

MAX-PLANCK-INSTITUT
FÜR SONNENSYSTEMFORSCHUNG

Institutsinformationen





^ Drei Abteilungen - drei Bilder

Die Bilder an der Ostwand des Foyers repräsentieren die Forschungsschwerpunkte des Instituts: Sonne und Heliosphäre, Planetenwissenschaften sowie das Innere der Sonne und der Sterne (v.l.n.r.).

SONNENSYSTEMFORSCHUNG UNSERE KOSMISCHE HEIMAT VERSTEHEN

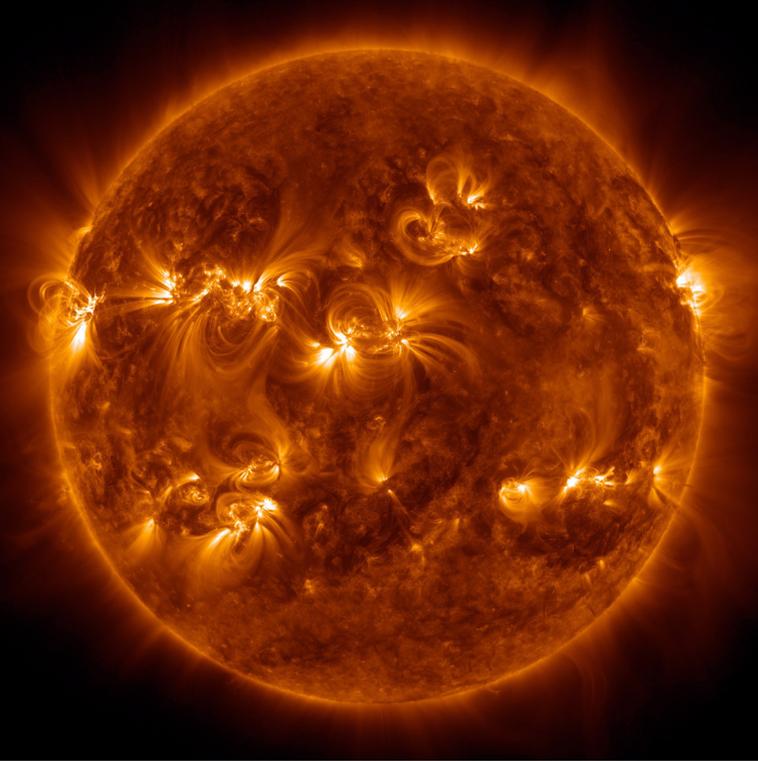


Unsere kosmische Heimat, das Sonnensystem mit seinen Planeten, Monden, Asteroiden, Kometen und unserem Stern, der Sonne, ist Forschungsgegenstand des Max-Planck-Instituts für Sonnensystemforschung. Wie sind diese Körper einst entstanden? Wie haben sie sich weiterentwickelt? Welche Eigenschaften zeichnen sie heute aus? Und wie beeinflussen sie sich gegenseitig?

Die Möglichkeiten, diese Fragen zu beantworten, haben sich in den vergangenen Jahren und Jahrzehnten dramatisch verbessert. Zahlreiche Raumsonden reisen heute durchs Sonnensystem und fangen Messdaten aus der Nähe der Sonne und der Planeten ein; leistungsfähige Großteleskope auf der Erde oder in der Stratosphäre bieten einen detailscharfen Blick auf diese Körper; hochpräzise Analysemethoden erlauben es, Gesteinsproben aus dem All akribisch zu untersuchen; und moderne Computer simulieren selbst komplexeste Vorgänge etwa im Innern der Sonne oder in den Atmosphären der Planeten.

Parallel zu dieser Entwicklung hat sich unser Blick auf das Sonnensystem grundlegend verändert. Längst ist klar, dass unser Planetensystem nicht einzigartig, sondern nur eines unter unzählig vielen ist. Forschende gehen davon aus, dass sich so gut wie alle Sterne mit Planeten umgeben.

Der Erforschung unserer eigenen kosmischen Heimat kommt dadurch eine besondere Bedeutung zu. Aufgrund ihrer Nähe zur Erde ist die Sonne der einzige Stern, den wir im Detail untersuchen können. Dasselbe gilt für unsere Planeten und erst recht für deren Monde sowie für die Asteroiden und Kometen unseres Sonnensystems. Unsere kosmische Heimat ist somit eine Art Prüfstein für allgemeine Theorien zu Planetensystemen und Sternen. Gleichzeitig hilft der Vergleich mit fernen Sternen und Welten unseren eigenen Platz im Universum zu verstehen.



Abteilung:

Sonne und Heliosphäre

Sami K. Solanki

Solare und Stellare Koronen

Untere Sonnenatmosphäre und Magnetismus

Solare und Stellare Magnetohydrodynamik

Solare Variabilität und Klima

Abteilung:

Planetenwissenschaften

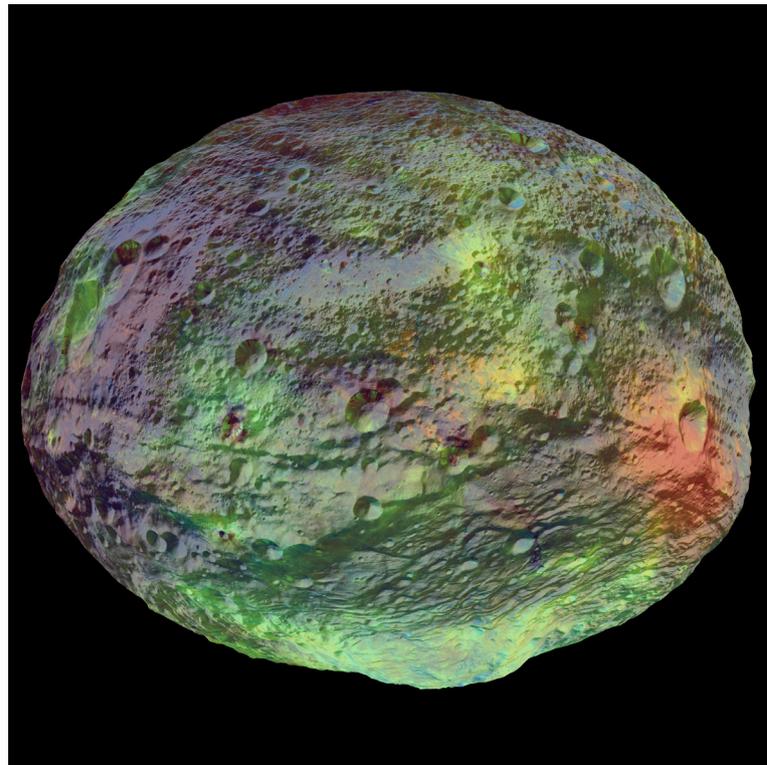
Thorsten Kleine

Extraterrestrische Proben

Simulation der Planetenentstehung

Experimentelle Planetologie

Weltraummissionen

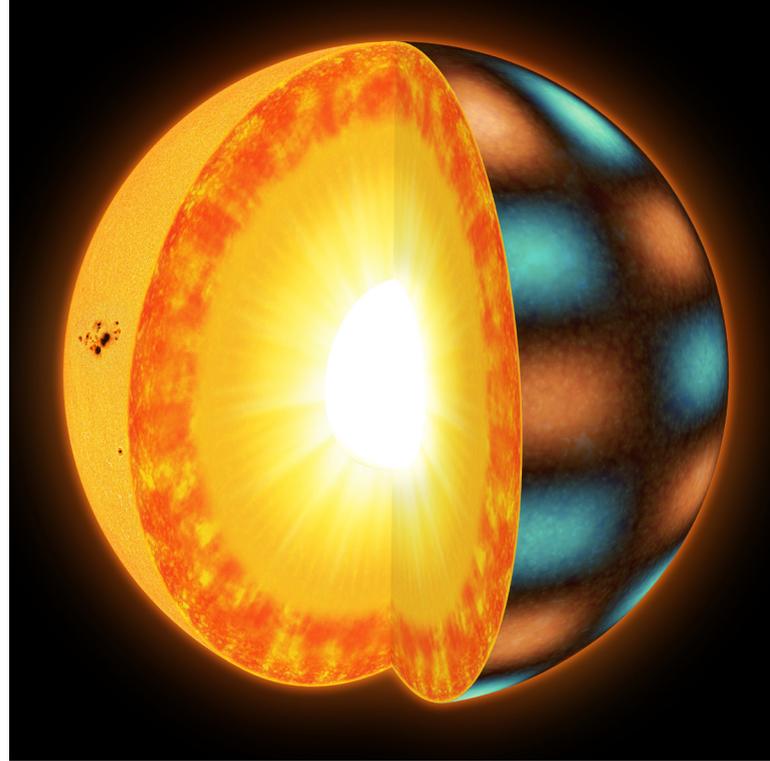


Abteilung:

Das Innere der Sonne und der Sterne

Laurent Gizon

Helioseismologie
Asteroseismologie
Solare und stellare Zyklen
Solare und stellare Spektren
PLATO Datenzentrum



Forschungsgruppen

ORIGIN: Magnetischer Ursprung der heißen Sonnenkorona

Lakshmi Pradeep Chitta | ERC Starting Grant

Planetentstehung

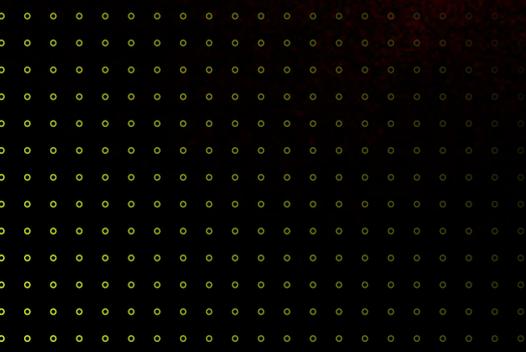
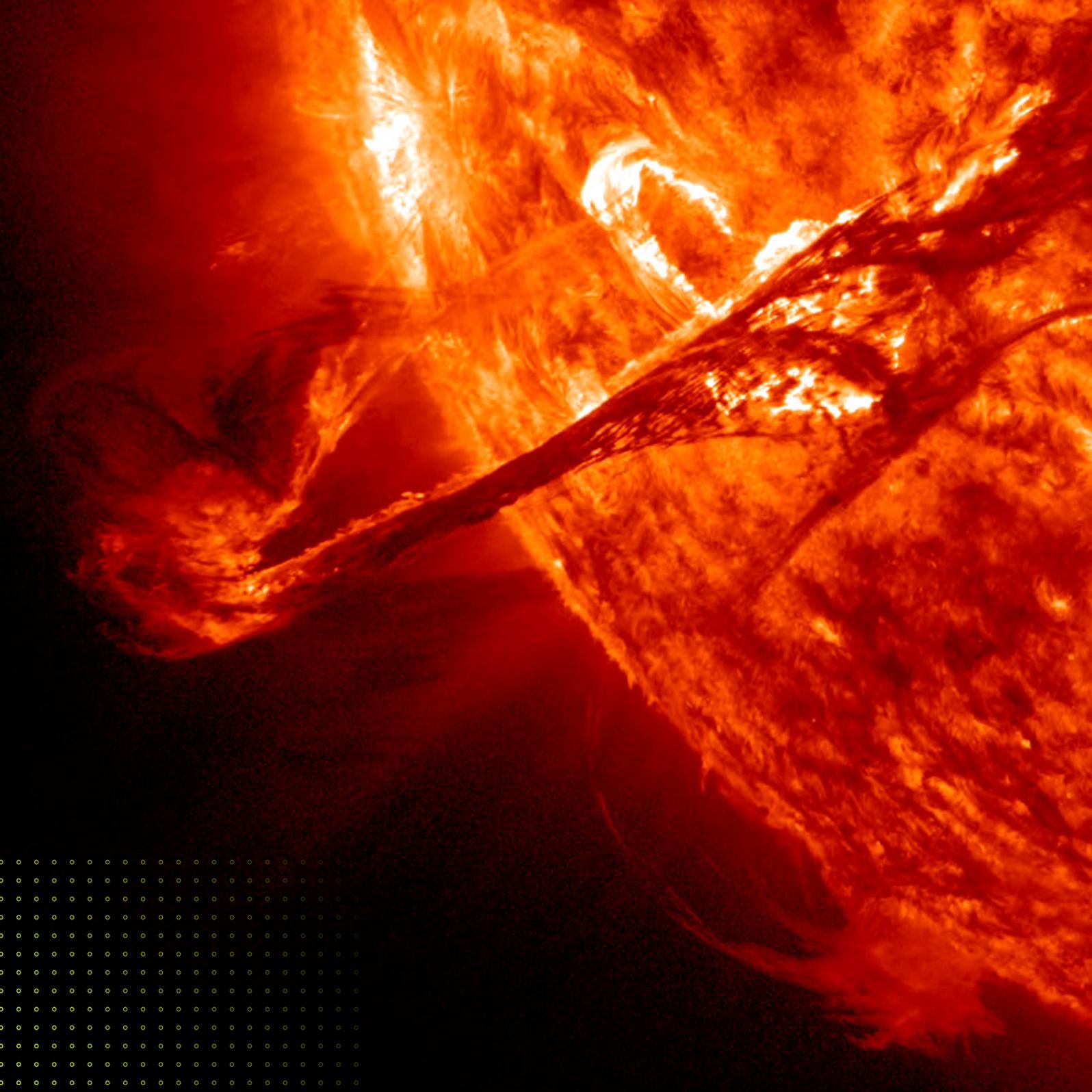
Joanna Drązkowska | Lise-Meitner-Gruppe, ERC Starting Grant

