten (STELLA, RAVE, 4MOST, MUSE-Wide, CARS), solare Daten (GREGOR, CoSee-Cat), Röntgensatellitendaten (XMMSSC) bis zu Daten aus Simulationen (CosmoSim). Diese Vielfalt wird durch die am Institut entwickelte Daiquiri-Umgebung ermöglicht, ein web-basiertes Framework, das die standardisierten Protokolle der International Virtual Observatory Alliance (IVOA) unterstützt. Daiquiri ist Open-Source-Software unter der Apache-2-Lizenz.

4MOST OFFENES DATENARCHIV

An 4MOST zeigt sich eine der Stärken der Institutsstruktur am AIP: Expertise im Instrumentenbau und der wissenschaftlichen Verwertung gehen Hand in Hand mit Erfahrung in der Datenpublizierung und -archivierung. So können die erwarteten Datenmengen (bis zu 1500 TB in den ersten fünf Betriebsjahren) problemlos am AIP für Forschende aus der ganzen Welt zur Verfügung gestellt werden.



Mitarbeitende der Forschungsgruppe / Members of the research group

Mit der Kommissionierung des Instruments begann die „heiße Phase“ der Umsetzung: Schon heute sind mehr als 1000 Benutzerinnen und Benutzer im 4MOST User Management integriert.

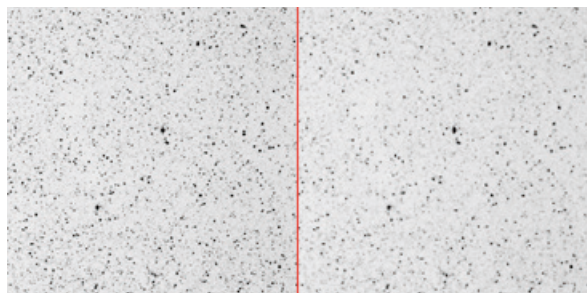
VERTEILTE DIENSTE UND KÜNSTLICHE INTELLIGENZ

Im Oktober 2021 startete im Rahmen der Nationalen Forschungsdateninfrastruktur (NFDI) das PUNCH4NFDI-Konsortium, das die Astro- und Teilchenphysik bündelt. Das AIP leitet darin den Arbeitsbereich Datenportal und betreibt einen zentralen Knoten zur Nutzung verteilter Rechenressourcen. Die am CERN entwickelte Reproducible Research Data Analysis Platform (REANA) wird verwendet, um die weitverteilten PUNCH-Ressourcen zu integrieren. Im Projekt StarHorse konnten mehr als zweitausend CPUs gebündelt werden.

Im Rahmen der Bundesinitiative ErUM-Data konnte das AIP Fördermittel in drei Projekten gewinnen, darunter im Bereich Large Language Models (LLM) in der Astrophysik. Diese Forschung baut auf dem bereits länger im internen AIP-Netz etablierten, lokalen und quelloffenen LLM zur Programmierungsassistentz auf.

THE STELLA ROBOTIC OBSERVATORY

The STELLA Observatory is a global flagship for automated astronomical observations. It was a worldwide pioneer in combining photometric and spectroscopic telescopes within a single robotic system. After more than two decades of continuous operation, a fundamental overhaul has been launched in 2021 which was completed in February 2025. Technical issues in the original system, such as low-frequency vibrations



Ausschnitt des zentralen PLATO-Feldes, links beobachtet mit der BMK10k im Januar 2025, rechts derselbe Ausschnitt, wie ihn PLATO beobachten wird. Die wesentlich kleinere Pixelgröße und damit höhere Auflösung der BMK10k ermöglicht die Detektion von mehr Sternen.

Left a tiny part of the central PLATO field, as seen through BMK10k in January 2025. To the right, the same section as anticipated through PLATO's eyes. The much higher pixel resolution of the BMK10k allows more stars to be detected.

Credit: AIP / T.Granzer

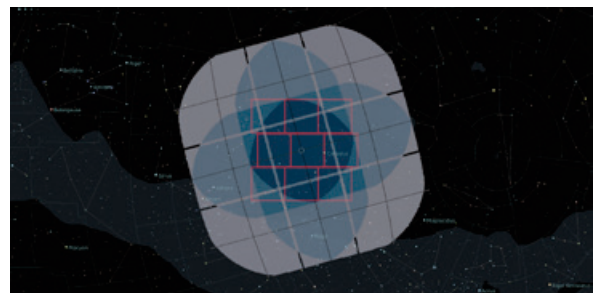
in the telescope axes, were resolved. For STELLA-2, this led to a roughly 15 % reduction in light loss at the entrance pupil. Furthermore, the underlying telescope control software is no longer proprietary; it has been released as open-source. Simultaneously, the AIP is supporting the University of Göttingen in upgrading its identical MoNet telescopes and Hamburg Observatory with refitting their TIGRE telescope.

FIRST DATA FROM THE BMK10K

In July 2025, the robotic wide-field telescope BMK10k successfully delivered first scientific data. Located in the immediate vicinity of ESO's Extremely Large Telescope (ELT), its core mission is to secure long-term observations of the PLATO South Field. This makes it a vital part of the ESA exoplanet mission PLATO, which will launch in Spring 2027 and will observe this field for three years. AIP's vision for the project, however, goes significantly further: with a proposed lifespan of at least 10 years, the BMK10k can gather unique statistical data on the frequency of cold, Jupiter-like planets within super-Earth systems.

DATA PUBLICATIONS AND THE DAIQUIRI FRAMEWORK

Over the years, the AIP has developed significant expertise in long-term operation and the curation of astronomical data archives. This experience is a major reason why the AIP is now one of the partner data centers for the ESA Gaia mission. The institute publishes not only its own telescope observations but also data from various international missions in which AIP is involved.



PLATO wird in seinen ersten drei Jahren ein großes Feld südlich des Sternbilds Orion beobachten (blaue Farbtöne). Schon davor und noch lange danach wird die BMK10k den zentralen Bereich ununterbrochen photometrieren (rote Rechtecke).

PLATO will observe a huge field south of the Orion constellation during its first three years (shades of blue). Even before and extending vast beyond this time frame, BMK10k will constantly monitor the central field (red squares).

Credit: AIP / T. Granzer



Collage verschiedener Datenpublikationen des AIP. Alle Anwendungen nutzen das am AIP entwickelte Daiquiri-Framework.

Collection of data publication sites hosted at and supported by AIP. All applications are based on the Daiquiri framework, developed and maintained at the AIP.

The variety of data is huge, spanning from digitised photographic plates (APPLAUSE) to spectroscopic and photometric data (STELLA, RAVE, 4MOST, MUSE-Wide, CARS), solar data (GREGOR, CoSee-Cat), X-ray satellite data (XMMSSC) to pure simulation data (Cosmo-Sim). This diversity is made possible by Daiquiri, a web-based framework developed at the institute. It supports standardised protocols from the International Virtual Observatory Alliance (IVOA) and is available as open-source software under the Apache-2 license.

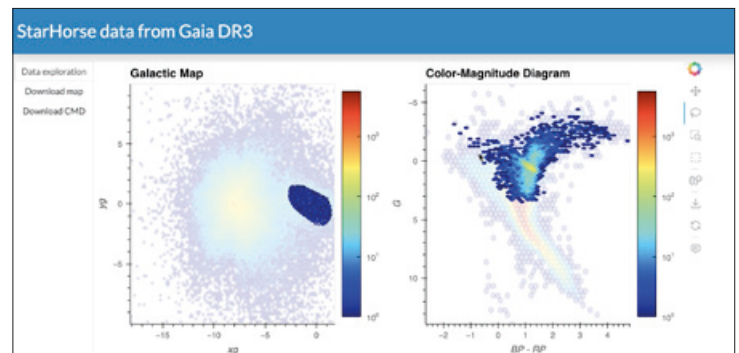
THE 4MOST OPEN DATA ARCHIVE

The 4MOST project highlights a core strength of the AIP: expertise in building instruments and scientific analysis go hand-in-hand with data publishing and archiving. This allows AIP to easily manage and share massive amounts of data—up to 1500 TB over the first five years—with researchers worldwide. As the instrument is now commissioned, the project is entering its ‘hot phase’: today, more than 1000 scientists and engineers are already integrated into the 4MOST user management system.

DISTRIBUTED SERVICES AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE

In October 2021, the PUNCH4NFDI consortium was launched as part of the National Research Data Infrastructure (NFDI) to support astro- and particle physics. The AIP leads the Data Portal work area and operates a central hub for pooling distributed computing resources. The REANA platform (Research Data Analysis Platform, originally developed at CERN) has been used to integrate the widely distributed network of PUNCH resources. For the StarHorse project, more than two thousand CPUs could be employed for data analysis.

The AIP is also making strides in applying agentic systems of Artificial Intelligence. Through the federal ErUM-Data initiative, the institute secured funding for three projects, including a leading role in Large Language Models (LLMs) in Astrophysics. This research builds on a local, open-source LLM already established within the AIP network to assist with programming.



REANA: In einer verteilten Umgebung konnten Tausende von CPU-Stunden bereitgestellt werden, um einen Bayes'schen Code auszuführen, mit dem GAIA-Daten mit Zusatzkatalogen kombiniert wurden, um hochpräzise Sternendaten von mehr als 360 Millionen Sternen zu gewinnen.

REANA: thousands of CPU hours could be acquired in a distributed environment to run a Bayesian code to combine GAIA data with ancillary catalogues to refine stellar data on more than a 360 million stars. – Credit: AIP/A. Khalatyan

AUSGEWÄHLTE PUBLIKATIONEN | SELECTED PUBLICATIONS

Enke, H., Tuvikene, T., Groote, D., Edelmann, H., Heber, U. (2024): *Archives of Photographic Plates for Astronomical USE (APPLAUSE)*, Astronomy & Astrophysics, 687, A165, doi:10.1051/0004-6361/202348793

Gaia Collaboration et al. (2024): *Discovery of a dormant 33 solar-mass black hole in pre-release Gaia astrometry*, Astronomy & Astrophysics, 686, L2, doi:10.1051/0004-6361/202449763

Jadlovský, D. et al. (2024): *The Great Dimming of Betelgeuse: The photosphere as revealed by tomography over the past 15 yr*, Astronomy & Astrophysics, 685, A124, doi:10.1051/0004-6361/202348846

Khalatyan, A. et al. (2024): *Transferring spectroscopic stellar labels to 217 million Gaia DR3 XP stars with SHBoost*, Astronomy & Astrophysics, 691, A98, doi:10.1051/0004-6361/202451427

Sacchi, E. et al. (2024): *The Smallest Scale of Hierarchy Survey (SSH)*, Astronomy & Astrophysics, 691, A65, doi:10.1051/0004-6361/202450106

Strassmeier, K. G., Kővári, Z., Weber, M., Granzer, T. (2024): *Long-term Doppler imaging of the star XX Trianguli indicates chaotic non-periodic dynamo*, Nature Communications, 15, doi:10.1038/s41467-024-54329-4

Nordin, J., Brinnet, V., van Santen, J., Reusch, S., Kowalski, M. (2025): *AMPEL workflows for LSST: Modular and reproducible real-time photometric classification*, Astronomy & Astrophysics, 698, A13, doi:10.1051/0004-6361/202452481

Roland, B. et al. (2025): *Latest Developments of the PUNCH4NFDI Compute and Storage Infrastructures*, EPJ Web of Conferences, 337, 01264, doi:10.1051/epjconf/202533701264

Warmuth, A. et al. (2025): *CoSEE-Cat: A Comprehensive Solar Energetic Electron event Catalogue obtained from combined in situ and remote-sensing observations from Solar Orbiter*, Astronomy & Astrophysics, 701, A20, doi:10.1051/0004-6361/202554830

Rauer, H. et al. (2025): *The PLATO mission*, Experimental Astronomy, 59, doi:10.1007/s10686-025-09985-9

Der hochauflösende Spektrograph wird in die Kuppel des VISTA-Teleskops am Cerro Paranal gehoben und dann an 4MOST montiert.

The high-resolution spectrograph is lifted into the VISTA dome at Cerro Paranal and then mounted at 4MOST.

Credit: AIP / A. Kelz



Astronomische Spektroskopische Instrumentierung

Astronomical Spectroscopic Instrumentation

Die Gruppe Astronomische Spektroskopische Instrumentierung entwickelt innovative Forschungstechnologien, neuartige Spektrographen und Analysesoftware für die beobachtende Astronomie – für drei verschiedene Methoden: Die bildgebende oder 3D-Spektroskopie (3DS) erlaubt es, räumlich ausgedehnte, komplexe Regionen, wie Gaswolken, Nebel, Sternhaufen oder Galaxien, in nur einer Aufnahme spektral zu erfassen. Die Multi-Objekt-Spektroskopie (MOS) wird zur effizienten Beobachtung einer sehr großen Anzahl von Sternen oder Galaxien eingesetzt und ermöglicht somit umfangreiche Durchmusterungen. Hochauflösende, stabilisierte Spektrographen an den größten verfügbaren Teleskopen kommen zur Charakterisierung erdähnlicher Planeten, zur Untersuchung der chemischen Zusammensetzung von Sternen, sowie zur Überprüfung grundlegender physikalischer Konstanten zum Einsatz.

The Astronomical Spectroscopic Instrumentation group develops innovative research technologies, novel spectrographs and analysis software for observational astronomy – for three different methods: Imaging or 3D spectroscopy (3DS) allows spatially extended, complex regions such as gas clouds, nebulae, star clusters or galaxies to be spectrally captured in a single image. Multi-object spectroscopy (MOS) is used for the efficient observation of a very large number of stars or galaxies, thus enabling extensive surveys. High-resolution, stabilised spectrographs on the largest available telescopes are used to characterise Earth-like planets, investigate the chemical composition of stars and verify fundamental physical constants.

TEAM

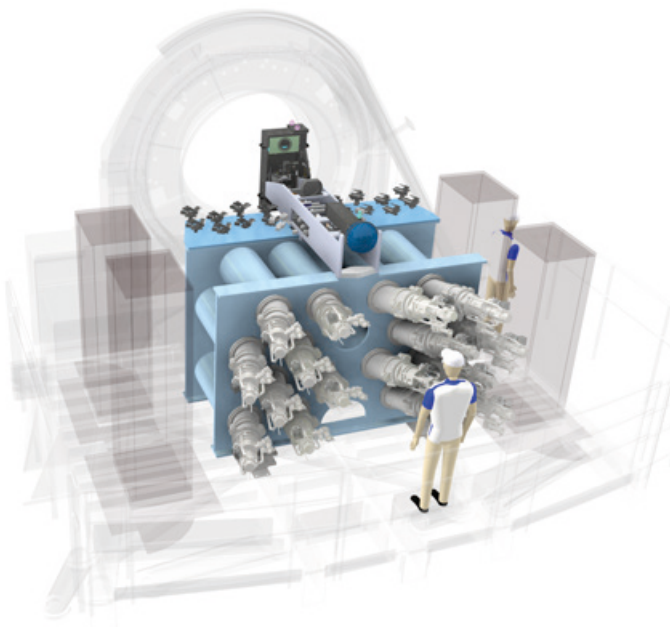
Andreas Kelz (head)
Katrín Böhrs
Laura Cediel Ramos
Diana Dimitrova
Alan Günther
Ilya Ilyin
Thomas Jahn
Carlos Rodriguez Alvarez
Sonja Sautter
Binnur Sokmen Sevik
Ole Streicher
Tanya Urrutia
Cinta Vidante
Michael Weber
Peter Weilbacher
Lorenz Wilmen
Roland Winkler

4-METRE MULTI-OBJECT SPECTROSCOPIC TELESCOPE (4MOST)

Alle Systeme für 4MOST, die verschiedene Partner entwickelt haben, wurden am AIP zusammengebaut und umfangreich getestet. Nach erfolgreicher Abnahmeprüfung wurde 4MOST 2025 nach Chile versandt und am VISTA-Teleskop des ESO-Paranal-Observatoriums installiert und in Betrieb genommen. Das Instrument verfügt über 2400 optische Glasfasern, welche das Licht zu drei Spektrographen leiten. 4MOST erfüllt alle seine technischen Spezifikationen und kann nun spektroskopische Durchmusterungen von Millionen von Objekten durchführen, von Sternen in der Milchstraße bis zu extragalaktischen Objekten.

ANDES AM ELT

Im Jahr 2025 erreichte die vorläufige Entwurfsphase des AIP-Beitrags zu ANDES (ArmazoNes high Dispersion Echelle Spectrograph), dem optischen Spektrographenmodul ANDES-UBV, ihren Abschluss. ANDES wird der hochauflösende Spektrograph des European Extremely Large Telescope (ELT) im optischen und nahen Infrarotbereich sein. Zu seinen wissenschaftlichen Aufgaben gehören die Detektion von Biosignaturen in Exoplaneten-Atmosphären und die Suche nach der ersten Generation von Sternen.



Die Computergrafik zeigt das geplante BlueMUSE-Instrument auf der Plattform des Very Large Telescope (VLT).

A computer-aided design illustrates the planned BlueMUSE instrument on the platform of the Very Large Telescope (VLT). – Credit: BlueMUSE consortium



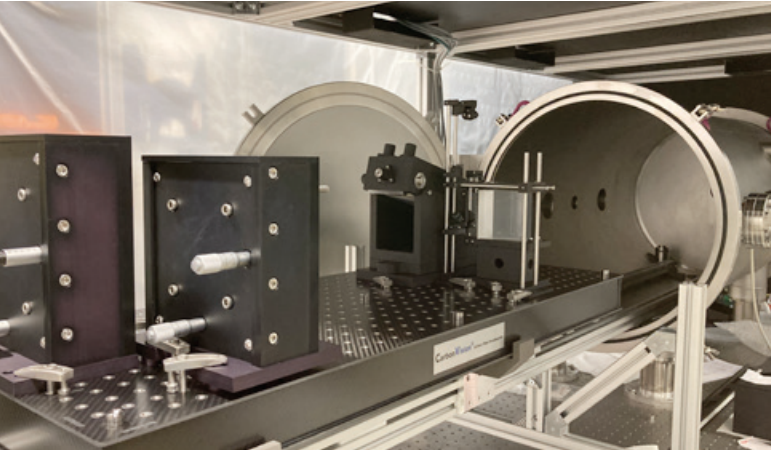
Mitarbeitende der Forschungsgruppe / Members of the research group

MOSAIC FÜR DAS EXTREMELY LARGE TELESCOPE

MOSAIC, der Multi-Objekt-Spektrograph für das ELT, kombiniert abbildende Integralfeld-Einheiten mit Multi-Objekt-Spektroskopie, sowohl für den optischen als auch für den nahen Infrarot-Wellenlängenbereich. Die Entwicklung des optischen Glasfaser-systems, welches das Licht vom Teleskop zu den Spektrographen leitet, ist Aufgabe des AIP. Dafür hat das Team die Systemarchitekturprüfung abgeschlossen. Die wissenschaftlichen Ziele umfassen die Analyse entfernter Galaxien und ihrer Entwicklung bis hin zur Auflösung von Sternpopulationen in relativ nahen Objekten.

