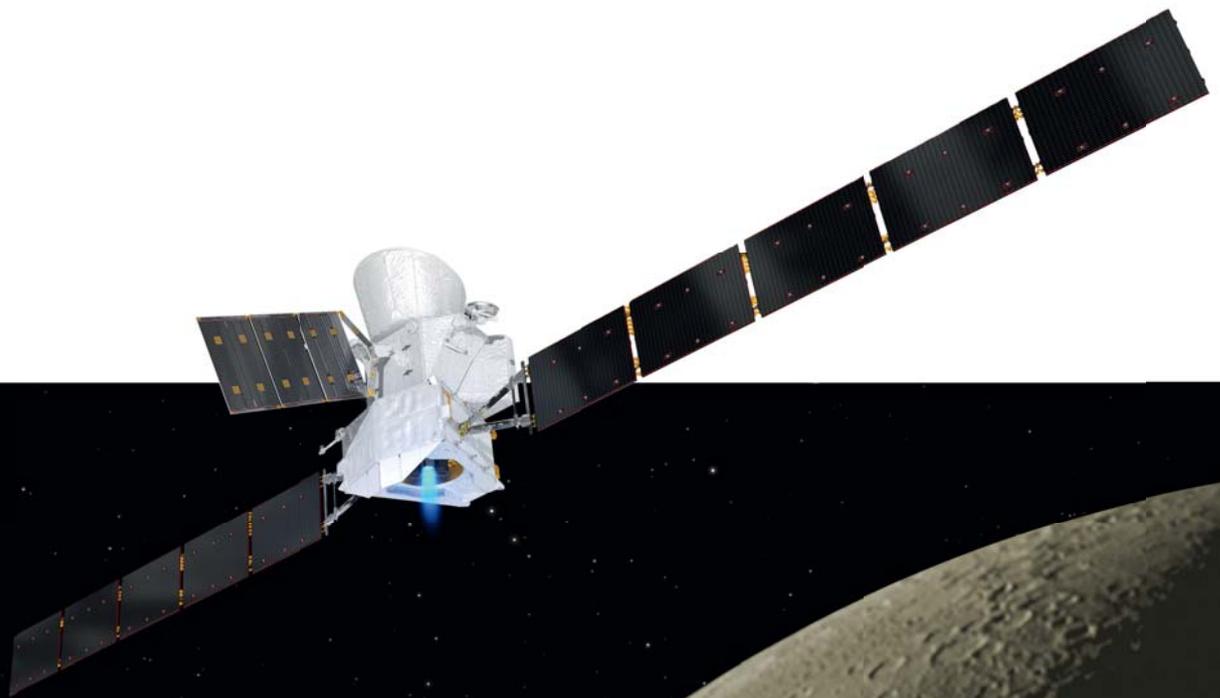


# Merkurmission BepiColombo

EINE REISE ZUM HEISSESTEN PLANETEN  
DES SONNENSYSTEMS



# Forschungsexpedition zum heißesten Planeten

Der Merkur ist der innerste und somit sonnennächste Planet unseres Sonnensystems. Seine Oberflächentemperatur misst bis zu 470 Grad Celsius; zehnmal mehr Sonnenstrahlung erreicht ihn als die Erde. Erst zwei Raumsonden haben bisher diesen Bedingungen getrotzt und den Merkur aus der Nähe erforscht: im Jahr 1974 Mariner 10 und 2011 bis 2015 MESSENGER, beides Raumsonden der amerikanischen Weltraumbehörde NASA. Im Oktober 2018 soll nun die Mission BepiColombo zum innersten Planeten aufbrechen. Es ist ein Gemeinschaftsprojekt der europäischen und der japanischen Weltraumagenturen ESA und JAXA; jede Agentur stellt eine von zwei Sonden. Beide fliegen zunächst gemeinsam zum Merkur, wo sie im Dezember 2025 voneinander getrennt und in eigene Umlaufbahnen um den Planeten gebracht werden.

Die Raumsonde MESSENGER hat viele Erkenntnisse über den Merkur geliefert – und viele weitere Fragen aufgeworfen. Nun soll BepiColombo noch einmal genauer hinschauen und beispielsweise die bisher wenig untersuchte Südpolregion des Merkurs erkunden. Zudem werden mit BepiColombo erstmals zwei Raumsonden gleichzeitig Messungen in der Umgebung des Planeten durchführen und so unter anderem seine Magnetosphäre und seine extrem dünne Gashülle, die sogenannte Exosphäre, untersuchen. BepiColombo wird darüber hinaus das Gravitationsfeld des Planeten genau vermessen sowie der Zusammensetzung seiner Oberfläche und seine Topografie nachspüren.

Vor allem zwei Fragen gilt es zu beantworten: Wie ist der Merkur vor 4,56 Milliarden Jahren entstanden und wie hat er sich so nah an der Sonne weiterentwickelt? Dafür wollen die Forscherinnen und Forscher untersuchen ...

- wie der Merkur im Innern aufgebaut ist und aus welchen Stoffen er besteht,
- welche Prozesse in seinem Innern ablaufen und wie dadurch sein Magnetfeld entsteht,
- wie geologische Prozesse (Kraterbildung, Tektonik und Vulkanismus) die Planetenoberfläche verändern und
- wie die Exosphäre und die Magnetosphäre des Merkurs beschaffen sind und wie sie sich entwickeln.

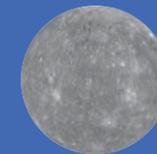
Eine offene Frage ist auch, ob Merkur noch heute vulkanisch aktiv ist.

