

News-Archiv Weltraum bis 2007

Zeitreise zu den Anfängen des Sonnensystems: Nasa-Mission Dawn startet mit deutschen Kameras zu Ceres und Vesta

4. Juli 2007



Es wird eine Reise zu den Ursprüngen des Sonnensystems sein: Zwischen dem 7. und 11. Juli 2007 wird die Raumsonde Dawn an Bord einer dreistufigen Delta II-7925H Trägerrakete vom amerikanischen Weltraumbahnhof Cape Canaveral in Florida ihre Reise zur Erforschung der Asteroiden Ceres und Vesta antreten. Es ist das erste Mal, dass ein und dieselbe Sonde an zwei verschiedenen Körpern des Sonnensystems in eine Umlaufbahn einschwenken wird. Und es ist das erste Mal, dass auf einer NASA-Mission in die Tiefen des Sonnensystems keine amerikanische Kamera verwendet wird: Denn die beiden baugleichen Aufnahmesysteme an Bord von Dawn entstanden in Zusammenarbeit zwischen dem Institut für Planetenforschung des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) und dem Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung (MPS) in Katlenburg-Lindau, das bei diesem Kameraexperiment federführend ist.

"Dawn wird eine ganz außergewöhnliche Mission werden", freut sich Professor Ralf Jaumann vom DLR-Institut für Planetenforschung und Mitglied des Dawn-Wissenschaftsteams. "Mit diesem Projekt werden wir eine Art 'Zeitreise' in die Frühzeit des Sonnensystems unternehmen können. Zwar sind beide Körper – Ceres und Vesta – zu Beginn des Sonnensystems innerhalb weniger Millionen Jahre entstanden: Aber dann haben sie sich recht unterschiedlich entwickelt. Mit den Kameras, die wir gemeinsam mit den Max-Planck-Kollegen gebaut haben, werden wir ein detailliertes Bild der beiden Asteroiden erhalten."

Neben dem DLR und dem MPS wirkte auch das Institut für Datentechnik und Kommunikationsnetze der Technischen Universität Braunschweig beim Bau der Kamera mit. Gegenwärtig ist der Start der Mission für Samstag, den 7. Juni, um 16:09 Ortszeit (22:09 Uhr MESZ) vom Startplatz 17B vorgesehen. Sollte es wegen schlechten Wetters in Cape Canaveral zu Verzögerungen kommen, kann der Countdown in einem täglichen Startfenster von etwa einer halben Stunde bis zum 11. Juli wiederholt werden.

Dawn-Zeitplan

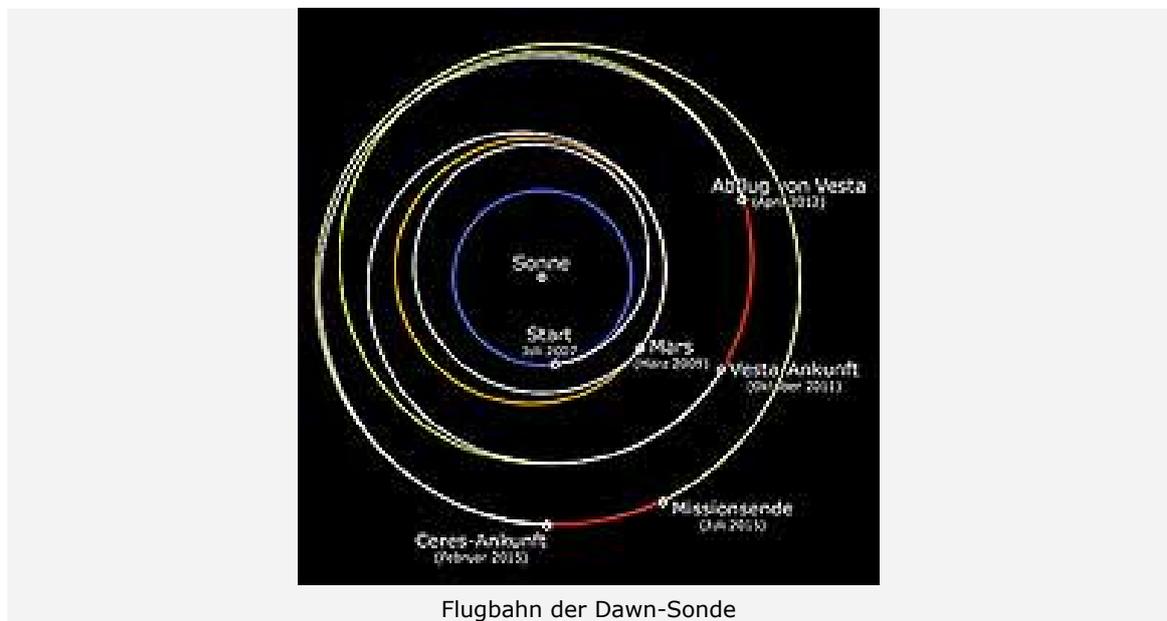
Startfenster: 7. bis 11. Juli 2007
Zweite Septemberhälfte 2007

