



Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung Max-Planck-Straße 2

37191 Katlenburg-Lindau

Tel.: +49 (0) 55 56 979 - 0 Fax: +49 (0) 55 56 979 - 240 http://www.mps.mpg.de E-Mail: presseinfo@mps.mpg.de

Verantwortlich für den Inhalt:

Peter Czechowsky, Patrick Daly, Grit Koch, Birgit Krummheuer, Norbert Krupp, Andreas Lagg, Dieter Schmitt, Thorsten Stahn, Johannes Wicht

Bildnachweis:

Sildnachweis:

J. Herting, Göttingen
EADS Astrium GmbH, Friedrichshafen
IPS, Royal Swedish Academy of Sciences, Schweden
Jet Propulsion Laboratory, Pasadena, CA, USA
University of Arizona, Tucson, AZ, USA
Stanford University, Stanford, CA, USA
MPS, Katlenburg-Lindau
ESA
NASA

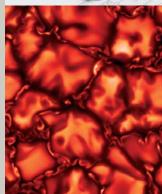
Konzept und Graphik-Design: Airbrushdesign J. Herting, Göttingen Druck:

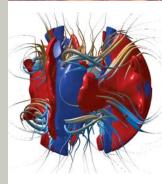
Goltze Druck, Göttingen

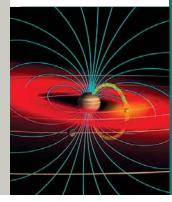
August 2009, Auflage: 5000

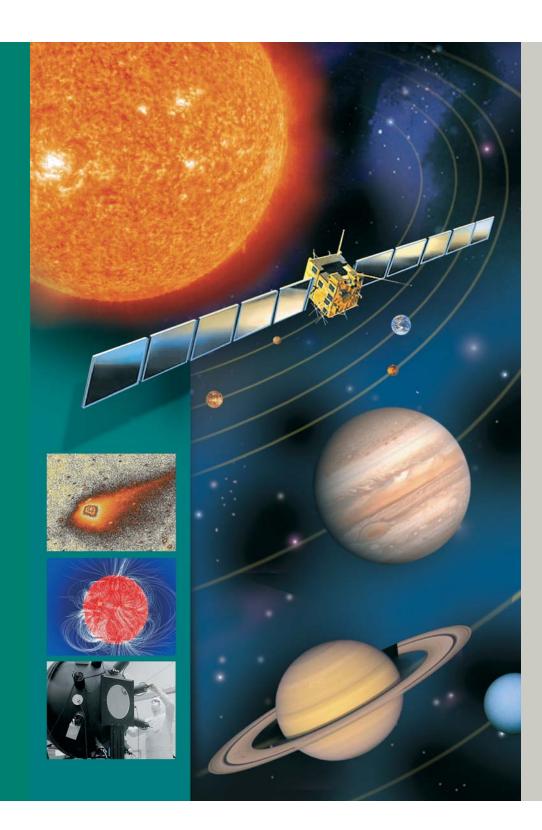
Diese Broschüre und weitergehendes Informationsmaterial, ein Videofilm und Tätigkeitsberichte über die Arbeit am Institut können gegen Selbstkostenpreis vom Institut bezogen werden.















Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung Katlenburg-Lindau

Das Institut

Die Erforschung unseres Sonnensystems steht im Mittelpunkt der wissenschaftlichen Arbeiten des Instituts. Es gliedert sich in zwei Abteilungen: Sonne und Heliosphäre sowie Planeten und Kometen. Zusätzlich bestehen seit 2002 eine International Max Planck Research School und seit 2005 die Nachwuchsgruppe Helio- und Asteroseismologie.

- Gegenstand der Forschung am Institut sind die verschiedenen Objekte des Sonnensystems. Ein großes Arbeitsgebiet betrifft die Sonne, ihre Atmosphäre, das vom Sonnenwind beeinflusste interplanetare Medium sowie den Einfluss der solaren Partikel- und Wellenstrahlung auf die Planeten. Das zweite Forschungsthema befasst sich mit dem Inneren, den Oberflächen, Atmosphären, Ionosphären und Magnetosphären der Planeten und ihrer Monde sowie der Kometen und Asteroiden.
- Ein weiterer wesentlicher Teil der Arbeiten beinhaltet die Entwicklung und den Bau von Instrumenten für Weltraummissionen. Das Institut, hervorgegangen aus dem Max-Planck-Institut für Aeronomie, ist für diese technologisch anspruchsvollen Aufgaben hervorragend ausgestattet. Erfahrene und hoch qualifizierte Fachkräfte arbeiten in gut ausgerüsteten Werkstätten und Laboratorien für Elektronik und Optik sowie in Spezialeinrichtungen wie Reinräumen, an Thermal-Vakuum-Kammern und an Vibrationstest-Anlagen.
- Die Auswertung und Interpretation der gewonnenen Messdaten wird intensiv von theoretischen Arbeiten begleitet. Physikalische Modelle werden erstellt und mit Hilfe numerischer Simulationsrechnungen überprüft und weiterentwickelt.
- Nachwuchswissenschaftler erlernen modernste Forschungsmethoden in der "International Max Planck Research School on Physical Processes in the Solar System and Beyond", die in Zusammenarbeit mit den Universitäten in Braunschweig und Göttingen am Institut eingerichtet wurde.



The Institute

The exploration of our solar system is the central theme for the scientific research done at this Institute. It is organised in two departments: one for the **Sun and Heliosphere** and the other for **Planets and Comets**. In addition, since 2002 there is also an **International Max Planck Research School** and since 2005 a Max Planck Research Group for **Helioand Asteroseismology**.

- ■Subjects of research at the Institute are the various objects within the solar system. A major area of study concerns the Sun, its atmosphere, the interplanetary medium as influenced by the solar wind, as well as the impact of solar particles and radiation on the planets. The second area of research involves the interiors, surfaces, atmospheres, ionospheres, and magnetospheres of the planets and their moons, as well as of comets and asteroids.
- A further essential part of the activities at the Institute is the development and construction of instruments for space missions. The Institute, as the successor to the Max Planck Institute for Aeronomy, is in an excellent position to meet these technologically demanding tasks. Highly qualified and experienced specialists work in well-equipped workshops, in electronic and optics labs as well as with special facilities such as clean rooms, thermal vacuum chambers, and vibration test stands.
- The analysis and interpretation of the acquired datasets are accompanied by intensive theoretical work. Physical models are proposed and then tested and further developed with the aid of computer simulations.
- Junior scientists learn up-to-date research methods in the "International Max Planck Research School on Physical Processes in the Solar System and Beyond", which has been established at the Institute in collaboration with the Universities of Braunschweig and Göttingen.

Leiter / Head Prof. Dr. Laurent Gizon

Schwingungen der Sonne und Sterne;

Sonneninneres; Aufbau von Sonnen-

Solar and stellar oscillations; solar

interior; subsurface structure of sunspots

flecken und aktiven Gebieten

Solar System School

Nachwuchsgruppe

Helio- und Astero-

seismologie /

Max Planck

Research Group

and active regions

International Max Planck Research School on Physical Processes in the Solar System and Beyond at the Universities of Braunschweig and Göttingen

Technische Einrichtungen / Technology



Konstruktion, mechanische Werkstätten, elektronische und CCD-Labors, Reinräume, Thermal-Vakuum-Kammern, Vibrationstest-Anlagen, Lasereinrichtungen, EDV-Zentrum

Mechanical design and workshops, electronics and CCD-laboratories, clean rooms, thermal-vacuum chambers, vibration test facilities, laser equipment, computer centre.

Sonne und Heliosphäre

Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung

Sun and Heliosphere

Die Sonne – ein Gigant aus Gas

Die Sonne ist ein Gasball mit einem Durchmesser von 1,4 Millionen Kilometern, der hauptsächlich aus Wasserstoff und Helium besteht und 99,8 Prozent der Masse des Sonnensystems in sich vereint. Im 15 Millionen Grad Celsius heißen Zentrum der Sonne verschmelzen Kerne von Wasserstoffatomen zu Helium. Die dabei frei werdende Energie wird durch Strahlung und Strömungen bis zur sichtbaren, 6000 Grad heißen Sonnenoberfläche transportiert und dort in den Weltraum abgegeben.