## Der Namensgeber der Mission



Die ESA-Mission BepiColombo ist nach dem italienischen Mathematiker und Physiker Guiseppe („Bepi“) Colombo (1920 – 1984) benannt. 1970 schlug Prof. Colombo der NASA eine Flugbahn für die Raumsonde Mariner 10 vor, die es ermöglichte, den Merkur sechs Monate nach dem ersten Vorbeiflug ein zweites Mal zu passieren.

## Missionsverlauf

								
<b>20. Oktober 2018</b>	<b>6. April 2020</b>	<b>12. Oktober 2020</b>	<b>11. August 2021</b>	<b>zw. 2. Oktober 2021 u. 9. Januar 2025</b>	<b>5. Dezember 2025</b>	<b>14. März 2026</b>	<b>1. Mai 2027:</b>	<b>1. Mai 2028</b>
Start von BepiColombo von Kourou in Französisch Guayana an Bord einer Ariane 5-Rakete	Vorbeiflug an der Erde	Erster Vorbeiflug an der Venus	Zweiter Vorbeiflug an der Venus	Insgesamt sechs Vorbeiflüge am Merkur	Erreichen der Merkurumlaufbahn, Trennung beider Raumsonden	Die japanische Sonde MMO erreicht ihre endgültige Umlaufbahn	Ende der Primärmission	Ende der verlängerten Mission

## BepiColombo ...

BepiColombo besteht aus zwei voneinander unabhängigen Raumsonden und einem Transfermodul. Die größere der beiden Sonden, der „Mercury Planetary Orbiter“ (MPO), wurde federführend von der europäischen Weltraumbehörde ESA entwickelt und gebaut und ist mit insgesamt elf wissenschaftlichen Instrumenten ausgestattet. Die Instrumente des MPO erforschen hauptsächlich den Planeten selbst, das heißt sein Inneres, seine Oberfläche sowie seine Exosphäre und Magnetosphäre. Außerdem



BepiColombo in den Reinräumen des European Space Research and Technology Centre (ESTEC) in den Niederlanden. Ganz unten befindet sich das Transfermodul, darüber der MPO gefolgt vom MMO.

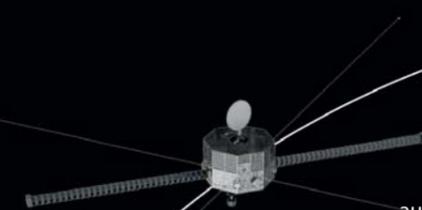
## ein Ziel, zwei Sonden

sollen sie Einsteins Relativitätstheorie testen. Die zweite Sonde, den „Mercury Magnetospheric Orbiter“ (MMO) trägt die japanische Weltraumagentur JAXA bei. Fünf wissenschaftliche Instrumente sind an Bord. In der Merkurumlaufbahn sollen beide Sonden unter anderem koordinierte Messungen von verschiedenen Positionen im Raum aus durchführen, um so gemeinsam die Exosphäre und die Magnetosphäre sowie deren Wechselwirkung mit dem Sonnenwind und dem Planeten zu untersuchen – ein großer Vorteil gegenüber den Einzelmessungen der MESSENGER-Mission.

Beim Start von BepiColombo und während der gesamten Reise zum Merkur sind beide Raumsonden fest miteinander verbunden und befinden sich auf dem Transfermodul. Zusätzlich umgibt ein Sonnenschutzschild die Raumsonde MMO und schützt sie so vor zu hohen Temperaturen. Das Transfermodul verfügt über zwei verschiedene Antriebe. Für den interplanetaren Flug gibt es vier Ionenantriebe, die über Solarzellen mit dem für ihren Betrieb notwendigen Strom versorgt werden. Als Treibstoff dient Xenon-Gas. Um Treibstoff zu sparen, sind Swing-By-Manöver an der Erde, der Venus und am Merkur geplant. Während der langen Flugphasen dazwischen sind längere Betriebsphasen des Ionenantriebs vorgesehen. Zusätzliche chemische Triebwerke dienen der Lage- und der Orbitkontrolle und werden bei den Swing-By-Manövern eingesetzt.

Nach insgesamt sechs Vorbeiflügen am Merkur sollen die beiden Sonden im Dezember 2025 in separate Umlaufbahnen um den Planeten gebracht werden.

Nach der Ankunft wird zunächst das Transfermodul abgetrennt. Anschließend werden die beiden



aufeinandersitzenden Sonden mit dem chemischen Antrieb des MPO in die Zielumlaufbahn von MMO gebracht. Danach wird MMO abgetrennt und MPO wird von seinem chemischen Antriebsmodul in die für ihn vorgesehene Umlaufbahn gesteuert. Der Missionsbetrieb am Merkur ist zunächst für ein Jahr geplant mit einer möglichen Verlängerung um ein weiteres Jahr.

Beide Sonden sollen Merkur auf polaren Umlaufbahnen umlaufen. Die Bahnen sind so ausgelegt, dass ihre Umlaufzeiten in einem Verhältnis von etwa 1:4 stehen, d.h. wenn MMO einen Umlauf macht, umrundet MPO den Planeten viermal. Die Bahnebenen der Sonden sind identisch. Während der ersten Monate werden sich beide Sonden wiederholt bis auf etwa 100 km annähern, was vor allem der gegenseitigen Kalibration vergleichbarer Instrumente dienen soll. Auf den Außenseiten des MPO werden die Temperaturen mehr als 360°C betragen, während für den Betrieb der wissenschaftlichen Instrumente im Inneren 40°C nicht überschritten werden dürfen. Dabei wird nicht nur die direkte Sonneneinstrahlung die Sonden aufheizen, sondern auch die Infrarotstrahlung von der bis zu 470°C heißen Merkur Oberfläche.