Trägersystem: Delta II 2925 H (3 Stufen)

Weltraumbahnhof:	Cape Canaveral, Florida, USA
Startkomplex:	17B
Prüfungsphase:	60 Tage lang im Erdorbit
Interplanetarer Orbit:	Beginn 81 Tage nach dem Start
Mars Swing-by-Manöver:	März 2009
Ankunft an Vesta:	Oktober 2011
Weiterflug zu Ceres:	April 2012
Ankunft an Ceres:	Februar 2015
Missionsende (vorläufig):	Juli 2015

Zweihundert Jahre nachdem der Bremer Arzt und Astronom Heinrich Olbers im Jahre 1807 Vesta mit dem Teleskop aufspürte, bricht erstmals eine Raumsonde zu zwei der drei größten Asteroiden auf. Zuvor untersuchten bereits die amerikanischen Missionen Galileo, NEAR, Deep Space-1 und Stardust sowie die japanische Sonde Hayabusa mehrere kleinere Körper im Asteroidenband zwischen Mars und Jupiter. Ceres, der größte Körper im Asteroiden-Hauptgürtel und 1801 von Giuseppe Piazzi entdeckt, wurde von diesem ursprünglich sogar für einen Planeten gehalten: Bei Durchmessern von 909 bis 975 Kilometern ist Ceres von fast kugelförmiger Gestalt und wurde im vergangenen Jahr von der Hauptversammlung der Internationalen Astronomischen Union in Prag, wie auch Pluto, immerhin in den Rang eines "Zwergplaneten" versetzt.

Erste Ergebnisse im Oktober 2011



Flugbahn der Dawn-Sonde

Dawn wird 24 Minuten nach dem Start von der dritten Stufe der Trägerrakete abgetrennt und zunächst in eine Erdumlaufbahn gebracht. Wenig später werden die beiden jeweils über acht Meter langen Sonnensegel zur Erzeugung von insgesamt 10 Kilowatt Energie zu beiden Seiten des 1.217 Kilogramm schweren Raumschiffs entfaltet und dann erstmals die Ionentriebwerke der Sonde gezündet. Dawn befindet sich nun schon auf einer spiralförmigen Bahn durch das innere Sonnensystem, auf der die Sonde sich zunächst ganz langsam, aber kontinuierlich beschleunigend von der Erde entfernt. Während der ersten 60 Tage wird die Funktionsfähigkeit aller Systeme und Instrumente überprüft, ehe Dawn wenig später endgültig in einen "Reisemodus" versetzt wird. Im März 2009 wird die Sonde am Mars vorbeikommen und die Wechselwirkung mit dem Schwerfeld des Planeten zur weiteren Beschleunigung nutzen.

Im Oktober 2011 wird die Sonde Vesta erreichen. Dawn wird den Asteroiden etwas mehr als ein halbes Jahr lang aus unterschiedlich hohen Umlaufbahnen beobachten. Vesta, benannt nach der römischen Göttin des heiligen Feuers, gilt wegen seiner relativ geringen Entfernung von 322 bis 385 Millionen Kilometern zur Sonne als relativ "trockener" und auch "entwickelter" Asteroid. Durch die Sonnennähe hat Vesta bereits die meisten seiner flüchtigen Bestandteile verloren. Vesta ist der hellste Asteroid und gelegentlich mit dem bloßen Auge am Nachthimmel sichtbar.