BLUE MULTI-UNIT SPECTROSCOPIC EXPLORER (BLUEMUSE)

BlueMUSE, ein Integralfeld-Spektrograph mit großem Beobachtungsfeld und guter Effizienz im blauen Spektralbereich, knüpft an das äußerst erfolgreiche MUSE-Projekt an. Im Jahr 2025 wurde die Konzeptstudie für BlueMUSE abgeschlossen. Das AIP ist verantwortlich für die Entwicklung der Kalibriereinheit und der wissenschaftlichen Software. Forschende des AIP leiten wissenschaftliche Forschungsfelder, welche sich mit Galaxien und deren Entwicklung sowohl in der Lokalen Gruppe als auch im fernen Universum beschäftigen.



PEPSI SDI-POL

Für den vom AIP gebauten, hochauflösenden PEPSI-Spektrograph am Large Binocular Telescope (LBT) in Arizona nahm das Solar Disk Integrated Polarimeter (SDI-POL) seinen Betrieb auf. Das Licht gelangt über Glasfasern zu PEPSI und erlaubt es, die Sonne als Stern zu studieren. Zusätzlich kann der Infrarot-Spektrograph iLocator tagsüber Sonnenlicht analysieren. Ein zweites Teleskop (RINGSS) wurde hinzugefügt, welches nachts für Messungen von Luftturbulenzen zum Einsatz kommt, um das adaptive Optiksystème des LBT zu unterstützen.

STELLA-VIS

Das 1,2 Meter robotische STELLA-Teleskop soll u.a. ein neues Spektrographen-Modul (SES-VIS) für das sichtbare Licht (470nm–690nm) erhalten. Ein vakuumstabilisierter Spektrograph, der für eine hohe Radialgeschwindigkeitsgenauigkeit ausgelegt ist, wird derzeit am AIP integriert. Mit SES-VIS sollen Folgebeobachtungen von Exoplaneten-Transitkandidaten der TESS- und PLATO-Missionen durchgeführt werden.

WIDE-FIELD SPECTROSCOPIC TELESCOPE (WST)

In einem von der EU geförderten Projekt erstellt ein europäisches Konsortium eine Konzeptstudie für ein spektroskopisches Survey-Teleskop der 12-Meter-Klasse, welches gleichzeitig ein großes Gesichtsfeld und eine hohe Multiplex-Fähigkeit in der Größenordnung von mehreren Zehntausend Objekten hat. Auf der Grundlage seiner Erfahrungen mit 4MOST beteiligt sich das AIP an der Entwicklung des optischen Glasfasersystems und des Positionier-Roboters und bereitet Beobachtungsstrategien und wissenschaftliche Themen mit vor.



(Links) Der hochauflösende optische Spektrograph SES-VIS, Teil der spektroskopischen Instrumente der zweiten Generation für STELLA, während seiner Integration im Labor.

(Left) The high-resolution optical spectrograph SES-VIS, part of the 2nd generation spectroscopic instrumentation for STELLA, while being integrated in the lab.

(Rechts) Das polarimetrische Sonnenteleskop SDI-POL in seiner Kuppel auf dem LBT-Balkon. Im Vordergrund ist das alte SDI-Teleskop (das jetzt iLocator versorgt) neben dem neuen RINGSS-Teleskop zu sehen.

(Right) The polarimetric solar disc integrated telescope SDI-POL in its enclosure on the LBT balcony. In the foreground the old SDI telescope (now feeding iLocator) can be seen, next to the RINGSS telescope.

4-METRE MULTI-OBJECT SPECTROSCOPIC TELESCOPE (4MOST)

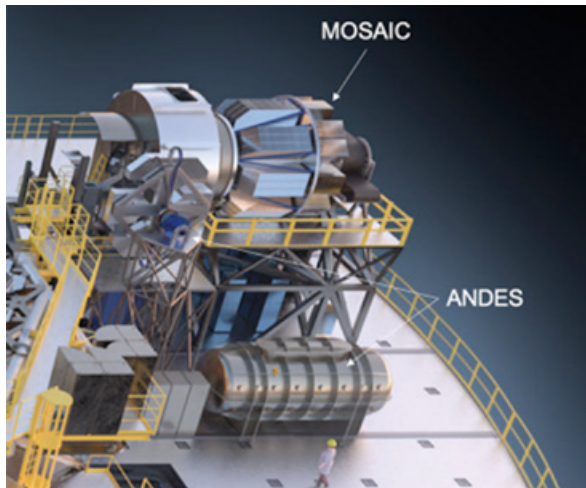
All systems for 4MOST, developed by various partners, were assembled and extensively tested at the AIP. After successful acceptance testing, 4MOST was shipped to Chile. In 2025, the instrument was installed on the VISTA telescope at the ESO Paranal Observatory, and put into operation. 4MOST uses over 2400 optical fibres that guide the light to three spectrographs. The instrument meets all its technical specifications and can now perform spectroscopic surveys of millions of objects, from stars in the Milky Way to extragalactic sources.

ANDES AT THE ELT

In 2025, the preliminary design phase of our contribution to ANDES (ArmazoNes high Dispersion Echelle Spectrograph), the ANDES-UBV optical spectrograph module, was completed. ANDES will be the high-resolution spectrograph for the European Extremely Large Telescope (ELT) in the optical and near-infrared range. Its scientific tasks include the detection of biosignatures in exoplanet atmospheres and the search for the first generation of stars.

MOSAIC FOR THE EXTREMELY LARGE TELESCOPE

MOSAIC, the multi-object spectrograph for the ELT instrument combines imaging integral field units with multi-object spectroscopy for both, the optical and near-infrared wavelength ranges. The development of the optical fibre system, which guides the light from the telescope to the spectrographs, is the task of the AIP and has passed the system architecture review. The scientific objectives include the analysis of distant galaxies and their evolution, as well



Die Computergrafik zeigt den hochauflösenden Spektrographen ANDES und den Multi-Objekt-Spektrographen MOSAIC zusammen auf der Plattform des Extremely Large Telescope.

The computer-aided design shows the high-resolution spectrograph ANDES and the multi-object spectrograph MOSAIC together on the platform of the Extremely Large Telescope. – Credit: ESO

as the resolution of stellar populations in relatively nearby galaxies and clusters. The scientific objectives include the analysis of distant galaxies and their evolution, as well as the resolution of stellar populations in relatively nearby galaxies and clusters.

BLUE MULTI-UNIT SPECTROSCOPIC EXPLORER (BLUEMUSE)

BlueMUSE, an integral field spectrograph with a large field of view and good efficiency in the blue spectral range, builds on the extremely successful MUSE project. The concept study for BlueMUSE was completed in 2025. The AIP is responsible for developing the calibration unit and the scientific software. AIP scientists are leading scientific research fields dealing with galaxies and their evolution both in the Local Group and in the distant Universe.

PEPSI SDI-POL

The Solar Disk Integrated Polarimeter (SDI-POL) has been put into operation for the high-resolution PEPSI spectrograph that was developed and built by AIP for the Large Binocular Telescope (LBT) in Arizona. The light is transported to PEPSI via fibre optics, allowing studies of the Sun as a star. In addition, the iLocator spectrograph can analyse sunlight during the day in the infrared wavelength range. A second telescope (RINGSS) has been added, which is used at night to measure air turbulences in order to support the LBT's adaptive optics system.

STELLA-VIS

The 1.2-metre robotic STELLA telescope is to be equipped with a new spectrograph module (SES-VIS) for the visible light (470 nm–690 nm). A vacuum-stabilised spectrograph designed for high radial velocity accuracy is currently being integrated at the AIP. SES-VIS will be used for follow-up observations on exoplanet transit candidates from the TESS and PLATO missions.

WIDE-FIELD SPECTROSCOPIC TELESCOPE (WST)

In an EU-funded project, a European consortium is working on a concept study for a 12-metre class spectroscopic survey telescope with both a large field of view and high multiplexing capability in the order of tens of thousands of objects. Based on its experience with 4MOST, the AIP is participating in the development of the fibre positioner-robot and the optical fibre system. The AIP-based instrument scientists contribute to the observation strategies and the scientific topics.

AUSGEWÄHLTE PUBLIKATIONEN | SELECTED PUBLICATIONS

Indahl, B. L. et al. (2024): *VIRUS: assessing batch component and on-sky performance for a massively multiplexed instrument*, Ground-based and Airborne Instrumentation for Astronomy X, 14, doi:10.1117/12.3020697

Junais et al. (2024): *MUSE observations of the giant low surface brightness galaxy Malin 1: Numerous HII regions, star formation rate, metallicity, and dust attenuation*, Astronomy & Astrophysics, 681, A100, doi:10.1051/0004-6361/202347669

Lee, D. et al. (2024): *WST: Widefield Spectroscopic Telescope: addressing the instrumentation challenges of a new 12m class telescope dedicated to widefield multi-object and integral field spectroscopy*, Ground-based and Airborne Instrumentation for Astronomy X, 22, doi:10.1117/12.3018257

Micheva, G. et al. (2024): *Preliminary characterization and verification of 4MOST in Europe*, Ground-based and Airborne Instrumentation for Astronomy X, 75, doi:10.1117/12.3019870

Pello, R. et al. (2024): *MOSAIC at the ELT: a unique instrument for the largest ground-based telescope*, Ground-based and Airborne Instrumentation for Astronomy X, 41, doi:10.1117/12.3019047

Richard, J. et al. (2024): *The Blue Multi Unit Spectroscopic Explorer (BlueMUSE) on the VLT: science drivers and overview of instrument design*, Ground-based and Airborne Instrumentation for Astronomy X, 74, doi:10.1117/12.3019831

Ochmann, M. W. et al. (2025): *Double-peaked Ca II traces a relativistic broad-line region disk in NGC 4593*, Astronomy & Astrophysics, 697, L5, doi:10.1051/0004-6361/202554800

Strassmeier, K. G. et al. (2024): *Solar disk integration polarimeter: An automated disk-integration full-Stokes-vector solar feed for the POTSDAM ECHELLE POLARIMETRIC AND SPECTROSCOPIC INSTRUMENT spectrograph*, Astronomische Nachrichten, 345, doi:10.1002/asna.20240033

Weber, M. et al. (2024): *ANDES, the high resolution spectrograph for the ELT: UVB spectrograph preliminary design*, Ground-based and Airborne Instrumentation for Astronomy X, 162, doi:10.1117/12.3020025

Winkler, R. et al. (2024): *The fibre target alignment process of the 4MOST instrument*, Software and Cyberinfrastructure for Astronomy VIII, 20, doi:10.1117/12.3020482

Das MARCOT-Pathfinder-Teleskop (MPT) am Calar-Alto-Observatorium ist ein kostengünstiges, photonikbasiertes, modulares Teleskop, das für die hochpräzise Erforschung von Exoplaneten entwickelt wurde. Es nutzt eine vom AIP entwickelte und patentierte Multimode-Photonic-Lantern (MM-PL), die einen fasergeführten Spektrographen speist.

Cover picture: The MARCOT-Pathfinder Telescope (MPT) at Calar Alto Observatory is a low-cost photonics-enabled, modular telescope architecture targeting high-precision exoplanet science, which uses a multi-mode photonic lantern (MM-PL) developed and patented at AIP, feeding a fibre-fed spectrograph.

Credit: CAHA



Astrophotonik (innoFSPEC)

Astrophotonics (innoFSPEC)

innoFSPEC Potsdam, 2008 als Zusammenarbeit zwischen der Universität Potsdam und dem AIP gegründet, war ein interdisziplinäres Innovationszentrum, das zunächst im Rahmen des BMBF-Programms „Unternehmen Region“ gefördert und anschließend bis 2022 unterstützt wurde. Zusätzliche Fördermittel des BMBF und des Europäischen Forschungsrats haben das Wachstum des Zentrums vorangetrieben, unterstützt durch die Gründung des innoFSPEC Transfer Lab an der Universität Potsdam im Jahr 2022 und die Umbenennung in Astrophotonics (innoFSPEC) am AIP im Jahr 2023, wodurch Deutschlands Führungsrolle im aufstrebenden Bereich der astrophotonischen Instrumentierung gefestigt wurde. Für die nächste Generation der boden- und weltraumgestützten Astronomie entwickelt die Forschungs- und Entwicklungsgruppe Astrophotonik am AIP gemeinsam mit Kooperationspartnern aus Industrie, Halbleiterfabriken, astronomischen Observatorien und Universitäten „Sternlichtprozessoren“ mit aktiven und passiven photonischen Komponenten.

innoFSPEC Potsdam, founded in 2008 as a collaboration between the University of Potsdam and AIP, was 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 at the University of Potsdam and rebranded as Astrophotonics (innoFSPEC) at AIP in 2023, solidifying Germany’s leadership in the emerging field of astrophotonic instrumentation. For next generation ground- and space-based astronomy, the Astrophotonics research and development group at AIP develops ‘Star-light processors’, with both active and passive photonic components, with collaborators and partners from industries, foundries, astronomical observatories, and universities.

TEAM

Kalaga Madhav (head)
Daniel Bodenmüller
Norberto Castro Rodriguez
Tom van der Wielen
Julius Goehring
Rima Islam
Joshua Jost
Xijie Luo
Fabienne Mangelsdorff
Abani Shankar Nayak
Aashia Rahman
Martin M. Roth
Tim Schleifer
Elmar Schmälzlin
Azlizan Adhyaqsa Soemitro
Andreas Stoll
Anna Maria Weiss

PHOTONIK-MULTI-OBJEKT-SPEKTROGRAPH UND FREQUENZKÄMME FÜR DIE ASTRONOMIE

Die Nahinfrarot-Astronomie (NIR) ermöglicht die Untersuchung von Sternentstehung, staubigen Umgebungen, kühlen Sternen und Galaxien mit hoher Rotverschiebung. Am AIP wurden zwei auf photonischen integrierten Schaltkreisen (PICs) basierende Instrumente entwickelt: der Potsdam Frequency Comb (POCO), ein ultrastabiler NIR-Astrofrequenzkamm zur hochpräzisen Kalibrierung von Spektrographen, und der Potsdam Arrayed Waveguide Spectrograph (PAWS), ein kompakter NIR-Spektrograph, der ein speziell gefertigtes Arrayed-Waveguide-Gitter (AWG) nutzt. Durch die Stapelung von AWGs wird ein kompakter Multi-Objekt-Spektrograph (CAWSMOS) mit einem Wirkungsgrad von > 30 % entwickelt.

CHARIOT-STRAHLENKOMBINIERER

Strahlenkombinierer vereinen das Licht einzelner Teleskope oder Instrumente auf kohärente Weise und erzeugen damit hochauflösende Bilder. Die CHARA Array Integrated Optics TestBench (CHARIOT) am Mount Wilson Observatory ist eine Plattform zum Testen von photonischen Strahlenkombinierern am Himmel und der Nachfolger von JouFLUOR, der in Zusammenarbeit mit dem AIP entwickelt wurde.

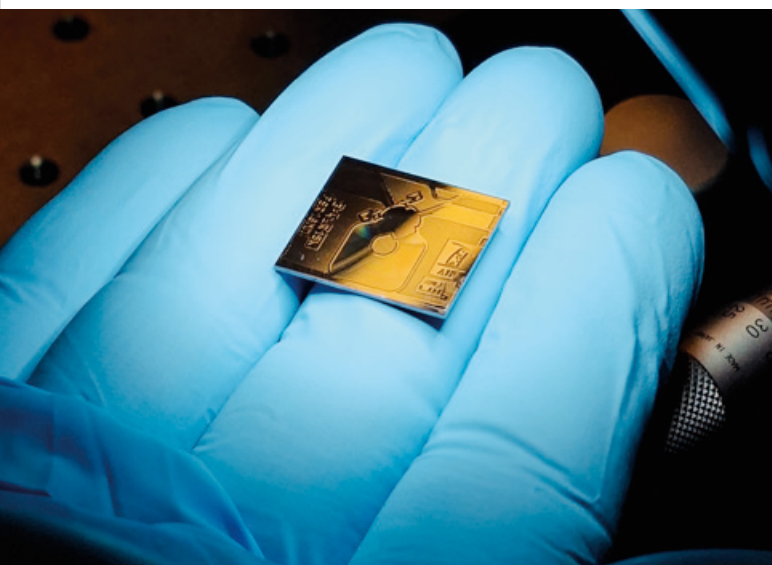


Mitarbeitende der Forschungsgruppe / Members of the research group

Seit 2022 verfügt sie über einen lasergravierten integrierten Koppler, eine anschließbare Fasereinspeisung und einen flexiblen Testaufbau. In Zusammenarbeit mit dem Mount Wilson Observatory, der Heriot-Watt University und der Universität zu Köln werden derzeit Upgrades durchgeführt, darunter ein moderner Infrarotdetektor und der Zugang zu allen sechs CHARA-Strahlern. Zu den wissenschaftlichen Zielen gehören die Detektion von Staubscheiben um ferne Sterne (exozodischer Staub), kontrastreiche Doppelsterne und die Weiterentwicklung der Technologie für zukünftige Weltrauminterferometrie.

GROSSE SAPHIRA-DETEKTOREN FÜR GAIANIR

GaiaNIR ist eine geplante Nahinfrarot-Folgemission zur Gaia-Mission der ESA, die die hochpräzise Astrometrie auf den Nahinfrarotbereich ausweitet, um verdeckte Regionen der Milchstraße zu untersuchen. Durch die Kombination von Gaia und GaiaNIR über einen Zeitraum von etwa 20 Jahren soll die Genauigkeit der Eigenbewegung von Sternen um mehr als eine Größenordnung verbessert werden. Diese wissenschaftlichen Ziele stellen strenge Anforderungen an Detektoren in der Fokalebene des Teleskops, darunter Zeitverzögerungs- und Integrationsbetrieb, Sub-Elektronen-Ausleserauschein bei hohen Bildraten, hohe lawinenartige Verstärkung, geringer Dunkelstrom und Skalierbarkeit auf große Mosaik. Am AIP werden großformatige SAPHIRA-Fotodioden in Zusammenarbeit mit dem Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik (MPE) in Garching und der ESO mit NGCII-64-Kanal-Auslesesystemen und kryogenen Systemen charakterisiert.