### Einige Kennzahlen von BepiColombo

	MPO	MMO
Umlaufbahn	400 km x 1500 km	400 km x 12000 km
Umlaufzeit	2,3 Stunden	9,3 Stunden
Neigung gegen die Äquatorebene	90°	90°
Masse in der Merkurumlaufbahn	1180 kg	288 kg
Anzahl wiss. Instrumente	11	5
Masse wiss. Instrumente	80 kg	45 kg
Lagestabilisierung	3-Achsenstabilisierung	Drallstabilisierung, 15 U/min



# Merkur

## Eine Welt der Extreme

Merkur ist mit einem Durchmesser von 4800 Kilometern der kleinste Planet im Sonnensystem. Für einen Umlauf um die Sonne benötigt er 88 Tage. Seine Umlaufbahn ist stark elliptisch, so dass sein Sonnenabstand zwischen 46 Millionen Kilometern im sonnennächsten und 70 Millionen Kilometern im sonnenfernsten Punkt schwankt. Durch Merkurs Nähe zur Sonne ist die Sonneneinstrahlung etwa zehnmal so groß wie auf der Erde. Dies führt dazu, dass die Temperatur in der Äquatorregion bei Tag bis auf etwa 470°C ansteigt, in der Nacht kann sie dagegen am selben Ort bis auf -180°C absinken. Es wird vermutet, dass in einigen geschützten Kratern der Polarregion gefrorenes Wasser über lange Zeiträume existieren könnte.

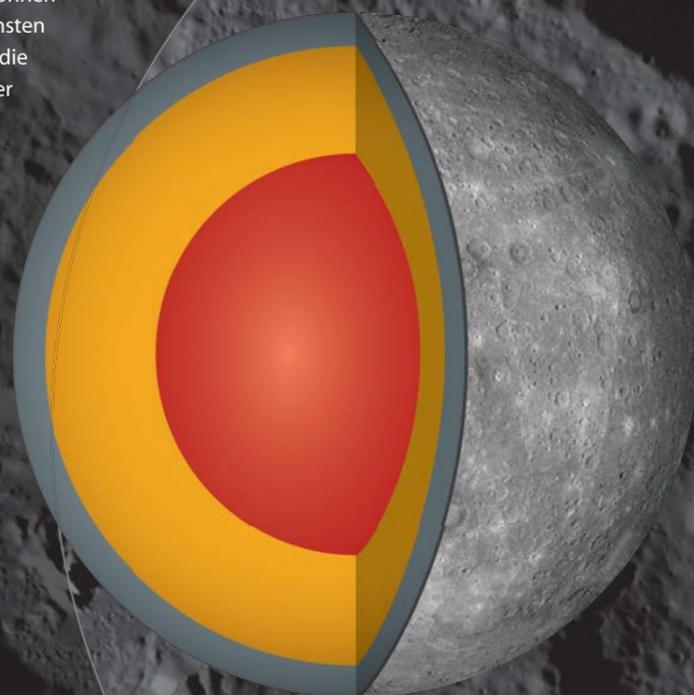
### Innerer Aufbau

Merkur hat eine hohe mittlere Dichte, die in unserem Sonnensystem nur noch von der Erde übertroffen wird. Er ist ähnlich wie die Erde in einen Eisen-Nickel-Kern, einen darüber liegenden silikatischen Mantel und eine äußere Kruste geschichtet. Die Raumsonde MESSENGER lieferte für den Kern einen Durchmesser von etwa 4060 km, was 83% des Planetendurchmessers entspricht. Bei der Erde beträgt der Kerndurchmesser nur etwa 54%. Der Mantel und die Kruste von Merkur sind zusammen nur rund 410 km dick. Die Dicke der Kruste beträgt am Äquator 50 bis 80 km, in der nördlichen Polarregion 20 bis 40 km. Im Bereich des Südpols konnte ihre Dicke von MESSENGER nicht gemessen werden.

### Oberfläche

Die Oberfläche des Merkurs ist mit Kratern übersät. Mit einem Durchmesser von 1500 Kilometern ist das Caloris-Becken der mit Abstand größte Krater. Es muss durch den Einschlag eines mehr als 100 Kilometer großen Himmelskörpers entstanden sein, wurde durch spätere vulkanische Aktivität jedoch stark verändert. Genau auf der gegenüberliegenden Seite des Planeten befindet sich ein eigentümlich chaotisch wirkendes Gebiet mit unregelmäßig geformten, flachen Hügeln und Tälern – vermutlich eine Folge des Caloris-Einschlags.

Große Regionen der Merkuroberfläche sind mit Lavagestein bedeckt – ein Hinweis auf Vulkanausbrüche. Anzeichen für Plattentektonik gibt es nicht. Stattdessen überzieht eine Vielzahl bis zu drei Kilometer hoher Steilstufen die gesamte Planetenoberfläche. Sie sind als Folge eines Schrumpfungsprozesses entstanden, durch die der Merkurradius um bis zu sieben Kilometer abgenommen hat. Bei keinem anderen Planeten im Sonnensystem kennt man derart starke Schrumpfungen. Die Ursache hierfür ist höchstwahrscheinlich die langsame Abkühlung von Merkur seit seiner Entstehung.