Ceres und Vesta: Zeitgleich vor 4,6 Milliarden Jahren "geboren" – und doch so unterschiedlich



Über die Oberfläche von Vesta ergossen sich vermutlich kurz nach der Entstehung des Körpers vor fast 4,6 Milliarden Jahren Ströme von glutflüssiger, eisen- und magnesiumreicher "basaltischer" Lava, wie sie auch die Ozeanböden der Erde bedeckt. Teleskopische Beobachtungen zeigen, dass die Kruste Vestas aus Gesteinen unterschiedlicher Zusammensetzung aufgebaut sein muss. Am Südpol hat die Kollision mit einem anderen Asteroiden einen riesigen Einschlagskrater hinterlassen und die äußere Form von Vesta massiv verändert. Aufgrund ihrer spektralen Eigenschaften gehen die Planetenforscher davon aus, dass der Einschlag mindestens 50 kleinere Asteroiden erzeugt hat, die als "Vestoiden" ihre Bahn um die Sonne ziehen. Teile davon sind sogar als Meteoriten bis zur Erde gekommen.

Nach den Vesta-Beobachtungen wird Dawn auf eine Transferbahn zu Ceres gebracht. Dort wird die Sonde im Februar 2015 ankommen und bis zum Missionsende im Juli 2015 Experimente und Messungen vornehmen. Wegen seiner größeren Sonnenentfernung von 380 bis 450 Millionen Kilometer und den dadurch bedingten niedrigeren Temperaturen bei der Bildung des Körpers in dieser Zone des solaren Urnebels wurde bei Ceres ein größerer Anteil an leichten und flüchtigen Elementen eingebaut. Ceres hat deshalb ein geringeres spezifisches Gewicht als Vesta und weist durch seinen beachtlichen Anteil an Eis und möglicherweise sogar Wasser in seinem Inneren bereits einige Charakteristika eines Kometen auf.

Der Wasseranteil des Zwergplaneten wird auf 15 bis 25 Prozent geschätzt, weshalb Ceres, benannt nach der römischen Göttin des Ackerbaus, als "nasser" Asteroid gilt. Es wird nicht ausgeschlossen, dass unter der Kruste im Mantel von Ceres eine vielleicht sogar hundert Kilometer mächtige Schicht aus Wasser oder Eis existiert. Für Ceres dürfte viel mehr noch als für Vesta gelten, dass hier die ursprünglichen und unveränderten Bedingungen des frühen Sonnensystems anzutreffen sind.

Fünf Milliarden Kilometer auf dem Ionenstrahl durchs All



Nach der Ankunft an Ceres wird Dawn mit seinen drei Ionenstrahl-Triebwerken über fünf Milliarden Kilometer durch das innere Sonnensystem gereist sein: Mit diesen Antriebssystemen können weite Strecken sehr viel effektiver als mit konventionellen Verbrennungstriebwerken zurückgelegt werden. Im inneren Sonnensystem lässt sich der für ein Ionenantrieb erforderliche elektrische Strom problemlos durch entsprechend ausgelegte Sonnensegel gewinnen, weshalb man auch von "solarelektrischem" Ionenantrieb spricht.

Dabei werden Atome des Edelgases Xenon durch elektrischen Strom angeregt, so dass sie durch Verlust eines Elektrons "ionisiert" werden. Die positiv geladenen Xenon-Ionen werden durch ein elektrisches Feld auf die sechs- bis zehnfache Geschwindigkeit eines chemischen Raketenstrahls beschleunigt und der Ionenstrahl auf die Austrittsdüsen fokussiert. Damit wird ein Rückstoßeffekt von maximal 91 Millinewton erzielt: Das ist zwar nur etwa so viel, wie ihn ein herabschwebendes Blatt Papier auf die Schreibtischfläche ausübt, dafür kann der Schub bei relativ geringen Mengen an Xenon aber über Monate und Jahre aufrechterhalten werden und führt so zu einer beachtlichen Beschleunigung.