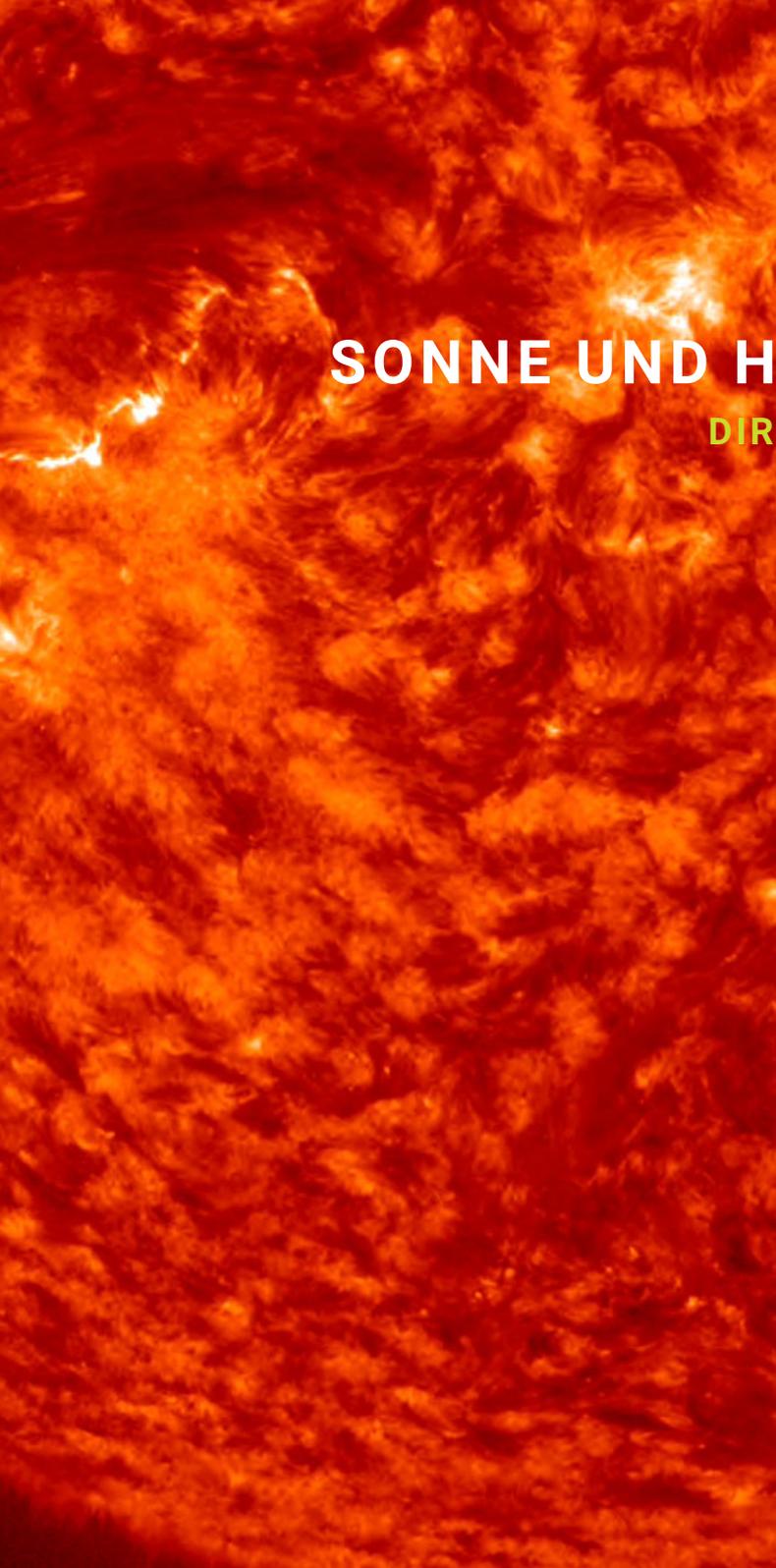
ComFyDA: Computergestützte Strömungsphysik und Datenassimilation

Xiaoju Zhu | Max-Planck-Forschungsgruppe

Inverse Probleme

Thorsten Hohage | Max-Planck-Fellow-Gruppe





SONNE UND HELIOSPHÄRE

DIREKTOR: SAMI K. SOLANKI

FORSCHUNGSTHEMEN:

SOLARE UND STELLARE KORONEN

UNTERE SONNENATMOSPHERE UND
MAGNETISMUS

SOLARE UND STELLARE MAGNETO-
HYDRODYNAMIK

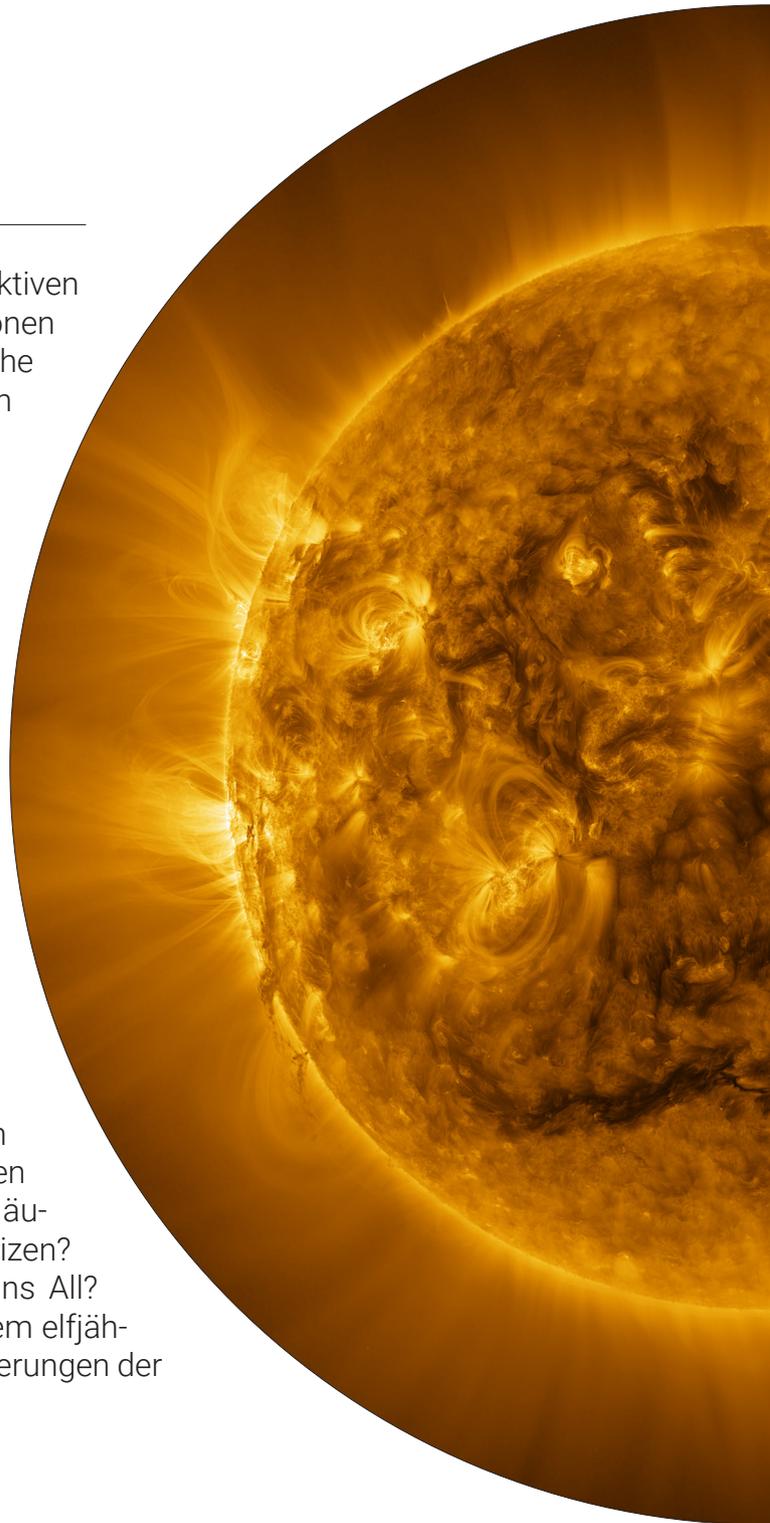
SOLARE VARIABILITÄT UND KLIMA

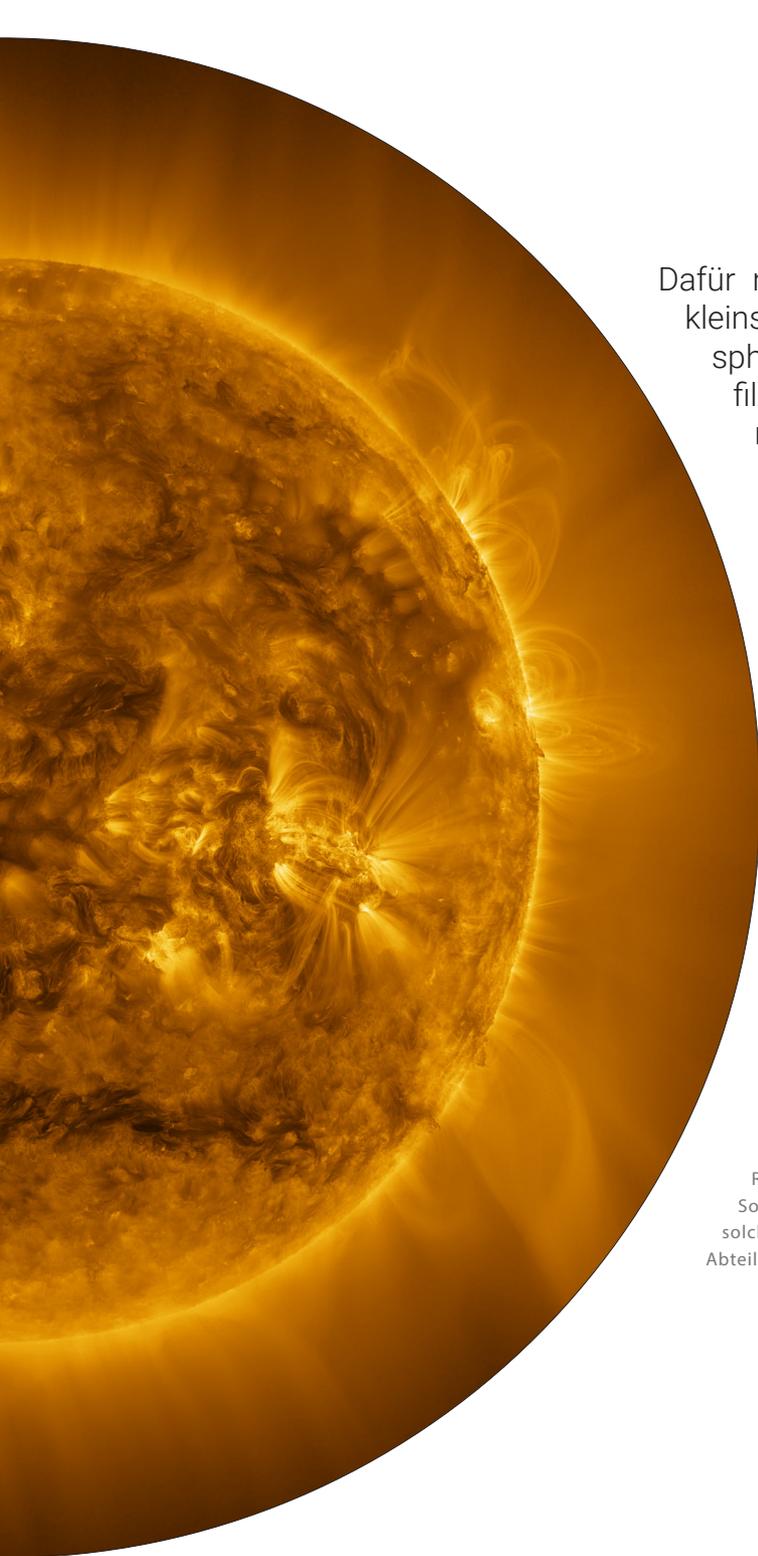
DIE SONNE

FEUERWERK IM ALL

Die Sonne ist ein rastloser Stern. In ihren aktiven Phasen schleudert sie in gewaltigen Eruptionen Strahlung und Teilchen ins All. Die Ausbrüche können auf der Erde Polarlichter auslösen, haben aber auch das Potential, technische Infrastruktur wie etwa Satelliten zu beschädigen. In Zeiten hoher Sonnenaktivität überziehen zudem viele Sonnenflecke die sichtbare Oberfläche unseres Sterns; aus seiner Atmosphäre ragen dann heiße, bogenförmige Plasmaströme bis weit ins All. Auf das solare Spektakel folgen Phasen der Ruhe. Dieses launische Wesen der Sonne zu entschlüsseln, ist Ziel am Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung.