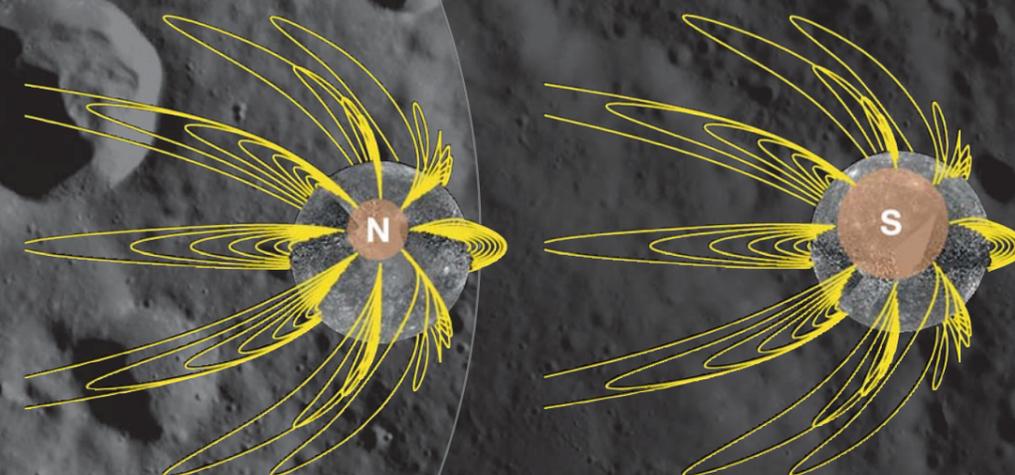
Der Kern besteht vermutlich aus einem Festen (rot) und einem flüssigen (gelb) Eisenkern. Weiter außen befindet sich der Mantel (grau-blau) und die Kruste (dunkelgrau).

### Exosphäre

Im Gegensatz zu den drei anderen erdähnlichen Planeten Erde, Venus und Mars besitzt Merkur keine dichte Atmosphäre. Lediglich eine sehr, sehr dünne Gashölle, eine sogenannte Exosphäre, in der die Gasteilchen praktisch nicht miteinander zusammenstoßen, wurde bereits von Mariner 10 entdeckt. Der Druck an der Merkuroberfläche beträgt nur etwa ein Billionstel des Wertes an der Erdoberfläche.

Bei den Exosphärenteilchen handelt es sich um Oberflächenmaterial des Planeten, um Partikel aus dem Sonnenwind und um Fragmente von Staubpartikel, die überwiegend von Kometen stammen.

Das Magnetfeld des Merkurs ist ein Dipolfeld und gegenüber dem Zentrum des Planeten versetzt.



### Magnetosphäre

Neben der Erde ist Merkur der einzige erdähnliche Planet mit einem Magnetfeld, das in seinem Inneren erzeugt wird. Es hat die Form eines Dipolfeldes ähnlich dem eines Stabmagneten, allerdings ist es um einen Faktor 130 bis 340 schwächer als das irdische Feld. Merkurs Magnetfeld entsteht höchstwahrscheinlich ähnlich wie das der Erde durch Transportprozesse von elektrisch leitendem flüssigem Gesteinsmaterial im Planeteninneren.

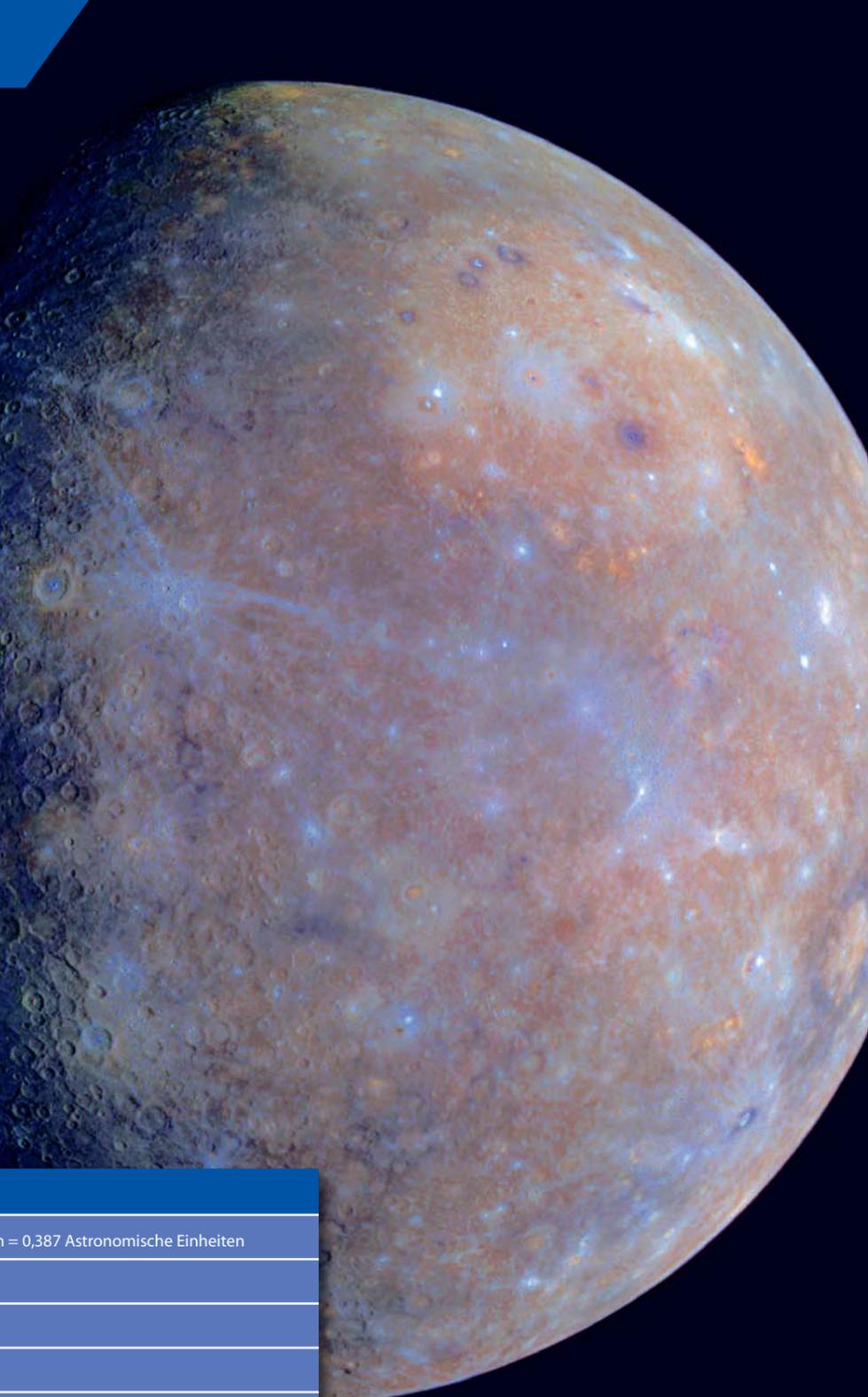
Durch die Wechselwirkung des Merkurmagnetfeldes mit dem Sonnenwind bildet sich eine Magnetosphäre um den Planeten. Sie enthält elektrisch geladene Teilchen (Plasma), die von der Merkuroberfläche durch Teilcheneinschläge und durch die Sonneneinstrahlung freigesetzt oder direkt aus dem Sonnenwind eingefangen werden.