Ein einzelnes kompaktes NIR-Arrayed Waveguide Grating (AWG) kann auf 15 Fasern zugreifen. Ein Stapel von AWGs wird verwendet, um einen Multi-Objekt-Spektrographen zu bauen.

A single compact NIR arrayed waveguide grating (AWG) can access 15 fibres. A stack of AWGs will be used to build a multi-object spectrograph.

Credit: AIP / K. Madhav

MARCOT

Das MARCOT-Pathfinder-Teleskop (MPT) am Calar-Alto-Observatorium demonstriert eine photonik-gestützte, modulare Teleskoparchitektur für die Exoplanetenforschung. Sieben kleine Teleskope werden über eine vom AIP entwickelte und patentierte Multimode-Photonik-Laterne kombiniert, die einen fasergespeisten Spektrographen ohne adaptive Optik speist. MARCOT ermöglicht skalierbare, kostengünstige Aperturen und Radialgeschwindigkeitsuntersuchungen mit hoher zeitlicher Auflösung und ergänzt damit Instrumente am Extremely Large Telescope (ELT) wie ANDES.



Das patentierte athermische Gehäuse für OH-Emissionsfilter erreichte einen Athermisierungsfaktor von 1/22, d. h. das Verhältnis der maximalen Drift eines kompensierten Filters zum unkompensierten Filter, wodurch sie für Spektrographen mit $R = 130.000$ geeignet sind.

The patented athermal package for OH-emission filters achieved an athermalisation factor of 1/22, i.e. the ratio of the maximum drift of a compensated filter to the uncompensated filter, making them suitable for spectrographs with $R = 130,000$.

Credit: AIP/A. Rahman

HOCHAUFLÖSENDE MEINEL-LINIENFILTER

Die bodengestützte NIR-Spektroskopie an Teleskopen der ELT-Klasse wird durch die OH-Emission der Erdatmosphäre eingeschränkt. Aperiodische Faser-Bragg-Gitter (AFBGs) unterdrücken viele OH-Emissionslinien vor dem Spektrographen und verhindern Streulicht mit minimalen Verlusten. Aufbauend auf den früheren Instrumenten GNOSIS und PRAXIS hat das AIP AFBGs der nächsten Generation mit einem Technology Readiness Level (TRL) von 5-6 hergestellt. Ein patentiertes athermisches Gehäuse bietet eine Stabilität im Pikometerbereich ($F < 1/22$) für hochauflösende ELT-Instrumente.

MYMST II

Das Projekt MYMST II untersucht die Entstehung und Entwicklung massereicher Sterne durch systematische Spektroskopie junger Sternhaufen. Aufbauend auf einer mit MUSE durchgeführten Beobachtung von NGC 2070 und seinem Kern R136 konzentriert sich die aktuelle Arbeit auf die Variabilität von Sternen, Wolf-Rayet-Winde und Feedbackprozesse. Laufende und zukünftige Beobachtungen mit MUSE, JWST, ERIS und 4MOST werden eine umfassende spektroskopische Kartierung massereicher Sterne in den Magellanschen Wolken ermöglichen.

PHOTONICS MULTI-OBJECT SPECTROGRAPH AND FREQUENCY COMBS FOR ASTRONOMY

Near-infrared (NIR) astronomy enables studies of star formation, dusty environments, cool stars, and high-redshift galaxies. At AIP, two instruments based on photonic integrated circuits (PIC) have been developed: the Potsdam Comb (POCO), an ultra-stable NIR astro-frequency comb for high-precision calibration of high-resolution spectrographs, and the Potsdam Arrayed Waveguide Spectrograph (PAWS), a compact NIR spectrograph using a custom Arrayed Waveguide Grating (AWG). By stacking AWGs, a compact multi-object spectrograph (CAWSMOS) with $> 30\%$ efficiency is being developed.

CHARIOT BEAM COMBINER

Beam combiners coherently combine light from individual telescopes or instruments to generate high-resolution images. The CHARA Array Integrated Optics TestBench (CHARIOT) at Mount Wilson Observatory is an on-sky validation platform for photonic beam combiners and the successor to JouFLUOR, developed in collaboration with AIP. Since 2022, it features a laser-inscribed integrated coupler, connectorised fibre injection, and a flexible testbed. In collaboration with Mount Wilson Observatory, Heriot-Watt University, and the University of Köln, upgrades are underway including a modern infrared detector and access to all six CHARA beams. Science drivers include the detection of dust discs around distant stars (exozodiacal dust), high-contrast binaries, and technology maturation for future space interferometry.

Der CHARA Array Integrated Optics TestBench (CHARIOT) am Mount Wilson Observatory ist eine Plattform zur Validierung neuartiger dreidimensionaler photonischer Strahlenkombinierer am Himmel und Nachfolger des JouFLUOR-Instruments, das hochpräzise K-Band-Sichtbarkeiten lieferte.

The CHARA Array Integrated Optics TestBench (CHARIOT) at Mount Wilson Observatory is an on-sky validation platform for novel three-dimensional photonic beam combiners and succeeds the JouFLUOR instrument, which delivered high-precision K-band visibilities

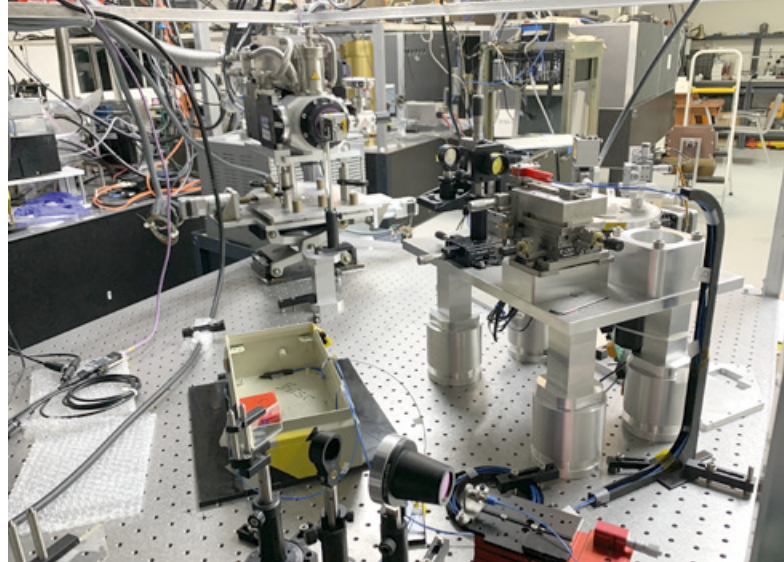
Credit: Nic Scott (The CHARA array)

LARGE SAPHIRA DETECTORS FOR GAIANIR

GaiaNIR is a proposed near-infrared follow-up mission to ESA's Gaia mission, extending high-precision astrometry into the NIR to probe obscured regions of the Milky Way. Combining Gaia and GaiaNIR over a ~20-year baseline will improve proper-motion accuracy by more than an order of magnitude. These science goals impose stringent requirements on focal-plane detectors, including time-delay-and-integration operation, sub-electron read noise at high frame rates, high avalanche gain, low dark current, and scalability to large mosaics. At AIP, the large-format SAPHIRA detector array is being characterised with NGCII 64-channel readout and cryogenic systems in collaboration with the Max Planck Institute for extraterrestrial Physics (MPE) in Garching and ESO.

MARCOT

The MARCOT-Pathfinder Telescope (MPT) at Calar Alto Observatory demonstrates a photonics-enabled, modular telescope architecture for exoplanet science. Seven small telescopes are combined via a multi-mode photonic lantern developed and patented by AIP, feeding a fibre-fed spectrograph without adaptive optics. MARCOT enables scalable, cost-effective apertures and high-cadence radial-velocity surveys, complementing instruments at the Extremely Large Telescope (ELT) such as ANDES.



HIGH-RESOLUTION MEINEL LINE FILTERS

Ground-based NIR spectroscopy on ELT-class telescopes is limited by OH emission from the Earth's atmosphere. Aperiodic fibre Bragg gratings (AFBGs) suppress many OH lines upstream of the spectrograph, preventing stray light with minimal loss. Building on the previous instruments GNOSIS and PRAXIS, AIP has fabricated next-generation AFBGs targeting technology readiness level (TRL) 5–6. A patented athermal package provides picometre-level stability ($F < 1/22$) for high-resolution ELT instruments.

MYMST II

The project MYMST II investigates the formation and evolution of massive stars through systematic spectroscopy of young stellar clusters. Building on a MUSE observation of NGC 2070 and its core R136, current work focuses on stellar variability, Wolf-Rayet winds, and feedback processes. Ongoing and future observations with MUSE, JWST, ERIS, and 4MOST will enable comprehensive spectroscopic mapping of massive stars across the Magellanic Clouds.

AUSGEWÄHLTE PUBLIKATIONEN | SELECTED PUBLICATIONS

Luo, X. et al. (2024): *Novel phase masks with overlapping regions to fabricate fiber Bragg gratings for filtering sky emission lines*, Advances in Optical and Mechanical Technologies for Telescopes and Instrumentation VI, 235, doi:10.1117/12.3018363

Rodríguez Alvarez, C. E., Rahman, A., Önel, H., Dionies, F., Paschke, J., Bauer, S. (2024): *Athermal package for OH suppression filters in astronomy part 1: design*, Advances in Optical and Mechanical Technologies for Telescopes and Instrumentation VI, 90, doi:10.1117/12.3017699

Rypalla, J., Vješnica, S., Madhav, K. V., Lorenz, A., Eschrich, T., Schmälzlin, E., Dinkelaker, A. N., Roth, M. (2024): *On the large-quantity fabrication and reproducibility of all-fiber photonic lanterns*, Advances in Optical and Mechanical Technologies for Telescopes and Instrumentation VI, 254, doi:10.1117/12.3018846

Bond, H. E., Bastian, N., Bellini, A., Kamann, S., Libralato, M., Niederhofer, F., Roth, M. M., Soemitro, A. (2025): *Serendipitous Discovery of a Faint Planetary Nebula in the Massive Young LMC Cluster NGC 1866*, Publications of the Astronomical Society of the Pacific, 137, 114202, doi:10.1088/1538-3873/ae1664

Centenera, M., Aceituno, J., Amado, P., Madhav, K. (2025): *MARCOT: Modular Astronomy in the Post-ELT Era through Photonic Integration*, Copernicus GmbH, doi:10.5194/epsc-dps2025-558

Dinkelaker, A. N. et al. (2025): *Characterization of Astrophotonic Components with the Chara ARray Integrated Optics Testbench (CHARIOT)*, 2025 Conference on Lasers and Electro-Optics Europe & European Quantum Electronics Conference (CLEO/Europe-EQEC), 1, doi:10.1109/CLEO/Europe-EQEC65582.2025.11109158

Luo, X. et al. (2025): *Temperature-compensating package for OH line filters for astronomy: II. manufacture, assembly, and performance study*, Optics Express, 33, 34008, doi:10.1364/OE.560633

Rahman, A., Nolte, S. (2025): *Next Generation OH Suppression Fiber Bragg Gratings: towards Operation on Sky*, Hannover : Technische Informationsbibliothek, doi:10.34657/24177

Soemitro, A. A., Valenzuela, L. M., Roth, M. M., Ciardullo, R., Jacoby, G. H., Arnaboldi, M., Couto, G. S., Jakob Walcher, C. (2025): *Towards precision cosmology with improved PNL distances using VLT-MUSE*, Astronomy & Astrophysics, 704, A303, doi:10.1051/0004-6361/202557218

Pozuelos, F. J. et al. (2026): *Towards a Comprehensive Understanding of Planetary Systems through Population-Level, Large-Scale Surveys*, arXiv, doi:10.48550/arXiv.2601.18841

*Polarlichter über dem Forschungscampus Babelsberg,
eine Folge starker Sonnenaktivität im Januar 2026*

*Northern Lights above the Babelsberg research campus,
a result of strong solar activity in January 2026*

Credit: AIP/Song Tan

Wissenschafts- unterstützende Einrichtungen

Science- supporting Facilities





Eine moderne zyklengesteuerte Drehmaschine aus dem umfangreichen Maschinenpark der feinmechanischen Werkstatt in der Forschungstechnik.

A modern cycle-controlled lathe from the extensive range of machinery in the precision workshop at the Technical Section.



Forschungstechnik Technical Section

Der Erfolg des Leibniz-Instituts für Astrophysik Potsdam (AIP) beruht auf seiner wissenschaftlichen Exzellenz, den technischen Möglichkeiten vor Ort und dem technischen Know-how am Institut. Während die Wissenschaft ihre Fragen zum Universum formuliert, entwickelt die Forschungstechnik die wissenschaftlichen Geräte, um sie zu beantworten. Dazu begleiten die Beschäftigten der Forschungstechnik jedes Instrumentierungsprojekt von der ersten Idee über die Planung und die Fertigung bis hin zur Installation am Teleskop. Neben der Inbetriebnahme und der Wartung der modernen Instrumente sorgt die Forschungstechnik auch für die Wartung der historischen Instrumente wie des Großen Refraktors und des Einsteinurms auf dem Telegrafenberg.

The success of the Leibniz Institute for Astrophysics Potsdam (AIP) is based on its scientific excellence, the technical facilities available on site and the technical expertise at the institute. While science formulates its questions about the Universe, the Technical Section develops the scientific instruments to answer them. To this end, the members of the Technical Section accompany every instrumentation project from the initial idea through planning and production to installation on the telescope. In addition to commissioning and maintaining modern instruments, the Technical Section also takes care of maintaining historical instruments such as the Great Refractor and the Einstein Tower on Telegrafenberg.

TEAM

Hakan Önel (head)
Svend-Marian Bauer
Claas Jonas Benecke
Wilbert Bittner
Tim Cegielski
Adriane Chapman
Frank Dionies
Daniel Döscher
Dietrich Feuerstein
Viktoria Fritze
Thomas Hahn
Eloy Hernandez
Silke Kuba-Lehmann
Leander Leibnitz
Ulrike Lemke
Thomas Liebner
Sergei Pankratow
Jens Paschke
Volker Plank
Dennis Plüschke
Lea Marlen Rektorschek
Carlos Rodríguez Alvarez
Daniel Sablowski
Oskar Sauerbrey
Allar Saviak
Tim Schleifer
Claudia Schmeckebier
Michael Schröck
Manoj Varma Sri Vatchavai
Stella Vješnica
Frederik Weitzel

Die Forschungstechnik besteht aus insgesamt vier spezialisierten Teams, die eng miteinander arbeiten: Konstruktion und feinmechanische Werkstatt sowie Optik und Technische Software, Elektronik und Detektoren (TSED). In Zusammenarbeit mit den wissenschaftlichen Forschungsgruppen werden die Anforderungen an die hochkomplexen Instrumente des Instituts entwickelt und ihre Einhaltung verifiziert. Das Institut hält eine vielfältige Infrastruktur an Laboren und Werkstätten vor, in denen die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten durchgeführt werden. Neben einem staubfreien Reinraum, einem Physiklabor mit einer großen Kühlkammer und einem Faradaylabor, in welchem empfindliche Messungen ohne störende elektromagnetische Einflüsse von außen durchgeführt werden können, gibt es verschiedene spezialisierte Mess- und Optiklabore. In großen,

mit Krananlagen ausgestatteten Integrationshallen werden die zum Teil tonnenschweren Instrumente zusammengebaut und mit einem Teleskop-Simulator auf ihre Belastbarkeit geprüft.



*Mitarbeitende der Forschungstechnik
Members of the Technical Section.*



Um auch bei zukünftigen Projekten eine führende Rolle zu spielen, ist eine moderne technische Ausstattung unverzichtbar. Ein wichtiger Erfolg im Berichtszeitraum war daher die Bewilligung umfangreicher Fördermittel durch die Europäische Union (EFRE) und das Land Brandenburg. Mit diesen Geldern soll die Ausstattung der Forschungstechnik um neue Technologien bis zum Jahr 2027 erweitert werden. Geplant ist die Anschaffung von Technologien für den Metall-3D-Druck, modernen Lasersystemen zur Beschriftung von Bauteilen und hochpräzisen optischen Messgeräten.

Eine weitere Aufgabe des Bereichs ist die Nachwuchsförderung. Die Forschungstechnik bildet Feinwerkmechanikerinnen und Feinwerkmechaniker wie auch Elektronikerinnen und Elektroniker für Geräte und Systeme aus. Mit bis zu drei Auszubildenden gleichzeitig ist dabei eine besonders intensive und persönliche Betreuung gewährleistet.



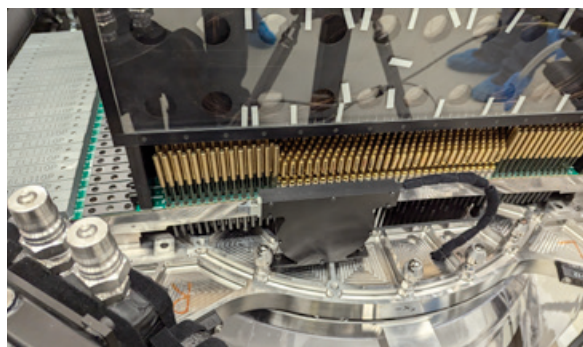
Ehrung des Auszubildenden Oskar Sauerbrey bei der Übergabe des Europasses durch die Handwerkskammer Potsdam.

Honouring of apprentice Oskar Sauerbrey at the presentation of the Europass by the Potsdam Chamber of Crafts.

Credit: Hampel/HWK-Potsdam

The Technical Section consists of four specialised teams working in close collaboration: Mechanical Engineering and Precision Mechanics Workshop, as well as Optics and Technical Software, Electronics and Detectors (TSED). Working alongside the scientific research groups, the requirements for the institute's highly complex instruments are developed and their compliance is verified.