Entscheidender Motor für das Verhalten der Sonne ist ihr Magnetfeld. Es entsteht tief im Innern. Von dort schwemmen Plasmaströme die magnetischen Strukturen an die Oberfläche, von wo sie sich bis in die Atmosphäre fortsetzen. Im komplexen Zusammenspiel aus Magnetfeld und heißem Sonnenplasma suchen Forschende nach Antworten auf aktuelle Fragen der Sonnenphysik: Wie gelingt es der Sonne, ihre äußere Atmosphäre auf eine Million Grad aufzuheizen? Wie beschleunigt die Sonne den Sonnenwind ins All? Warum folgen ihre Aktivitätsschwankungen einem elfjährigen Zyklus? Und wie wirken sich Helligkeitsänderungen der Sonne auf die Erde aus?





Dafür müssen die Forschenden genau hinsehen: auf kleinste Strahlungsausbrüche in der Sonnenatmosphäre ebenso wie auf gewaltige Ausbrüche; auf filigrane magnetische Strukturen ebenso wie auf riesige Sonnenflecke; auf Veränderungen, die sich innerhalb von Minuten oder Sekunden vollziehen, ebenso wie auf solche, die Jahrzehnte oder gar Jahrhunderte überspannen.

Zu diesem Zweck entwickelt das Institut Messinstrumente, die aus dem All, der Stratosphäre und vom Boden auf die Sonne schauen. Die Messdaten werden mit den Ergebnissen von Computersimulationen verglichen und führen so zu einem tieferen Verständnis unseres aktiven Sterns.

< Die Sonne durch die Augen des Solar Orbiters

Diese Aufnahme des Instruments Extreme Ultraviolet Imager (EUI) an Bord der Raumsonde Solar Orbiter zeigt die mehr als eine Million Grad heiße Korona der Sonne in ultraviolettem Licht. Wie diese äußerste Schicht der Sonnenatmosphäre solch hohe Temperaturen erreichen kann, ist einer der Forschungsgegenstände der Abteilung „Sonne und Heliosphäre“.



DIE SONNE EIN NEUER BLICK AUF UNSEREN STERN

Die Beobachtung der Sonne erlebt derzeit ein goldenes Zeitalter. Raumsonden, Stratosphären-Observatorien und Teleskope auf der Erde liefern einzigartige Messdaten, die früher undenkbar waren: aus völlig neuen Blickwinkeln, mit bisher unerreichter Genauigkeit, ununterbrochen und über lange Zeit. Das Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung hat viele dieser Missionen und Projekte angestoßen und maßgeblich mitgestaltet.

So schaut etwa das ballongetragene Sonnenobservatorium Sunrise, ein Projekt des Instituts, aus der Stratosphäre auf unseren Stern – und erreicht so mehrstündige, ununterbrochene Messungen mit höchster räumlicher Auflösung. Die Raumsonde Solar Orbiter der europäischen Weltraumagentur trägt vier Instrumente des Max-Planck-Instituts für Sonnensystemforschung an Bord. Auf seiner Umlaufbahn um die Sonne hat der Sonnenspäher nicht nur die Rückseite der Sonne im Blick, sondern nimmt erstmals auch ihre Pole ins Visier. Die Raumsonde Vigil, zu der das Institut ebenfalls beiträgt, erkennt Sonneneruptionen, bevor sie der Erde gefährlich werden können.

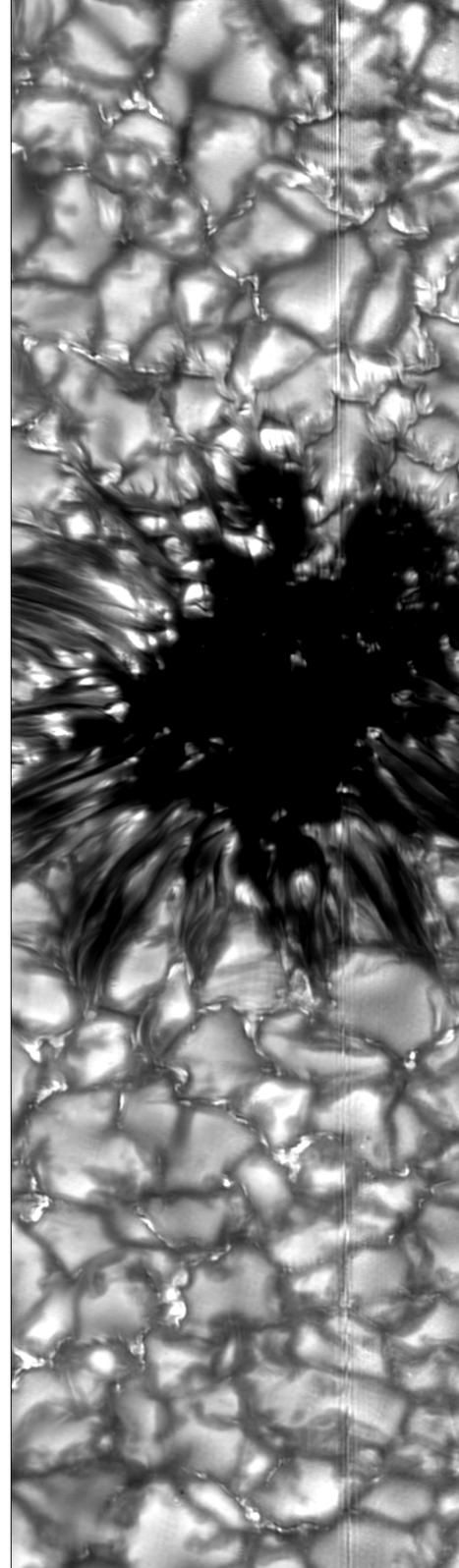
Ergänzend blicken Forschende des Instituts in die Vergangenheit unseres Sterns – und tief ins All. Natürliche Archive wie Baumringe und Eisbohrkerne sowie historische Zeichnungen und Messdaten verraten, wie aktiv die Sonne in Vorzeiten war. Der Vergleich mit der riesigen Gruppe sonnenähnlicher Sterne offenbart, zu welchen Kapriolen unser Stern prinzipiell fähig ist.

Dunkler Fleck auf der Sonne >

Ein Blick auf die sichtbare Oberfläche der Sonne durch die Augen von Sunrise III. Zu sehen ist ein Sonnenfleck, sein feinstrukturierter Randbereich sowie das typische Granulationsmuster der Sonnenoberfläche.

< Sonnenforschung am Ballon

Ein Heliumballon trägt das Sonnenobservatorium Sunrise III in die Stratosphäre. Dort stören keine Luftturbulenzen den Blick auf die Sonne; zudem hat Sunrise III so Zugang zu ihrer ultravioletten Strahlung.



PLANETENWISSENSCHAFTEN

DIREKTOR: THORSTEN KLEINE

FORSCHUNGSTHEMEN:

EXTRATERRESTRISCHE PROBEN

SIMULATION DER PLANETENENTSTEHUNG

EXPERIMENTELLE PLANETOLOGIE

WELTRAUMMISSIONEN





UNIKAT IM ALL VON DER ERDE UND ANDEREN PLANETEN

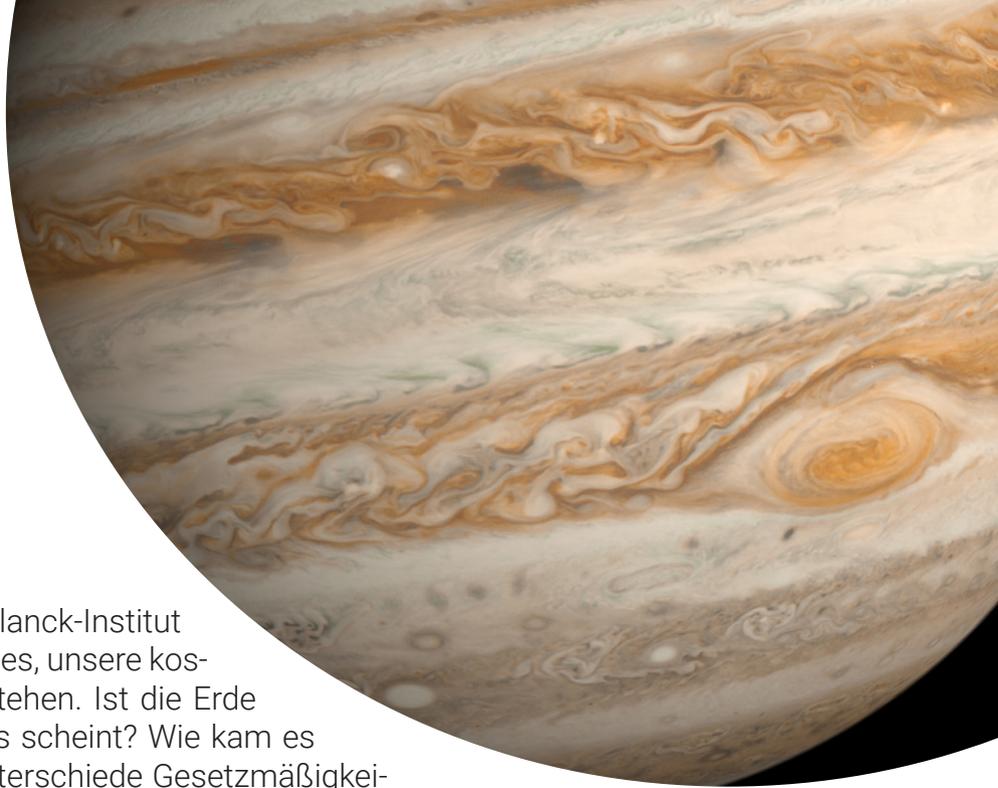
Die Erde ist ein Sonderling. Mit gewaltigen Wasservorkommen, sauerstoffreicher Atmosphäre und schützendem Magnetfeld ist sie der einzige Planet in unserem Sonnensystem, der sich zu einer belebten Welt entwickelt hat. Selbst ihre nächsten Nachbarn schlugen andere Wege ein: Der Merkur ist ein heißer Wüstenplanet, die Venus hüllt sich in eine Atmosphäre aus ätzender Schwefelsäure und der Mars verlor wohl zunächst sein Magnetfeld, später sein Wasser und einen Großteil seiner Atmosphäre.

Auch im kosmischen Vergleich nimmt die Erde und mit ihr das Sonnensystem eine Sonderstellung ein. Die meisten bisher entdeckten fernen Planetensysteme zeigen einen gänzlich anderen Aufbau. Gesteinsplaneten, die in einem lebensfreundlichen Abstand um ihren Stern kreisen, sind kaum bekannt.



Gasriese Jupiter >

Dem Jupiter kommt in unserem Sonnensystem eine Schlüsselrolle zu. Verborgten unter dicken Eiskrusten könnten auf einigen seiner Eismonde lebensfreundliche Bedingungen herrschen. Zudem dürfte die Entstehung des Jupiters die weitere Entwicklung des Sonnensystems maßgeblich geprägt haben.



Ziel der Forschenden am Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung ist es, unsere kosmische Andersartigkeit zu verstehen. Ist die Erde tatsächlich so einzigartig wie es scheint? Wie kam es dazu? Und gibt es trotz aller Unterschiede Gesetzmäßigkeiten, die den Werdegang aller Planetensysteme steuern?