- In der weit ausgedehnten Sonnenatmosphäre (Korona), die ohne besondere Hilfsmittel nur während einer totalen Sonnenfinsternis sichtbar ist, nimmt die Temperatur wieder auf mehr als eine Million Grad zu. Das heiße Gas der Korona bleibt überwiegend im Magnetfeld der Sonne wie in einem Käfig gefangen. Ein Teil des Gases entweicht jedoch und strömt als Sonnenwind mit einer Geschwindigkeit von bis zu drei Millionen Kilometern pro Stunde durch den interplanetaren Raum.
- Die Forscher am MPS studieren die ganze Vielfalt der dynamischen und oft spektakulären Prozesse der Sonne – vom Sonneninneren bis zur äußeren Heliosphäre. Im Brennpunkt der Forschung steht dabei das Magnetfeld, das bei diesen Prozessen eine entscheidende Rolle spielt. Es wird im Inneren der Sonne durch Gasströmungen erzeugt und verursacht an der Oberfläche unter anderem dunkle Flecken. Gesucht werden Antworten auf grundlegende Fragen: Warum verändert sich das Magnetfeld der Sonne in einem elfjährigen Rhythmus? Wie erzeugt das Magnetfeld die vielfältigen Strukturen auf der Sonne? Wie wird die Korona auf mehrere Millionen Grad aufgeheizt?
- Grundlegend neue Erkenntnisse über die Sonne haben am Institut entwickelte Instrumente auf den Raumsonden SOHO und Ulysses geliefert. So wurde durch Messungen des Ultraviolett-Spektrometers SUMER auf SOHO die entscheidende Rolle des Magnetfeldes bei dynamischen Prozessen erkannt, während Ulysses erstmals die dreidimensionale Struktur des Sonnenwindes vermessen hat.

Ein Blick ins Innere der Sonne: Die im Kern erzeugte Energie wird mittels Strahlung und Strömungen an die Sonnenoberfläche transportiert. Dort erzeugen starke Magnetfelder Sonnenflecken (vergrößerter Ausschnitt, links), deren dreidimensionale Struktur mittels aufwändiger Computersimulationen erforscht wird - hier zum Beispiel die Sonnentemperatur von der Oberfläche bis zu einer Tiefe von 2000 km (unten).

Beobachtungen mit Son-

nenteleskopen (oben das

Gregor-Teleskop auf Te-

neriffa, Inbetriebnahme

sung des solaren Mag-

netfeldes in oberflächen-

nahen Schichten. Daraus

kann die Magnetfeld-

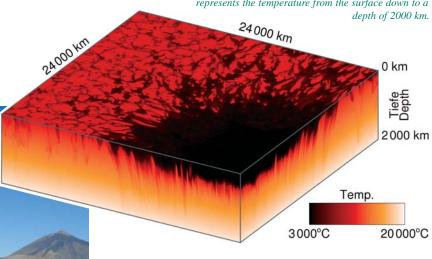
struktur der Korona er-

rechnet werden (links).

2010) erlauben die Mes-

A glimpse into the Sun's interior: the energy generated at the center is transported by radiation and currents to the surface. There, strong magnetic fields produce sunspots (enlargement left) whose three-dimensional structures are studied by powerful computer simulations - the example below represents the temperature from the surface down to a

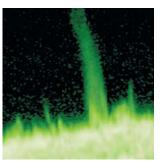
Max Planck Institute for Solar System Research

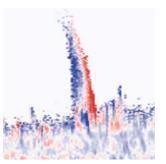


Ein "Sonnentornado" (unten): Die Spikule über dem Sonnenrand, beobachtet mit dem UV-Spektrometer SUMER auf SOHO, besteht aus 230 000 Grad heißem Gas. Die Dopplerverschiebung des Lichtes macht die Rotationsgeschwindigkeit des Tornados von 50 000 Kilometern pro Stunde sichtbar (unten rechts).

A "solar tornado" (below): the spicule observed at the solar limb with the UV spectrometer SUMER on SOHO consists of gas at a temperature of 230 000 degrees. The Doppler shift of the light reveals a rotational speed of 50 000 kilome-

Observations with solar telescopes (above the Gregor telescope on Tenerife. operations beginning 2010) permit measurements of solar magnetic fields in layers near the surface. In this way the magnetic field structures of the corona can be calculated (left





The Sun – the gaseous giant

The Sun is a huge ball of gas 1.4 million kilometers in diameter, consisting primarily of hydrogen and helium, and taking up 99.8 percent of the entire mass of the solar system. At its center, with a temperature of 15 million degrees Celsius, hydrogen nuclei combine to form helium. The resulting energy released in this process is transported by radiation and currents to the visible surface, at 6000 degrees, from where it is radiated into space.

- In the extremely extensive solar atmosphere (corona), which is only visible with the naked eye during times of a total eclipse, the temperature once more increases, to over a million degrees. The hot coronal gas is predominantly trapped by the Sun's magnetic field, as if in a cage. However, some of this gas can indeed escape and streams outwards as the solar wind into interplanetary space, with a speed of up to three million kilometers per hour.
- The researchers at the MPS are studying the complete range of dynamic and often spectacular processes occurring on the Sun – from the interior to the outer heliosphere. At the heart of this research is the magnetic field, which plays a decisive role in these processes. It is generated by gas currents in the interior of the Sun and causes, among other things, dark spots on the surface. Answers to the following questions are being sought: Why does the magnetic field change with an eleven-year cycle? How does the magnetic field produce the various structures on the Sun? How is the corona heated to many millions of degrees?
- Instruments developed by MPS aboard the spacecraft SOHO and Ulysses have provided fundamentally new insights: Measurements of the ultraviolet spectrometer SUMER on board SOHO played a decisive role in recognising the significance of the magnetic field for dynamic processes and *Ulysses* measured the three-dimensional structure of the solar wind for the first time.

Sonne und Heliosphäre

Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung

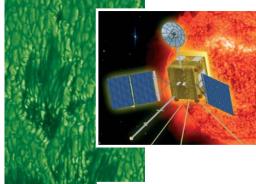
Sun and Heliosphere

The Sun – a life-giving star

Die Sonne – ein Stern, der Leben spendet

Mit ihrer Strahlung liefert die Sonne Wärme und Licht, ohne die es auf der Erde kein Leben geben würde. Veränderungen auf der Sonne sind daher immer auch hinsichtlich ihrer möglichen Auswirkungen auf die Biosphäre der Erde zu betrachten. So fanden Forscher durch Messinstrumente auf Satelliten heraus, dass die Gesamthelligkeit der Sonne im elfjährigen Zyklus ihres Magnetfeldes um etwa 0,1 Prozent schwankt. Obwohl diese Veränderung nur gering ist, kann sie dennoch das empfindliche Gleichgewicht des Erdklimas beein-

- Gewaltige Eruptionen auf der Sonne schleudern Wolken aus Gas und Magnetfeldern in den Weltraum und auch in Richtung Erde. Besonders starke Sonnenstürme können den natürlichen Schutzschild des Erdmagnetfelds durchbrechen und so zu Polarlichtern führen, aber auch den Funkverkehr beeinträchtigen und Kommunikationssatelliten, Telefon- und Hochspannungsleitungen beschädigen.
- Die Beeinflussung der Erde durch die schwankende Aktivität der Sonne ist ein wichtiges Forschungsthema am Institut. So arbeiten Wissenschaftler intensiv am Projekt STEREO, bei dem zwei baugleiche Raumsonden aus verschiedenen Sichtwinkeln Störungen von der Sonne bis zur Erde verfolgen und so eine Vorhersage von potenziell gefährlichen Ereignissen gestatten.
- Die physikalischen Prozesse bei der Entstehung und der Entwicklung der Magnetfelder der Sonne spielen sich auf sehr kleinen Skalen ab und erfordern daher Messungen mit sehr hoher räumlicher Auflösung. Das unter Führung des Instituts gebaute, ballongetragene Teleskop Sunrise konnte im Juni 2009 Strukturen von nur 70 Kilometern Größe auf der Sonnenoberfläche sichtbar machen.
- Zukünftige Projekte konzentrieren sich auf die Erforschung der physikalischen Ursachen der Veränderungen auf der Sonne. Bei der ehrgeizigen Mission Solar Orbiter, die auf einem Vorschlag des Instituts basiert, wird eine Sonde bis auf ein Fünftel des Abstands Erde-Sonne an unseren Stern heranfliegen und das Magnetfeld und seine Auswirkungen in den verschiedenen Schichten der solaren Atmosphäre untersuchen.



