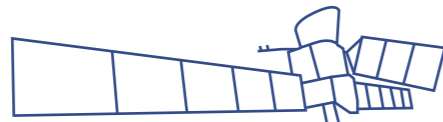


WANDERER MIT EISENHERZ



Planeten: Wanderer, rastlose Gesellen am Himmelszelt – so bezeichneten die alten Griechen die merkwürdigen Wandelsterne, die vor dem fixen Hintergrund der Lichtpunkte des Universums jede Nacht ihre Position ein klein wenig verändern. Wie kein Zweiter verkörpert Merkur, der innerste und kleinste der acht Planeten, dieses Unstete. Nur selten bekommt man ihn in der Morgen- oder Abenddämmerung zu Gesicht. Aber der Merkur hat es auch im wahrsten Sinn des Wortes in sich. Es gibt eine Menge Gründe, diesen sonnennahen Himmelskörper genauer unter die Lupe zu nehmen. Im Herbst 2018 startete die Mission BepiColombo der Europäischen Weltraumorganisation ESA, um den Merkur ab Dezember 2025 aus einer Umlaufbahn zu beobachten. Mit an Bord: zwei DLR-Experimente. Und eine japanische Sonde, die das Magnetfeld des Planeten untersuchen wird. Neben der Finanzierung aus den Budgets der beteiligten Institute fördert das DLR Raumfahrtmanagement die deutschen Beiträge zu BepiColombo mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi).

Mit der Mission BepiColombo machen sich Europa und Japan auf zu einem Sonderling

Von Ulrich Köhler

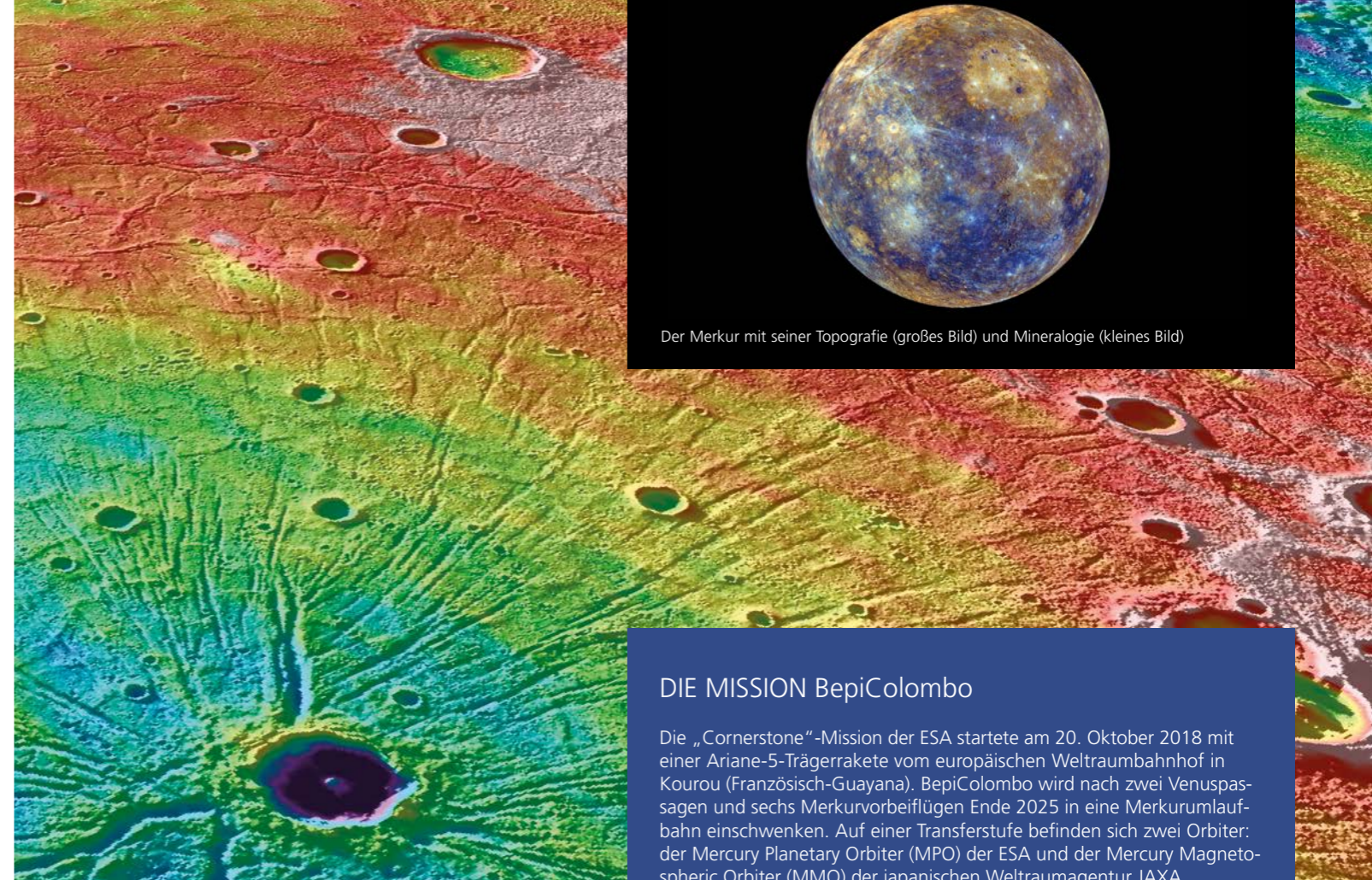
Was ist nur mit dem Merkur passiert? Das fragen sich Planetenforscher seit Jahrzehnten. Denn wie in jeder großen Familie gibt es Mitglieder, die anders sind als die anderen. Das gilt auch für die acht Planeten unseres Sonnensystems. Der Merkur unterscheidet sich deutlich von den vier benachbarten Gesteinskugeln namens Venus, Erde, Mond und Mars. Er ist ein Sonderling. Äußerlich noch nicht einmal so sehr: Sein Antlitz ähnelt auf den ersten Blick dem des Mondes. Wie bei diesem ist die Oberfläche von Tausenden Kratern übersät, die in der Frühzeit des Sonnensystems entstanden sind, als Einschläge von Asteroiden aller Größen quasi an der Tagesordnung waren. Wie beim Erdmond ist diese vernarbte Gesteinskruste Ausdruck dafür, dass der noch nicht einmal 5.000 Kilometer durchmessende planetare Körper schon seit drei, vielleicht vier Milliarden Jahren in seinem Innern keine geologischen Kräfte aufbringt, die zu Veränderungen an der Oberfläche führen. Selbst die stellenweise über Tausende von Quadratkilometern ausgedehnten Flächen erstarrter, dünnflüssiger Lava zeigen zahlreiche Krater – Beweis für deren geologisch hohes Alter von weit über drei Milliarden Jahren.