The institute maintains a diverse infrastructure of laboratories and workshops where research and development work is conducted. In addition to a dust-free cleanroom, a physics laboratory with a large cooling chamber, and a Faraday laboratory where sensitive measurements can be performed without external electromagnetic interference, there are various specialised measurement and optics labs.



Das Innere der Faserpositioniereinheit von 4MOST.

The interior of 4MOST's fibre positioning unit.

Credit: AIP/H. Önel

In large integration halls equipped with crane systems, instruments weighing several tonnes are assembled and tested for durability using a telescope simulator.

To maintain a leading role in future projects, modern technical equipment is indispensable. A significant success during the reporting period was the approval of extensive funding by the European Union (ERDF) and the Federal State of Brandenburg. This funding will be used to expand the Technical Section's equipment with new technologies through to 2027. Plans include the acquisition of metal 3D printing technologies, modern laser systems for component marking, and high-precision optical measuring devices.

A further responsibility of the section is the promotion of young talent. The Technical Section trains precision mechanics as well as electronics technicians for devices and systems. With up to three apprentices at any one time, a particularly intensive and personal level of supervision is guaranteed.



Südsternhimmel am Paranal Observatorium. Die gelbe Linie ist ein Laserstrahl, der in der Atmosphäre einen künstlichen Vergleichssterne erzeugt.

Southern sky at the Paranal Observatory. The yellow line is a laser beam which creates an artificial star in the atmosphere for comparison.

Credit: AIP/H. Önel

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.

Credit: AIP/A. Saviauk



Projektmanagement Project Management

Die Gruppe Projektmanagement bündelt das Fachwissen zum Management größerer Instrumentierungsprojekte. Generell ist die Gruppe Projektmanagement der Ansprechpartner für alle projektbezogenen Serviceleistungen. Dies reicht von der Bereitstellung von IT-Tools über die Verwaltung und Betreuung der Konsortialmitglieder bis hin zur Organisation von Sitzungen und Konferenzen.

The Project Management group brings together expertise in the management of large-scale instrumentation projects. In general, the Project Management group is the point of contact for all project-related services. This ranges from the provision of IT tools to the administration and support of consortium members to the organisation of meetings and conferences.

TEAM

Joar Brynnel (head)
Olga Bellido-Tirado
Adriane Chapman
Mark Cunningham
Steffen Frey
Christine Fußlein
Domenico Giannone
Diana Johl
Genoveva Micheva

Neben dem Management von Projekten unterschiedlicher Größe und Komplexität, von kleinen AIP-internen Projekten bis hin zu großen internationalen Konsortien, umfasst die Gruppe 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 Testingenieurinnen und -ingenieure. 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.

Das größte Projekt am AIP stellte in den vergangenen Jahren das 4-metre Multi-Object Spectroscopic Telescope (4MOST) dar. Hier hat das AIP die Projektleitung inne und ist für sämtliche Aspekte des 4MOST-Projektmanagements verantwortlich. Das 4MOST-Konsortium mit mehr als 800 registrierten Mitgliedern an 29 Instituten weltweit wird von unserem 4MOST-Projektbüro in Potsdam koordiniert. In den letzten zwei Jahren wurde 4MOST am AIP zusammengebaut, integriert und getestet. Danach wurden alle Subsysteme an das VISTA Teleskop der ESO auf dem Paranal in Chile verschifft, dort ausgepackt, zusammengebaut, als Einzelsysteme getestet und dann wiederum am Teleskop integriert und getestet. Highlight des Jahres 2025 war die erste Beobachtung (First Light) am 18. Oktober 2025, die reibungslos verlief. Im Anschluss lief die Inbetriebnahme des Instruments. Diese Phase bestand aus dem Sammeln und Auswerten von Beobachtungsdaten, um die wissenschaftlichen Anforderungen zu überprüfen.



Zusätzlich zu 4MOST werden derzeit auch ANDES und MOSAIC, zwei Instrumentierungsprojekte der nächsten Generation für das zukünftige Extremely Large Telescope (ELT), und das Wide-Field Spectroscopic Telescope (WST) in unterschiedlichem Umfang unterstützt.

In addition to managing projects of varying sizes and complexity, from small internal AIP projects to large international consortia, the Project Management group has a range of other areas of expertise: The aim of Systems Engineering is to enable the successful implementation of a system throughout its life cycle—from identifying and monitoring user requirements to verifying the systems in their current



**Kisten mit einigen Komponenten für 4MOST.
Der Transports erforderte viel Organisation.**

*Boxes with some parts of 4MOST.
The transport required a lot of organisation.*

state. Integration and test engineers are responsible for conducting and documenting validation tests. Product Assurance management checks the quality of the design and the manufactured products, but also ensures adequate traceability of the design and documentation. Project Controlling not only takes care of project finances, the use of third-party funds, and reporting, but also creates and monitors project schedules.

The largest project at the AIP in recent years has been the 4-metre Multi-Object Spectroscopic Telescope (4MOST). The AIP is the project leader and is responsible for all aspects of 4MOST project management. The 4MOST consortium, with more than 800 registered members at 29 institutes worldwide, is coordinated by our 4MOST project office in Potsdam.



Mitarbeitende des Projektmanagements
Members of the Project Management.

Over the past two years, 4MOST has been assembled, integrated, and tested at the AIP. All subsystems were then shipped to the ESO's VISTA telescope at the Paranal in Chile, where they were unpacked, assembled, tested as individual systems, and then re-integrated and tested on the telescope.

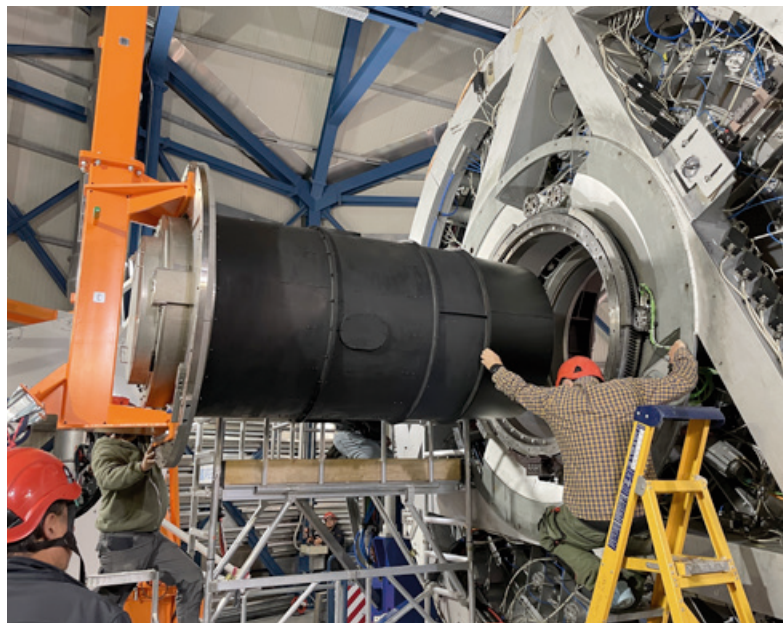
The highlight of 2025 was the first observation (First Light) on October 18, 2025, which went smoothly. This was followed by the commissioning of the instrument. This phase consists of collecting and evaluating observational data to verify the scientific requirements.

In addition to 4MOST, two next-generation instrumentation projects for the future Extremely Large Telescope, ANDES and MOSAIC, as well as the Wide-Field Spectroscopic Telescope (WST) project are also currently being supported to varying degrees.

Installation am Teleskop in Chile: Der Wide-Field-Korrektor wird integriert.

Installation at the telescope in Chile: The Wide Field Corrector is being integrated.

Credit: AIP / A. Saviauk



IT-Service IT Services



Die Gruppe IT-Service fungiert als primäre Instanz für die Gewährleistung eines kontinuierlichen und störungsfreien Betriebs der informationstechnologischen Infrastruktur des Instituts. Das Campus-Netzwerk, zwei Hochleistungscomputercluster sowie die LOFAR-Station in Potsdam-Bornim gehören zum Verantwortungsbereich. Am Standort Babelsberg obliegt dem IT-Service die umfassende Betreuung von über 200 Nutzerinnen und Nutzern sowie einer mindestens ebenso großen Anzahl an stationären und mobilen Computern. Ein weiterer Aspekt der Tätigkeit des Teams ist die Beschaffung und fachgerechte Entsorgung der elektronischen Geräte.

The IT Services group acts as the primary authority for ensuring the continuous and trouble-free operation of the institute's information technology infrastructure. The campus network, two high-performance computer clusters, and the LOFAR station in Potsdam-Bornim are integrated into this group. At the Babelsberg site, IT Services is responsible for providing comprehensive support to over 200 users and at least as many stationary and mobile computers. Another aspect of the team's work is the procurement and proper disposal of electronic equipment.

Der IT-Service wartet auch um die Technik in den Meetingräumen, wie hier dem neuen Konferenzraum im Maria-Margaretha-Kirch-Haus.

The IT Services team takes also care of the technical equipment in the meeting rooms, such as here in the new conference room at the Maria-Margaretha-Kirch-Haus.

TEAM

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

Das engagierte IT-Team fungiert als kompetenter Ansprechpartner für sämtliche IT-Fragen für die Beschäftigten sowie die Gäste des Instituts. Zu den essenziellen Dienstleistungen gehören die Bereitstellung von Dokumentationsmöglichkeiten, das Management von Drucksystemen, Telefon-Dienste, Datenaustausch, Backup-Lösungen, IT-Sicherheitsmaßnahmen und Schulungen sowie Remote-Access-Funktionen.

ALLGEMEINE IT-INFRASTRUKTUR

Die IT-Infrastruktur am AIP unterliegt einer kontinuierlichen Optimierung und Erweiterung, um den kontinuierlich wachsenden Anforderungen der Forschung zu entsprechen und den Beschäftigten optimale Arbeitsbedingungen zu bieten. In den Jahren 2024 und 2025 wurden die folgenden Ziele priorisiert: die Erneuerung der Netzwerkinfrastruktur, die Optimierung der IT-Sicherheit durch zweifache Authentifizierung und die Schulung der Beschäftigten im Bereich Informationssicherheit. Die getroffenen Vorkehrungen dienen der Gewährleistung

der Integrität der Forschungsdaten, dem Schutz der Vertraulichkeit sensibler Informationen sowie der Sicherstellung der Kontinuität der wissenschaftlichen Arbeit am Institut.

WISSENSCHAFTLICHE IT-INFRASTRUKTUR

Die Kooperation zwischen der E-Science und dem IT-Service besteht in der Bereitstellung von zwei Hochleistungscomputerclustern und deren Diensten. Im Zeitraum der Jahre 2024 und 2025 wurde eine Erweiterung der Netzwerkinfrastruktur zwischen den Clustern vorgenommen. Im Rahmen dieser Erweiterung implementierte das Team eine 12-adrige Dark-Fiber-Verbindung. Die vorliegende Technologie gewährleistet die zukunftssichere Nutzung diverser Netzwerktechnologien zwischen verschiedenen Clusterstandorten. Im Anschluss an die Fertigstellung des Maria-Margaretha-Kirch-Hauses unterstützte der IT-Service zahlreiche Umzüge von Kolleginnen und Kollegen auf dem Institutsgelände. Die Bereitstellung des Konferenzraums, welcher mit einer zeitgemäßen

Medientechnikzentrale ausgestattet ist, resultierte in einer signifikanten Erweiterung der technischen Möglichkeiten für hybride Veranstaltungen. Zur Ausstattung gehören eine 175-Zoll-LED-Leinwand, drei Kameras mit automatischer Nachführung für Online-Meetings sowie eine Anlage für Hörbeeinträchtigte identifiziert werden.

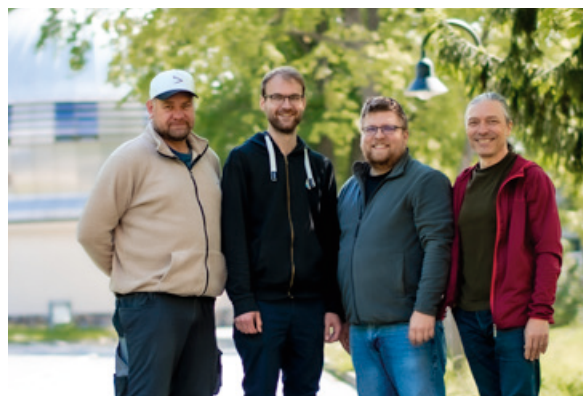
NETZWERK

Das AIP ist mit zwei redundanten Glasfaserleitungen ausgestattet, die jeweils eine Bandbreite von 3 Gbit/s aufweisen. Diese Leitungen sind über das Deutsche Forschungsnetz mit dem Internet verbunden. Im internen Netzwerk des Instituts sind die Kernkomponenten mit einer Geschwindigkeit von bis zu 10 Gbit/s Ethernet und 40 Gbit/s InfiniBand miteinander verbunden. Es lässt sich eine Zunahme der Anzahl der 10-Gbit-Verbindungen insbesondere in der virtuellen Server-Infrastruktur feststellen. 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. Aufgrund der Größe des Campusnetzwerks ist eine kontinuierliche Erneuerung erforderlich. Im Jahr 2024/25 wurde folglich mit der geplanten Erneuerung der zentralen Netzwerkinfrastruktur begonnen.

The dedicated IT team acts as a competent point of contact for all IT questions for employees and guests of the institute. Essential services include the provision of documentation options, the management of printing systems, telephone services, data exchange, backup solutions, IT security measures and training, as well as remote access functions.

GENERAL IT INFRASTRUCTURE

The IT infrastructure at the AIP is subject to continuous optimisation and expansion in order to meet the ever-growing demands of research and to provide employees with optimal working conditions. In 2024 and 2025, the following goals were prioritised: renewal of the network infrastructure, optimisation of IT security through two-factor authentication, and training of employees in the area of information security. These measures serve to guarantee the integrity of research data, protect the confidentiality of sensitive information, and ensure the continuity of scientific work at the institute.



Mitarbeitende des IT-Service
Members of the IT Services

SCIENTIFIC IT INFRASTRUCTURE

The cooperation between E-Science and IT Services consists of providing two high-performance computer clusters and their services. Between 2024 and 2025, the network infrastructure between the clusters was expanded. As part of this expansion, a 12-core dark fiber connection was implemented. This technology ensures the future-proof use of various network technologies between different cluster locations. Following the completion of the Maria Margaretha Kirch building, IT Services supported numerous relocations of colleagues on the institute premises. The provision of the conference room, which is equipped with a state-of-the-art media technology center, resulted in a significant expansion of our technical capabilities for hybrid events. Significant elements include a 175-inch LED screen, three cameras with automatic tracking for online meetings, and a system for the hearing impaired.

NETWORK

The AIP is equipped with two redundant fiber optic lines, each with a bandwidth of 3 Gbit/s. These lines are connected to the Internet via the German Research Network. In the institute's internal network, the core components are connected at speeds of up to 10 Gbit/s Ethernet and 40 Gbit/s InfiniBand. There has been an increase in the number of 10 Gbit connections, particularly in the virtual server infrastructure. Workstations on campus are either wired at 1 Gbit/s or can alternatively be connected via wireless LAN at speeds of up to 1750 Mbit/s. Due to the size of the campus network, continuous renewal is necessary. Consequently, the planned renewal of the central network infrastructure began in 2024/25.

*In der Bibliothek des AIP
gibt es rund 65.000 Bücher.
The AIP library contains
around 65,000 books.*



Wissenschaftliche Bibliothek und Dokumentationszentrum

Scientific Library and Documentation Centre

Die Wissenschaftliche Bibliothek des AIP ist eine zentrale Serviceeinrichtung des Instituts und hat die bedarfsgerechte Versorgung der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler mit fachrelevanten Informationen zum Ziel. Darüber hinaus steht sie auch externen Forschenden aus dem In- und Ausland, Studierenden sowie einer interessierten Öffentlichkeit offen. Insbesondere ihr bedeutender historischer Bestand stellt dabei eine wertvolle Ressource für unterschiedliche Nutzergruppen dar.

The Scientific Library serves as a central service facility of the AIP, with the aim of providing researchers with efficient and needs-based access to subject-specific information. In addition, it is open to external 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.

TEAM

Rebecca Klee (head)
Regina von Berlepsch
Melissa Thies

Der Bibliotheksbestand ist inhaltlich vor allem auf die Fachgebiete Astrophysik sowie Physik und Mathematik im Allgemeinen ausgerichtet. Mit einer über 300-jährigen Geschichte nimmt die Bibliothek im deutschsprachigen Raum eine einzigartige und unverzichtbare Stellung ein. Ergänzend umfasst der Bestand ein Institutsarchiv sowie eine umfangreiche Bildsammlung mit Papierabzügen, Glasplatten, Negativen und digitalen Fotografien, deren systematische Erschließung seit dem Jahr 2021 erfolgt.

Durch die Beteiligung an verschiedenen Konsortien wird den Mitarbeitenden ein umfassender Zugang zu wissenschaftlichen Zeitschriften und Fachartikeln ermöglicht. Darüber hinaus unterstützt die Teilnahme an den DEAL-Verträgen die Open-Access-Publikation



Dieser Quadrant ist eines der historischen Instrumente des AIP. Er diente auf einer Expedition von Maupertuis zur Bestimmung der Abplattung der Erde.

This quadrant is one of the AIP's historical instruments. It was used on an expedition led by Maupertuis to determine the Earth's oblateness.

Credit: AIP / T. Spikermann

von Forschungsergebnissen. Neben den klassischen Bibliotheksdiensten bietet die Bibliothek ein breites Spektrum forschungsnaher Dienstleistungen an, insbesondere die Beratung zu Fragen des Open Access sowie des wissenschaftlichen Publizierens.

Im Jahr 2025 wurde mit der schrittweisen Digitalisierung und der systematischen Aufnahme ausgewählter Bestände des Institutsarchivs in eine Museumsdatenbank begonnen. Einen besonderen Schwerpunkt bildete dabei die Erfassung des umfangreichen Bestands analoger Fotografien sowie der Sammlung historischer astronomischer Instrumente.

Ziel dieser Maßnahmen ist es, die langfristige digitale Sicherung der Bestände zu gewährleisten und zugleich ihre nachhaltige Erschließung und Wiederauffindbarkeit zu verbessern. Durch die strukturierte Erfassung in der Datenbank wird eine zentrale Dokumentation der physischen Archivobjekte geschaffen, die sowohl konservatorische Anforderungen als auch zukünftige wissenschaftliche und museale Nutzungen unterstützt.