Um diese Fragen zu beantworten, braucht es ein tiefes Verständnis der heutigen Körper des Sonnensystems und ihrer Vielfalt: von unserem ständigen Begleiter, dem Mond, über die sonnennahen Gesteinsplaneten bis zu den gewaltigen Gasriesen am Rand des Sonnensystems. Ebenso entscheidend ist ein Blick zurück auf die Anfänge unseres Sonnensystems. Nur so lässt sich verstehen, wie die Erde zu dem Ort wurde, den wir heute kennen.

< Blauer Planet

Der Blick der Planetenwissenschaftler*innen ins All ist in gewisser Weise ein Blick auf uns selbst. Wie wurde die Erde zu dem lebensfreundlichen Planeten, den wir heute kennen? Und warum unterscheidet er sich so sehr von seinen planetaren Geschwistern?



FORSCHUNG IM WELTALL UND IM LABOR VON RAUMSONDEN UND STEINERNEN ZEITZEUGEN

Um zu entschlüsseln, wie die Planeten unseres Sonnensystems einst entstanden sind und in welchem Zustand sie sich heute befinden, setzen die Wissenschaftler*innen des Max-Planck-Instituts für Sonnensystemforschung auf mehrere Methoden.

Eine davon sind hochpräzise Laboruntersuchungen extraterrestrischer Gesteinsproben. Dieses Material war Zeuge der Entstehung und Entwicklung des Sonnensystems. Die Zusammensetzung der Proben liefert Informationen über ihren Ursprungsort, ihre weitere Entwicklung und ihr Alter. Zu dem außerirdischen Material, das am Institut untersucht wird, zählen in erster Linie Meteorite: Brocken aus dem Weltall, die auf die Erde gestürzt sind. Die meisten von ihnen sind Bruchstücke der allerersten planetaren Körper, die sich vor 4,6 Milliarden Jahre gebildet haben; einige wenige stammen vom Mars und Mond. Zudem arbeiten die Forschenden mit Mondgesteinen, das Astronauten zurück zur Erde gebracht haben, und mit Asteroidenproben, die Raumsonden im All nehmen und zur Erde transportieren.

<Besuch beim Merkur

Im Vorbeiflug am Merkur gelang der europäischen Raumsonde BepiColombo diese Aufnahme. Mit an Bord: wissenschaftliche Messinstrumente aus Göttingen. Ab dem nächsten Vorbeiflug soll die Sonde in eine Umlaufbahn um den Planeten einschwenken.



Asteroid Ryugu >

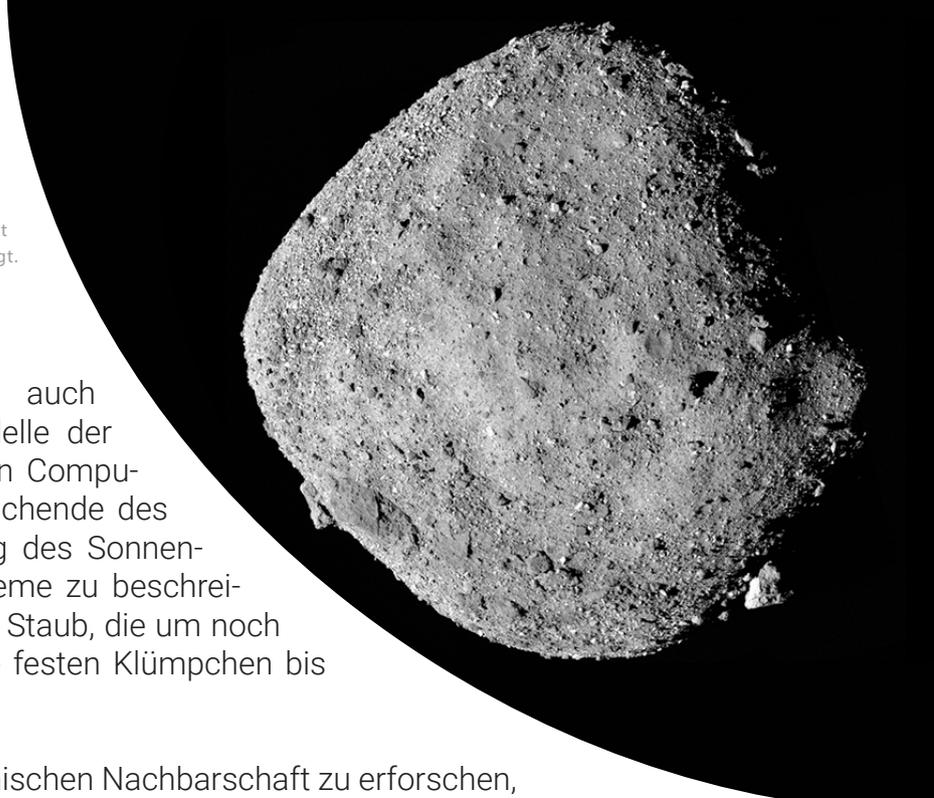
Nur wenige Gramm schwer war die Gesteinsprobe, welche die japanische Raumsonde Hayabusa 2 vom erdnahen Asteroiden Ryugu zur Erde gebracht hat. Laboruntersuchungen am Institut zeigen, dass der Entstehungsort des Asteroiden im äußeren Sonnensystem liegt.

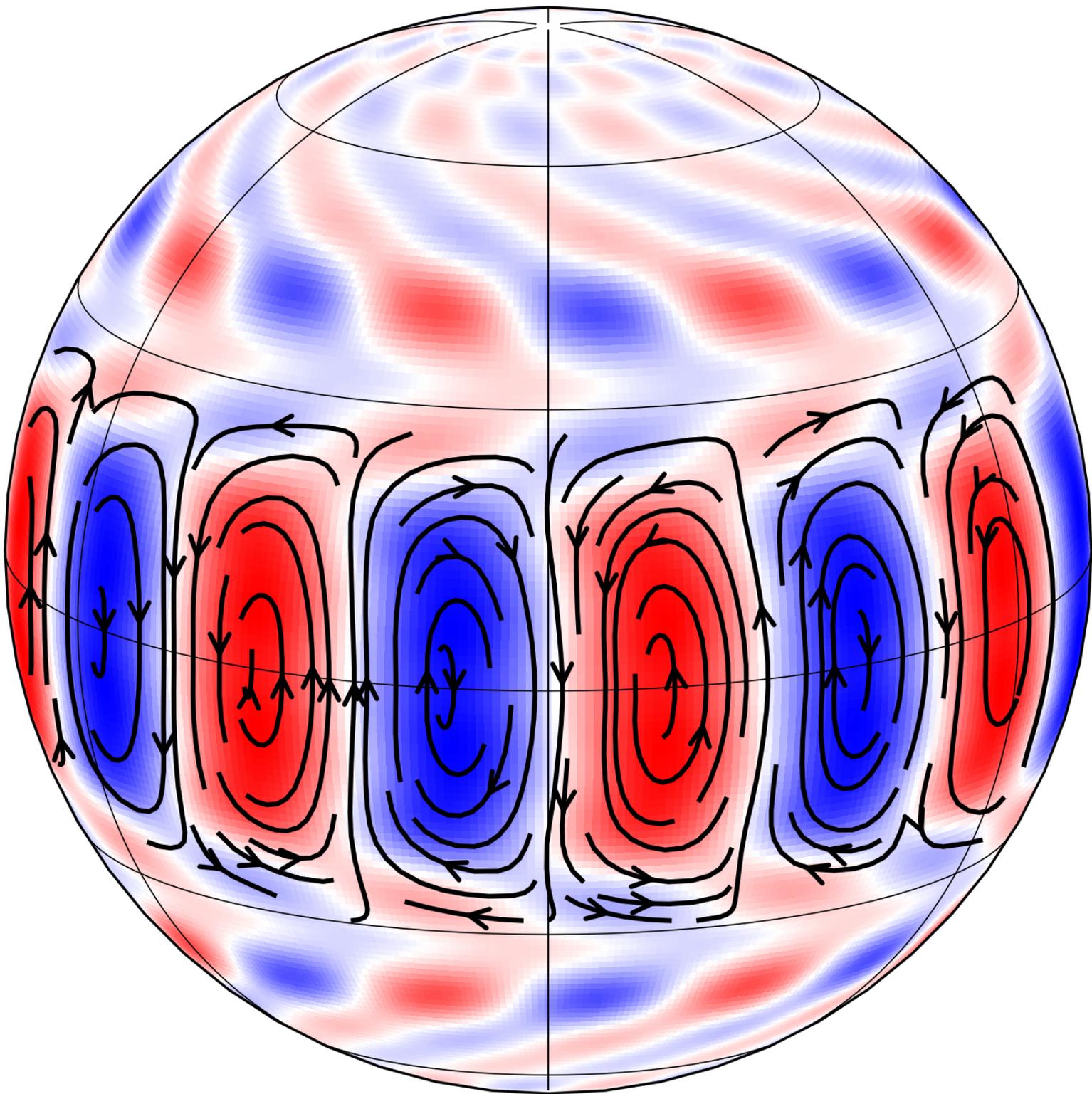
Die Laboruntersuchungen dienen auch als Prüfstein für theoretische Modelle der Planetenentstehung. In aufwändigen Computersimulationen bemühen sich Forschende des Instituts, den gesamten Werdegang des Sonnensystems und anderer Planetensysteme zu beschreiben: von den Scheiben aus Gas und Staub, die um noch junge Sterne kreisen, über die erste festen Klümpchen bis hin zu den Planeten.

Den aktuellen Zustand unserer kosmischen Nachbarschaft zu erforschen, ist Ziel der Weltraummissionen, zu denen das Institut beiträgt. In den Laboren und Reinräumen entwickeln und bauen Wissenschaftler*innen und Ingenieur*innen Messinstrumente, die an Bord von Raumsonden durchs Weltall reisen. Aus der Umlaufbahn um ferne Planeten, im Vorbeiflug oder von ihrer Oberfläche nehmen die Instrumente einzigartige Daten auf.

Aktuelle Reiseziele solcher Forschungssonden mit Göttinger Beteiligung sind der Jupiter und seine Eismonde sowie der Merkur. Künftige Missionen werden die Venus, den Mars und Asteroiden ansteuern. In vergangenen Jahren und Jahrzehnten sind Messinstrumente vom Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung auf dem Mars und dem Saturnmond Titan gelandet, haben den Asteroidengürtel und das Saturnsystem erforscht und die Venus umkreist.

Um die Messdaten aus den Tiefen des Weltalls besser zu verstehen, führt es die Forschenden zurück ins Labor. Dort lassen sich die Vorgänge auf fernen Planeten wie etwa dem Merkur gezielt nachstellen, kontrolliert verändern – und so nach und nach entschlüsseln.





DAS INNERE DER SONNE UND DER STERNE

DIREKTOR: LAURENT GIZON

FORSCHUNGSTHEMEN:

HELIOSEISMOLOGIE

ASTEROSEISMOLOGIE

SOLARE UND STELLARE ZYKLEN

SOLARE UND STELLARE SPEKTREN

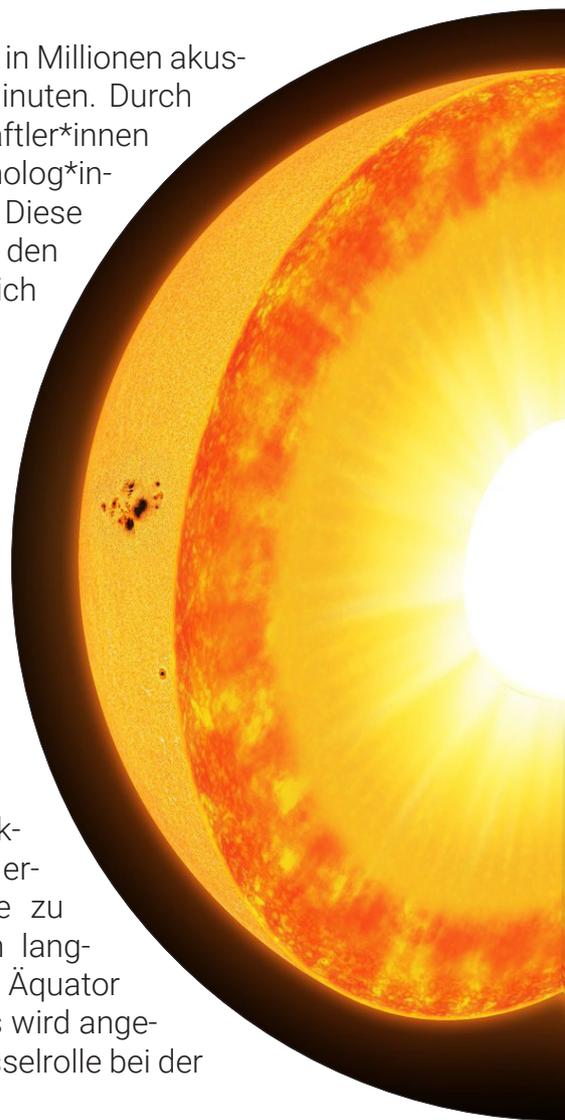
PLATO DATENZENTRUM

HELIOSEISMOLOGIE EIN BLICK INS INNERE DER SONNE

Die Sonne vibriert ähnlich wie ein Musikinstrument und schwingt in Millionen akustischer Schwingungsmoden mit Perioden von nahezu fünf Minuten. Durch die Beobachtung dieser Schwingungen können Wissenschaftler*innen tief unter die sichtbare Oberfläche der Sonne blicken – so wie Seismolog*innen Erdbeben untersuchen, um das Innere der Erde zu erkunden. Diese Methode, die als Helioseismologie bekannt ist, ermöglicht es den Forschenden, Regionen der Sonne zu erkunden, die sonst unzugänglich sind.