Während starker Sonnenaktivität wird die Magnetosphäre zeitweise so stark zusammengedrückt, dass große Teile der Planetenoberfläche direkt dem Sonnenwind ausgesetzt sind. Derartige Ereignisse kommen bei der Erde normalerweise nicht vor. Auf der von der Sonne abgewandten Seite des Planeten bildet sich wie bei der Erde ein langer Schweif, in dem elektrisch geladene Teilchen aus der Magnetosphäre vom Planeten weg strömen. Das Plasma in der Magnetosphäre besteht hauptsächlich aus Wasserstoff- und Heliumionen aus dem Sonnenwind sowie aus Sauerstoff-, Natrium-, Magnesium- und Calciumionen, die überwiegend von der Oberfläche des Planeten stammen.

### Ursprung des Planeten

Wie konnte der Merkur einen im Vergleich mit den anderen erdähnlichen Planeten derart großen Eisenkern bilden? Eine Erklärung geht davon aus, dass sich Eisen im inneren Bereich des Urnebels anreicherte, aus dem sich unser Sonnensystem vor rund 4,56 Milliarden Jahren bildete. Alternativ könnte bereits früh nach der Entstehung des Merkurs ein großer Teil seines Mantels wieder entfernt worden sein. Dies könnte entweder durch den Einschlag eines planeten-großen Himmelskörpers erfolgt sein, wodurch ein großer Teil der noch jungen Kruste und des Mantels weggesprengt wurde, oder durch starkes Bombardement von elektromagnetischer und Teilchenstrahlung von der damals noch jungen und heißeren Sonne. Eine weitere Theorie beschreibt eine chemische Anreicherung von Eisen durch kohlenstoffreichen Staub im inneren Sonnensystem.

Obwohl alle diese Modelle unterschiedliche Vorhersagen für die Zusammensetzung der siliziumreichen Kruste des Planeten machen, konnten die MESSENGER-Ergebnisse bisher keines eindeutig ausschließen. Die Planetenforscher erhoffen sich neue Aufschlüsse über die Entstehung des Planeten durch die Weltraummission BepiColombo.

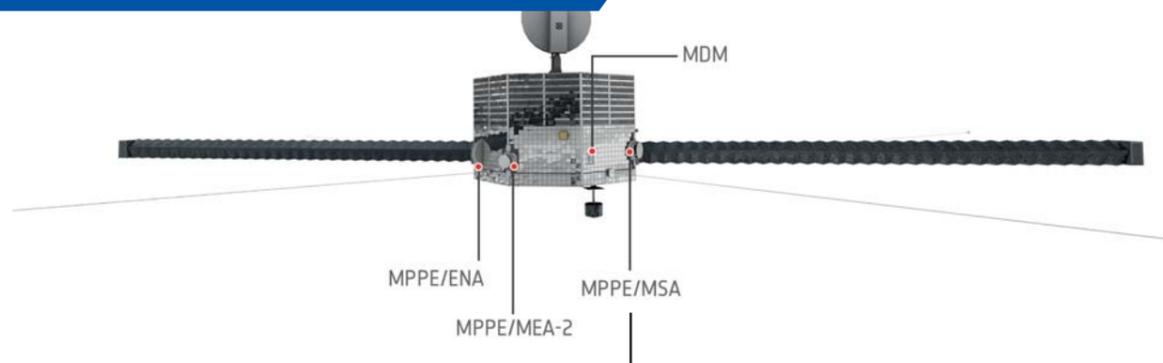


Der Planet Merkur	
Mittlere Entfernung von der Sonne	57.900.000 km = 0,387 Astronomische Einheiten
Bahnexzentrizität	0,21
Umlaufperiode um die Sonne	88 Tage
Bahnneigung gegen die Ekliptik	7°
Äquatordurchmesser	4880 Kilometer = 0,38 Erddurchmesser
Neigung der Rotationsachse gegen die Bahnebene	0,03°
Rotationsperiode	58,65 Tage = 0,16 Jahre
Masse	0,055 Erdmassen
Mittlere Dichte	5440 kg m <sup>-3</sup>
Maximale Oberflächentemperatur im Perihel	+470°C
Minimale Oberflächentemperatur im Perihel	-180°C

## BepiColombos Messinstrumente im Überblick

Die beiden Raumsonden von BepiColombo sind mit insgesamt 16 Messinstrumenten ausgestattet, die den Planeten, seine Exosphäre und seine Magnetosphäre aus nächster Nähe untersuchen sollen. Neben Kameras und Spektrometern sind Teilchen-Messinstrumente und ein Laser-Altimeter an Bord, an denen auch das MPS beteiligt ist.