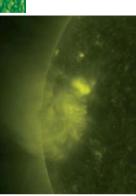
Ein Sonnenfleck – aufge-nommen mit dem Swedish Solar Telescope (La Palma, Kanarische Inseln).

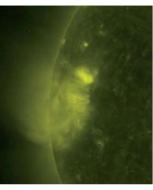
A sunspot – recorded with the Swedish Solar Telescop

(La Palma, Canary Islands).

Die Raumsonde Solar Orbiter wird ab dem Jahr 2020 die Sonne aus nächster Nähe beobachten. Aus einer Entfernung von nur einem Fünftel des Abstandes Erde-Sonne werden erstmals auch die Pole der Sonne detailliert erforscht.

The Solar Orbiter spacecraft will observe the Sun at close range starting in 2020. From a distance of only one fifth of the Earth-Sun separation it will make the first ever detailed investigations of the Sun's poles.





Die Sonne in 3D: Die STEREO Mission erlaubt erstmals die detaillierte Untersuchung der Ausbreitung und Struktur von koronalen Massenauswürfen. Zur Stereoansicht betrachten Sie das Bild aus etwa 25 cm Entfernung mit einem Blatt Papier als Trennwand zwischen den zwei Bildern.

The Sun in 3D: the STEREO Mission makes possible the first detailed studies of the expansion and structure of coronal mass ejections. To view this picture in stereo, place a sheet of paper between the two images and look at it from a distance of about



Max Planck Institute for Solar System Research

Das ballongetragene Sonnenteleskop Sunrise (oben der Start im Juni 2009) lieferte Aufnahmen der Sonnenoberfläche mit einer bis dahin unerreichten Auflösung von nur 70 Kilometern (links). Von der Auswertung der Daten des sechstägigen Fluges erwarten sich die Wissenschaftler Erkenntnisse über die physikalischen Prozesse auf der Sonnenoberfläche.

The balloon-borne solar telescope Sunrise (top: launch in June 2009) has delivered images of the Sun's surface with the previously unmatched resolution of only 70 kilometers (left). Data analysis from the six-day flight will give scientists new insights into the physical processes on the Sun's surface.

Die Konzentration von radioaktivem Kohlenstoff (14C) in den Jahresringen von Bäumen erlaubt die Rekonstruktion der Sonnenaktivität der letzten 11 500 Jahre. Vergleiche mit der Klimaentwicklung ermöglichen Rückschlüsse auf den Einfluss der Sonne auf das Erdklima. Rot / blau markiert sind Zeiten besonders hoher / niedriger Aktivität.

The amount of radioactive carbon (14C) in the annual tree rings allows us to reconstruct the solar activity over the last 11500 years. Comparisons with past climate changes lead to conclusions about the influence of the Sun on the Earth's climate. Red and blue indicate the times of particularly high and low activities, respectively.



climate. ■ Violent eruptions on the Sun eject clouds of gas and magnetic fields into space and towards the Earth. Particularly strong solar storms can pierce the Earth's natural magnetic shield, leading to increased

The Sun's radiation brings us warmth and light,

without which there would be no life on Earth. For

this reason, any changes on the Sun are to be care-

fully examined for their possible effects on the

terrestrial biosphere. By means of satellite-borne

measuring instruments, researchers have already

discovered that the total luminosity of the Sun varies

by 0.1 percent during the eleven-year cycle of the

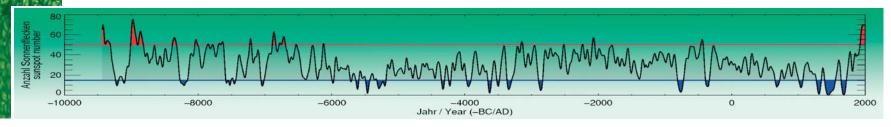
magnetic field. Although this is a very small change,

it can influence the delicate balance of the Earth's

auroral activity and even to disturbances in radio transmissions and to damage to communications satellites, telecommunication, and power lines.

■ An important research topic at the Institute is the influence on the Earth due to the Sun's variable activity. Scientists are working intensively on the project STEREO, in which two identical spacecraft trace disturbances from the Sun to the Earth from different observational points, permitting predictions of potentially dangerous events.

- The physical processes involved in the origin and development of magnetic fields on the Sun take place on very small scales and therefore require measurements with very high spatial resolution. The balloon-borne telescope Sunrise, built under Institute leadership and flown in June 2009, was able to make out structures on the Sun's surface as small as 70 kilometers.
- Future projects will stress research into the physical causes of the Sun's variations. The ambitious Solar Orbiter Mission, based on a suggestion from the Institute, will see a probe approach our star to within a fifth of the Earth-Sun distance in order to investigate the magnetic field and its effects in the various layers of the solar atmosphere.



Planeten und Kometen

Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung

Max Planck Institute for Solar System Research

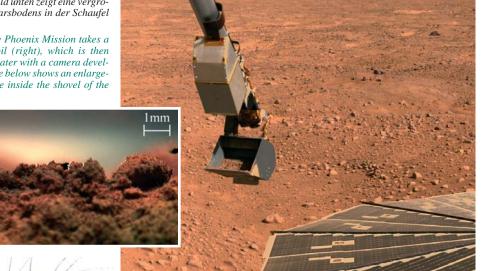
Die ungleichen Geschwister der Erde

Die Planeten in unserem Sonnensystem zeigen zwar viele Gemeinsamkeiten, doch weisen sie auch erstaunliche Unterschiede auf. Manche besitzen ein Magnetfeld, andere nicht, Vulkanische Aktivität ist auf den Planeten mit Gesteinsmantel und auf den Monden weit verbreitet. Sich bewegende Kontinentalplatten findet man wiederum nur auf der Erde.

- ■Flüssiges Wasser, eine wichtige Voraussetzung für Leben, gab es einst auch auf dem Mars jedoch nicht auf der Venus. Auf den Jupitermonden Europa und Ganymed könnte noch heute unter einer dicken Eiskruste ein tiefer Ozean verborgen liegen. Woher kommen diese Unterschiede? Warum sind die Lebensbedingungen gerade auf der Erde so freundlich? Gibt es Leben auf anderen Himmelskörpern? Diesen Fragen gehen die Wissenschaftler am MPS mit unterschiedlichen Methoden nach.
- Das Institut entwickelt wissenschaftliche Instrumente, die auf Raumsonden zu anderen Planeten fliegen. Hochspezialisierte Kameras haben etwa den Saturnmond Titan untersucht, analysieren die Marsoberfläche und erforschen die Wolken und Winde auf der Venus. Mikrowelleninstrumente entschlüsseln die Zusammensetzung der Atmosphären und Infrarotspektrometer bestimmen die Gesteine der Oberflächen. Ein neuartiger Laser-Höhenmesser auf dem Satelliten BepiColombo wird die Topographie des Merkurs auf einen Meter genau kartieren. Weitere MPS-Instrumente identifizieren die Atome, die Elektronen und den Staub, die sich um die Planeten bewegen und auf ihre Monde treffen. Dabei ist der Einfluss des Sonnenwindes auf die Atmosphärengase von besonderem Interesse.
- Theoretische Arbeiten und aufwändige Computersimulationen helfen dabei, die Vorgänge im Inneren und in der Umgebung von Planeten zu verstehen und die gemessenen Daten einzuordnen. Die dabei am MPS entwickelten Modelle beschreiben etwa die Wechselwirkung mit dem Sonnenwind, die Dynamik der Atmosphären oder die Erzeugung des Erdmagnetfeldes durch Strömungen im tiefen Eisenkern unseres Planeten.

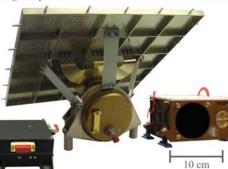
Der Roboterarm der Mission Phoenix nimmt Marsboden auf (rechts), der mit einer am MPS entwickelten Kamera auf Anzeichen von Wasser untersucht wird. Das Bild unten zeigt eine vergrößerte Aufnahme des Marsbodens in der Schaufel des Roboterarms.