The library's collection focuses primarily on astrophysics as well as on physics and mathematics in general. With a history spanning more than 300 years, the library holds a unique and indispensable position within the German-speaking academic landscape. The collection is further complemented by an institute archive and an extensive image collection comprising paper prints, glass plates, negatives, and digital photographs, which has been systematically catalogued since 2021.

Through participation in various consortia, staff members are provided with comprehensive access to scientific journals and scholarly articles. Furthermore, involvement in the DEAL agreements supports the open-access publication of research contributions. In addition to traditional library services, the library offers a wide range of research-oriented services, in particular advisory support on all aspects of open access and scholarly publishing.

In 2025, the gradual digitisation and systematic integration of selected holdings from the Institute's archive into a museum database was initiated. Particular emphasis was placed on cataloguing the extensive collection of analogue photographs as well as the collection of historical astronomical instruments.



Die Bibliothek ist im historischen Spiegelteleskopgebäude untergebracht.

The library is located in the historic reflecting telescope building.

The objective of these measures is to ensure the long-term digital preservation of the collection while simultaneously enhancing their sustainable documentation, accessibility, and retrievability. The structured recording of the physical archive objects within the database establishes a central form of documentation that supports both conservation requirements and future scholarly and museological use.



Die Druckplatten der „Charte der Gebirge des Mondes“ im Foyer des Maria-Margaretha-Kirch-Hauses

The printing plates of the 'Charte der Gebirge des Mondes' in the foyer of the Maria-Margaretha-Kirch-Haus

*Blick in die Cafeteria im neuen
Maria-Margaretha-Kirch-Haus.
View into the cafeteria in the new
Maria-Margaretha-KirchHaus.*

Verwaltung Administration

Die Verwaltung des AIP übernimmt zentrale Service- und Unterstützungsfunktionen für den Betrieb des Instituts und wird durch den administrativen Vorstand geleitet. Die Beschäftigten der Verwaltung unterstützen Wissenschaft, zentrale Gruppen sowie die Institutsleitung und sorgen für einen reibungslosen administrativen Ablauf des Forschungsalltags. Dabei richten sie sich nach den Vorgaben der Zuwendungsgeber und den (institutsinternen) Regelwerken. Zudem orientieren sie sich an den sich stetig ändernden Anforderungen an ein modernes Wissenschaftsmanagement. Zwei Referate und zwei Gruppen bilden das strukturelle Gerüst der Verwaltung.

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



TEAM

Wolfram Rosenbach (head)
Beatrice Baronick
Lena Borchert
Ulrich Boyer
Melanie Dautz
Christine Haase
Andrea Hasse
Elke Helbig
Robert Hermsdorf
Oliver Heyn
Hillene Ites
Manuela Kuhl
Dennis Nagel
Nicole Reimann-Kriese
Gernot Rosenkranz
Stefanie Rübbert
Jenny Weber
Sandra Weinmann

FINANZEN UND BESCHAFFUNG

Das Referat Finanzen und Beschaffung gliedert sich in vier Teams. Die Finanz- und Anlagenbuchhaltung ist verantwortlich für die Buchführung und den Zahlungsverkehr, steuerliche Angelegenheiten sowie den Jahresabschluss. Außerdem verwaltet das Team die von Bund und Land zugewendeten Haushaltsmittel und das dem AIP anvertraute Stiftungsvermögen der Johann-Wempe-Stiftung. Das Drittmittel- und Forschungsmanagement unterstützt die Wissenschaft bei der Einwerbung und revisionssicheren Abwicklung zahlreicher Forschungsvorhaben und Drittmittelprojekte. Das Vergabe- und Beschaffungswesen wickelt Beschaffungsvorgänge ab, für die zum Teil aufwendige Ausschreibungs- und Vergabeverfahren erforderlich sind. Die Beschäftigten sind ferner zuständig für Zollangelegenheiten und verwalten den zentralen Rechnungseingang. Das Controlling rundet das Portfolio des Referats ab und widmet sich schließlich der finanziellen Steuerung des Instituts mittels Planungs- und Kosten-Leistungsrechnungen sowie dem internen und externen Reporting.

PERSONAL UND RECHT

Die Beschäftigten des Referats Personal und Recht arbeiten schwerpunktmäßig in den Bereichen des Personalmanagements und des Sozialwesens. Sie verantworten weiterhin das gesamte Aufgabenspektrum im Zusammenhang mit der Durchführung von Dienstreisen. Neben zahlreichen Personaleinzelangelegenheiten bearbeiten sie Rechtsangelegenheiten, beraten bezüglich des Vertragsmanagements und liefern Informationen für die Stakeholder.

HAUSTECHNIK

Die Gruppe der Haustechnik bewirtschaftet die Gebäude und Liegenschaften des AIP und ist für die Instandhaltung verantwortlich. Die Beschäftigten 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

Der Gruppe Bauangelegenheiten obliegt insbesondere die Planung und Umsetzung von Instandsetzungsmaßnahmen für die zum Teil denkmalgeschützten und historisch wertvollen Gebäude des AIP. Besonderes Highlight im Jahr 2024/25 war die Fertigstellung und der Bezug des Neubaus „Maria-Margaretha-Kirch-Haus“ mit rund 100 Büroarbeitsplätzen, einem Konferenzbereich und der Kantine „Astro-Bistro“.

FINANCE AND PROCUREMENT

The Finance and Procurement division is divided into four teams. The Financial and Asset Accounting is responsible for bookkeeping and payment transactions, tax matters, and the annual financial statements. It also manages the budget funds allocated to AIP by the federal and state governments as well as the Johann-Wempe-Foundation assets entrusted to the AIP. Third-party Funding and Research Management supports scientist in acquiring and auditing numerous research projects and third-party funded projects. The Procurement and Contracting team handles procurement processes, some of which require complex tendering and award procedures. The employees are also responsible for customs matters and manage the central invoice receipt. Controlling completes this division's portfolio and is ultimately responsible for the financial management of the institute by means of planning and cost accounting as well as internal and external reporting.



Das 2025 neu eingeweihte Gebäude trägt den Namen „Maria-Margaretha-Kirch-Haus“, nach der ersten Astronomin, die einen Kometen entdeckte.

The building, which will be inaugurated in 2025, is named the 'Maria-Margaretha-Kirch-Haus', after the first female astronomer to discover a comet.

PERSONNEL AND LEGAL AFFAIRS

The employees of the Personnel and Legal Affairs group focus primarily on human resources management and social services. They are also responsible for the entire range of tasks related to business travel. In addition to numerous individual personnel matters, they review legal issues, advise on contract management and provide information to stakeholders.

BUILDING SERVICES

The Building Services group manages the AIP's buildings and properties and is responsible for maintenance. Employees monitor and implement maintenance and repair plans for all areas of building technology, while keeping an eye on costs. Building services is also responsible for the vehicle fleet and all inspections of electrical equipment and systems. Aspects relating to occupational safety, health and environmental protection are taken into account.

BUILDING SUPERVISION

The Building Supervision is responsible in particular for planning and implementing repair measures for the AIP's buildings, some of which are listed and of historical value. A particular highlight in 2024/25 was the completion and occupancy of the new building called 'Maria-Margaretha-Kirch-Haus' with around 100 office workstations, a conference area and the canteen 'Astro-Bistro'.



*Mitarbeitende der Verwaltung
Members of the Administration*

Die partielle Sonnenfinsternis im März 2025 lockte Jung und Alt auf den Campus Babelsberg.

The partial solar eclipse in March 2025 attracted young and old guests to the Babelsberg research campus.



Presse- und Öffentlichkeitsarbeit Public Relations

In den Jahren 2024 und 2025 präsentierte das AIP seine Forschung der Öffentlichkeit durch eine Vielzahl von Veranstaltungen, Outreach-Aktivitäten und Medieninitiativen. Historische Jubiläen, internationale Besuche und wissenschaftliche Meilensteine prägten das Veranstaltungsprogramm und ermöglichten vielfältige Einblicke in die Arbeit des Instituts. Mehr als 20.000 Besucherinnen und Besucher nahmen an Veranstaltungen vor Ort teil, während digitale Formate Millionen von Zuschauerinnen und Zuschauern erreichten.

During 2024 and 2025, the AIP continued to actively engage with the public through a wide range of events, outreach activities, and media initiatives. From historical anniversaries to international visits and major scientific milestones, the institute opened its locations and offered insights into its research to diverse audiences. More than 20,000 visitors attended events on site, while digital formats reached millions of viewers, demonstrating the strong public interest in astronomy.

TEAM

Janine Fohlmeister (head)
Tilo Bergemann
Kristin Riebe
Sophia Zariouto
Lisa Löhnert

EVENTS UND VERANSTALTUNGEN

Im Berichtszeitraum wandte sich das AIP mit zahlreichen Veranstaltungsformaten an Astronomieinteressierte, Familien, Schulklassen, Multiplikatorinnen und Multiplikatoren sowie Medienvertretende. In über 70 Führungen sowie bei mehr als 50 öffentlichen Vorträgen und Beobachtungsabenden stellte das Institut zentrale Forschungsprojekte vor. Veranstaltungen wie Führungen, Beobachtungsabende am Großen Refraktor, die Lange Nacht der Astronomie und die Babelsberger Sternennächte lockten mehr als 20.000 Besucherinnen und Besucher an. Die virtuellen Sternennächte auf YouTube verzeichneten mehr als 3 Millionen Aufrufe. Forschende des Instituts engagierten sich darüber

hinaus in Outreach-Formaten wie Book a Scientist sowie in Vorträgen und Schulbesuchen, um astronomisches Wissen einer breiten Öffentlichkeit zugänglich zu machen.

Am 4. Mai 2024 öffnete der Wissenschaftspark „Albert Einstein“ für den 11. Potsdamer Tag der Wissenschaften und verzeichnete 6700 Besuchende. Das AIP war einer der Gastgeber der Telegrafenberginstitute und bot ein vielfältiges Programm anlässlich von 150 Jahren Astrophysik auf dem Telegrafenberg. Besuchende hatten die Möglichkeit zur Besichtigung des Einsteinturms, des Großen Refraktors und des Michelson-Kellers. Ebenso fand im Großen Refraktor eine Festveranstaltung statt. Dabei wurde auch das 125-jährige Jubiläum des Großen Refraktors gewürdigt.



Im Juni 2024 besuchte der nepalesische Präsident Ram Chandra Paudel im Rahmen seines Staatsbesuchs den Großen Refraktor und im Juli 2024 war die thailändische Prinzessin Maha Chakri Sirindhorn gemeinsam mit einer Delegation am AIP zu Gast. Ein besonderer Höhepunkt des Jahres 2024 war das 100-jährige Jubiläum des Einsteinturms. Am 8. September 2024 lud das AIP im Rahmen des Tags des offenen Denkmals zahlreiche Gäste ein und öffnete die Türen des umfassend restaurierten Sonnenobservatoriums für die Öffentlichkeit. Brandenburgs Wissenschaftsministerin Dr. Manja Schüle würdigte das Bauwerk mit einer feierlichen Rede. Am 19. Oktober 2024 lockte die Lange Nacht der Astronomie im Großen Refraktor zahlreiche kleine und große Besucherinnen und Besucher auf den Telegrafenberg. Eine Mischung aus historischem Theater und aktuellen Forschungseinblicken schuf eine besondere Atmosphäre, in der die Faszination der Astronomie unmittelbar erlebbar wurde.

nutzten die Gelegenheit, das Himmelsschauspiel gemeinsam mit den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern zu verfolgen. Am 28. Mai 2025 wurde das nach der ersten Astronomin der Berliner Sternwarte benannte Maria-Margaretha-Kirch-Haus auf dem Campus Potsdam-Babelsberg festlich eröffnet.



Bei der Lange Nacht der Astronomie 2024 nahmen historische Persönlichkeiten aus der Institutsgeschichte, gespielt von Mitarbeitenden des AIP, das Publikum mit auf eine Zeitreise.

At the Long Night of Astronomy 2024, historical figures from the institute's history, played by AIP employees, took the audience on a journey through time.



Der Einsteinturm feierte beim Tag des offenen Denkmals im September 2024 sein 100 jähriges Jubiläum.

The Einstein Tower celebrated its 100th anniversary at the Day of Open Monuments in September 2024. – Credit: AIP/T. Spikermann

Im Jahr 2025 jährte sich die Gründung der Berliner Sternwarte – eines der Vorgängerinstitute des AIP – zum 325. Mal. Das AIP nahm in diesem Jahr nach längerer Pause wieder die beliebten Babelsberger Sternennächte mit Live-Vortrag, Führungen über den Campus und Beobachtungen an den historischen Teleskopen auf. Die partielle Sonnenfinsternis am 29. März 2025 zog viele Gäste auf den Campus Babelsberg. Das AIP öffnete seine Türen und bot ein umfangreiches Programm mit Fachvorträgen sowie Live-Beobachtungen an Teleskopen. Mehr als 300 Besucherinnen und Besucher

Ein Meilenstein des Jahres 2025 war die Fertigstellung und der Versand des Instruments 4MOST. Am 10. Juni 2025 lud das AIP vor dem Transport zum Paranal-Observatorium in Chile zu einer Sonderveranstaltung ein, bei der Medienvertreterinnen und -vertreter einen Blick hinter die Kulissen des herausragenden Instruments werfen konnten. Am 23. Juli 2025 besuchte die niederländische Botschafterin in Deutschland, Hester Somsen, gemeinsam mit einer Delegation das AIP.



Führung mit Erklärungen zur Geschichte des Instituts beim Sommerfest
Guided tour with information about the history of the institutes at the Summer party

Im Rahmen einer von OpTecBB organisierten Veranstaltung erhielten die Gäste im Großen Refraktor und im Einsteinturm Einblicke in aktuelle Entwicklungen der Optik- und Photonikforschung in der Region Berlin-Brandenburg.

AIP IN DEN MEDIEN

In den Jahren 2024 und 2025 veröffentlichte das AIP insgesamt 50 Pressemitteilungen und Notizen zu wissenschaftlichen Erkenntnissen, Projektfortschritten und öffentlichen Veranstaltungen. Ergänzend zu klassischen Medienformaten trugen Vorträge auf internationalen Konferenzen, Social-Media-Aktivitäten und digitale Beiträge dazu bei, die Reichweite des Instituts national und international zu erhöhen. Die kontinuierlich ausgebaut Medienpräsenz spiegelte sich in Berichten und Interviews in regionalen, überregionalen und internationalen Medien wider, darunter *Tagesschau*, *Deutschlandradio*, *ntv*, *Tagespiegel*, *Zeit*, *Frankfurter Allgemeine Zeitung*, *Spiegel* und *Nature*. Projekte wie die Fertigstellung und Inbetriebnahme von 4MOST, die Einweihung des Maria-Margaretha-Kirch-Hauses und die Jubiläumsveranstaltung des Einsteinturms erzielten besonders hohe Aufmerksamkeit und unterstrichen die Rolle des AIP als führendes astrophysikalisches Forschungsinstitut.



*Ein knapp zwei Meter großer Mond erfreute sich großer Beliebtheit.
A nearly two-metre-tall model of the moon was very popular.*

NACHWUCHSFÖRDERUNG

Im April 2024 und 2025 erhielten Mädchen im Alter von 11 bis 16 Jahren im Rahmen des Girls' Day/ Zukunftstag Brandenburg Einblicke in den Alltag des Instituts. Ziel des Programms ist es, das Interesse an Physik, Mathematik und Informatik zu fördern und Mädchen naturwissenschaftliche Berufsfelder näherzubringen. Darüber hinaus organisierte das AIP im Berichtszeitraum zahlreiche Führungen und Vorträge,



*Der Große Refraktor wird für den Beobachtungsabend vorbereitet.
The Great Refractor is being prepared for the observation evening.*

die sich gezielt an Schulklassen und Kitagruppen richteten. Zusätzlich absolvierten 55 Schülerinnen und Schüler ein Praktikum am AIP und erhielten so praxisnahe Einblicke in die Astrophysik.

EVENTS AND ACTIVITIES

During the reporting period, AIP addressed astronomy enthusiasts, families, school classes, multipliers, and media representatives through numerous event formats. In more than 70 guided tours as well as over 50 public lectures and observing nights, the institute presented its key research projects.

Events such as guided tours, public observing evenings at the Great Refractor, the Long Night of Astronomy, and the Babelsberg Starry Nights attracted more than 20,000 visitors. The virtual Starry Nights streamed on YouTube reached more than 3 million views. Researchers at the institute also engaged in outreach formats such as Book a Scientist, as well as lectures and school visits, making astronomical knowledge accessible to a broad public.

On May 4, 2024, the Albert Einstein Science Park hosted the 11th Potsdam Science Day and welcomed 6700 visitors. AIP was one of the host institutions on Telegrafenberg and presented a diverse program celebrating 150 years of astrophysics on Telegrafenberg. Visitors were able to explore the Einstein Tower, the Great Refractor, and the Michelson Cellar. A festive ceremony also took place at the Great Refractor. The event also marked the 125th anniversary of the Great Refractor.

In June 2024, Nepalese President Ram Chandra Paudel visited the Great Refractor during his state visit to Germany.



Der Nepalesische Staatspräsident auf dem Telegrafenberg im Juni 2024.

President of Nepal visited the Telegrafenberg in June 2024.

Credit: Reinhardt und Sommer

In July 2024, the Thai Princess Maha Chakri Sirindhorn and her delegation visited AIP.

A major highlight of 2024 was the 100th anniversary of the Einstein Tower. On September 8, 2024, AIP invited the public to visit the extensively restored solar observatory as part of the Open Monument Day. Brandenburg's Minister of Science, Dr. Manja Schüle, honoured the historic building with a ceremonial speech.

On 19th October, 2024, the Long Night of Astronomy at the Great Refractor attracted many visitors of all ages to Telegrafenberg. A combination of historical theatre and insights into current research created a unique atmosphere in which the fascination of astronomy could be experienced first-hand.

In 2025, the founding of the Berlin Observatory – one of AIP's predecessor institutions – marked its 325th anniversary. After a longer break, AIP resumed the popular Babelsberg Starry Nights, featuring live lectures, guided tours across the campus, and observations with historic telescopes.

The partial solar eclipse on March 29, 2025 attracted many guests to the Babelsberg campus. AIP opened its doors and offered an extensive program including expert lectures and live telescope observations. More than 300 visitors took the opportunity to experience the celestial event together with the institute's scientists.