Die Helioseismologie hat zu großen Durchbrüchen in unserem Verständnis der Sonne geführt. Sie hat es ermöglicht, die Grenze zwischen dem tiefen Inneren der Sonne, wo Wärme durch Strahlung transportiert wird, und den äußeren Schichten, wo Wärme durch Konvektion transportiert wird, genau zu lokalisieren. Außerdem konnten Wissenschaftler*innen messen, wie sich die Rotation der Sonne mit der Tiefe und dem Breitengrad verändert. Diese Informationen sind entscheidend für das Verständnis des Sonnendynamos. Das ist der Prozess, durch den die inneren Bewegungen der Sonne ihr globales Magnetfeld erzeugen.

Verbesserte helioseismologische Methoden, die am Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung entwickelt wurden, haben es ermöglicht, großräumige Zirkulationsmuster im Inneren der Sonne zu erkennen. Insbesondere konnten die Wissenschaftler*innen einen langsamen Plasmastrom feststellen, der in der Nähe der Oberfläche vom Äquator zu den Polen und in tieferen Schichten zurück zum Äquator fließt. Es wird angenommen, dass diese sogenannte meridionale Zirkulation eine Schlüsselrolle bei der Steuerung des elfjährigen Sonnenfleckenzyklus spielt.



Helioseismologie ^

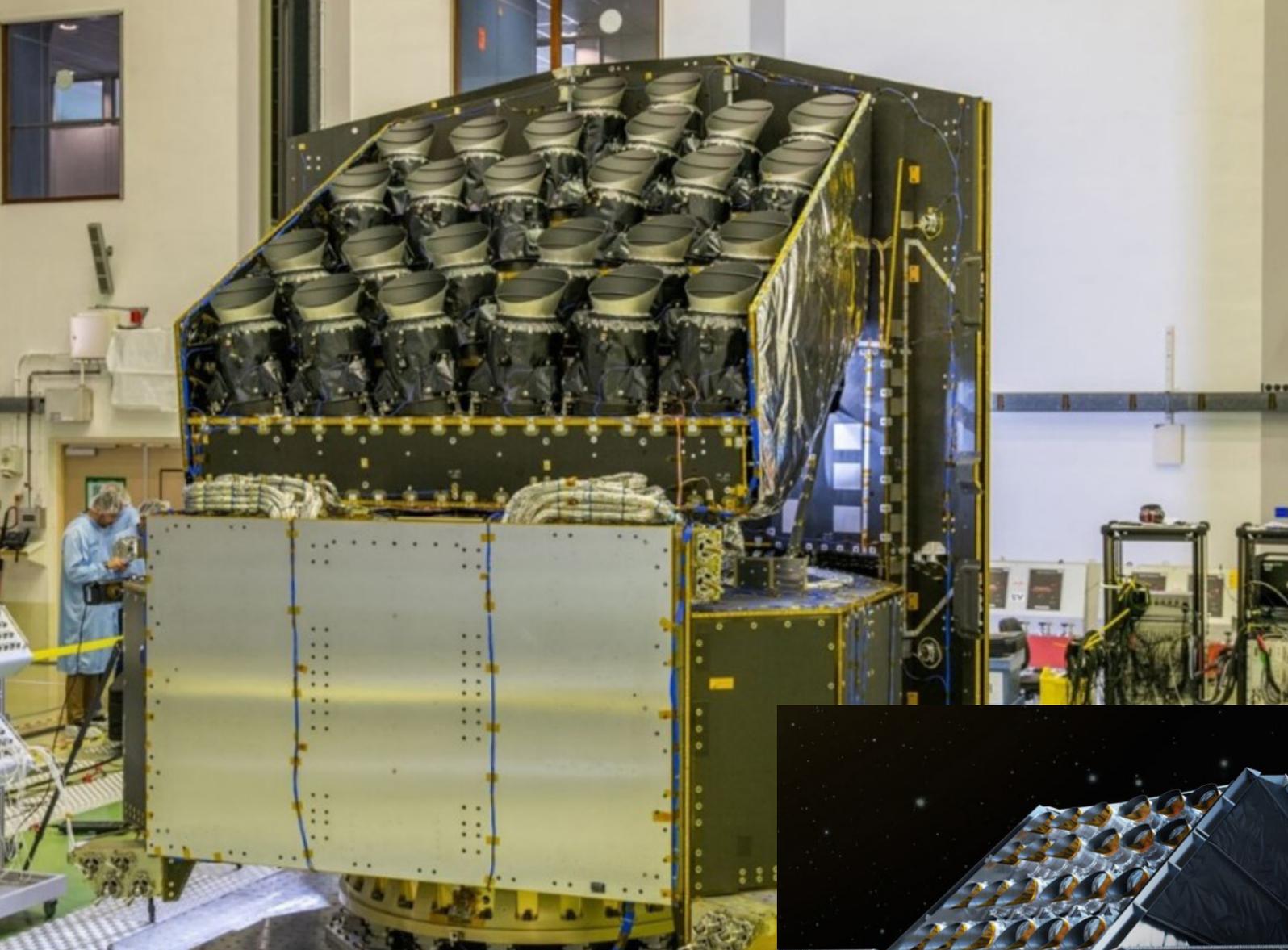
Schwingungen, die sich an der Oberfläche der Sonne zeigen, verraten, wie unser Stern im Inneren aufgebaut ist.

Die Helioseismologie kann auch Regionen mit starker magnetischer Aktivität auf der erdabgewandten Seite der Sonne aufspüren, die nicht direkt beobachtet werden können. Dieser Ansatz, der als Far-side-Helioseismologie bekannt ist, dient als Frühwarnsystem für aktive Regionen, die später ins Blickfeld rücken werden. Diese Regionen können starke Sonneneruptionen erzeugen, die energiereiche Teilchen und Strahlung in den Weltraum freisetzen und so Satelliten, Astronauten und die Energieinfrastruktur auf der Erde gefährden können.

Neben den bekannten akustischen Schwingungen mit Perioden von etwa fünf Minuten haben Forschende des Max-Planck-Instituts für Sonnensystemforschung eine zweite Klasse von Schwingungen mit deutlich längeren Perioden von mehreren Wochen entdeckt und charakterisiert. Diese langperiodischen Schwingungen entstehen durch die Rotation der Sonne und sind mit großräumigen Wirbelbewegungen auf der Sonnenoberfläche verbunden. Sie ähneln den Rossby-Wellen, die das Wetter auf der Erde beeinflussen.

Anhand dieser Schwingungen konnten die Forschenden des Max-Planck-Instituts für Sonnensystemforschung einen Temperaturunterschied von etwa sieben Grad zwischen den Polen und dem Äquator der Sonne feststellen. Dieses Temperaturgefälle wirkt sich auf die Drehimpulsbilanz der Sonne aus und erklärt ihr ungewöhnliches Rotationsmuster, bei dem sich der Äquator schneller dreht als die höheren Breitengrade. Da die langperiodischen Schwingungen Wärme von den Polen zum Äquator transportieren, gestalten sie maßgeblich die differentielle Rotation der Sonne.

Die Helioseismologie ist auf qualitativ hochwertige Beobachtungsdaten sowohl vom Boden als auch aus dem Weltraum angewiesen. Zu den wichtigsten Quellen gehören das bodengestützte GONG-Netzwerk und das Solar Dynamics Observatory (SDO) der NASA, das seit 2010 in Betrieb ist. Das Institut beherbergt ein eigenes Datenzentrum für die SDO-Mission. Darüber hinaus liefert die ESA-Raumsonde Solar Orbiter, die mit dem Polarimetric and Helioseismic Imager (PHI) des Instituts ausgestattet ist, wertvolle ergänzende Beobachtungen aus einzigartigen Blickwinkeln rund um die Sonne.



^ PLATO im Reinraum

Ausgerüstet mit 26 Kameras fängt die Raumsonde PLATO das Licht von Millionen Sternen ein.

PLATO im All >

PLATO wird auf der Suche nach erdähnlichen Planeten zwei große Bereiche des Himmels kontinuierlich überwachen und jeweils zwei Jahre Beobachtungszeit dafür aufwenden.



AUF DER SUCHE NACH PLANETEN STERNE CHARAKTERISIEREN

Unsere Galaxie, die Milchstraße, enthält mehr als 100 Milliarden Sterne. Davon ähneln einige der Sonne, andere unterscheiden sich von ihr in Größe, Masse, Temperatur und Alter. Jeder Stern sendet Licht aus, das Aufschluss über seine Struktur und Entwicklung gibt. Weltraumteleskope fangen dieses Sternenlicht ein, und Forschende am Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung nutzen moderne Analysetechniken, um es zu interpretieren.

Die Asteroseismolog*innen untersuchen stellare Schwingungen. Das sind feine Vibrationen, die durch Schallwellen im Innern des Sterns verursacht werden, und die sich im Sternenlicht als Helligkeitsschwankungen bemerkbar machen. Die Frequenzen der Schwingungen hängen von den inneren Eigenschaften des Sterns ab, beispielsweise von seiner mittleren Dichte, seiner Zusammensetzung und seinem Alter. Durch die Analyse dieses seismischen „Fingerabdrucks“ können Wissenschaftler*innen die grundlegenden Eigenschaften eines Sterns mit bemerkenswerter Präzision bestimmen.

Die Helligkeitsschwankungen eines Sterns verraten noch mehr. Sie können uns helfen, Planeten aufzuspüren, die den Stern umkreisen: Wenn ein Planet vor seinem Wirtsstern vorbeizieht, blockiert er kurzzeitig einen Teil des Lichts. Dies verursacht einen leichten Helligkeitsabfall. Die Methode hat bereits zur Entdeckung von Tausenden von Exoplaneten geführt. Sobald die Eigenschaften des Sterns durch die Asteroseismologie genau bestimmt wurden, können die Forschenden auf die Größe, die Masse und das Alter der Planeten schließen.

Die europäische Raumsonde PLATO wird im Jahr 2026 gestartet. Mit ihren 26 Kameras wird sie über viele Jahre hinweg die Helligkeitsschwankungen von Millionen sonnenähnlicher Sterne aufzeichnen. Ziel ist es, erdähnliche Planeten zu finden, die um sonnenähnliche Sterne kreisen. Das Max-Planck-Institut beherbergt das Datenzentrum der Mission.

INFRASTRUKTUR FÜR DIE FORSCHUNG

FUNDAMENT WISSENSCHAFTLICHEN ERFOLGS

Ausgezeichnete Forschung braucht hochspezialisierte und leistungsfähige Infrastruktur. Zu dieser Infrastruktur zählen am Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung Labore, Reinräume, Werkstätten, Großgeräte und Testeinrichtungen ebenso wie das Rechenzentrum. Verwaltung, Bibliothek und Gästebetreuung schaffen die notwendigen Voraussetzungen für Forschung, Publizieren und wissenschaftlichen Austausch.

Werkstätten und Elektroniklabor

In der Feinmechanik- und Metallbauwerkstatt entstehen hochgenaue mechanische Bauteile für die wissenschaftlichen Instrumente, die am Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung entwickelt und gebaut werden; im Elektroniklabor werden die elektrischen Systeme für diese Instrumente gefertigt, kalibriert und qualifiziert.