The robotic arm on the Phoenix Mission takes a sample of Martian soil (right), which is then analyzed for signs of water with a camera developed at MPS. The figure below shows an enlargement of the soil sample inside the shovel of the



Computersimulationen verdeutlichen, wie Strömungen im tiefen Inneren der Planeten Magnetfelder erzeugen. Bewegungen wie in einem Wirbel-

Computer simulations illustrate how magnetic fields are generated by currents in the deep interior of the planet. Motions similar to those in a whirlwind (red and blue) deform and enhance the



sturm (rot und blau) verformen und verstärken das



Das Nah-Infrarot-Spektrometer SIR 2 an Bord der indischen Mission Chandrayaan untersucht die Zusammensetzung der Mondoberfläche.

The near-infrared spectrometer SIR 2 on board the Indian mission Chandrayaan investigates the composition of the Moon's surface.

Eine am MPS entwickelte Kamera (unten) umkreist Venus an Bord der Venus Express Sonde und untersucht die Struktur und Dynamik der dichten Wolkendecke. Das Bild rechts zeigt die Südhemisphäre im Infrarotbereich (blau) und im Nah-Infrarotbereich (rot).

A camera developed at MPS (below) is orbiting Venus on board the Venus Express spacecraft and investigates the structure and dynamics of the dense cloud layers. The figure on the right shows the southern hemisphere in the infrared (blue) and near-infrared (red) spectral bands.



Planets and Comets

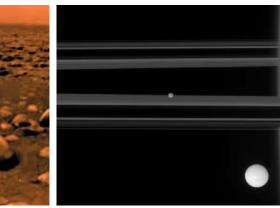
The Earth's disparate sisters

Although the planets in our solar system exhibit a large number of similarities, there are also considerable differences between them. Some possess a magnetic field, others do not. Volcanic activity is prominent on planets with a rocky mantel and on the moons. On the other hand, moving continental plates are only found on the Earth.

- Liquid water, an important prerequisite for life, was once on Mars, but not on Venus. Even today there could still be oceans hidden under the thick ice crusts of the Jupiter moons Europa and Ganymede. Was causes these differences? Why is it that the conditions for life are so favourable on the Earth? Is there life on other celestial bodies? The scientists at MPS employ various methods to try to answer these
- The Institute develops scientific instruments that fly with spacecraft to other planets. Highly specialized cameras have investigated the Saturn moon Titan, analyse the surface of Mars, and probe the clouds and winds of Venus. Microwave instruments determine the composition of atmospheres while infrared spectrometers examine surface rocks. A novel laser altimeter on board BepiColumbo will survey the topography of Mercury to within a meter. Further MPS instruments identify the atoms, electrons, and dust that move around the planets and impact their moons. Here the influence of the solar wind on the atmospheric gases is of particular
- Theoretical studies and intensive computer simulations help to understand the processes both inside and surrounding the planets and to interpret the measured data. Models developed at MPS can describe, for example, interactions with the solar wind, the atmospheric dynamics, or the generation of the terrestrial magnetic field by means of currents deep in the iron core of our planet.

Die Cassini-Huvgens-Mission untersucht Saturn und seine vielen Monde. Das Bild unten rechts zeigt die Monde Enceladus (vorne) und Epimetheus (hinten) und einen Ausschnitt des Ringsystems. Eine Kamera des MPS landete auf der Oberfläche des Mondes Titan und lieferte die ersten Bilder dieser unwirtlichen Landschaft (unten links).

The Cassini-Huygens Mission investigates Saturn and its many moons. The figure below right shows the moon Enceladus (in front) and Epimetheus (behind) and a section of the ring system. An MPS camera has landed on the surface of the moon Titan and has sent back the first pictures of this barren landscape (below left).



Planeten und Kometen

Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung

Max Planck Institute for Solar System Research

Planets and Comets

Kometen und kleine Körper – Boten aus der Vergangenheit

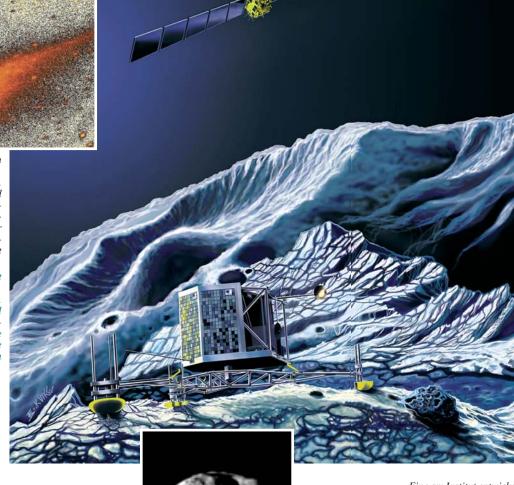
Kometen sind Zeitreisende. Seit sie bei der Geburt unseres Sonnensystems aus der ursprünglichen Materie entstanden sind, haben sie sich kaum verändert. Kometen umkreisen die Sonne in großen Ellipsenbahnen und halten sich die meiste Zeit in den eisigen Regionen jenseits des Neptun auf. Erst wenn sie der Sonne näher kommen, entsteht der bis zu mehrere hundert Millionen Kilometer lange Kometenschweif. Die Kerne der Kometen sind mit nur wenigen Kilometern Durchmesser im Vergleich dazu winzig. Sie ähneln schmutzigen Schneebällen aus Eis und Staub und enthalten unter anderem die chemischen Grundbausteine des Lebens.

- Das Institut hat eine lange Tradition in der Kometenforschung. Ein erster Höhepunkt war die am Institut entwickelte Kamera auf der ESA-Raumsonde *Giotto*, die im Jahr 1986 das erste Bild eines Kometenkerns lieferte. Eine besondere Herausforderung bedeutete die Entwicklung zahlreicher wissenschaftlicher Instrumente für die ESA-Mission *Rosetta*, darunter Kameras, chemische Analysegeräte und wesentliche Systemkomponenten für das Landegerät *Philae*. *Rosetta* wurde im Jahr 2004 gestartet, soll 2014 in eine Bahn um den Kometen Churyumov-Gerasimenko einschwenken und nach einigen Monaten *Philae* auf dessen Oberfläche absetzen.
- Eine weitere Gruppe von kleinen Körpern, deren Umlaufbahnen zwischen der des Mars und des Jupiter liegen, sind die Asterioden. Diese kosmischen Brocken sind Überreste aus der Zeit der Planetenbildung und somit wichtige Schlüssel für das Verständnis dieses Prozesses. Das Institut hat die Kameras für die im Jahr 2007 gestartete NASA-Mission *Dawn* geliefert, die mit Ceres und Vesta zwei der größten Asteroiden erkunden wird.
- Die Erforschung der Asteroiden und Kometen wird durch Teleskopbeobachtungen von der Erde aus sowie durch theoretische Arbeiten ergänzt, die wichtige Aufschlüsse über ihre Zusammensetzung und Entwicklung liefern.



The Rosetta Mission to comet Churyumov-Gerasimenko (above a telescope image). The landing module Philae will investigate the surface composition and its properties while the orbiter slowly circles the comet nucleus to obtain an overall view.

built by MPS on board the Rosetta spacecraft.



Der Komet Steins, aufgenommen während eines Vorbeiflugs mit einer am MPS gebauten Kamera auf der Raumsonde Rosetta. The comet Steins, photographed during a fly-by with a camera



Der 7 km x 15 km große Kern des Kometen Halley, beobachtet im Jahr 1986 mit der HMC-Kamera des Instituts auf der Raumsonde Giotto.

The 7 km x 15 km nucleus of comet Halley, observed in 1986 with the Institute's HMC camera on the Giotto spacecraft.



Comets and small bodies – messengers from the past

Comets are time travellers. They have scarcely changed at all since they were created out of the primordial material during the birth of our solar system. Comets circle the Sun in large elliptical orbits and spend most of their time in the icy regions beyond Neptune. Only when they approach the Sun does the cometary tail come into existence, with a length of up to several hundred million kilometers. The nucleus of a comet is tiny in comparison, only a few kilometers in diameter. They are like dirty snowballs, made of ice and dust, and also contain the chemical building blocks of life.

- The Institute has a long tradition in cometary research. A major highlight was the camera developed at the Institute for the ESA spacecraft *Giotto* which delivered the first photographs ever of a comet's nucleus in 1986. A particular challenge was the development of numerous scientific instruments for the ESA Mission *Rosetta*, such as cameras, chemical analyzers, and essential components for the landing module *Philae*. *Rosetta* was launched in 2004, and will match orbits with the comet Churyumov-Gerasimenko in 2014; a few months later, *Philae* will land on the comet's surface.
- Asteroids are another group of small bodies with orbits between those of Mars and Jupiter. These cosmic blocks are leftovers from the time when the planets were formed and therefore are an important key to understanding that process. The Institute has provided the cameras for the NASA *Dawn* Mission, launched in 2007, to study two of the largest asteroids, Ceres and Vesta.
- Research on asteroids and comets is accompanied by observations with telescopes from the Earth and by theoretical studies, which provide important insights into their composition and development.