Was aber macht den Merkur zum Sonderling? Die Astronomen wunderten sich über die merkwürdigen Bahn- und Rotationseigenschaften des Planeten. Sein Weg um die Sonne weicht stärker von einer Kreisbahn ab, als es bei allen anderen Planeten der Fall ist. Am sonnenfernsten Punkt sind es 70 Millionen Kilometer bis zum Sonnenzentrum, auf der gegenüberliegenden Seite der Bahn sind es nur 46 Millionen Kilometer. Für eine vollständige Umrundung des Zentralgestirns benötigt der Merkur 88 Erdtage, um seine eigene Achse dreht sich der Planet jedoch in 59 Erdtagen. Dies führt dazu, dass sich die Länge eines Merkurjahres in einer ungewöhnlichen 3:2-Resonanz mit der Umlaufzeit befindet: Während zweier Merkurjahre dreht sich der Planet dreimal um seine eigene Achse. In den Worten der Astronomen: Merkur befindet sich in einer gebrochen gebundenen Rotation. Warum das so ist, will geklärt werden.

Eine knifflige Angelegenheit

Nur zwei Missionen führten zu dem „Götterboten“, der nah der Sonne so schnell ist. Mit der NASA-Sonde Mariner 10 wurde 1973 zum ersten Mal ein Raumschiff zu einem anderen Himmelskörper als den Nachbarn Mond, Mars oder Venus geschickt. Den Merkur anzusteuern ist wegen der enormen Anziehungskraft der Sonne und der hohen Temperaturen eine knifflige Angelegenheit. Der italienische Mathematiker Giuseppe Colombo (1920–1984) berechnete den idealen „Bremsweg“ für die 1973 gestartete Sonde Mariner 10. Mit der Namensgebung ‚Bepi‘ für die aktuelle ESA-Mission bekommt seine große Leistung eine posthume Würdigung. 1974 und 1975 passierte die Sonde Mariner 10 ihr Ziel dreimal, fotografierte die Hälfte des Planeten und führte grundlegende physikalische Messungen durch; unter anderem wurde dabei das Magnetfeld des Planeten entdeckt. Erst 2011 folgte mit MESSENGER die zweite Merkurmission. Nun war der Merkur zwar vollständig kartiert, doch aufgrund der Bahnmechanik musste sich die NASA-Sonde auf die Nordhalbkugel konzentrieren, der Süden ist lange nicht so gut erforscht: Das soll nun mit BepiColombo nachgeholt werden.