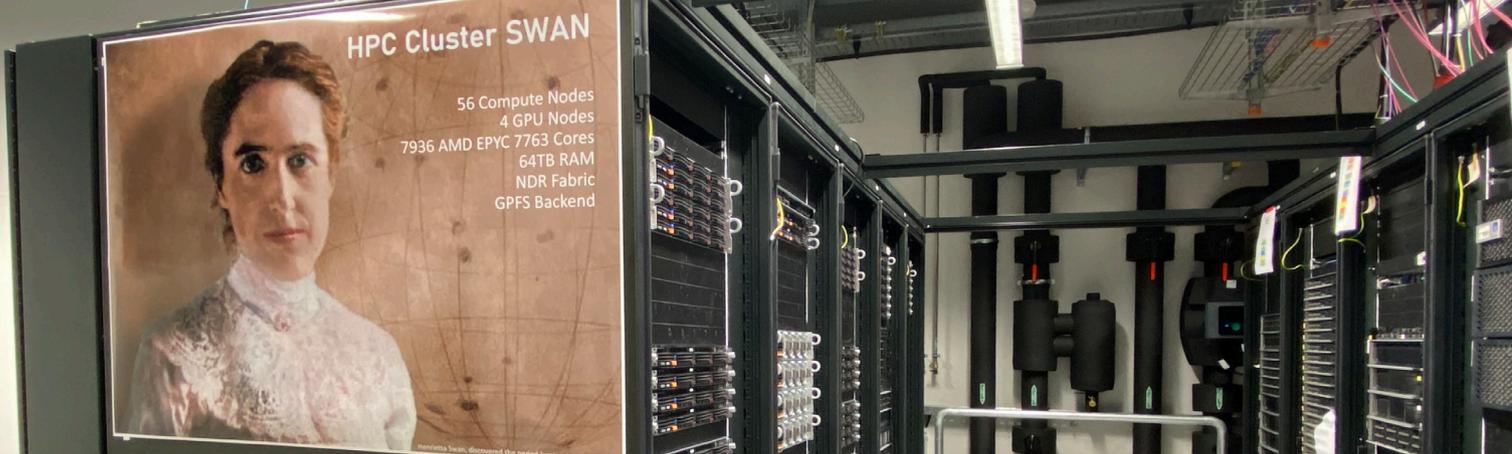
Blick in die Feinmechanik Werkstatt v

Ob an Drehbank, 5-Achsen-Fräse oder Senkerodiermaschine – in der haus-eigenen Werkstatt werden verschiedenste Bauteile gefertigt. Dazu gehören sowohl Ersatzteile für die Labore, technische Versuchsmodelle als auch Komponenten der Flughardware.

HPC-Cluster SWAN (nächste Seite) >

Auf dem High Performance Computing Cluster „SWAN“ können komplexe Berechnungen und Simulationen schnell und effizient durchgeführt werden. Er ist nach der Astronomin Henrietta Swan Leavitt (1868 - 1921) benannt.





Rechenzentrum

Das Rechenzentrum verwaltet und betreibt die Hard- und Software für etwa 500 Arbeits- und Messplätze, stellt umfangreiche Speicher- und Rechenleistung zur Verfügung und unterstützt die Forschenden bei der Optimierung und Programmierung. Es beherbergt zwei HPC-Cluster sowie Systeme zur Archivierung und Sicherung großer Datenmenge, die unter anderem im Rahmen internationaler Weltraummissionen entstehen.

Massenspektrometer

Das Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung betreibt mehrere Massenspektrometer für die Analyse von Meteoriten und anderen extraterrestrischen Gesteinsproben. Die Spektrometer ermöglichen es, die Verhältnisse bestimmter Isotope mit extrem hoher Genauigkeit zu bestimmen.

Reinräume

Das Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung verfügt auf mehr als 1600 Quadratmetern über zahlreiche Reinräume verschiedener Reinheitsklassen. Dort entstehen wissenschaftliche Instrumente, die im Weltall oder aus der Stratosphäre Daten sammeln. Zudem gibt es Spezialbereiche, in denen unter anderem Geräte für den Einsatz auf dem Mars gebaut werden. Weitere Reinräume erlauben das Präparieren extraterrestrischer Gesteinsproben.

Testanlagen

Um sicherzustellen, dass Instrumente für Weltraummissionen den Bedingungen im All und auf dem Weg dorthin standhalten, werden sie vorab getestet und qualifiziert. Die Vibrations-testanlage simuliert die Erschütterungen beim Raketenstart, Thermal-Vakuum-Anlagen die Kälte und Luftleere des Alls. In weiteren Thermal-Vakuum-Kammern lagern unter Weltraumbedingungen die Ersatzeinheiten von Instrumenten, die bereits im Einsatz sind.



INSTRUMENTE FÜR DEN WELTRAUM FLUGHARDWARE AUS GÖTTINGEN

Eine besondere Kompetenz des Max-Planck-Instituts für Sonnensystemforschung ist der Bau wissenschaftlicher Instrumente für Weltraummissionen. An Bord von Raumsonden reisen die Instrumente durchs All, erforschen Planeten, Monde, Asteroiden, Kometen oder die Sonne und senden Messdaten zurück zur Erde. Die Bandbreite der Instrumente reicht von Kameras und Teleskopen, die ihr Forschungsobjekt aus der Ferne untersuchen, bis hin zu in situ-Instrumenten, die Teilchen in der Umgebung eines Körpers vor Ort vermessen.

Fast alle Schritte, die notwendig sind, solche Instrumente zu entwickeln und zu bauen, werden im Institut umgesetzt: vom ersten Entwurf am Computer, über die Fertigung mechanischer und elektronischer Komponenten bis zum Zusammenbau des Instruments, der Kalibration, den Umwelttests und der Qualitätskontrolle. Dabei entsteht jedes Instrument in Kooperation mit anderen Forschungseinrichtungen, die Teile und Subsysteme beitragen.

Am Beginn steht die wissenschaftliche Fragestellung. Sie gibt vor, was das Instrument an seinem späteren Einsatzort im All leisten soll. Von Seiten der Raumfahrtagenturen wie etwa der ESA oder NASA gibt es Vorgaben zu Größe, Gewicht und Energiebedarf. In enger Zusammenarbeit entwickeln Forschende und Ingenieur*innen daraus einen Entwurf des Instruments am Computer.

Im nächsten Schritt beginnt der Bau erster Strukturmodelle. Diese werden diversen Tests unterzogen: Sie müssen etwa beweisen, dass sie den Erschütterungen beim Raketenstart standhalten sowie der Kälte und Luftleere im Weltraum. Die so gewonnenen Erkenntnisse ermöglichen dann den Bau der Flughardware unter strenger Qualitätskontrolle in den Reinräumen des Instituts. Im Anschluss wird ein zweites, baugleiches Instrument hergestellt, das am Institut verbleibt. Mit seiner Hilfe lassen sich die Messdaten aus dem All interpretieren und Probleme im Betrieb lösen.

Entwicklung und Bau eines Weltrauminstruments nehmen mehrere Jahre in Anspruch. Die Dauer des anschließenden Flugs zum Forschungsobjekt hängt vom Ziel der Mission ab. Anreisen vom bis zu zehn Jahren sind keine Seltenheit.

Aktuelle Missionsbeteiligungen des Instituts:

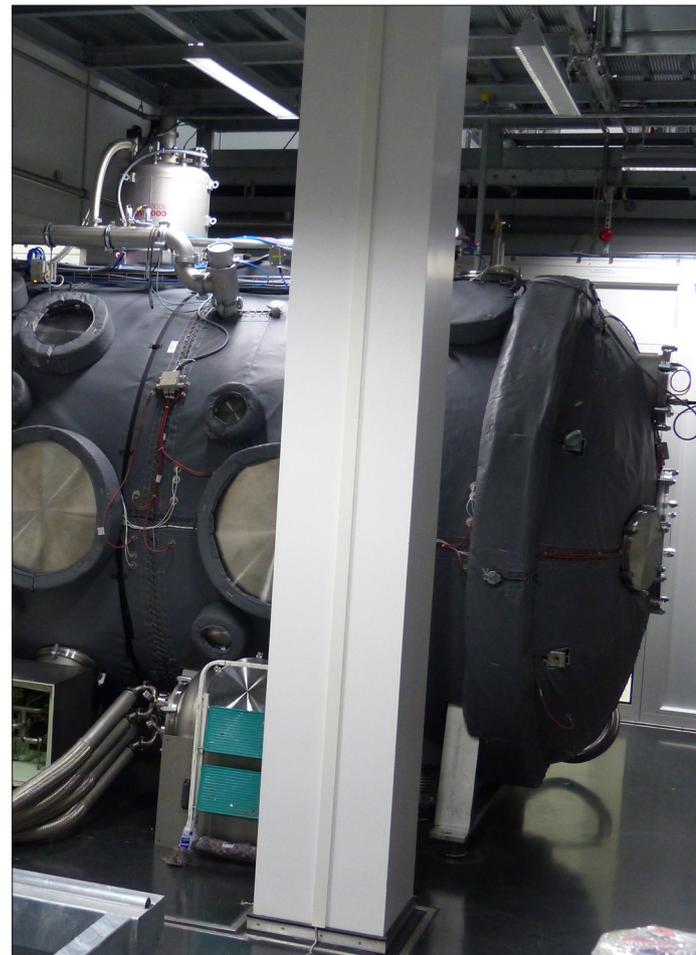
Mission	Start	Forschungsobjekt
Vigil	2031	Sonne
EnVision	2031	Venus
Solar-C	2028	Sonne
ExoMars	2028	Mars
RAMSES	2028	Apophis
MUSE	2027	Sonne
PLATO	2026	Exoplaneten
JUICE	2023	Jupiter
Solar Orbiter	2020	Sonne
BepiColombo	2018	Merkur

Details zu den Missionen finden Sie unter:

www.mps.mpg.de

Thermal-Vakuum-Testkammer >

„BigMac“ ist die größte Testkammer am MPS. Mit einer Länge von 5 Metern und einem Durchmesser von 2 Metern finden auch größere Instrumente darin Platz. Die Temperatur lässt sich von -170 °C bis +100 °C variieren, sodass unterschiedliche Missionsbedingungen simuliert werden können. Über ein Spiegelsystem auf dem Dach kann zudem echtes Sonnenlicht in die Kammer gelenkt werden.



PROMOVIEREN AM MPS INTERNATIONAL MAX PLANCK RESEARCH SCHOOL

Das Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung ist nicht nur Heimat exzellenter Wissenschaftler*innen, sondern bietet auch dem Nachwuchs ideale Forschungs- und Lernbedingungen in Vorbereitung auf eine Karriere in Wissenschaft und Industrie. Unter dem Namen "International Max Planck Research School for Solar System Science at the University of Göttingen and TU Braunschweig" bietet das Institut in Zusammenarbeit mit zwei Universitäten ein international ausgerichtetes Promotionsstudium an.

Die Teilnehmenden forschen in den auf drei Jahre angelegten Projekten unmittelbar an den relevanten wissenschaftlichen Fragestellungen ihres Fachgebiets und leisten dabei einen signifikanten Beitrag zu den Veröffentlichungen des Instituts. Die Forschungsthemen der Promovierenden reichen dabei von Astrophysik und Geowissenschaften über Mathematik bis hin zu den Ingenieurwissenschaften. Den Nachwuchswissenschaftler*innen stehen mindestens zwei erfahrene Forscher*innen zur Seite, zu denen nicht selten Direktor*innen des Instituts gehören.





Zusätzlich zu ihrer Forschungsarbeit engagieren sich die Studierenden in der akademischen Lehre in Bachelor- und Masterstudiengängen der Partneruniversitäten und schärfen ihr Profil in weiterführenden Kursen rund um die Sonnensystemforschung. Das Institut legt zudem großen Wert auf verantwortungsbewusstes Handeln. Kurse zu guter wissenschaftlicher Praxis und Wissenschaftsethik sind daher bereits im ersten Lernjahr verpflichtend.

Fester Bestandteil eines Jahres ist die gemeinsame Klausurwoche an einem wissenschaftlich bedeutsamen Ort außerhalb Göttingens, bei der Workshops und Vorträge sowie gemeinsame Ausflüge und Besichtigungen thematisch relevanter Orte im Mittelpunkt stehen.



Dem international ausgerichteten Programm gehören stets rund 50 Promovierende aus etwa 30 Ländern an. Seit 2001 haben so mehr als 240 Studierende das Programm mit einer erfolgreichen Promotion abgeschlossen. Von diesen verbleibt ein bedeutender Anteil in der Wissenschaft.

^ Buchrücken
Die Doktorarbeiten behandeln Themen aus allen Bereichen der Sonnensystemforschung.

< Besichtigung des Astrophysikalischen Observatoriums in Potsdam
Themenbezogene Ausflüge wie ein Besuch des Großen Refraktors von 1899 sind fester Bestandteil des Angebots und sorgen für ein positives Gemeinschaftsgefühl.