Eine am Institut entwickelte Kamera, die bei der Dawn-Mission sowohl der Navigation als auch der Erforschung der Asteroiden Ceres und Vesta dient.

A camera developed at the Institute as part of the Dawn Mission, serving both navigation purposes and the study of the asteroids Ceres and Vesta.

Helio- und Asteroseismologie

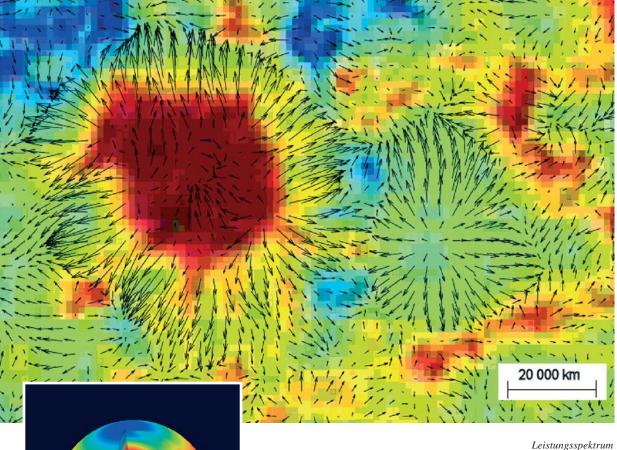
Sondierung des Inneren der Sonne und Sterne

Die Sonne schwingt wie eine Glocke. Diese Schwingungen werden durch seismische Wellen verursacht, die durch Konvektion erzeugt werden und sich durch das Innere der Sonne ausbreiten. Helioseismologie bezeichnet die Untersuchung der an der Oberfläche beobachteten Wellenbewegung, um Rückschlüsse über den inneren Aufbau der Sonne

- In den vergangenen 20 Jahren hat die Helioseismologie zu einer erheblichen Anzahl von Entdeckungen im Bereich der Sonnenphysik, der stellaren Astrophysik und der Grundlagenphysik geführt. So war es beispielsweise möglich, die Sonnenrotation als Funktion des Radius und des Breitengrades der Sonne zu bestimmen. Dies trägt zum Verständnis bei, weshalb die Sonne ein Magnetfeld und Sonnenflecken besitzt.
- ■Die Schwingungen der Sonne werden mit bodengebundenen Teleskopen und dem ESA/NASA-Satelliten SOHO seit mehr als einem Sonnenfleckenzyklus (11 Jahre) beobachtet. Das Solar Dynamics Observatory (SDO, geplanter Start 2009) der NASA wird bald Daten mit besserer räumlicher und zeitlicher Auflösung liefern, mit denen der Zusammenhang zwischen dem Inneren der Sonnentmosphäre untersucht werden kann. Das Deutsche Daten- und Rechenzentrum für SDO ist am MPS angesiedelt.
- Ein besonders spannendes Forschungsgebiet am MPS ist die Untersuchung seismischer Wellen in der Umgebung von Sonnenflecken. Das Ziel ist die dreidimensionale Sondierung von Sonnenflecken unterhalb der Sonnenoberfläche. Die Seismologie von Sonnenflecken ist eine große Herausforderung, da sie die Modellierung der Wellenausbreitung durch magnetische Strukturen erfordert. Dies kann nur durch numerische Simulationen erreicht werden.
- Neben der Sonne schwingen auch viele andere Sterne, wie neueste Beobachtungen der Satelliten CoRoT und Kepler zeigen. Stellare Seismologie verspricht einen sehr starken Einfluss auf die Theorie des Aufbaus und der Entwicklung von Sternen zu haben. Neben vielen weiteren Anwendungen wird sie helfen, Aktivitätszyklen von Sternen und Verbindungen zwischen der Sonne und anderen Sternen zu verstehen.

Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung

Max Planck Institute for Solar System Research



Innere Rotation der Sonne, die mit Hilfe

von Helioseismologie und der Ver-

wendung von Beobachtungen des

Michelson Doppler Imager (MDI) an

Bord von SOHO bestimmt wurde (rot ist

schneller, blau langsamer als die mittle-

Internal rotation of the Sun inferred by

helioseismology using observations from

the Michelson Doppler Imager (MDI)

onboard SOHO (red is faster than the

re Rotationsgeschwindigkeit).

average, blue slower).

Karte horizontaler Strömungen (Pfeile) im Gebiet um einen Sonnenfleck in einer Tiefe von 1000 km unter der Sonnenoberfläche. Der längste Pfeil entspricht einer Strömung von ca. 1500 km/h. Die Strömungen führen das Magnetfeld mit sich, das an der Oberfläche beobachtet werden kann (rot-blaues Hintergrundbild). Diese Inversion stammt von Beobachtungen von Schwingungen der Sonne mit SOHO-MDI.

Map of horizontal flows (arrows) around a sunspot at a depth of 1000 km below the surface. The longest arrow corresponds to a flow of about 1500 km/h. The flows drag the magnetic field seen at the surface (red/blue background image). This inversion uses SOHO-MDI observations of solar oscillations.

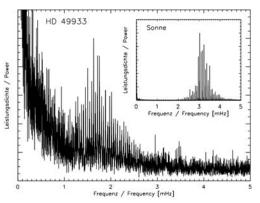


Das Solar Dynamics Observatory der NASA wird seismische Wellen an der Sonnenoberfläche beobachten, um die Entstehung, Entwicklung und die Struktur magnetischer Aktivität zu untersuchen.

NASA's Solar Dynamics Observatory will observe seismic waves at the surface of the Sun to study the emergence, evolution, and subsurface structure of solar magnetic activity.

Leistungsspektrum der Schwingungen des Sterns HD 49933, die mit dem Satelliten CoRoT beobachtet wurden. Das Spektrum zeigt die regelmäßig verteilten globalen Resonanzmoden. Das Leistungsspektrum der Sonne (kleines Fenster) ist ähnlich, aber zu höheren Frequenzen verschoben.

Power spectrum of the oscillations of the star HD 49933 observed by the satellite CoRoT, showing regularly-spaced global modes of resonance. The power spectrum of the Sun (inset) is similar but shifted to higher frequencies.



Helio- and Asteroseismology

Sounding solar and stellar interiors

The Sun vibrates like a bell. These vibrations are caused by seismic waves, excited by convection, that propagate through the solar interior. Helioseismology is the study of the wave motions observed at the solar surface to draw inferences about the Sun's interior.

- Over the past twenty years helioseismology has produced a considerable number of discoveries in solar, stellar, and fundamental physics. For example, it has been possible to infer the solar rotation as a function of radius and latitude, which helps us understand why the Sun has a magnetic field and sunspots.
- Solar oscillations have been observed by ground-based telescopes and by the ESA/NASA *SOHO* satellite for over a sunspot cycle (11 years). NASA's *Solar Dynamics Observatory* (*SDO*, scheduled for launch in 2009) will soon provide improved data on small scales of space and time to study the connections between the solar interior and magnetic activity in the solar atmosphere. The MPS is hosting the German Data Centre for *SDO*.
- A particularly exciting research activity at the MPS is the study of seismic waves in the vicinity of sunspots. The goal is to probe the subsurface structure of sunspots in three dimensions. Sunspot helioseismology is a challenging science as it requires modelling of the propagation of waves through magnetic structures; this can only be achieved by numerical simulations.
- Besides the Sun, many other stars oscillate, as shown by recent observations from the satellites *CoRoT* and *Kepler*. Stellar seismology promises to provide very strong constraints on the theory of stellar structure and evolution and, among many other applications, to help us understand stellar activity cycles and the solar-stellar connection.

Ausbildung

Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung

Solar System School

In der "International Max Planck Research School on Physical Processes in the Solar System and Beyond" (Solar System School) haben sich das Institut und die physikalischen Fakultäten der Universitäten Braunschweig und Göttingen zusammengeschlossen, um in- und ausländischen Studierenden optimale Möglichkeiten zu bieten, auf dem Gebiet der Physik des Sonnensystems zu promovieren.