Name	Beschreibung	Zielsetzung	Verantwortliches Institut/Land
<b>MPO</b>			
<b>BELA</b>	BepiColombo Laser Altimeter	Topografische Kartierung der Merkuroberfläche	Universität Bern, Schweiz und DLR Berlin, Deutschland
<b>ISA</b>	Italian Spring Accelerometer	Messung der nicht-gravitativen Beschleunigung der Raumsonde	Istituto Nazionale di Astrofisica, Italien
<b>MPO/MAG</b>	Magnetic Field Investigation	Messung des Merkurmagnetfelds, sowie seiner Entstehung und Wechselwirkung mit dem Sonnenwind	Universität Braunschweig, Deutschland
<b>MERTIS</b>	Mercury Radiometer and Thermal Imaging Spectrometer	Kartierung der mineralogischen Zusammensetzung, der Temperatur und des thermischen Trägheitsmoments der Oberfläche	Universität Münster, Deutschland
<b>MGNS</b>	Mercury Gamma-Ray and Neutron Spectrometer	Elementzusammensetzung der Oberfläche und oberflächennaher Schichten; Untersuchung von Ablagerungen leicht flüchtiger Substanzen in den Polarregionen	Institute for Space Research, Moskau, Russland
<b>MIXS</b>	Mercury Imaging X-ray Spectrometer	Globale Kartierung der Elementzusammensetzung der Merkuroberfläche	University of Leicester, Großbritannien
<b>MORE</b>	Mercury Orbiter Radio Science Experiment	Untersuchung der Struktur von Kern und Mantel des Planeten	Sapienza-Universität, Rom, Italien
<b>PHEBUS</b>	Probing of Hermean Exosphere by UV Spectroscopy	Spektrale Kartierung der Exosphäre im Ultravioletten Licht, Oberflächenzusammensetzung	Service d'Aéronomie/IPSL, Paris, Frankreich
<b>SERENA</b>	Search for Exospheric Refilling and Emitted Natural Abundances	In-Situ Untersuchung der Zusammensetzung, vertikalen Struktur und der Quellen und Senken für Teilchen in der Exosphäre	INAF-Istituto di Fisica dello Spazio Interplanetario, Italien
<b>SIXS</b>	Solar Intensity X-ray and particle Spectrometer	Messung der Intensität der solaren Röntgenstrahlung und der solaren Teilchen zur Unterstützung der Messungen von MIXS	Universität Helsinki, Finnland
<b>SIMBIO-SYS</b>	Spectrometers and Imagers for MPO BepiColombo Integrated Observatory	Hochauflösende optische Stereobilder, abbildende Nahinfrarot-Spektroskopie zur globalen mineralogischen Kartierung	Agenzia Spaziale Italiana, Rom, Italien
<b>MMO</b>			
<b>MMO/MGF</b>	Mercury Magnetometer	Magnetfeldmessungen in der Merkurumgebung	Weltraumforschungsinstitut Graz, Österreich
<b>MPPE</b>	Mercury Plasma Particle Experiment	Messung von Eigenschaften und Mengen von Elektronen, Ionen und neutralen Atomen in der Merkurmagnetosphäre	Institute of Space and Astronautical Science /JAXA, Japan
<b>PWI</b>	Plasma Wave Instrument	Messung des elektrischen Feldes, der Plasmawellen und Radiowellen in der Merkurumgebung	Universität Tohoku, Japan
<b>MSASI</b>	Mercury Sodium Atmospheric Spectral Imager	Kartierung von Konzentration und Verteilung von Natrium im Umfeld des Planeten	Universität Tokyo, Japan
<b>MDM</b>	Mercury Dust Monitor	Messung der von der Merkuroberfläche freigesetzten festen Materiepartikel	Chiba Institute of Technology, Japan



## Den Merkur im Visier

Das MPS ist an insgesamt vier Messinstrumenten von MPO und MMO beteiligt. Sie vermessen die Höhenunterschiede auf dem Merkur, die Zusammensetzung seiner Oberfläche und untersuchen geladene und ungeladene Teilchen in seiner Umgebung.

### Das Massenspektrometer MPPE-MSA

Das Plasma-Teilchen-Experiment MPPE (Mercury Plasma Particle Experiment) an Bord der Sonde MMO besteht aus mehreren Sensoren. Das MPS ist an dem Massenspektrometer MSA (Mass Spectrum Analyser), einem Teilinstrument von MPPE, beteiligt.

Ionen aus der Magnetosphäre und der Exosphäre des Merkurs gelangen in den Sensor und ein elektrisches Feld zwischen zwei halbkugelförmigen Schalen selektiert Ionen einer

bestimmten Energie. Anschließend gelangen diese Ionen in eine Flugzeit-Einheit, in der sie in einem elektrischen Feld beschleunigt und ihre Flugzeit bis zum Auftreffen auf einem Detektor gemessen wird. Schwere Ionen sind langsamer als leichtere. Misst man die Flugzeit, so lässt sich daraus die Masse der Ionen bestimmen und – bei Messung einer großen Zahl von Ionen – die Zusammensetzung des Plasmas in der Umgebung der Raumsonde.