On 28th May, 2025, the Maria Margaretha Kirch Haus, named after the first female astronomer of the Berlin Observatory, was officially inaugurated on the Potsdam-Babelsberg campus. A major milestone in 2025 was the completion and shipment of the 4MOST instrument. On 10 June 2025, the AIP hosted a special event inviting media representatives to take a look behind the scenes of this outstanding instrument before it was transported to the Paranal Observatory in Chile. On July 23, 2025, the Dutch Ambassador to Germany, Hester Somsen, visited AIP together with a delegation.

As part of an event organized by OpTecBB, the guests gained insights into current developments in optics and photonics research in the Berlin-Brandenburg region at the Great Refractor and the Einstein Tower.

AIP IN THE MEDIA

In 2024 and 2025, AIP published a total of 50 press releases and announcements covering scientific results, project developments, and public events. In addition to traditional media formats, lectures at international conferences, social media activities, and digital content contributed to increasing the institute's national and international visibility. The expanding media presence was reflected in reports and interviews in regional, national, and international outlets, including *Tagesschau*, *Deutschlandradio*, *ntv*, *Tagesspiegel*, *Die Zeit*, *Frankfurter Allgemeine Zeitung*, *Der Spiegel*, and *Nature*. Projects such as the completion and commissioning of 4MOST, the inauguration of the Maria-Margaretha-Kirch-Haus, and the Einstein Tower anniversary celebrations attracted particularly strong attention and highlighted AIP's role as a leading institute in astrophysical research.

PROMOTING YOUNG TALENT

In April 2024 and 2025, girls aged 11 to 16 were given an insight into the institute's work as part of Girls' Day / Zukunftstag. The aim of the programme is to promote interest in physics, mathematics and computer science and to introduce girls to careers in the natural sciences. Altogether, during the reporting period, the AIP organised numerous guided tours and lectures specifically aimed at school classes and nursery groups. In addition, 55 school students completed an internship at the AIP, gaining practical insights into astrophysics.



Mitarbeitende der Presse- und Öffentlichkeitsarbeit

Members of the Public Relations

AIP im Überblick

AIP at a glance







15

Millionen Euro Gesamtbudget 2025
Million euro Total Budget 2025



11

Millionen Euro Drittmittel 2025
Million euro Third-Party Funding 2025



4



4



Wissenschaftlicher Beirat
Science Advisory Board

4



Kuratorium
Board of Trust

240



Gesamtpersonal
Total Staff

86



Personal (International)
Staff (International)

55



Praktikanten
Interns

331



Publikationen
Publications

244



Referierte Zeitschriftenartikel
Peer-reviewed journal

7



ERC Grants
ERC Grants

3



Leibniz-Junior Research Groups
Leibniz Collaborative Excellence

Die angegebenen
Zahlen beziehen sich
auf das Jahr 2024.

The figures given are
for the year 2024.

3.000.000



YouTube Aufrufe

YouTube views

445



AIP in den Medien

AIP in the Media

50



Pressemitteilungen

Press releases

28



**Babelsberger
Sternennächte**

> 70



Führungen

Guided tours

> 20.000



Besucherinnen und Besucher bei Veranstaltungen

Guests at public events

> 6000



Besucherinnen und Besucher im Großen Refraktor

Guest at the Great Refractor

Ø 250–1200



Tierische Besucher auf dem AIP-Campus:

Füchse, Eichhörnchen, Singvögel, Waschbär

Wildlife visitors on the AIP campus:

foxes, squirrels, songbirds, and raccoons

24



Vollmonde

Full moons

Ø 100



Sternenklare Nächte in Babelsberg

Starlit nights in Babelsberg

1



Partielle Sonnenfinsternis

Partial solar eclipse

1



Planetenparade

Parade of Planets

0



Alien

Alien

2024

DISSERTATIONEN | DISSERTATIONS

Judy Chebly: An inside out view of the coronae and winds of cool stars – K. Poppenhäger, J. Alvarado-Gomez, S. Geier (Uni Potsdam)

Laura Ketzer: The impact of stellar activity evolution on atmospheric mass loss of young exoplanets – K. Poppenhäger

Amy Miller: From fractals to relaxed clusters: hierarchical star formation in the Large Magellanic Cloud – M. Cioni

Dalal El Youssoufi: Stellar populations, Morphology and Kinematics of the Magellanic Clouds – M. Cioni

MASTERARBEITEN | MASTER THESIS

Umang Ahlawat: Testing the Inner Slope (γ) Dark Matter Halo Profile Predictions in nearby Dwarf Galaxies – D. Krajinovic, L. Wisotzki

Kilby Coleman: Extracting Information on Exoplanets from Transit Spectroscopy Utilizing Deep Learning – K. Poppenhäger, T. Carroll

Jeicot Delgado Gomez: Search for stellar merger debris in the Milky Way galaxy based on cosmological simulations and AI approaches – M. Steinmetz, R. de Jong

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

Naoise Holmes: On the dark matter halos of massive galaxies under baryon-driven contraction – M. Pawlowski

Prem Kumar: The Effect of Measurement Uncertainties on the Inferred Stability of Planes of Satellite Galaxies – M. Pawlowski

Alyssa Mayer: CHara ARray Integrated Optics Testbench (CHARIOT) for ultrafast laser written astrophotonic beam combiners – K. Madhav, A. Dinkelaker

Shreeya Nadgowda: Cosmic Bulk Flows: Measuring the Geometrical Effects - N. Libeskind, P. Richter (Uni Potsdam)

Carlos Rodriguez Alvarez: Entwicklung und Untersuchung eines Temperaturkompensators für Faser Bragg-Gitter zur Anwendung in der Astronomie – A. Rahman

Silvia Rueda Vargas: Characterization of the structure of the AGN torus through time-resolved X-ray spectroscopy – M. Krumpe

Julian Rypalla: On the large quantity fabrication and reproducibility of all-fiber photonic lanterns – P. Richter (Uni Potsdam), K. Madhav

Nele Stachlys: Feedback-regulated Lyman continuum leakage in cosmological simulations – E. Puchwein, C. Pfrommer

Sreepriya Vijayasree: Internal kinematics of the Large Magellanic Cloud based on Stellar Proper Motions from the VISTA Survey of the Magellanic Clouds – F. Niederhofer, M. Cioni

BACHELORARBEITEN | BACHELOR THESIS

Kira Knauff: Symbiotic binaries in the eROSITA All-Sky survey – A. Schwöpe

Emily Löbnitz: A Study of Solar Differential Rotation and Limb-darkening in α -Sunspots – C. Denker

Laurent Stütz: Polars in the eROSITA All-Sky survey – A. Schwöpe

2025

DISSERTATIONEN | DISSERTATIONS

Daniel Bodenmüller: Generation and Stabilization of Frequency Combs in Nonlinear Microring Resonators: Fundamentals and Applications to Astronomy – M. Roth, K. Madhav

Malte Bröse: Multi-wavelength solar flare analyses: Magnetic connectivity of coronal loops and flare-accelerated electrons – C. Vocks

Robert Kamlah: From Flux Emergence to Decay – A High Resolution Study of Sunspots – M. Verma, C. Denker

Jan Kurpas: Unveiling the X-ray faint end of the isolated neutron star population – A. Schwöpe

Rouven Lemmerz: Towards a Plasma-Physical Understanding of Cosmic Ray Streaming and Diffusion – C. Pfrommer, M. Shalaby

Samir Nepal: Study of time-dependent properties of Milky Way galaxy using spectroscopic surveys – C. Chiappini, M. Steinmetz

Eleftheria Sarafidou: Hall-MHD and magnetized winds in protoplanetary disks – O. Gressel

Erasmus Trentin: High Resolution Spectroscopy of Classical Cepheids and multiwavelength calibration of PLZ and PWZ relations – J. Storm, M. Cioni

Joseph Whittingham: Merging galaxies and clusters: Insights into the role of magnetic fields and the physics of radio relics – C. Pfrommer

MASTERARBEITEN | MASTER THESIS

Hasan Alirzayev: Tracing Galactic Outflows Through Observations of Extended Fe II Emission in High Redshift Galaxies – I. Pessa, L. Wisotzki

Sabina Bahic: Statistical study of changing-state AGN candidates detected between the first two eROSITA all-sky scans – M. Krumpe

John Paul Bernaldez: The effect of radial migration on the estimated star formation history in TNG50 Milky Way – I. Minchev

Niklas Dusch: The Impact of Realistic Galaxy Orbits on Jellyfish Galaxy Properties – E. Puchwein, C. Pfrommer

Arooj Faryad: Automatic Detection of Ellerman Bombs in the Strong Chromospheric Absorption Line H α – C. Denker, A. Pietrow

Nandini Jain: Investigating the exoplanetary atmosphere of HAT-P-30 b – K. Poppenhaeger, H. M. J. Boffin, J. Zak

Amrit Sedain: Dynamical Modeling and Evolution of Simulated Galaxies: A Comparative Study Using Jeans Axisymmetric Models and N-Body Simulations – N. Kacharov, M. Cioni

Emily St. Pier: Understanding the Relative Velocity Peak of Isolated Galaxy Pairs – M. Pawłowski

Cinta Vidante: Localizing a giant flare on a young scallop-shell star – K. Poppenhäger, E. Il'in

BACHELORARBEITEN | BACHELOR THESIS

Tobias Czarschka: Determining the star formation history of galaxies based on their spectral energy distribution – R. Augustin, L. Wisotzki

Thijs Dorhout: A Quantitative Evaluation of the Influence of the Magnetic Field Strength on the Energy Balance of Polars – A. Schwöpe

Mareike Gerstl: Do AGN Feedback and Halo Mass Regulate the Growth of their Host Galaxy and Cause it to Quench? – M. Powell, L. Wisotzki

Elisabeth Nehiba: Correlations Between X-ray and IR Variability in X-ray-selected Changing-look AGN – M. Krumpe

Zuzanna Ryduchowska: Structure and formation of the Milky Way disks – L. Marques

Enrico Strauss: Enhancing Data Workflows and Reproducibility with LLM Agents – A. Grüning (Hochschule Stralsund), A. Khalatyan

Preise und Auszeichnungen Awards and Honours

Das Leibniz-Institut für Astrophysik Potsdam (AIP) konnte im Berichtszeitraum zahlreiche Erfolge in der Einwerbung von Fördermitteln sowie bei nationalen und internationalen Auszeichnungen verzeichnen.

The Leibniz Institute for Astrophysics Potsdam (AIP) achieved many successes in the reporting period in terms of funding and national and international awards.



Für ihre Forschung zur Bewohnbarkeit von Exoplaneten und ihrem engen Zusammenhang mit Weltraumwetterphänomenen erhielt Dr. Ilin den Publikationspreis des Leibniz-Kollegs.

Dr Ilin has been awarded the Leibniz College Publication Prize for her research on the habitability of exoplanets and the close link between this and space weather phenomena.

LEIBNIZ-PUBLIKATIONSPREIS LEIBNIZ PUBLICATION PRIZE

Im Rahmen des Leibniz-Kollegs wurde der Publikationspreis 2024 an Dr. Ekaterina Ilin verliehen. Ausgezeichnet wurde ihre Doktorarbeit zur Bewohnbarkeit von Exoplaneten und dem Einfluss von Weltraumwetterphänomenen. Ihre Forschung zeigt eindrucksvoll, wie stellare Flares – insbesondere bei M-Zwerg-Sternen – die Atmosphären umlaufender Exoplaneten beeinflussen und damit entscheidende Rückschlüsse auf deren potenzielle Lebensfreundlichkeit zulassen.

As part of the Leibniz College, the renowned Publication Award 2024 was presented to Dr. Ekaterina Ilin. She was honored for her doctoral thesis on the habitability of exoplanets and the influence of space weather phenomena. Her research provides impressive evidence of how stellar flares – especially those from M dwarf stars – affect the atmospheres of orbiting exoplanets, thereby allowing crucial conclusions to be drawn about their potential suitability for life.

BESSEL-FORSCHUNGSPREIS BESSEL RESEARCH PRIZE

Anerkennung für seine Forschung erhielt im September 2025 Dr. Alexis Rouillard. Ihm wurde von der Alexander von Humboldt-Stiftung der Bessel-Forschungspreis verliehen.



Am AIP plant Dr. Rouillard, das Wissen über die Entstehung und Variabilität des Sonnenwinds entscheidend voranzubringen und damit das Verständnis dieses stellaren Phänomens zu erweitern.

At the AIP, Dr Rouillard plans to make significant progress in our understanding of the origins and variability of the solar wind, expanding our knowledge of this stellar phenomenon.

Mit diesem Preis setzt er seine Forschungen zum Sonnenwind am AIP fort. Der Preis wird jährlich an herausragende Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler vergeben und vom Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt gefördert.

Dr. Alexis Rouillard received recognition for his research in September 2025. He was awarded the Friedrich-Wilhelm-Bessel Research Award by the Alexander von Humboldt Foundation. With this award, he will continue his research on solar wind at the AIP. The award is presented annually to outstanding international scientists and is sponsored by the Federal Ministry of Research, Technology, and Space.

NACHWUCHSFÖRDERUNG WISER-PROGRAMM PROMOTING YOUNG TALENTS WITH WISER

Im Bereich der internationalen Nachwuchsförderung wurde Dr. Meetu Verma als Preisträgerin des WISER-Programms 2025 ausgezeichnet, einer gemeinsamen Initiative der deutschen und indischen Forschungsministerien. Gemeinsam mit Dr. Nitin Yadav (IIT Delhi) untersucht sie im Projekt „Spinning Secrets of the Sun“ die Dynamik von Wirbelstrukturen in der Sonnenatmosphäre durch die Kombination hochaufgelöster Beobachtungen und moderner Simulationen.

In the field of international young talent promotion, Dr. Meetu Verma was awarded the WISER Program 2025 prize, a joint initiative of the German and Indian research ministries. Together with Dr. Nitin Yadav (IIT Delhi), she investigates the dynamics of vortex structures in the solar atmosphere in the 'Spinning Secrets of the Sun' project by combining high-resolution observations and modern simulations.



Dr. Verma gehört zu den Preisträgerinnen des WISER-Programms.

Dr Verma is one of the winners of the WISER programme.

PREIS DER PHYSIKALISCHEN GESELLSCHAFT ZU BERLIN PRIZE OF THE BERLIN PHYSICAL SOCIETY

Dr. Joseph Whittingham erhielt im Dezember 2025 den Preis der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin e.V. für seine am AIP entstandene Dissertation. Seine Arbeit liefert wichtige neue Erkenntnisse zur Rolle magnetischer Felder bei Galaxienverschmelzungen sowie zur Entstehung von Radio-Relikten in Galaxienhaufen.

In December 2025, Dr. Joseph Whittingham received the award from the Physikalische Gesellschaft zu Berlin e.V. (Berlin Physical Society) for his dissertation, completed at the AIP. His work provides important new insights into the role of magnetic fields in galaxy mergers and the formation of radio relics in galaxy clusters.

Dr. Whittingham erhielt den Preis der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin e.V. für seine Doktorarbeit.

Dr Whittingham has been awarded the prize of the Berlin Physical Society for his doctoral thesis.



Mit der Nachwuchsgruppe von Dr. Cullinane beherbergt das AIP nun drei Leibniz-Nachwuchsgruppen.

With Dr Cullinane's early-career research group, the AIP now hosts three Leibniz junior research groups.



LEIBNIZ JUNIOR RESEARCH GROUP

Dr. Lara Cullinane bewarb sich erfolgreich um die Förderung im Leibniz Junior Research Group Programm, um die Entwicklung der Magellanschen Wolken zu erforschen. Die Nachwuchsgruppe nahm ab 2026 ihre Arbeit auf. Mit Hilfe des 4MOST-Instruments soll entschlüsselt werden, wie sich die beiden Begleitgalaxien der Milchstraße über Milliarden von Jahren gebildet, entwickelt und gegenseitig beeinflusst haben.

Dr. Lara Cullinane successfully applied for funding within the Leibniz Junior Research Group programme to investigate the development of the Magellanic Clouds. The junior research group began its work in 2026. Using the 4MOST instrument, it aims to decipher how the two companion galaxies of the Milky Way formed, evolved and interacted with each other over billions of years.

PROJEKTE / PROJECTS

Das AIP-Projekt „InSpec“ war 2024 im Leibniz-Wettbewerb erfolgreich. Unter Leitung von Roelof de Jong entwickelt das Projekt innovative Faserpositionierungssysteme für spektroskopische Himmelsdurchmusterungen. Zudem erhielt das Verbundprojekt PICS4SENS 3,4 Mio. Euro Förderung zur Weiterentwicklung photonischer Schaltkreise. Ein weiterer Meilenstein ist die Finanzierung der Konzeptstudie für das Wide Field Spectroscopic Telescope. Zudem zeichnete der Europäische Forschungsrat (ERC) das Projekt „Evaporator“ zur Erforschung von Exoplaneten von Prof. Dr. Katja Poppenhäger mit einer Fördersumme von 2 Millionen Euro aus.

The AIP project 'InSpec' was successful in the Leibniz Competition 2024. Led by Roelof de Jong, it develops advanced fiber-positioning systems for spectroscopic sky surveys. The joint project PICS4SENS also received 3.4 million euro to advance photonic circuits. Another milestone is the funded concept study for the Wide Field Spectroscopic Telescope. In addition, the European Research Council (ERC) has awarded a grant of €2 million to Prof. Dr Katja Poppenhäger's 'Evaporator' project for exoplanet research.

Tagungen Conferences

Im Verlauf des Berichtszeitraum führte das AIP zahlreiche wissenschaftliche Tagungen und Konferenzen mit nationalen und internationalen Gästen durch. Die Veranstaltungen dienten dem fachlichen Austausch und der Vernetzung in verschiedenen Bereichen der Astrophysik.

During the reporting period, the AIP organised many scientific meetings and conferences which brought together national and international guests. These events allowed participants to exchange expertise and network across various fields of astrophysics.

ESO COUNCIL MEETING

Das 105. ESO Committee of Council Meeting fand am 8. und 9. Oktober 2024 am AIP in Potsdam statt. Das Gremium besteht aus Vertretern der Mitgliedstaaten der ESO und ist eines der höchsten Entscheidungsgremien der Organisation. Zu seinen Hauptaufgaben zählen die strategische Planung einschließlich neuer Teleskopprojekte.