- Die Solar System School bietet ein forschungsintensives, dreijähriges Promotionsstudium. Das Lehrprogramm beinhaltet den gesamten Bereich des Sonnensystems von kleinen Körpern über die Planeten bis zur Sonne. Es ermöglicht eine breite, interdisziplinäre und fundierte wissenschaftliche Ausbildung, die durch Kurse in numerischer Physik, Weltraumtechnologie, Projektmanagement, wissenschaftlichem Schreiben und Präsentationstechniken ergänzt wird. Das Lehrangebot ist in englischer Sprache.
- Die Forschungsprojekte der Doktorandinnen und Doktoranden beinhalten kleine Körper im Sonnensystem wie Kometen und Asteroiden, das Innere, die Oberflächen, Atmosphären und Magnetosphären der verschiedenen Planeten, das Innere der Sonne, ihre Atmosphäre von der Photosphäre bis zur Korona, den Sonnenwind und die Heliosphäre. Die Forschungsmethoden reichen von Instrumentierung und Beobachtung über Datenanalyse und Interpretation zu numerischen Simulationen und theoretischer Modellierung. Die Studierenden werden dabei von erfahrenen Wissenschaftlern betreut.
- In der Solar System School studieren ständig etwa 50 hoch qualifizierte Doktorandinnen und Doktoranden. Zwei Drittel der Studierenden sind ausländischer Nationalität aus mehr als 30 Ländern. Der Anteil der Frauen beträgt zirka 30 Prozent.
- Nach ihrer Promotion bleiben die Absolventen der Solar System School zum größten Teil wissenschaftlich tätig und nehmen zuerst meist zeitlich befristete Stellen an in- und ausländischen Forschungseinrichtungen und Universitäten an. Einige haben zwischenzeitlich Dauerstellen bekommen oder wurden zu Professoren berufen. Andere Absolventen wechselten in die Industrie.



Die Studentinnen und Studenten der Solar System School während eines Seminars an der Technischen Universität Braunschweig.

The Solar System School students during a seminar at the Technical University Braunschweig.



Drei frisch gebackene Doktoren/innen der Solar System School.

Three newly graduated doctors from the Solar System School.

Max Planck Institute for Solar System Research



Studierende der Solar System School während eines Seminarvortrags ...

Students attending a Solar System School seminar ...



... und bei der Diskussion ihrer Forschungsergebnisse. ...and discussing their research results.



Von Juli 2002 bis Juni 2009 haben 80 Studierende der Solar System School ihre Promotion erfolgreich abgeschlossen.

 $From \ July\ 2002\ until\ June\ 2009,\ 80\ students\ of\ the\ Solar\ System\ School\ have\ successfully\ obtained\ their\ doctorate\ degrees.$

Education

Solar System School

The "International Max Planck Research School on Physical Processes in the Solar System and Beyond" (Solar System School) is a collaboration between the Institute and the Physics Departments of the Universities of Braunschweig and Göttingen, offering students from around the world an excellent opportunity to obtain a doctorate in the field of solar system physics.

- The Solar System School offers a three-year course of study emphasizing actual research. The curriculum covers the entire area of the solar system from small bodies to the planets and the Sun. The goal is a broad, interdisciplinary, and solid scientific education, extended with courses in numerical physics, space technology, project management, scientific writing, and presentation techniques. The language of instruction is English.
- The research projects for the graduate students include small bodies in the solar system, such as comets and asteroids, the interior, surfaces, atmospheres, and magnetospheres of various planets, the interior of the Sun, its atmosphere from the photosphere up to the corona, solar wind, and the heliosphere. The research methods range from instrumentation and observation to data analysis and interpretation as well as numerical simulations and theoretical modelling. The students are supervised by experienced scientists.
- There are always about 50 highly qualified graduate students studying at the Solar System School. Two thirds are from abroad from over 30 different countries. About 30 percent are women.
- The majority of the Solar System School graduates remain active in science afterwards, first taking a temporary position as a postdoc at a research institute or university here or abroad. Some have acquired permanent positions in the meantime or have become professors. Other graduates have gone into industry.

Solar System Sch (0)

Technik

Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung

Max Planck Institute for Solar System Research

Technology

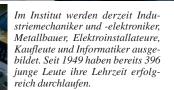
Zentrale Einrichtungen

Die zentralen Einrichtungen gliedern sich in die technischen Bereiche Labor, Werkstätten, Konstruktion, EDV-Zentrum und in den Verbund der Großgeräte sowie in die allgemeinen Dienste wie Verwaltung, Bibliothek, Kantine und Ausbildung. Die Aufgaben dieser Bereiche lassen sich am deutlichsten anhand von Experimententwicklungen und deren Abläufen darstellen.

- Der Werdegang der Instrumente beginnt nach der Planungsphase durch wissenschaftliche Teams mit der Sicherstellung der Finanzierung im Verwaltungsbereich. Daraufhin entstehen in der Konstruktion Entwürfe und erste Abschätzungen der Dimensionen und des Gewichts des neuen Instruments. In den Laboratorien und den mechanischen Werkstätten werden die elektronischen Subsysteme und parallel dazu erste Modelle der Struktur sowie Fassungen für optische Komponenten und Sensoren hergestellt, deren Oberflächen galvanisch und mit Lasertechnologien veredelt werden. Es folgen diverse Härtetests z.B. in den Thermal-Vakuum-Kammern und am Vibrationsstand. Danach wird die Integration der Komponenten in den Reinräumen und im Kalibrationsraum durchgeführt. Im letzten Schritt wird das fertige Instrument einer strengen Qualitätskontrolle unterzogen, bevor es in die Raumsonde eingebaut wird. Eine baugleiche Ersatzeinheit verbleibt im Institut zur Kontrolle und Überwachung der Daten, die beim Flug empfangen werden. Parallel dazu wird im EDV-Bereich mit den Projektwissenschaftlern die Betriebs- und Auswertungssoftware entwickelt.
- Die gesamte Entwicklung erfordert hoch qualifiziertes Personal. Unter anderem unterhält das Institut Lehrwerkstätten, in denen im Mittel 25 Jugendliche ausgebildet werden. Bei Leistungswettbewerben sind bereits sieben von ihnen als Bundessieger ausgezeichnet worden. Für Schüler und Studenten werden jährlich etwa 20 Praktikantenstellen angeboten.

Die Grundausstattung des Instituts umfasst neben diversen Messinstrumenten in den Labors auch Computerarbeitsplätze zur Entwicklung von elektronischen Schaltungen und zum Programmieren elektronischer Chips.

The standard equipment at the Institute includes not only various measuring instruments in the laboratories but also computer work places for developing circuit boards and programming electronic



At this time, the Institute is training industrial machinists, electronics specialists, metal workers, electricians, office administrators, and information technicians. Since 1949 there have been 396 young people who have successfully mpleted an apprenticeship at the



Bereichen mit geringster Verunreinigung prüfen

und integrieren Mitarbeiter die Komponenten für

Weltraummissionen

Drücke bis zu einem Zehnmillionstel Millibar).

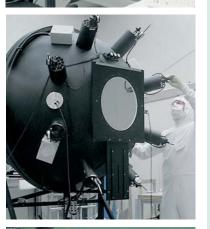
and pressures as low as one ten millionth millibar.

The Institute has five clean rooms of varying standards available. Staff members test and integrate components for space missions in an environment of minimal impurities.

Die mechanischen Werkstätten umfassen die Bereiche Feinmechanik, Schlosserei, Siebdruck und Tischlerei

The mechanical workshops include the areas of precision tooling, welding, screen printing, as







Central Services

The central services are organised in the technical areas of laboratories, workshops, drafting office, computing centre, and large equipment compound, as well as general services such as administration, library, canteen, and training. The purposes of these areas are best described by explaining how an experiment comes into being.

- The course of development for an instrument begins with a planning phase run by scientific teams, followed by securing adequate financing by the administration. Then the initial designs are produced by the drafting office with the first estimates of the size and weight of the new instrument. Electronic subsystems are constructed in the laboratories and workshops while at the same time structural models and mountings for optical components and sensors are built, the surfaces of which are prepared through electroplating and laser technology. Many tests for robustness then follow, such as in the thermal-vacuum chamber and on the vibration stand. Next the components are assembled in the clean rooms and calibration rooms. In the final step, the finished instrument undergoes a rigid quality control before it is integrated with the spacecraft. An identical reserve unit remains in the Institute as a reference and to check the data that are obtained during the flight. Parallel to all this, the computing centre works with the project scientists to develop software for the operations and data
- The entire development requires highly qualified personnel. The Institute maintains teaching workshops in which on average 25 young people are being trained. Already seven of them have won national competitions. Each year there are about 20 assistant positions available for students of secondary schools and universities.