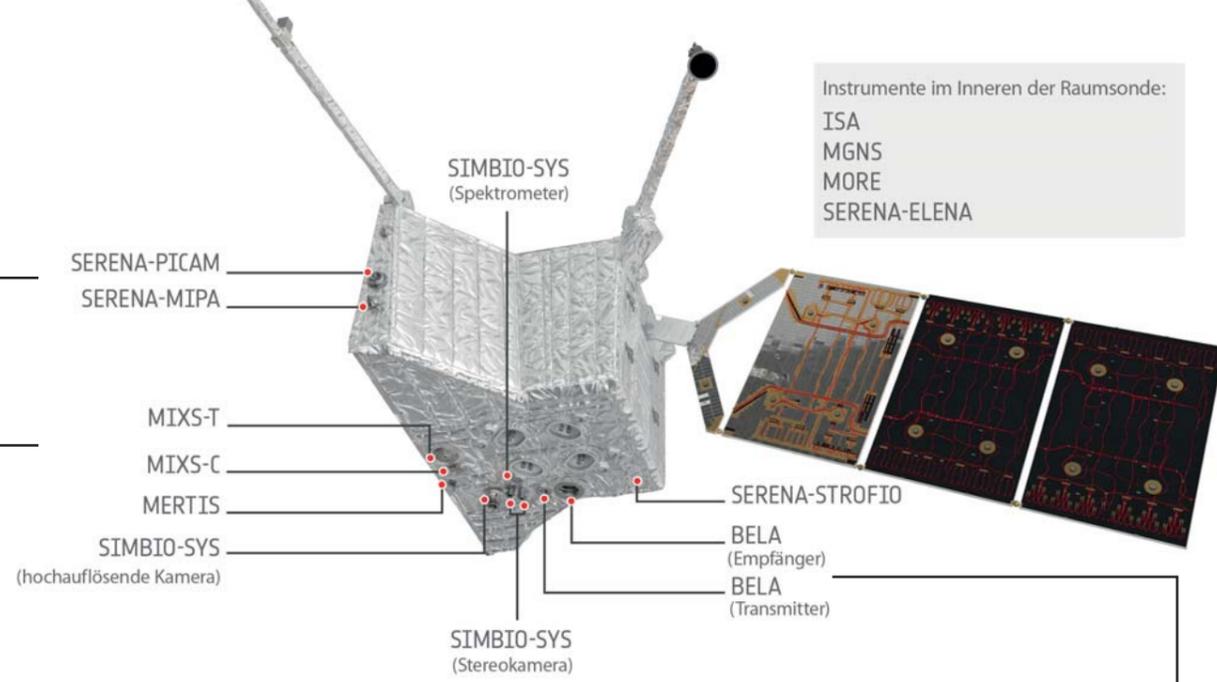
Mit MPPE sollen u.a. die Struktur, die Dynamik und die physikalischen Prozesse sowie die Herkunft der Magnetosphäre und der Exosphäre des Merkurs untersucht werden. Außerdem sollen die Schwankungen des Sonnenwindes, der Sonnenstrahlung und der elektromagnetischen Felder in Sonnennähe und die Struktur und Dynamik der Heliosphäre bestimmt werden. MSA wird darüber hinaus die Messung der dreidimensionalen Verteilung nieder-energetischer Ionen sowohl im Sonnenwind, als auch im planetaren Umfeld, sowie für interstellare Pick-up-Ionen mit einer hohen Massenauflösung erlauben.

### Die planetare Ionenkamera SERENA-PICAM

Die planetare Ionenkamera PICAM (Planetary Ion Camera) ist ein Teilinstrument des SERENA-Instruments (Search for Exospheric Refilling and Emitting Natural Abundances Experiment) an Bord von MPO. SERENA soll die Zusammensetzung der Exosphäre, ihre vertikale Struktur und die Emissionsprozesse untersuchen, die zu ihrer Bildung führen.

Eine der wichtigsten Fragen ist die nach der Rolle der Merkur-Oberfläche als Quelle für Neutralteilchen in der Exosphäre und Ionen in der Magnetosphäre. Durch die Vermessung von Ionen relativ niedriger Energien vom thermischen bis zum keV-Bereich liefert PICAM Informationen über die Zusammensetzung der Merkur-Oberfläche und die Effizienz der verschiedenen Emissionsprozesse. Mit einem Massenbereich bis zu ~ 132 amu (Xenon) und einer Massenauflösung von mehr als 60 m/dm ist das PICAM-Spektrometer bisherigen Plasma-Massenspektrometern im Weltraumeinsatz weit überlegen.

Hauptziele von PICAM sind die Prozesse zu bestimmen, durch die Neutralteilchen von der Oberfläche freigesetzt werden, sowie die chemische Zusammensetzung der Oberfläche. Weiterhin werden der atomare Emissionsfluss von der Merkur-Oberfläche und der Ionenrückfluss zur Oberfläche vermessen. Schließlich soll gemeinsam mit MPPE-MSA nach einer Merkur-Ionosphäre gesucht und die Plasma-Konvektion in der Umgebung des Merkurs bestimmt werden, sowie der Aufbau der Merkur-Magnetosphäre und deren Wechselwirkungen mit dem Sonnenwind erforscht werden.



Instrumente im Inneren der Raumsonde:  
ISA  
MGNS  
MORE  
SERENA-ELENA

### Das abbildende Röntgenspektrometer MIXS

Das abbildende Röntgenspektrometer (Mercury Imaging X-ray Spectrometer, MIXS) an Bord von MPO misst die Röntgenfluoreszenz-Strahlung, die von der Oberfläche von Merkur und von seiner Magnetosphäre freigesetzt werden. Röntgenfluoreszenz-Strahlung ist eine charakteristische sekundäre Röntgenstrahlung, die von einem Material ausgesendet wird, das mit energiereicher Strahlung angeregt wurde. Im Fall des Merkurs stammt die anregende Strahlung von der Sonne und das angeregte Material ist die Planetenoberfläche bzw. Atome oder Ionen in der Magnetosphäre. Für die Kalibration der MIXS-Messungen sind Messungen mit dem Partnerinstrument SIXS (Solar Intensity X-ray Particle Spectrometer) erforderlich, dass den Einstrom von energiereicher Strahlung von der Sonne bestimmt.