The 105th ESO Committee of Council Meeting took place at the AIP in Potsdam on 8 and 9 October 2024. The Council includes representatives from ESO member states and is one of the organization's highest decision-making bodies. Its main tasks include strategic planning, including new telescope projects.

LBT BOARD MEETING

Das AIP begrüßte am 28. und 29. Oktober 2024 das Board of Directors des Large Binocular Telescope (LBT) in Potsdam. Die Veranstaltung brachte Vertreterinnen und Vertreter der internationalen Partnerinstitutionen zusammen und bot einen wichtigen Rahmen für den wissenschaftlichen und organisatorischen Austausch innerhalb des LBT-Kollaboration.

On 28 and 29 October 2024, the AIP welcomed the Board of Directors of the Large Binocular Telescope (LBT) to Potsdam to exchange ideas. The event brought together members of the international partner institutions and provided an important platform for scientific and organisational exchange between the LBT collaboration.

GAIA CU3 PLENARY MEETING

Zum 19. jährlichen Arbeitstreffen der Gaia Coordination Unit 3 vom 13. bis 15. November 2024 kamen 49 Mitglieder am AIP zusammen und diskutierten über die Kerndatenverarbeitung der Gaia-Mission.

For the 19th annual working meeting of Gaia Coordination Unit 3, held from 13 to 15 November 2024, 49 members gathered at the AIP to discuss the core data processing of the Gaia mission.

19TH MHD DAYS

66 Teilnehmende kamen vom 2. bis 4. Dezember 2024 am AIP zu den 19. MHD Days zusammen. Im Mittelpunkt standen Forschungsfragen der Magnetohydrodynamik, insbesondere zu Turbulenz, Konvektion und Magneto-Rotations-Instabilitäten. Es wurden aktuelle Ergebnisse sowie neue Ansätze zur Modellierung vorgestellt. Die Tagung bot einen Rahmen für den wissenschaftlichen Austausch und die Vernetzung.

66 participants gathered at the AIP for the 19th MHD Days from 2 to 4 December 2024. The focus was on research questions in magnetohydrodynamics, particularly regarding turbulence, convection and magneto-rotational instabilities. Recent findings and new modelling approaches were presented. The conference provided a forum for scientific exchange and networking.



*Teilnehmende der MHD Days
MHD Days participants*

EXCOSM COMPUTING SCHOOL

Im Rahmen der EXCOSM Computing School vom 19. bis 20. März 2025 lernten 30 Teilnehmende computerbasierte Techniken zur Simulation astrophysikalischer Phänomene.

As part of the EXCOSM Computing School from 19 to 20 March 2025, 30 participants learned computer-based techniques for the simulation of astrophysical phenomena.



Teilnehmende des 18. AIP Thinkshop im Juli 2025.
Participants of the 18th AIP Thinkshop in July 2025.

AIP THINKSHOP

Der 18. Potsdamer Thinkshop brachte 149 Teilnehmende am AIP zusammen. Im Mittelpunkt der Veranstaltung, die vom 14. bis 18. Juli 2025 stattfand, stand die Rolle von Feedbackprozessen bei der Entstehung und Entwicklung von Galaxien. Diskutiert wurden unter anderem die Auswirkungen von Supernova-Explosionen, aktiven Galaxienkernen und kosmischer Strahlung aus theoretischer und beobachtender Perspektive. Der Thinkshop bot zugleich Raum für den intensiven Austausch aktueller Forschungsergebnisse und neuer wissenschaftlicher Impulse.

The 18th Potsdam Thinkshop gathered 149 participants at the AIP. The event, which took place from 14 to 18 July 2025, focused on the role of feedback processes in the formation and evolution of galaxies. Among other topics, the effects of supernova explosions, active galactic nuclei and cosmic rays were discussed from both theoretical and observational perspectives. The Thinkshop also provided a forum for the intensive exchange of current research findings and new scientific ideas.



Das SITX-Meeting fand im Oktober 2025 statt.
The SITX meeting took place in October 2025.

STIX TEAM-MEETING 2025

Im STIX Team-Meeting 2025 vom 6. bis 9. Oktober 2025 besprachen 25 Teilnehmende den aktuellen Stand des Instruments an Bord des Solar Orbiter und die neuesten Beobachtungen. Darüber hinaus wurden wissenschaftliche Ergebnisse vorgestellt sowie die zukünftige Strategien abgestimmt.

From 6 to 9 October 2025, 25 participants attended the STIX Team Meeting 2025 to discuss the current status of the instrument on board the Solar Orbiter and the latest observations. Scientific results were also presented, and upcoming strategies were discussed.

PUNCH4NFDI ANNUAL MEETING 2025

Etwa 60 Beteiligte des PUNCH4NFDI Consortiums trafen sich am 19. und 20. November 2025 am AIP zur Besprechung des Projekts der Nationalen Forschungsdaten-Infrastruktur zum Management, zur Bereitstellung und zur Archivierung von Forschungsdaten aus Teilchen-, Kern- und Astrophysik.

Around 60 members of the PUNCH4NFDI Consortium met at the AIP on 19 and 20 November 2025 to discuss the National Research Data Infrastructure project for the management, provision, and archiving of research data from particle, nuclear, and astrophysics.



Das PUNCH4NFDI Consortium / PUNCH4NFDI Consortium



Drohnenaufnahme vom Maria-Margaretha-Kirch-Haus.

Drone image of the Maria-Margaretha-Kirch-Haus. – Credit: Hennemann.com

325 JAHRE HIMMELSBEOBSACHTUNG

Mit dem 1700 erteilten Kalenderpatent und der damit verbundenen Gründung der Berliner Sternwarte begann eine bis heute andauernde astronomische Forschungsreise. Im Jahr 2025 blickte das AIP als deren Nachfolger auf 325 Jahre astronomische Forschung zurück. Zu den bedeutenden Persönlichkeiten der frühen Sternwartengeschichte gehört Maria Margaretha Kirch (1670–1720), die gemeinsam mit ihrer Familie an der Berliner Sternwarte wirkte. Sie gilt als erste Frau, die einen Kometen entdeckte und leistete wichtige Beiträge zur astronomischen Beobachtung und Kalenderberechnung. Auch bildete sie ihre drei Kinder, die später alle astronomisch tätig waren, in der Sternenkunde aus. Mit der Einweihung des Maria-Margaretha-Kirch-Hauses im Jahr 2025 schaffte das AIP eine Brücke zwischen Vergangenheit und Zukunft. Der Neubau erweitert die Infrastruktur um dringend benötigte rund 100 Büroarbeitsplätze, Besprechungs- und Begegnungsräume, eine Ausstellungsfläche sowie einen Konferenzsaal für bis zu 199 Personen. Benannt nach einer Pionierin der Astronomie würdigt das AIP eine herausragende Wissenschaftlerin und erinnert an die Beiträge von Frauen zur Forschung.

325 YEARS OF OBSERVING THE SKY

With the calendar patent granted in 1700 and the associated founding of the Berlin Observatory, an astronomical research journey began that continues to this day. In 2025, the AIP, as its successor, looks back on 325 years of astronomical research. One of the significant figures in the early history of the observatory is Maria Margaretha Kirch (1670–1720), who worked at the Berlin Observatory together with her family. In 1702, she became the first woman to discover a comet and made important contributions to

astronomical observation and calendar calculation. She also educated her three children in astronomy, all of whom later became astronomers themselves. With the inauguration of the Maria Margaretha Kirch Haus in 2025, the AIP built a bridge between the past and the future. The new building expands the infrastructure with around 100 much-needed office workstations, meeting and collaboration spaces, an exhibition area, and a conference hall for up to 199 people. Named after a pioneer of astronomy, it honours an outstanding scientist and highlights the contributions of women to research.

100 JAHRE EINSTEINTURM

Ein Höhepunkt des Jahres 2024 war das 100-jährige Jubiläum des Einsteinturms. Das einzigartige Baudenkmal verbindet bis heute Wissenschaft, Architektur und Ingenieurskunst. Nach fast einem Jahrhundert Nutzung und der letzten Sanierung Ende der 1990er-Jahre machten umfangreiche Schäden eine erneute Grundinstandsetzung erforderlich. Von 2021 bis 2023 wurden Turm und Kuppel denkmalgerecht restauriert sowie die Außenanlagen nach alten Vorbildern wiederhergestellt. Die Kosten von 1,25 Millionen Euro übernahm die Wüstenrot Stiftung, die bereits die Sanierung in den 1990er-Jahren nennenswert mitfinanziert hatte. Der Einsteinturm ist die erste Einrichtung, die mit Zustimmung Albert Einsteins nach ihm benannt wurde. Er dient bis heute als Sonnenteleskop und wird vom AIP betrieben.



Die brandenburgische Forschungsministerin Dr. Manja Schüle, gratuliert zum 100. Geburtstag des Einsteinturms.

Brandenburg's Minister for Research, Dr Manja Schüle, offers her congratulations on the 100th anniversary of the Einstein Tower.

100 YEARS OF THE EINSTEIN TOWER

Another highlight of 2024 was the 100th anniversary of the Einstein Tower. This unique architectural monument continues to combine science, architecture

and engineering to this day. After almost a century of use and the last renovation in the late 1990s, extensive damage required another major restoration. Between 2021 and 2023, the tower and dome were restored in accordance with heritage conservation principles, and the outdoor areas were rebuilt in keeping with their original designs. The costs of 1.25 million euros were covered by the Wüstenrot Foundation, which had already provided significant funding for the renovation in the 1990s. The Einstein Tower is the first facility to have been named after Albert Einstein with his consent. It continues to serve as a solar telescope to this day and is operated by the AIP.



Matthias Steinmetz, Katja Poppenhäger, Klaus G. Strassmeier, und Wolfram Rosenbach bei der Übergabe im November 2024.

Matthias Steinmetz, Katja Poppenhäger, Klaus G. Strassmeier and Wolfram Rosenbach during the handover in November 2024.

25 JAHRE AM AIP – VERABSCHIEDUNG VON KLAUS G. STRASSMEIER

Mit seiner Pensionierung im Jahr 2025 verabschiedet sich Klaus G. Strassmeier nach einem Vierteljahrhundert prägender wissenschaftlicher Tätigkeit am Leibniz-Institut für Astrophysik Potsdam (AIP). Seit 2000 war er Direktor des Forschungsbereichs „Kosmische Magnetfelder“ und Professor an der Universität Potsdam. Von 2001 bis 2004 hielt er das Amt des wissenschaftlichen Vorstands am AIP inne. Mit seiner wissenschaftlichen Expertise und seinem Engagement für internationale Kooperationen hat er die Entwicklung des AIP maßgeblich mitgestaltet. Der aus Österreich stammende Astrophysiker promovierte 1986. Nach umfangreicher internationaler Forschungstätigkeit wechselte er im Jahr 2000 nach Potsdam. Seine Forschungsschwerpunkte lagen in der Untersuchung stellarer und planetarer Magnetfelder, der Sternaktivität sowie der hochauflösenden Doppler-Spektroskopie und Spektropolarimetrie. Das von ihm maßgeblich geprägte Doppler-Imaging eröffnete neue Einblicke in die Aktivität von Sternen und die Wechselwirkungen zwischen Sternen und ihren Planetensystemen.

Ein herausragender Meilenstein seiner Arbeit ist die Entwicklung des hochpräzisen Spektrografen PEPSI (Potsdam Echelle Polarimetric and Spectroscopic Instrument). PEPSI wurde unter seiner Leitung am AIP entwickelt und ist seit 2015 am Large Binocular Telescope in Arizona im Einsatz. Zudem gestaltete Klaus G. Strassmeier die Entwicklung der robotischen STELLA-Teleskope auf Teneriffa, die seit 2006 Langzeitbeobachtungen ermöglichen. Über seine Forschung hinaus setzte sich Klaus G. Strassmeier für die Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses und die internationale Vernetzung der Astronomie ein. Mit seiner Pensionierung verabschiedet das AIP eine prägende Persönlichkeit der astrophysikalischen Forschung, deren Wirken nachhaltige Spuren hinterlässt.

25 YEARS AT THE AIP – FAREWELL TO KLAUS G. STRASSMEIER

With his retirement in 2025, Klaus G. Strassmeier is saying farewell after a quarter of a century of significant scientific work at the Leibniz Institute for Astrophysics Potsdam (AIP). Since 2000, he has been Director of the ‘Cosmic Magnetic Fields’ research group and a professor at the University of Potsdam. From 2001 to 2004, he also held the scientific director’s position at the AIP. Through his scientific expertise, leadership, and commitment to international cooperation, he has played a key role in shaping the development of the AIP. Born in Austria, Klaus G. Strassmeier completed his doctorate in 1986. After many years of international research, he moved to Potsdam in 2000. His research focused on stellar and planetary magnetic fields, stellar activity, and high-resolution spectroscopy. His pioneering work in Doppler imaging has provided important insights into stellar activity and the interaction between stars and their planetary systems. One of the major achievements of his career was the development of PEPSI (Potsdam Echelle Polarimetric and Spectroscopic Instrument). PEPSI was developed at the AIP under his leadership and has been in operation at the Large Binocular Telescope in Arizona since 2015. Furthermore, Klaus G. Strassmeier oversaw the development of the robotic STELLA telescopes on Tenerife, which have been enabling robotic long-term observations since 2006. In addition to his scientific achievements, Klaus G. Strassmeier has been strongly committed to supporting young researchers and promoting international collaboration in astronomy. With his retirement, the AIP says farewell to an outstanding scientist and visionary whose work has had a lasting impact on astrophysical research.

1700

Einführung des sogenannten „Verbesserten Kalenders“ in den protestantischen Staaten Deutschlands

Introduction of the so-called 'Improved Calendar' in the Protestant states of Germany

1700

Erlass des Kalenderpatents für die neu zu gründende Berliner Sternwarte

Enactment of the calendar patent for the new Berlin Observatory

1700

Berufung Gottfried Kirchs zum ersten Direktor der Sternwarte

Appointment of Gottfried Kirch as first director of the observatory

1700

Gründung der Brandenburgischen Societät

Foundation of the Brandenburg Society



1711

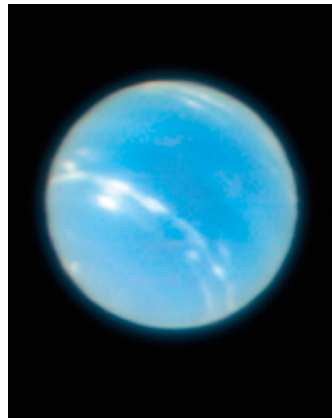
Erstes Sternwartengebäude, Berlin Dorotheenstraße

First observatory in Berlin, Dorotheenstraße

1832-35

Neue Berliner Sternwarte, Architekt: Karl Friedrich Schinkel, Berlin, Lindenstraße

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



1846

Entdeckung des Planeten Neptun durch Johann Gottfried Galle

Discovery of the planet Neptune by Johann Gottfried Galle

1874

Gründung des Astrophysikalischen Observatoriums Potsdam (AOP)

Foundation of the Astrophysical Observatory Potsdam (AOP)

1881

Erster Michelson-Versuch in Potsdam

First Michelson experiment in Potsdam

1886

Entdeckung der Kanalstrahlen durch Eugen Goldstein

Discovery of canal rays by Eugen Goldstein

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 von Sternen durch Hermann Carl Vogel

First photographic determination of the radial velocity of stars by Hermann Carl Vogel

1896

Experimente zum Nachweis der Radiostrahlung der Sonne durch Johannes Wilsing und Julius Scheiner am AOP

Experiments at AOP to find radio emission from the sun by Johannes Wilsing and Julius Scheiner

1899

Fertigstellung des Großen Refraktors (Telegrafenberg)

Completion of the Great Refractor at Potsdam, Telegrafenberg

1904

Entdeckung der interstellaren Materie durch Johannes Hartmann

Discovery of the interstellar matter by Johannes Hartmann

1909

Berufung von Karl Schwarzschild zum Direktor des AOP

Appointment of Karl Schwarzschild as director of the AOP

1911-1913

Bau der Sternwarte in Babelsberg

Construction of the observatory in Babelsberg

1913

Umszug 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

1921-24

Bau des Einsteinsturms auf dem Telegrafenberg

Construction of the Einstein Tower at the Telegrafenberg



1931

Angliederung der Sonneberger Sternwarte an die Sternwarte Babelsberg

Affiliation of the Sonneberg Observatory to the Babelsberg Observatory

1939

Walter Grotrian (AOP) erkennt die hohe Temperatur der Sonnenkorona

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

1947

Übernahme von AOP und Sternwarte Babelsberg durch die Deutsche Akademie der Wissenschaften

Takeover of AOP and Babelsberg Observatory by the German Academy of Sciences



1954

Beginn der Radio-beobachtungen in Trensorf
Commencement of radio observations in Trensorf

1969

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

1992

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

2001

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's appointment as scientific chairman of the AIP

2005

„First Light“ des Large Binocular Telescope (LBT)
Large Binocular Telescope (LBT) 'First Light'

2006

Wiedereröffnung des Großen Refraktors auf dem Telegrafenberg nach der Sanierung
Re-inauguration of the Great Refractor at the Telegrafenberg after renovations

2006

Einweihung der robotischen Teleskope STELLA auf Teneriffa
Inauguration of the robotic telescopes STELLA on Tenerife

2009

Die LOFAR-Station in Potsdam-Bornim wird in Betrieb genommen
LOFAR station in Potsdam-Bornim is being commissioned

2011

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

2012

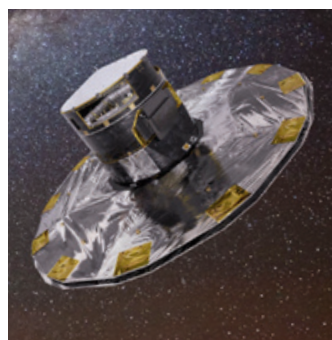
Einweihung des GREGOR Sonnenteleskops auf Teneriffa
Inauguration of the GREGOR solar telescope on Tenerife

2013

Das Weltraumteleskop Gaia startet vom Weltraumbahnhof Kourou
The Gaia space telescope launches from the Kourou spaceport

2014

Gaia beginnt mit der Vermessung der Milchstraße
Gaia begins its survey of the Milky Way