Technik

Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung

Max Planck Institute for Solar System Research

Technology

Entwicklung neuer Instrumente

Das Institut verdankt seine herausragende Stellung zu einem großen Teil den leistungsfähigen und technologisch anspruchsvollen Instrumenten, die für den Einsatz bei Weltraummissionen entwickelt und gebaut werden. Dazu gehören miniaturisierte Flugzeitdetektoren, Gaschromatographen, Koronagraphen, UV-, IR- und Massenspektrometer sowie Spezialkameras. Diese lieferten zum Beispiel 1986 die ersten Bilder des Kometen Halley (*Giotto-Mission*) und im Jahr 1997 Panorama-Ansichten vom Mars (*Pathfinder-Mission*) sowie Nahaufnahmen vom Titan (*DISR auf Huygens*, 2005) oder von der Venus (*VMC* auf *Venus-Express*, 2006).

- Experimente für Weltraummissionen müssen unter extremen Bedingungen energiereiche Strahlung, Vakuum, hohe und tiefe Temperaturen viele Jahre zuverlässig funktionieren und dabei schwer miteinander zu vereinigende Eigenschaften erfüllen. Gefordert werden unter anderem geringes Gewicht, extreme Stabilität, minimaler Stromverbrauch und schnelle Datenübertragung.
- Auf Anregung von Wissenschaftlern schreiben Weltraumorganisationen wie ESA (Europa), NASA (USA), JAXA (Japan), CNSA (China) und ISRO (Indien) Missionen aus, auf die sich Forschungseinrichtungen aus aller Welt bewerben können. Das Institut hat bisher als Mitglied in internationalen Konsortien den Zuschlag für fast 100 derartiger Experimente auf internationalen Missionen gewonnen und erfolgreich betrieben.
- Die überwiegende Mehrzahl dieser Weltraumexperimente wird in den Laboratorien und Werkstätten des Instituts geplant, entwickelt und gebaut. Einzelne Subsysteme und Softwarekomponenten, die wegen spezieller Anforderungen nicht im Institut erstellt werden können, gehen als externe Aufträge an die Industrie.
- Beispiele für neu entwickelte Instrumente sind: SUFI auf Sunrise, Osiris auf Rosetta, die Framing Camera auf Dawn, SIR auf SMART-1, RAC auf Phoenix und HIFI auf Herschel.

Mitarbeiter des Instituts bereiten in einem der Reinräume die Endmontage des Kamerasystems Osiris für die ESA-Raumsonde Rosetta zum Kometen Churyumov-Gerasimenko vor.

In one of the clean rooms, Institute staff prepare the final assembly of the camera system Osiris for the ESA spacecraft Rosetta to the comet Churyumov-Gerasimenko.

Das ballongetragene Teleskop der Sunrise-

Mission für hoch auflösende Sonnenbeob-

achtungen mit dem zugehörigen Daten-

The telescope on the balloon-borne Sunrise

mission for high resolution observations of the

Sun, with the on-board data storage system.

speichersystem.





Das Institut entwickelte eine Aufhängung und Beine mit denen das Seismometer auf Planeten und Monden exakt ausgerichtet werden kann.

The Institute developed a suspension and legs to precisely align the seismometer on planets and moons.

Die vom Institut entwickelten Kameraverschlüsse für zwei STEREO-Satelliten, die zur Erforschung des koronalen Magnetfeldes im Oktober 2006 gestartet wurden (unten).

The camera fastenings developed by the Institute for two STEREO satellites, which were launched in October 2006 to study the coronal magnetic field (below).





Die Landeeinheit Philae der ESA-Mission Rosetta soll im Jahr 2014 auf der Oberfläche des Kometen Churyumov-Gerasimenko abgesetzt werden.

The landing module Philae on the ESA Rosetta mission will set down on the surface of the comet Churyumov-Gerasimenko in 2014.

Developing new instruments

The Institute owes its renowned position to a large extent to the excellent quality of the high performance instruments it has developed and constructed as part of the payloads on numerous space missions. Among these are miniaturised time-of-flight detectors, gas chromatographs, coronagraphs, UV, IR and mass spectrometers, as well as specialised cameras. It was such cameras that took the first pictures of the comet Halley in 1986 (*Giotto Mission*), provided the panorama view of Mars in 1997 (*Pathfinder Mission*), and obtained the close-up images from Titan (*DISR* on *Huygens*, 2005) and Venus (*VMC* on *Venus-Express*, 2006).

- Experiments on space missions need to function reliably under extreme conditions such as high-energy radiation, vacuum, high and low temperatures for many years. In order to ensure this, the experiments have to fulfill a number of contradicting requirements, e. g. low weight, extreme stability, minimum energy consumption, and fast data transmission.
- ■Following the initiative started by scientists, space organisations such as ESA (Europe), NASA (USA), JAXA (Japan), CNSA (China), and ISRO (India) propose missions for which research institutes all over the world may apply. This Institute, as part of international consortiums, has so far successfully applied for and conducted almost 100 such experiments for international missions.
- The majority of these space experiments are planned, developed, and built in the laboratories and workshops at the Institute. A number of subsystems and software components are contracted out to industry because of special requirements that cannot be met at the Institute.
- are: SUFI on Sunrise, Osiris on Rosetta, the Framing Camera on Dawn, SIR on SMART-1, RAC on Phoenix, and HIFI on Herschel.

out to industry because of special requirements that cannot be met at the Institute.

Some examples of recently developed instruments are:

Some examples of recently developed instruments on the State of the State

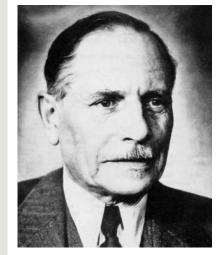
Geschichte

Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung

Von der Atmosphäre zur Weltraumforschung

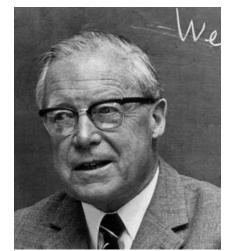
Walter Dieminger gründete 1934 die Ionosphären-Beobachtungsstation bei der Erprobungsstelle der Luftwaffe in Rechlin (Mecklenburg). Nach zwei Umsiedlungen und Namensänderungen kam die Arbeitsgruppe um Dieminger im März 1946 nach Lindau und wurde als Fraunhofer-Institut in die damalige Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft eingegliedert. Nach Gründung der Max-Planck-Gesellschaft im Februar 1948 erhielt das Institut den Namen Max-Planck-Institut für Ionosphärenforschung. Im Jahr 1954 wurde der Grundstein für die ersten neuen Institutsgebäude gelegt.

- Erich Regener zeigte schon während seiner Zeit an der TH Stuttgart (bis Ende 1937) großes Interesse an der Zusammensetzung und Physik der Stratosphäre. Im Jahr 1938 wurde seine neu gegründete "Forschungsstelle für Physik der Stratosphäre" in Friedrichshafen am Bodensee ein Mitglied der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft. Zehn Jahre später - es erfolgte 1944 noch ein Umzug nach Weißenau bei Ravensburg - übernahm die Max-Planck-Gesellschaft das Institut. Es erhielt schließlich 1952 den Namen Max-Planck-Institut für Physik der **Stratosphäre**. Nach dem Tod von Erich Regener im Jahr 1955 wurde das Institut unter der neuen Leitung von Julius Bartels nach Lindau verlegt.
- Bei weiterhin getrennter wissenschaftlicher Leitung erhielten die beiden Teilinstitute 1957 den gemeinsamen Namen Max-Planck-Institut für Aeronomie. Im Jahr 1968 wurde der Neubau am Hopfenberg bezogen. Die endgültige Vereinigung unter einer wissenschaftlichen Leitung durch die beiden Direktoren Sir Ian Axford und Georg Pfotzer erfolgte jedoch erst 1975. Weitere Direktoren waren Tor Hagfors, Helmut Rosenbauer und Vytenis Vasyliūnas.
- Ab 1997 konzentrieren sich die wissenschaftlichen Arbeiten - einem Senatsbeschluss der MPG folgend - auf die Fachgebiete Sonnen- und Planetenphysik. Seit dem 1. Juli 2004 trägt das Institut den Namen Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung.