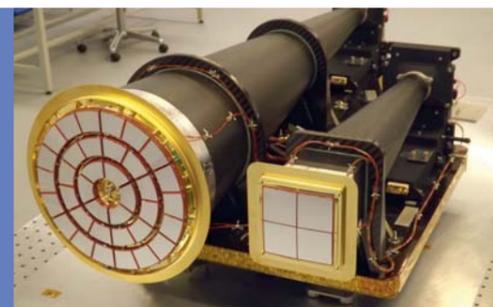
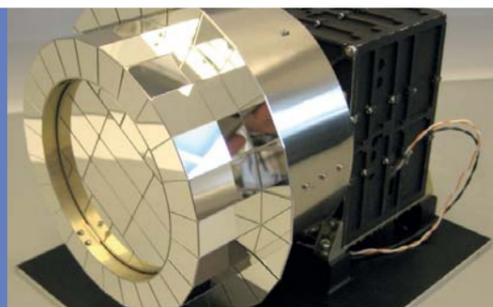
Aus der Messung der Röntgenfluoreszenz-Strahlung lässt sich die Zusammensetzung der Merkur-Oberfläche bestimmen. Daraus lassen sich die Entstehungs- und Entwicklungsbedingungen der Merkur-Oberfläche ableiten sowie Informationen über die zeitliche Entwicklung der Oberfläche gewinnen. Weiterhin erhält man Informationen über die Prozesse, die zur Entstehung der Merkur-Exosphäre und der Magnetosphäre führen.

### Das Laser-Altimeter BELA

Das BepiColombo Laser-Altimeter (BELA) ist das erste europäische Laser-Altimeter-System im Weltraum zur Erforschung eines Planeten. An Bord des MPO soll es die Topografie des Merkurs mit einer Genauigkeit von bis zu einem Meter vermessen. Ein Laser sendet einen Lichtblitz auf die Oberfläche des Planeten, dieser wird von dort reflektiert und das reflektierte Licht an Bord der Raumsonde gemessen. Aus der Zeit, die zwischen dem Aussenden und dem Wiedereintreffen des Lasersignals verstrichen ist, lässt sich die Entfernung zwischen der Sonde und der Planetenoberfläche ableiten. Vermisst man so die gesamte Oberfläche, kann man die Form des Planetenkörpers und seine Topografie sehr genau bestimmen.

Außerdem lassen sich die Rotation des Planeten und die Stärke der von der Sonnengravitation verursachten Gezeitendeformation des Planetenkörpers ableiten. Weiterhin liefern die Messungen Informationen über die Rauigkeit und das Rückstrahlvermögen der Oberfläche.

Das MPS interessiert sich besonders für die von der Sonnengravitation verursachte physische Librationsbewegung – eine Taumelbewegung, die auch von unserem Erdmond bekannt ist – und für die Gezeitendeformation des Planeten, deren Amplitude vermutlich etwa einen Meter innerhalb eines Merkurjahres betragen dürfte. Diese liefern Informationen über den inneren Aufbau des Merkurs, insbesondere die Größe seines sehr wahrscheinlich teilweise flüssigen Kerns.





## Mission BepiColombo

**BepiColombo** ist eine gemeinsame Mission der europäischen Weltraumagentur ESA und der japanischen Weltraumagentur JAXA. Sie ist die erste Mission der ESA zum Merkur. Die Mission besteht aus zwei Sonden: dem Mercury Planetary Orbiter (MPO) der ESA und dem Mercury Magnetospheric Orbiter (MMO) der JAXA. Zahlreiche europäische, japanische und amerikanische Partner sind an den Messinstrumenten der beiden Raumsonden beteiligt. Das Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung trägt zu den Instrumenten BELA, SERENA und MIXS der Raumsonde MPO und zu MPPE der Raumsonde MMO bei.

## Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung

Das Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung (MPS) in Göttingen ist neben der ESA-Mission BepiColombo an zahlreichen aktuellen und künftigen Weltraummissionen beteiligt. Zu ihnen zählen InSight, ExoMars, JUICE, Solar Orbiter und PLATO

Bildnachweise:

Titel: ESA/ATG medialab/NASA/Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Carnegie Institution of Washington; Seite 2/3: NASA/Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Carnegie Institution of Washington • ESA/ATG medialab • ESA; Seite 4/5: ESA/C. Carreau • ESA/ATG medialab; Seite 6/7: NASA/ Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Carnegie Institution of Washington • ESA/NASA/ Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Carnegie Institution of Washington; Seite 8/9: NASA/Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Carnegie Institution of Washington; Seite 10/11: ESA/ATG medialab • MPS • IWF (Graz) • Universität Leicester • DLR; Rückseite: NASA/Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Carnegie Institution of Washington

## Kontakt:

Prof. Dr. Ulrich Christensen  
BELA, MIXS  
Tel.: +49 551 384 979-467  
E-Mail: Christensen@mps.mpg.de

Dr. Markus Fränz  
SERENA, MPPE  
Tel.: +49 551 384 979-441  
E-Mail: Fraenz@mps.mpg.de

Dr. Martin Hilchenbach  
BELA, MIXS  
Tel.: +49 551 384 979-162  
E-Mail: Hilchenbach@mps.mpg.de

Dr. Harald Krüger  
SERENA, MPPE  
Tel.: +49 551 384 979-234  
E-Mail: Krueger@mps.mpg.de

Dr. Norbert Krupp  
MPPE, SERENA  
Tel.: +49 551 384 979-154  
E-Mail: Krupp@mps.mpg.de

Dr. Birgit Krummheuer  
Presse- und Öffentlichkeitsarbeit  
Tel.: +49 551 384 979-462  
E-Mail: Krummheuer@mps.mpg.de

Autor: Dr. Harald Krüger

Layout: [www.hormesdesign.de](http://www.hormesdesign.de)