Credit: ESO

2015

„First Light“ des Potsdam Echelle Polarimetric and Spectroscopic Instrument (PEPSI) am LBT
Potsdam Echelle Polarimetric and Spectroscopic Instrument (PEPSI) 'First Light' at LBT



2018

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

2019

Start des eROSITA Röntgenteleskops
Launch of eROSITA X-ray telescope

2020

Start der ESA-Mission Solar Orbiter
Launch of the ESA mission Solar Orbiter

2023

Wiedereröffnung Einsteinturm nach umfassender Sanierung
Reopening of the Einstein Tower after extensive refurbishments

2024

ESO unterzeichnet Vereinbarung zum Bau des ANDES-Spektrographen für das ELT
ESO signs agreement to build ANDES spectrograph for the ELT

2024

Prof. Dr. Katja Poppenhäger wird erste Direktorin am AIP
Prof. Dr. Katja Poppenhäger appointed as first female director at the AIP

2025

Einweihung Maria-Margaretha-Kirch-Haus auf dem Campus Babelsberg
Inauguration of Maria-Margaretha-Kirch building on Campus Babelsberg



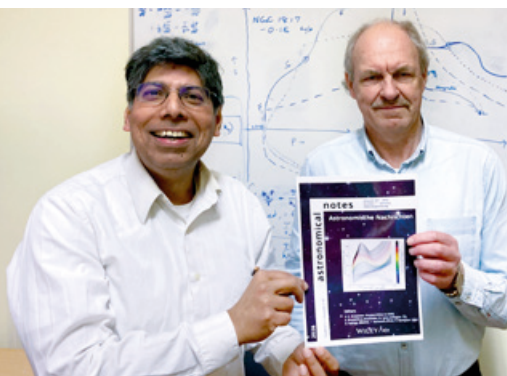
2025

„First Light“ des 4MOST-Instrumenten am Paranal-Observatorium in Chile
First Light 4MOST instrument at the Paranal Observatory in Chile

ASTRONOMISCHE NACHRICHTEN ASTRONOMICAL NOTES

Die Astronomischen Nachrichten, mit Redaktionssitz am AIP, wurden 1821 erstmals publiziert. Sie sind nach wie vor die älteste kontinuierlich erscheinende astronomische Fachzeitschrift. Mit dem Ausscheiden von Prof. Dr. Klaus Strassmeier (AIP) erfolgte eine Neubesetzung der Chefredaktion durch Dr. Sydney A. Barnes (AIP). Die Position des Herausgebers bleibt weiterhin Dr. Matthias Steffen (AIP) vorbehalten. Der Verleger John Wiley ist bestrebt, die redaktionelle Arbeit über das AIP hinaus auszuweiten und gleichzeitig die Reichweite der Zeitschrift zu vergrößern. Im Jahr 2025 gab es auch eine Änderung im Manuskriptbearbeitungssystem, das der Verleger vom ScholarOne-System auf das hauseigene REX-System umstellte. Dieser Übergang erfolgte zunächst unvermittelt. Nach den üblichen Anlaufschwierigkeiten, die mit solchen Veränderungen einhergehen, hat sich der Ablauf mittlerweile eingespielt. Die Landschaft der wissenschaftlichen Publikationen verändert sich rasant, wobei in den kommenden Jahren sowohl Herausforderungen als auch Chancen zu erwarten.

Astronomical Notes, founded in 1821 and with its editorial office at AIP, continues to remain the oldest continuously published astronomical journal. There was a transition in the Editor-in-Chief position, one now taken over by Dr Sydney A. Barnes of AIP, upon the retirement of Prof Dr Klaus Strassmeier (also of AIP). The Managing Editor position remains under the care of Dr Matthias Steffen (AIP). The publisher, John Wiley, is desirous of expanding the editorial workload beyond the AIP in combination with an expanded reach of the journal. There was also a change in 2025 in the Manuscript Handling System, from the ScholarOne system to the publisher's in-house REX system. This transition was somewhat abrupt, but after the usual 'teething troubles' inherent in changes, the process has now become well established. The academic publication landscape is changing rapidly, with both challenges and opportunities expected in the coming years.



Der neue Chefredakteur Sydney Barnes (links) und der geschäftsführende Redakteur Matthias Steffen (rechts) mit einer aktuellen Titelseite der Astronomischen Nachrichten.

Incoming Editor in Chief Sydney Barnes (left) and Managing Editor, Matthias Steffen (right), with a recent Astronomische Nachrichten cover page.

FÖRDERVEREIN FREUNDE UND FÖRDERER DES AIP E.V. FRIENDS AND SUPPORTERS OF THE AIP ASSOCIATION

Der Verein der Freunde und Förderer des Leibniz-Instituts für Astrophysik Potsdam stellt sich das Ziel, den wissenschaftlichen Austausch und die Popularisierung der Astrophysik zu unterstützen und zur Erhaltung und Pflege der historischen Gebäude und Instrumente beizutragen. Vereinsmitglieder bieten regelmäßig Führungen durch die Babelsberger Sternwarte, zum Einsteinurm und dem Großen Refraktor auf dem Telegrafenberg an. Bei den öffentlichen Abendvorträgen erfolgen Institutsrundgänge und nach Möglichkeit öffentliche Beobachtungen. Eines großen Zuspruchs, gerade auch der Potsdamer Öffentlichkeit, erfreuten sich die Führungen als Teil des Kulturprogramms bei den Böhmischen Tagen im Sommer 2024 und 2025 sowie bei der Eröffnung des Maria-Margaretha-Kirch-Hauses 2025. Im Jahr 2025 verantwortete der Verein die Herausgabe eines Jahreskalenders mit astronomischen Abbildungen aus Forschungen des Instituts. Als Einleitung gab es anlässlich des Jubiläums einen Überblick über 325 Jahre Forschung in Astronomie und Astrophysik im Potsdam-Berliner Raum. Ansätze zu einer Instandsetzung des originalen Meridian-Hauses auf dem Babelsberger Institutsgelände zeigen einen enormen Finanzierungsbedarf.



Der Förderverein Freunde und Förderer des AIP e.V. engagiert sich für den Erhalt der historischen Teleskope des Instituts.

The Friends and Supporters of the AIP Association is working to maintain the historic telescopes of the Institute.

The Association of Friends and Supporters of the Leibniz Institute for Astrophysics Potsdam pursues the objective of fostering scientific exchange and advancing the public dissemination of astrophysical research, while also contributing to the preservation, maintenance, and restoration of historically significant buildings and scientific instruments. Members of the association regularly offer guided tours of the Babelsberg Observatory, the Einstein Tower, and the Great Refractor on the Telegrafenberg. Public evening lectures are accompanied by guided tours of the institute and, whenever possible, public astronomical observations. The guided tours offered as part of the cultural program of the Bohemian Days in the summer of 2024 and 2025, as well as those held during the opening of the Maria-Margaretha-Kirch building in 2025, were met with particularly strong interest from the local Potsdam community. In 2025, the association was responsible for publishing an annual calendar featuring astronomical images derived from the institute's research. To mark the anniversary, the calendar opened with an overview of 325 years of research in astronomy and astrophysics in the Potsdam-Berlin region. Initial plans for the restoration of the original Meridian House on the Babelsberg institute campus reveal a substantial need for funding.



Der Förderverein Großer Refraktor Potsdam e.V. engagiert sich für den Erhalt des Großen Refraktors auf dem Telegrafenberg und dessen Zugänglichkeit für die Öffentlichkeit.

The Friends of the Potsdam Great Refractor Association is working to preserve the Great Refractor on Telegrafenberg and keep it open to the public.

FÖRDERVEREIN GROSSER REFRAKTOR E.V. FRIENDS OF THE GREAT REFRACTOR ASSOCIATION

Der Förderverein Großer Refraktor Potsdam e.V. setzt sich dafür ein, den Großen Refraktor auf dem Telegrafenberg zu erhalten und der Öffentlichkeit zugänglich zu machen.

Derzeit zählt der Verein 27 Mitglieder; der Vorsitz des Vereins ging im März 2025 von Kurt Arlt auf Dr. Georg Lamer vom AIP über. Die Hauptaktivität des Vereins sind Führungen für die Öffentlichkeit über den Telegrafenberg und in die Kuppel des Refraktors. Dabei arbeitet der Verein eng mit der Presse- und Öffentlichkeitsarbeit des AIP zusammen und unterstützt auch die Beobachtungsabende im Winterhalbjahr. Der Höhepunkt des Vereinsjahrs ist dabei der deutschlandweit stattfindende Tag des offenen Denkmals im September, bei dem 2025 über 600 Interessierte den Refraktor besuchten.

Insgesamt konnten in den Jahren 2024 und 2025 bei 250 Veranstaltungen über 4000 Personen den Refraktor besuchen, darunter auch einige Besuchergruppen aus dem Ausland. Für die Vereinbarung von Gruppenbesuchen des Refraktors oder bei Interesse an einer Vereinsmitgliedschaft kann der Verein per E-Mail unter refraktor@aip.de kontaktiert werden.

The Friends of the Great Refractor Association is dedicated to preserving the Great Refractor on Telegrafenberg and making it accessible to the public.

The association currently has 27 members; the chairmanship passed from Kurt Arlt to Dr. Georg Lamer in March 2025. The association's main activity is conducting guided tours for the public of Telegrafenberg and inside the refractor's dome. The association works closely with the press and public relations team of the AIP and also supports the observation evenings during the winter months. The highlight of the association's year is the nationwide 'Tag des offenen Denkmals' in September, during which more than 600 visitors were counted at the refractor in 2025.

In total, over 4000 people visited the refractor during 250 events in 2024 and 2025, including several groups of international visitors. For arrangements of group visits or questions about membership, the association can be contacted via e-mail under refraktor@aip.de.

Institutsstruktur

Institute structure

Das Leibniz-Institut für Astrophysik Potsdam (AIP) ist eine Stiftung bürgerlichen Rechts des Landes Brandenburg und seit 1992 Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft. Es wird vom Land Brandenburg, der Ländergemeinschaft und vom Bund finanziert.

The Leibniz Institute for Astrophysics Potsdam (AIP) is a foundation according to the civil law of the state of Brandenburg and since 1992 it has been a member of the Leibniz Association. It receives institutional funding from the state of Brandenburg, the community of states, and the federal German government.

VORSTAND

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

EXECUTIVE BOARD

The Executive Board executes all business for the foundation. It prepares sessions for the Board of Trustees and 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 Forschungsabteilung
Extragalaktische Astrophysik
Director Research Department:
Extragalactic Astrophysics*

Wolfram Rosenbach

*Administrativer Vorstand
Administrative Member of the Executive Board*

*Direktor Administration
Director of Administration*

Prof. Dr. Katja Poppenhäger

*Direktorin Forschungsabteilung
Sterne, Sonne und Exoplaneten*

*Director Research Department
Stellar, Solar and Exoplanetary Physics*



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. André Lottmann

*Vorsitzender, 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 Forschung,
Technologie und Raumfahrt
Federal Ministry of Research, Technology and Space*

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*

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. Marcus Brüggen

*Stellvertretender Vorsitzender, Vice Chair
Hamburger Sternwarte, Universität Hamburg*

Prof. Dr. Sarbani Basu

Department of Astronomy, Yale University, USA

Prof. Dr. Natalie Batalha

Department of Astronomy & Astrophysics, UC Santa Cruz, USA

Prof. Dr. Peter T. Gallagher

*Dublin Institute for Advanced Studies (DIAS)
Trinity College, Dublin, Ireland*

Prof. Dr. Kathryn V. Johnston

Columbia University, New York, USA

Prof. Dr. Amélie Saintonge

Max-Planck-Institut für Radioastronomie, Bonn

Prof. Dr. Volker Springel

Max-Planck-Institut für Astrophysik, Garching



BETRIEBSRAT

Der Betriebsrat des AIP unterstützt und vermittelt die Anliegen der Mitarbeitenden gegenüber dem Vorstand.

WORKS COUNCIL

The AIP Works Council supports and conveys employees' concerns to the Executive Board.

Dr. Ramona Augustin, Robert Hermsdorf,
Dr. Nikolay Kacharov, Ronny Nickel,
Nicole Reimann-Kriese, Dr. Kristin Riebe,
Dr. Daniel Sablowski, Dr. Frédéric Schuller,
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.

Rebecca Klee,
Dr. Kseniia Sysoliatina
(*Stellvertreterin, Deputy Officer*)

INTERNES WISSENSCHAFTLICHES KOMITEE

Das Interne Wissenschaftliche Komitee wird von den wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Instituts gewählt und ermöglicht deren Mitwirkung an der wissenschaftlichen Planung und Entwicklung des Instituts.

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.

Özgün Adebali, Dr. Nikoleta Ilić Petković,
Dr. Silva Järvinen, Dr. Andreas Kelz,
Dr. Genoveva Micheva, Dr. Tanya Urrutia,
Dr. Meetu Verma, Dr. Katja Weingrill

Anreise

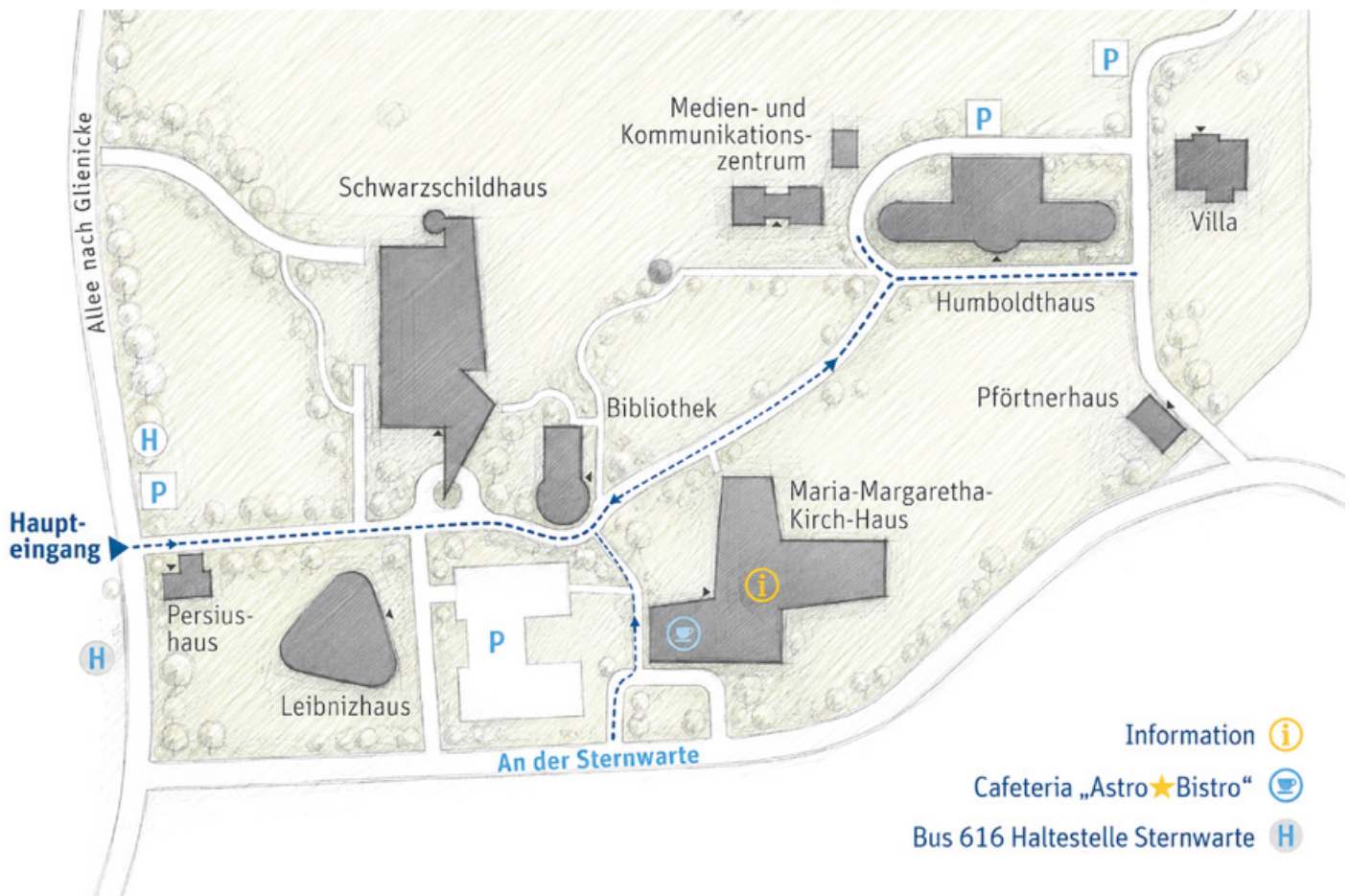
How to get to AIP

BABELSBERG – AIP FORSCHUNGSCAMPUS

Von S-Bhf Babelsberg und S-Bhf Griebnitzsee fährt der Bus Nr. 616 zum AIP (Haltestelle: Sternwarte).
Mit dem Auto erreichen Sie uns über die Nuthe-Schnellstraße, Ausfahrt Friedrich-List-Straße. Folgen Sie der Straße „Alt Nowawes“ geradeaus, bergauf, bis Sie zur Rechten die Einfahrt zum AIP Campus sehen.

BABELSBERG – AIP RESEARCH CAMPUS

Bus no. 616 runs from train stations Babelsberg and Griebnitzsee to the AIP (stop: Sternwarte).
You can reach us by car via the Nuthe high-speed road, exit Friedrich-List-Straße. Follow the road 'Alt Nowawes' straight ahead, uphill, until you see the entrance to the AIP campus on your right.



IMPRESSUM

IMPRINT

Biennial Report 2024 – 2025

Leibniz-Institut für Astrophysik Potsdam (AIP)

An der Sternwarte 16, 14482 Potsdam, Germany

Vorstand

Prof. Dr. Matthias Steinmetz, Wolfram Rosenbach
Stiftung bürgerlichen Rechts,
Stiftungsverzeichnis Brandenburg: 26 742-00/7026

Telefon: +49 331 7499-0

E-Mail: info@aip.de

Internet: www.aip.de

Redaktion

Dr. Janine Fohlmeister, Dr. Kristin Riebe,
Tilo Bergemann, Lisa Löhnert

Layout und Teamfotos

Tilo Bergemann

Bilder ohne Credit-Angabe

AIP

Auflage

300 Exemplare

ISSN 2367-3664

Potsdam, 2026