Mit einem Ionenantrieb kann ein Raumschiff auf höhere Geschwindigkeiten kommen als bei den bisher zumeist eingesetzten Verbrennungstriebwerken. Dabei werden pro Sekunde nur 3,25 Milligramm Xenon benötigt; im Tank von Dawn befinden sich 425 Kilogramm des Edelgases. Dawn ist die erste rein wissenschaftliche Mission, die durch "Beschleunigung mit Geduld", wie es Dawn-Projektmanager Keyur Patel vom Jet Propulsion Laboratory der NASA in Pasadena (Kalifornien) bezeichnet, also mit einem Ionenantrieb, ihre Ziele erreichen wird. Der maximale Stromverbrauch des Ionenstrahl-Triebwerks beträgt 2,5 Kilowatt, das entspricht der Leistung eines Haushalts-Staubsaugers.

Deutsches Kamera-Know-how auf amerikanischer Raumsonde



Zwei baugleiche Kameras – auch "Framing Cameras" (FCs) genannt, weil auf einen rechtwinkligen Flächensensor abgebildet wird – sind der deutsche Beitrag zur Dawn-Mission. Beide Systeme können dieselben Aufgaben erfüllen und werden Ceres und Vesta durch einen farbneutralen Filter sowie sieben Farbfilter für relativ enge Wellenlängenbänder im sichtbaren Licht und nahen Infrarot (430 bis 980 Nanometer) erfassen. Die Wellenlängen der einzelnen Filter wurden so gewählt, dass die Oberflächen von Ceres und Vesta nicht nur in "Echtfarbe" abgebildet, sondern auch Aussagen zur Zusammensetzung und physikalischen Beschaffenheit der obersten Staubschicht, dem Regolith, auf diesen Himmelskörpern getroffen werden können. Die Lichtsignale treffen auf einen CCD- (Charge-Coupled Device) Flächensensor mit 1024 mal 1024 lichtempfindlichen Halbleiterelementen (Pixel) von jeweils 14 Mikrometer Kantenlänge. Der Sensor und die sich daran anschließende Elektronik zum Auslesen der Signale und deren Weiterleitung in den Datenspeicher wurden am DLR entwickelt, wo auch Teile der Kamera geeicht wurden.

Die Planung bei beiden Vorbeiflügen, die teilweise vor Ort im Missionskontrollzentrum im kalifornischen Pasadena vorgenommen wird, sieht Aufnahmen aus unterschiedlicher Höhe vor, um möglichst viele wissenschaftliche Aufgaben erfüllen zu können. Aus der niedrigsten Umlaufbahn um Vesta von 200 Kilometern Höhe werden Detailaufnahmen mit einer Auflösung von bis zu zehn Metern pro Bildpunkt (Pixel) erwartet. Neben einer vollständigen geologischen Charakterisierung von Ceres und Vesta und der Erzeugung eines geodätisch präzisen Bildkartenwerks von jeweils mindestens 80 Prozent der Fläche der beiden Asteroiden steht auch die Ermittlung der Topographie, des Landschaftsprofils, im Vordergrund: Das DLR-Institut für Planetenforschung verfügt nicht zuletzt aus der 3-D-Kartierung der Marsoberfläche mit der High Resolution Stereo Camera auf der Raumsonde Mars Express über eine langjährige Expertise in der Stereo-Bilddatenverarbeitung. Ein Großteil der Bilddatenverarbeitung und Archivierung werden im Missionsverlauf am DLR-Institut für Planetenforschung in Berlin geleistet werden.



Neben den deutschen Kameras befinden sich zwei weitere wissenschaftliche Instrumente an Bord: Das Spektrometer der italienischen Weltraumagentur ASI, das zur Kartierung der mineralogischen Zusammensetzung der Asteroidenoberflächen im sichtbaren Licht und nahen Infrarot eingesetzt wird, sowie das Gammastrahlen-Neutronen-Spektrometer GRaND (Gammy-Ray and Neutron Detector) der

National Laboratories in Los Alamos (USA, New Mexico). Außerdem wird der vom Schwerefeld der beiden massiven Körper minimal beeinflusste Funkverkehr zwischen der Sonde und der Erde auf winzige Veränderungen analysiert, um Informationen über das Gravitationsfeld der beiden Körper zu erhalten.