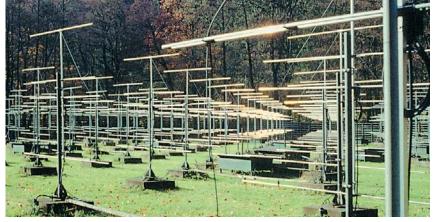
Erich Regener Direktor des Instituts für Physik der

Erich Regener Director of the Institute for Physics of



Walter Dieminger Direktor des Instituts für Ionosphärenforschung und des Instituts für Aeronomie

Walter Dieminger Director of the Institute for Ionospheric Research and the Institute for Aeronom



Von 1946 bis in die 70er Jahre war die Erforschung der Ionosphäre mit leistungsstarken Sendern und Antennensystemen das Hauptarbeitsgebiet des Instituts. Untersucht wurden sowohl die Ausbreitungsbedingungen von Radiowellen als auch später die Dynamik und Struktur der Atmosphäre. From 1946 and into the 70's, the main research area at the Institute was the study of the ionosphere by means of powerful transmitters and antenna systems. Topics of investigation were not only the trans-

mission conditions for radio waves but later also the dynamics and structure of the atmosphere.

Max Planck Institute for Solar System Research

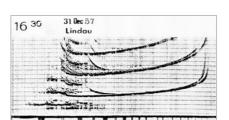
Mit dem ersten deutschen Forschungssatelliten Azur (1969) begann die Beteiligung des Instituts

missionen. Die beiden baugleichen Helios-Sonden waren erster Höhe-

punkt der Sonnenforschung aus dem Weltraum. Die Form dieser Sonden diente als Vorlage für das erste Logo des Instituts für Aeronomie.

The Institute began its involvement in space missions with the first German research satellite Azur, launched in 1969. The two identical Helios spacecraft represent the first break-through for solar research from space. The

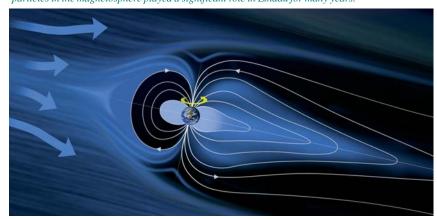
shape of these spacecraft served as the inspiration for the logo of the Institute for Aeronomy.



Das Ionogramm vom 31. Dez. 1957 stellt die Reflexion von Radiosignalen aus der Ionosphäre dar. The ionogram from 31 Dec. 1957 displays the reflection of radio signals from the ionosphere.

Die Erforschung der Erdmagnetosphäre war ein weiteres wichtiges Themengebiet am Institut. Vor allem der Bau von Flugzeitspektrometern zur Messung geladener Teilchen in der Magnetosphäre spielte in Lindau jahrelang eine bedeutende Rolle

Research into the terrestrial magnetosphere was a further important subject of interest at the Institute. In particular, the construction of time-of-flight spectrometers for measuring charged particles in the magnetosphere played a significant role in Lindau for many years.



From atmospheric to space research

History

Walter Dieminger established an ionospheric observation station in 1934 at the Luftwaffe test grounds in Rechlin (Mecklenburg). After two moves and name changes, the Dieminger working group finally arrived in Lindau in March 1946 and was incorporated in the then Kaiser Wilhelm Society. Following the founding of the Max Planck Society in February 1948, this institute was renamed Max Planck Institute for Ionospheric Research in October. The cornerstone for the first new building was laid in 1954.

- Erich Regener had shown great interest in the composition and physics of the stratosphere even during his tenure at the TH Stuttgart (until the end of 1937). In 1938, his newly founded "Research Post for the Physics of the Stratosphere" in Friedrichshafen (Lake Constance) became a member of the Kaiser Wilhelm Society. Ten years later, after a further move to Weissenau near Ravensburg in 1944, the institute was taken over by the Max Planck Society. It was finally given the name Max Planck Institute for Physics of the Stratosphere in 1952. After the death of Erich Regener in 1955, the institute was transferred to Lindau under the leadership of Julius Bartels.
- The two institutes were united under the name Max Planck Institute for Aeronomy in 1957, albeit under separate scientific leaderships. In 1968 it moved into the new building on Hopfenberg. The final merging was completed in 1975 under the scientific leadership of the two directors Sir Ian Axford and Georg Pfotzer. Further directors were Tor Hagfors, Helmut Rosenbauer, and Vytenis Vasvliūnas.
- As of 1997, following a MPG Senate decision, the scientific work is to be concentrated in the areas of solar and planetary physics. On 1 July 2004, the Institute was given the new name Max Planck Institute for Solar System Research.

Daten / Zahlen / Fakten

Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung

7,72 Personalmittel

Eine Auswahl nationaler und internationaler Verbindungen des Instituts. Selection of national and international collaborations with the Institute.

Max Planck Institute for Solar System Research

Facts and Figures

Institut: intern – extern

Das Institut ist bestrebt, Forschung auf allerhöchstem wissenschaftlichen Niveau zu betreiben. Ein von der MPG berufener Fachbeirat – besetzt mit international anerkannten Wissenschaftlern – sowie ein hochrangiges Kuratorium besuchen das Institut in regelmäßigen Abständen, um sich über die wissenschaftliche Arbeit zu informieren und diese zu begutachten sowie die dazu aufgewandten finanziellen Mittel zu beraten und zu überprüfen. Die darüber erstellten Berichte und Protokolle geben dem Präsidenten der MPG einen Überblick über die Qualität der erbrachten Leistungen.

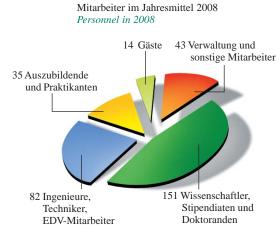
- Ein wichtiges Maß für die Erfolge des Instituts sind die Veröffentlichungen und die im In- und Ausland gehaltenen Vorträge. Allein in den vergangenen fünf Jahren haben Mitarbeiter des Instituts jährlich ca. 270 wissenschaftliche Beiträge in internationalen Zeitschriften und Büchern veröffentlicht sowie etwa 360 Vorträge präsentiert.
- Die in der Welt- und Europakarte dargestellte Auswahl der internationalen Verbindungen verdeutlicht den weiten Bereich der Kooperationen und Partnerschaften des Instituts. Im Rahmen der damit verbundenen Zusammenarbeit hat sich das Institut seit 1965 weitgehend eigenverantwortlich an etwa 100 erfolgreichen Weltraummissionen beteiligt, beispielsweise an HELIOS, Giotto, Cluster, SOHO, Mars Pathfinder, Cassini, Rosetta, Phoenix, Dawn, SMART und Venus-Express, um nur einige der bedeutendsten zu nennen.
- In Deutschland bestehen zu den Universitäten in Göttingen und Braunschweig aber auch zu vielen anderen Forschungseinrichtungen, Institutionen und Technologieunternehmen sehr enge Kontakte. Die Deutschlandkarte zeigt eine begrenzte Auswahl dieser Standorte.



2,50 Sachmittel

förderung

Haushalt in Millionen Euro:





The Institute: inside – outside

The Institute endeavours to achieve the highest standard of scientific research. A Scientific Advisory Board commissioned by the MPG, consisting of internationally recognised scientists, as well as a Board of Trustees, pay regular visits to the Institute to review and critically evaluate its scientific output and to advise on and examine the funding. The resulting reports and minutes are presented to the President of the MPG, giving him an overview of the quality of the Institute's performance.

- One measure of the Institute's success is its list of publications and conference presentations at home and abroad. Over the last five years, members of the Institute have each year published about 270 articles in international journals and books and gave 360 conference presentations.
- ■The numerous international connections shown on the adjacent maps indicate the broad range of the Institute's cooperations and partnerships. Within the context of the ensuing collaborations, the Institute has played a leading role in about 100 successful space missions since 1965, including *Helios*, *Giotto*, *Cluster*, *SOHO*, *Mars Pathfinder*, *Cassini*, *Rosetta*, *Phoenix*, *Dawn*, *SMART*, and *Venus-Express*, to mention only a few of the most significant.
- In Germany, close contacts are maintained with the Universities of Göttingen and Braunschweig, as well as with many other research organisations, institutes, and technology organisations. The map of Germany shows the locations of a limited number of such organisations.