AUSBILDUNG WO LEHRSTÜCKE DEN WEG INS ALL FINDEN KÖNNEN

Das Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung übernimmt mit seinem Ausbildungsprogramm seit 1949 gesellschaftliche Verantwortung und konnte seither mehr als 400 Auszubildende auf das Berufsleben vorbereiten – darunter zehn Bundes- und sieben Landessieger der Industrie sowie dem Leistungswettbewerb der Handwerksjugend.

Derzeit bildet das Institut Jugendliche und junge Erwachsene in vier verschiedenen Fachrichtungen aus, die mit einer Prüfung vor der Industrie- und Handelskammer abgeschlossen werden. Wann immer möglich werden die Auszubildenden in laufende Projekte der Sonnensystemforschung eingebunden. Dadurch kann es vorkommen, dass Lehrstücke an Bord einer Raumsonde das Weltall erreichen.

Neben der Vermittlung fachlicher Expertise wird großer Wert auf Teamgeist gelegt, sei es durch Gruppenprojekte wie den Bau eines fahrbereiten Rovermodells oder die jährlichen Ausbildungsausflüge.

Sie haben Interesse an einer Ausbildung oder kennen jemanden, für den dieser Weg in Frage kommt? Schreiben Sie uns unter:

Ausbildung@mps.mpg

< Start von Solar Orbiter an Bord einer Atlas V-Rakete

Das Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung ist an vier Instrumenten dieser Forschungsmission zur Sonne beteiligt. Einige Teilkomponenten wurden von Auszubildenden des Instituts gefertigt.

Fachinformatiker*in für Systemintegration

Die IT ist das Nervenzentrum des Instituts. Die Auszubildenden lernen hier, komplexe Systeme der Informations- und Kommunikationstechnik durch Integration von Softwarekomponenten zu konzipieren und zu realisieren, Netzwerke aufzubauen sowie Störungen zu beheben – sei es am einfachen Büro-PC oder im Rechenzentrum. Gleichzeitig beraten sie Mitarbeiter*innen aus allen Bereichen in IT-Fragen.

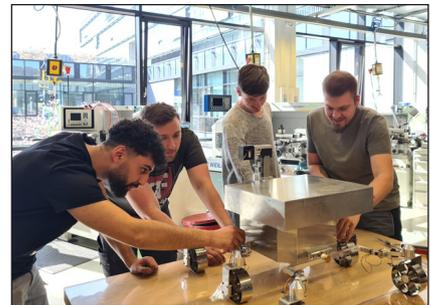


Elektroniker*in für Geräte und Systeme

Viele der elektronischen Komponenten für Instrumente werden am Institut gefertigt. Die Auszubildenden erlernen neben einem breiten Fachwissen Platinen mit miniaturisierten Bauteilen zu bestücken sowie elektronische Baugruppen zu entwerfen und herzustellen. Ebenso gehört die Inbetriebnahme, Prüfung und Wartung der Baugruppen zu den Lehrinhalten.

Industriemechaniker*in Fachrichtung Feingerätebau

Die Auszubildenden lernen sowohl die manuelle und maschinelle Bearbeitung von Werkstoffen auf 1/100 mm Genauigkeit als auch die Bedienung computergestützter (CNC) Fräs- und Drehmaschinen. Jeder Auszubildende hat dabei seinen eigenen, modernen Arbeitsplatz. Die Bearbeitung ungewöhnlicher Materialien für die Raumfahrt wie Titan, Wolfram, Invar oder vakuumtauglicher Kunststoffe wird ebenfalls vermittelt.



Metallbauer*in Fachrichtung Konstruktionstechnik

Schweißen, Bohren, Drehen, Fräsen – in der Metallbauwerkstatt erlernen die Auszubildenden sowohl metallische als auch nichtmetallische Werkstoffe zu spanen und umzuformen sowie maschinell zu bearbeiten. Zu ihren Aufgaben gehören die Wartung und Erweiterungsarbeiten an den Rohrsystemen für Reinstgase und Vakuumanlagen am Institut.

CHANCENGLEICHHEIT VORAUSSETZUNGEN FÜR SPITZENFORSCHUNG SCHAFFEN

Forschung auf höchstem Niveau braucht besondere Rahmenbedingungen. Am Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung zählen Chancengleichheit für alle Mitarbeitenden, die Vereinbarkeit von Familie und Beruf und exzellente Möglichkeiten der Karriereentwicklung zu den wichtigsten Grundsteinen.

Am Institut gibt es eine betriebsnahe, bilinguale Kindertagesstätte, in der Kinder bis zum Vorschulalter ganztägig betreut werden. Zudem stehen den Mitarbeitenden drei Eltern-Kind-Büros zur Verfügung, die mit Babybett, Wickelecke, Spielzeug und mehr ausgestattet sind. Hilfe bei der Suche nach einer individuellen Betreuungslösung zählt ebenso zum Angebot wie finanzielle Unterstützung, wenn durch Dienstreisen oder Tagungen ein besonderer Betreuungsbedarf entsteht.

Die Networking- und Mentoring-Programme der Max-Planck-Gesellschaft begleiten sowohl Nachwuchswissenschaftlerinnen als auch erfahrenere Forscherinnen bei der Karriereplanung. Wissenschaftlerinnen, die noch am Anfang ihrer Laufbahn stehen, bietet darüber hinaus das Minerva Fast Track Programm eine langfristige Perspektive innerhalb der Max-Planck-Gesellschaft; das Lise-Meitner-Exzellenz-Programm erlaubt außergewöhnlich qualifizierten Wissenschaftlerinnen, eine eigene, unabhängige Forschungsgruppe aufzubauen.

Weitere Informationen unter:

<https://www.mps.mpg.de/chancengleichheit>

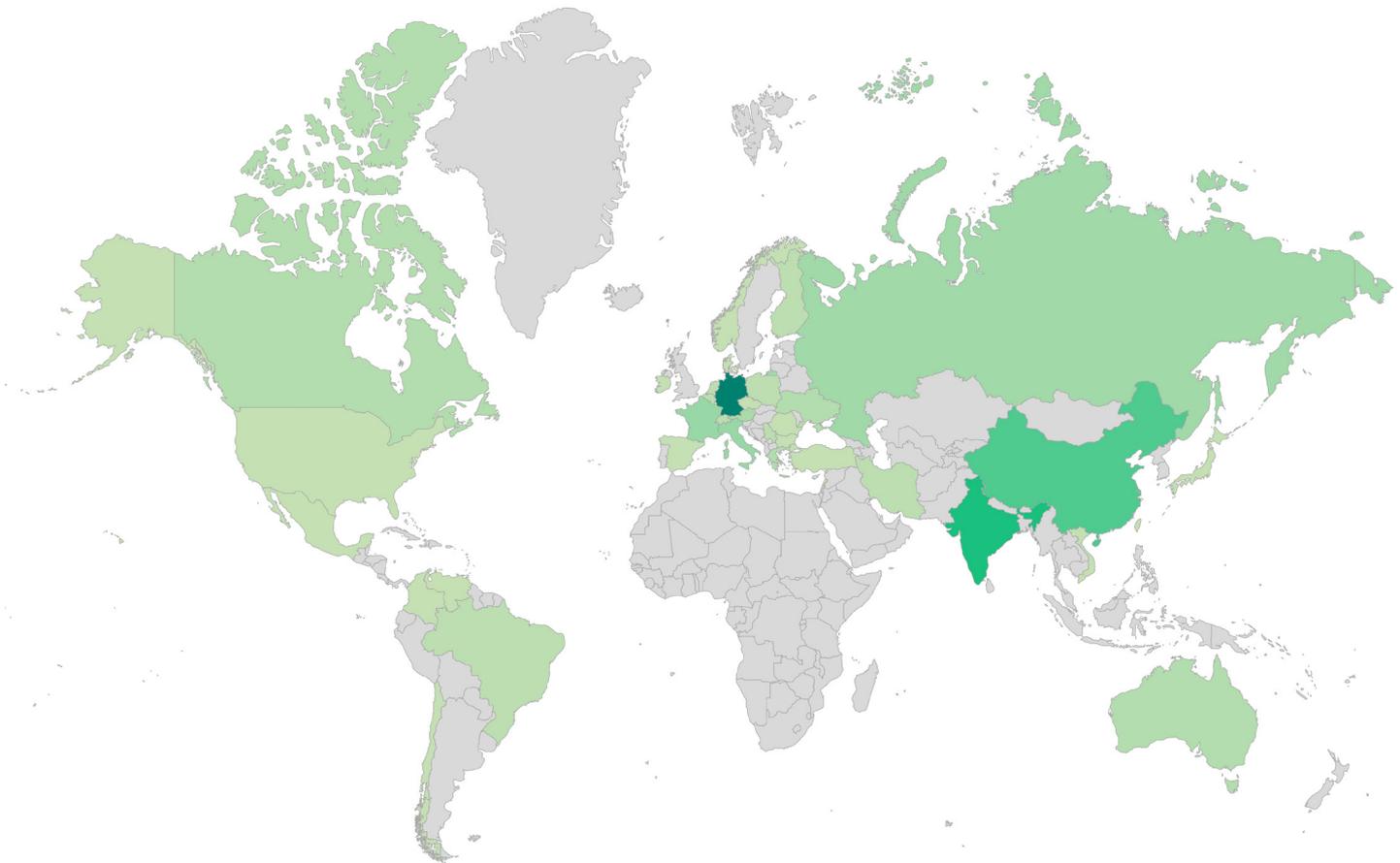
< Kosmos Kids

Für viele Mitarbeitende und ihre Kinder beginnt der Tag mit dem Weg in die betriebseigene Kindertagesstätte.



INTERNATIONALES UMFELD KLUGE KÖPFE AUS DER GANZEN WELT

Etwa 150 Wissenschaftler*innen und Studierende forschen und lernen am Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung. Wie die Karte zeigt, stammt etwa ein Drittel von ihnen aus Deutschland; die anderen kommen aus 38 Nationen von fünf Kontinenten. Länder, aus denen viele Forschende stammen, sind dunkler eingefärbt als solche, aus denen weniger Wissenschaftler*innen kommen.



ENTDECKEN UND MITMACHEN

VERANSTALTUNGEN, FÜHRUNGEN & MEHR

Es gibt eine Vielzahl von Möglichkeiten, das Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung, seine Forschungsthemen und -methoden kennenzulernen: geführter Rundgang zu Reinräumen und Laboren, öffentlicher Vortrag über Sonne und Planeten, Mitmach-Experiment bei einer der vielen Veranstaltungen und vieles mehr.

Institutsführungen

Für Besuchergruppen bietet das Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung auf Anfrage und an Werktagen Führungen an. Diese informieren über aktuelle Forschungsprojekte und -ergebnisse und nehmen die Gäste mit zu Reinräumen und Laboren, die der Öffentlichkeit sonst nicht zugänglich sind. Dauer der Führung, thematischer Schwerpunkt und Sprache richten sich nach den Bedürfnissen und Wünschen der Gäste. Sprechen Sie uns gerne an: presseinfo@mps.mpg.de.

Öffentliche Veranstaltungen und Vorträge

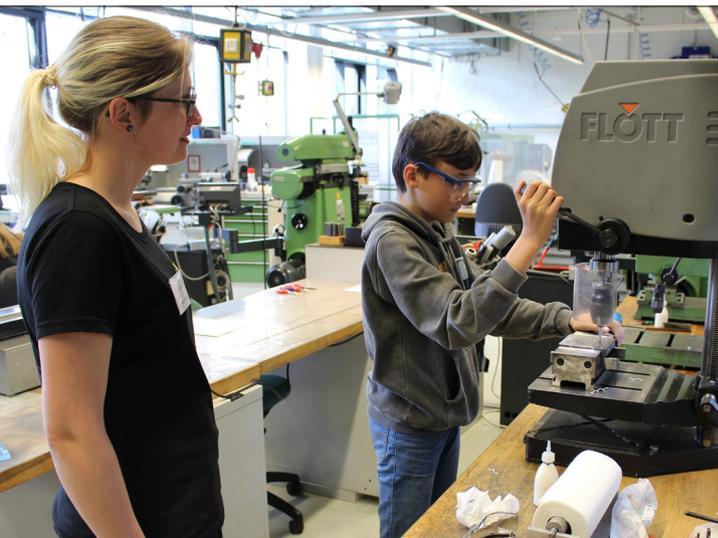
Ob Nacht des Wissens, Astronomietag oder ein besonderes Himmelsereignis – es gibt regelmäßig Gelegenheiten, das Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung im Rahmen einer öffentlichen Veranstaltung zu besuchen. Die Gäste erwartet ein abwechslungsreiches Programm mit Vorträgen, Mitmachaktionen und mehr. Zudem findet in jedem Jahr eine öffentliche Vortragsreihe statt.