Neben der Frage nach der geologischen Geschichte und Entwicklung des Planeten ist ein Aspekt von besonderem Interesse: Die Drehachse des Merkurs steht auf seiner Bahn um die Sonne nahezu senkrecht. Beide sind Himmelskörper ohne Atmosphäre. Das heißt, die eingestrahelte Sonnenenergie kann auf diesem Weg



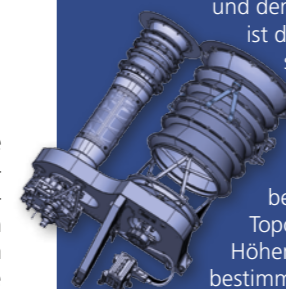
Der Merkur mit seiner Topografie (großes Bild) und Mineralogie (kleines Bild)

DIE MISSION BepiColombo

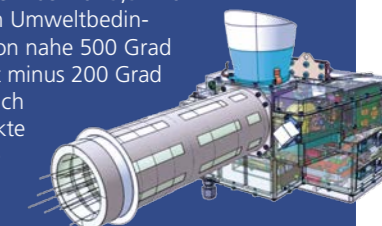
Die „Cornerstone“-Mission der ESA startete am 20. Oktober 2018 mit einer Ariane-5-Trägerrakete vom europäischen Weltraumbahnhof in Kourou (Französisch-Guayana). BepiColombo wird nach zwei Venuspassagen und sechs Merkurvorbeifügen Ende 2025 in eine Merkurumlaufbahn einschwenken. Auf einer Transferstufe befinden sich zwei Orbiter: der Mercury Planetary Orbiter (MPO) der ESA und der Mercury Magnetospheric Orbiter (MMO) der japanischen Weltraumagentur JAXA.

Der ESA-Orbiter wird den Merkur mit elf Instrumenten untersuchen, darunter BELA (BepiColombo Laser Altimeter) zur Vermessung von Form, Topografie und Rotationseigenschaften des Planeten und MERTIS (Mercury Radiometer and Thermal Infrared Spectrometer) zur Bestimmung von Zusammensetzung, Mineralogie und Temperatur der Planetenoberfläche.

BELA wurde vom DLR-Institut für Planetenforschung gemeinsam mit der Universität Bern, dem Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung und dem Instituto de Astrofísica de Andalucía entwickelt. Es ist das erste Laser-Altimeter auf einer planetaren europäischen Mission. Wegen der in Sonnennähe herrschenden extremen Temperaturen auf der Sonnen- und Nachtseite des Merkurs ist die aufwändige und dennoch wenig Raum und Masse beanspruchende innovative Konstruktion für den Thermalhaushalt ein besonderes Merkmal des Experiments. BELA wird die Topografie der Oberfläche global bis lokal mittels Laser-Höhenmessungen ermitteln, die Oberflächenrauigkeit bestimmen und den Rotationszustand des Planeten genau vermessen.



MERTIS wurde von den DLR-Instituten für Planetenforschung und für Optische Sensorsysteme sowie der Universität Münster entwickelt und gemeinsam mit der deutschen Industrie gebaut. Das Experiment wird eine globale Karte der Mineralogie und die erste Temperaturkarte des Merkurs liefern. Die Sensorik von MERTIS – bei nur 3,3 Kilogramm Masse – wurde für die extremen Umweltbedingungen am Merkur mit Temperaturen von nahe 500 Grad Celsius auf der Sonnenseite und von fast minus 200 Grad Celsius auf der Nachtseite optimiert. Auch MERTIS zeichnet sich durch eine kompakte Bauweise, miniaturisierte Sensorsysteme und einen geringen Leistungsverbrauch von nur 19 Watt aus.



also nicht von einem Ort zum anderen transportiert werden. Und an den Polen beider gibt es tiefe Krater, bei denen nur der Rand von Sonnenlicht beschienen und erwärmt wird, den Kraterboden erreicht nie ein Lichtstrahl, weshalb dort extrem tiefe Temperaturen herrschen. Es dürfte sich dort also gefrorenes Wasser von herabgestürzten Kometen und Asteroiden befinden. Erste Hinweise darauf lieferten Radarbeobachtungen des Merkurs von der Erde aus, MESSENGER bestätigte diesen Befund aus dem Orbit – BepiColombo soll den endgültigen Beweis liefern.

Dünnere Mantel, massiver Kern

Für viele Wissenschaftler die spannendste Frage ist die nach dem inneren Aufbau des Merkurs. Denn er ist ungewöhnlich schwer – im Verhältnis zu den anderen Planeten hat er eine viel zu große Masse. Das schlägt sich in einer durchschnittlichen Dichte von 5.300 Kilogramm pro Kubikmeter nieder, einem Wert, fast so hoch wie jener der Erde. Nur hat der Merkur aber einen viel kleineren Durchmesser, seine Proportionen an Metallen und Gesteinen müssten, bei ähnlichem Aufbau mit Kern, Mantel und Kruste, eine viel geringere Dichte ergeben. Erklärt werden kann die große Masse nur durch einen sehr hohen Metallanteil. Modellrechnungen gehen von etwas mehr als zwei Dritteln einer Eisen-Nickel-Mischung mit unbekanntem Schwefelanteil und nur knapp einem Drittel Gestein aus. Vermutlich ist das Metall in einem überproportional großen Kern konzentriert, der fast zwei Drittel des Volumens des Planeten und mehr als zwei Drittel seiner Gesamtmasse ausmacht. Entsprechend dünn, nämlich nur 600 Kilometer mächtig, ist der silikatische Gesteinsmantel, der den großen Eisenkern umgibt. Warum dies so ist, soll – neben vielen weiteren Fragen – BepiColombo klären.

Bilder: NASA/JHU-APL/CIW