Weitere Informationen unter:

www.mps.mpg.de/oeffentliche-vortraege-und-veranstaltungen

< Zukunftstag

Einmal im Jahr können Schüler*innen die verschiedenen Berufsfelder am Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung kennenlernen und eigene Erfahrungen sammeln - wie hier in der Feinmechanikwerkstatt.



Veranstaltung zum Missionsstart >

Den Start der Raumsonde JUICE erlebten zahlreiche Gäste am Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung. Auf dem Programm stand unter anderem ein Live-Gespräch mit einem der Wissenschaftler am Startplatz in Südamerika.



Max Planck geht zur Schule

Regelmäßig an einem Tag im Jahr gehen Forschende des Max-Planck-Instituts für Sonnensystemforschung zur Schule – sowie ihre Kolleg*innen aus den drei anderen Göttinger Max-Planck-Instituten. Die Schulaktion „Max Planck geht zur Schule“ bietet zahlreichen Klassen der weiterführenden Schulen in Göttingen die Möglichkeit, Forschende persönlich kennenzulernen und sich von ihnen mit ihrer Begeisterung für Forschung, Wissenschaft und Weltraum anstecken zu lassen.

Zukunftstag

Ob Feinmechaniker, Technikerin, Ingenieur oder Wissenschaftler*in – das Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung bietet viele spannende Berufswege. Am Zukunftstag können Schüler*innen einige dieser Berufe kennenlernen. Eine Anmeldung ist erforderlich. Informationen zum Anmeldeverfahren finden Sie unter: www.mps.mpg.de/zukunftstag.

Wissenschaft beim Göttinger Literaturherbst

International renommierte Forschende, aktuelle Sachbücher und spannende Themen aus der Spitzenforschung – das ist die Vortragsreihe „Wissenschaft beim Göttinger Literaturherbst“, die als Teil des Literaturfestivals „Göttinger Literaturherbst“ in jedem Herbst stattfindet. In einzigartiger Atmosphäre präsentieren die Vortragenden Neues aus Physik und Astronomie, Medizin und Biologie sowie Geistes, Gesellschafts- und Wirtschaftswissenschaften. Veranstalter der Reihe sind die vier Göttinger Max-Planck-Institute, die Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek sowie die Literaturherbst GmbH.

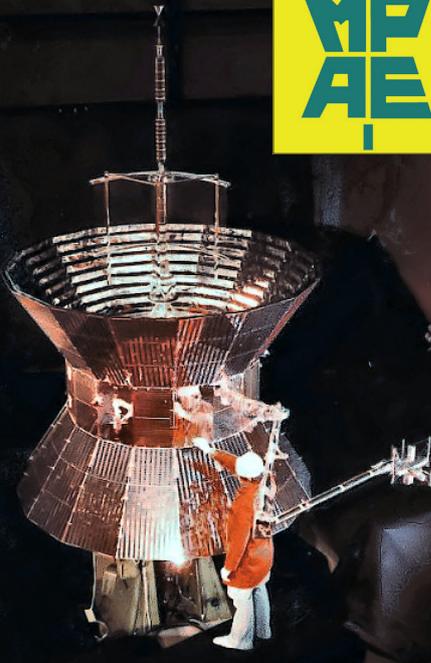
INSTITUTSGESCHICHTE

ATMOSPÄRENFORSCHER UND WELTRAUMPIONIERE

Das Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung blickt auf eine bewegte, etwa 90-jährige Geschichte zurück – mit Umzügen, Umbenennungen und strukturellen Veränderungen. Auch der Forschungsschwerpunkt ist in dieser Zeit nicht derselbe geblieben: Stand in den ersten Jahrzehnten die irdische Atmosphäre im Mittelpunkt, verlagerte sich das Interesse der Forschenden nach und nach immer weiter weg von der Erde bis hin zu den Planeten unseres Sonnensystems und der Sonne. Heute werden auch ferne Sterne und ihre Exoplaneten untersucht.

Das Institut hat zwei Wurzeln. Die ältere geht auf Erich Regener zurück, einem Pionier der Stratosphärenforschung und Weltraumexploration. Nachdem die damalige nationalsozialistische Regierung den Physiker 1937 als Hochschullehrer entlassen hatte, gründete er eine private Forschungsstelle für Physik der Stratosphäre, die 1938 in die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft, die Vorgängerorganisation der Max-Planck-Gesellschaft, eingegliedert wurde. Mit Hilfe unbemannter Forschungsballons suchte der Forscher, Zusammensetzung und Aufbau der Stratosphäre zu entschlüsseln und die kosmische Hintergrundstrahlung zu charakterisieren. Im Rahmen des militärisch genutzten Raketenprogramms der Nationalsozialisten entwickelte er die so genannte Regener-Tonne, die erste wissenschaftliche Nutzlast für eine Rakete, die allerdings nie zum Einsatz kam.

1948 gehörte die Forschungsstelle zu den Gründungsinstituten der Max-Planck-Gesellschaft; sieben Jahre später wurde es im süd-niedersächsischen Katlenburg-Lindau heimisch. Dort war bereits seit 1946 das spätere Max-Planck-Institut für Ionosphärenforschung in Betrieb. Seine Anfänge reichen unter Institutsgründer Walter Dieminger bis in die 1930er Jahre zurück.



< Raumsonde Helios und damaliges Institutslogo
Die Form der Helios-Sonden fand sich im ersten Institutslogo des Max-Planck-Instituts für Aeronomie wieder.

Antennen >

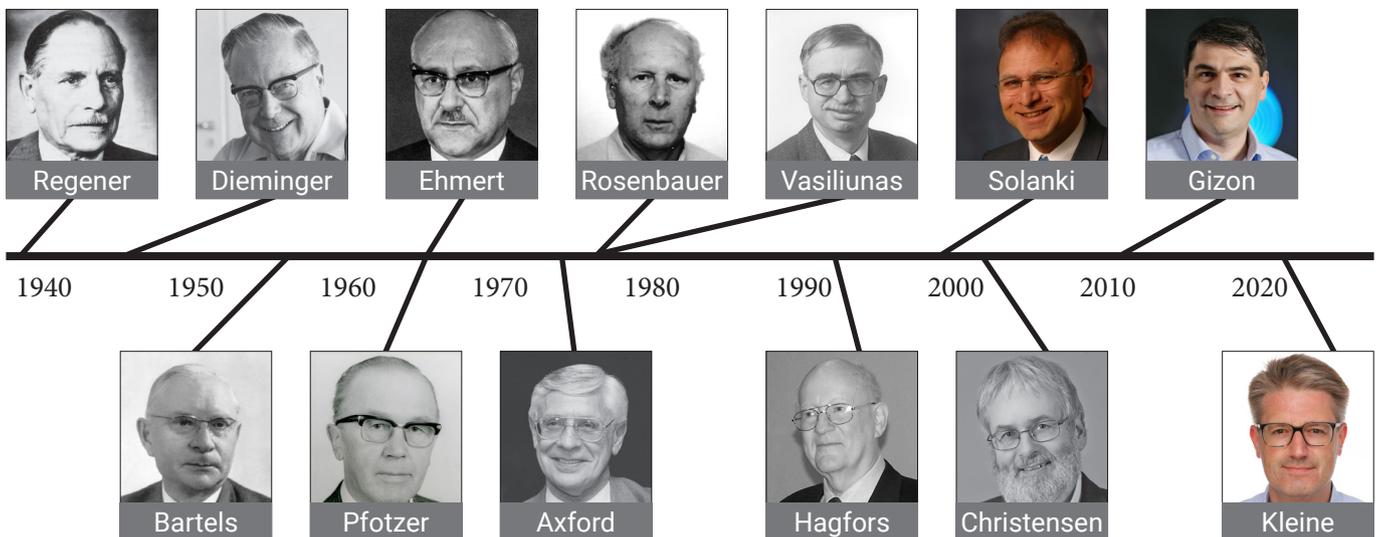
Von 1946 bis in die 70er Jahre war die Erforschung der Ionosphäre mit leistungsstarken Sendern und Antennensystemen eines der Hauptarbeitsgebiete des Instituts.



Bei weiterhin getrennter wissenschaftlicher Leitung erhielten beide Teilinstitute 1957 den gemeinsamen Namen Max-Planck-Institut für Aeronomie. Die wissenschaftliche Vereinigung erfolgte 1975. In dieser Zeit begann sich die Forschungsbreite des Instituts zu vergrößern: Zur Erforschung der Erdatmosphäre kamen nun auch Forschungsprojekte zum interplanetaren Medium, zur Sonne, den Planeten und Kometen hinzu.

So trug das Institut etwa mit eigenen Messinstrumenten zu frühen Weltraummissionen bei: zum ersten in Deutschland entwickelten Forschungssatelliten Azur, der 1969 ins All startete; zu den deutsch-amerikanischen Sonden Helios 1 und 2, die in den späten 70er Jahren das interplanetare Medium erforschten; und zum SpaceLab, dem Forschungslabor an Bord der amerikanischen Space Shuttles. Ein weiterer Höhepunkt war 1986 die Beteiligung des Instituts an der ESA-Mission Giotto zum Kometen Halley.

Ab 1998 konzentrierten sich die wissenschaftlichen Arbeiten des Instituts auf die Sonnen- und Planetenforschung. Es wurde 2004 umbenannt in Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung. 2014 folgte der Umzug in das heutige Institutsgebäude in der Nähe des Nordcampus der Universität Göttingen.



IMPRESSUM

Max-Planck-Institut für
Sonnensystemforschung
Justus-von-Liebig Weg 3
D-37077 Göttingen

Tel.: +49 - (0)551 384 979 - 0
Fax: +49 - (0)551 384 979 - 240
www.mps.mpg.de
presseinfo@mps.mpg.de

REDAKTION

Birgit Krummheuer
Matthias Nieuwenhuis

DESIGN

Matthias Nieuwenhuis

Juni 2025

FOTONACHWEIS

S. 1: Cover © MPS (N. Krupp) | S. 2: Foyer © MPS (M. Nieuwenhuis) | S. 4: Sonne © NASA/SDO | S. 4: Vesta: NASA/JPL-Caltech/UCLA/MPS/DLR/IDA | S. 5: Grafik Sonne © MPS | S. 6/7: Sonneneruption © NASA/SDO | S. 8/9: Korona der Sonne © ESA & NASA/Solar Orbiter/EUI Team, data processing: E. Kraaikamp (ROB), 2025 | S. 10: Sunrise III © SSC (Mattias Forsberg) | S. 11: Sonnenfleck © MPS/Sunrise III/SUSI Team | S. 12/13: Asteroidenprobe © MPS (M. Nieuwenhuis) | S. 14 Erde © NASA (Reid Wiseman) | S. 15: Jupiter © Adobe Stock | S. 16: Merkur © ESA/BepiColombo/MTM | S. 17: Asteroid Ryugu © JAXA/University of Tokyo/Kochi University/Rikkyo University/Nagoya University/Chiba Institute of Technology/Meiji University/Aizu University/AIST | S. 18: Schwingungsmoden © MPS (Yash Mandowera) | S. 20/21: Grafik Sonne © MPS | S. 22: PLATO im Reinraum © ESA/G. Porter | S. 22: PLATO Grafik © ESA/ATG Medialab | S. 24: Werkstatt © MPS (J. Bochmann) | S. 25: HPC Cluster © MPS | S. 26: Arbeiten im Reinraum © MPS | S. 27: Thermal-Vakuum-Kammer © MPG/M. Ebener | S. 28/29: Buchrücken © MPS | S. 28/29: Gruppenfoto © MPS (S. Schuh) | S. 30: Rakete © MPS (L. Teriaca) | S. 31: IT © MPS (N. Nieuwenhuis) | S. 31: Elektronik © MPS/T. Klawunn | S. 31: Industriemechaniker © MPS (N. Nieuwenhuis) | S. 31: Metallbau © MPS | S. 32: Kosmos Kids © MPS (M. Nieuwenhuis) | S. 33: © MPS | S. 34: Zukunftstag © MPS | S. 35: Veranstaltung © MPS | S. 36: Helios © NASA/Max Planck | S. 37: Antennen © MPAE | S. 37: Ahnengalerie © MPS; Dieminger: Archiv der Max-Planck-Gesellschaft, Berlin-Dahlem; Solanki: Heajin Kim; Christensen: Lydia Boenisch; Kleine: Swen Pförtner für MPG | S. 39: Luftaufnahme MPS © Ben Yi | S. 40: Innenhof © MPG (M. Ebener)