Asteroiden: Zeugen aus der Frühzeit des Sonnensystems

Durch die vergleichende Betrachtung von Ceres und Vesta, zweier Asteroiden, die sich zwar zeitgleich gebildet, aber unterschiedlich entwickelt haben, erhoffen sich die beteiligten Forscher neue Erkenntnisse über den Entstehungsprozess von Planeten und planetenähnlichen Himmelskörpern. Man geht davon aus, dass es mindestens 100.000 Asteroiden gibt: Überbleibsel aus der Zeit der Planetenbildung, die sich in einem breiten Band zwischen den Umlaufbahnen von Mars und Jupiter befinden. Durch den enormen Schwereinfluss Jupiters, des größten Planeten im Sonnensystem, werden die Asteroiden zum einen auf ihren eigenen Umlaufbahnen gehalten, aber auch untereinander auf Kollisionskurs gebracht. Dadurch gelangen Bruchstücke manchmal auf Bahnen, die ins innere Sonnensystem führen, wo diese kleinen Körper auch mit der Erde kollidieren können. Die Einschläge von Asteroiden hatten in der Geschichte des Sonnensystems einen bedeutenden Einfluss auf die Entwicklung unterschiedlicher Lebensformen auf unserem Planeten.



Durch die Altersbestimmung von Meteoriten weiß man, dass sich Asteroiden vor fast 4,6 Milliarden Jahren binnen weniger als zehn Millionen Jahren aus jenem solaren Urnebel gebildet haben, aus dem auch die Planeten entstanden sind. Im Gegensatz zu diesen erfuhren die meisten Asteroiden in ihrem Inneren jedoch seither kaum Veränderungen durch dynamische Prozesse, lediglich die Oberfläche wurde im Verlauf von 4,5 Milliarden Jahre durch den Sonnenwind und das Bombardement von Meteoriten aller Größenklassen beeinflusst. Die meisten Körper sind mit Durchmessern von wenigen hundert Metern bis hin zu hundert Kilometern zu klein, als dass in diesen Körper genügend Wärme hätte entstehen können, aus denen beispielsweise Vulkanismus hätte gespeist werden können. Asteroiden stellen also gemeinsam mit den Kometen – deren Ursprungsgebiet viel weiter von der Sonne entfernt liegt – die ursprünglichste Materie im Sonnensystem dar.

Dawn ist eine "Discovery" Mission: Preisgünstig und schnell



Dawn ist Bestandteil des 1992 von der NASA aufgelegten so genannten "Discovery" Programms, das der Wissenschaft die Möglichkeit gibt, mit relativ preisgünstigen und innovativen Missionen die Rätsel in unserem Sonnensystem zu lösen. Dawn ist die neunte Discovery-Mission, zu der auch die Merkursonde Messenger oder Stardust, Deep Impact, Mars Pathfinder oder Lunar Prospector gehörten. Der Gesamtaufwand für Dawn beträgt inklusive Start und Betriebskosten etwa 320 Millionen Euro; der deutsche Beitrag beläuft sich auf drei Prozent dieser Summe. Für die Dawn-Kamera wurden Mittel aus dem Nationalen Raumfahrtprogramm der Bundesregierung durch die Raumfahrt-Agentur des DLR und der DLR-Grundfinanzierung für Forschung und Entwicklung aufgewendet, sowie – zum überwiegenden Teil – von der Max-Planck-Gesellschaft.

Die Mission wird vom Jet Propulsion Laboratory der NASA in Pasadena (Kalifornien) in Kooperation mit der Universität von Kalifornien in Los Angeles (UCLA) durchgeführt. Die wissenschaftliche Leitung liegt bei Professor Christopher Russell von der UCLA. Aus Deutschland sind Wissenschaftler des DLR-Instituts für Planetenforschung in Berlin-Adlershof sowie des Max-Planck-Instituts für Sonnensystemforschung in Katlenburg-Lindau und der Freien Universität Berlin an der Auswertung der Dawn-Daten beteiligt.

Kontakt

Elke Heinemann

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)
Kommunikation
Tel: +49 2203 601-2867
Fax: +49 2203 601-3249
E-Mail: elke.heinemann@dlr.de

Heiner Witte

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)
Raumfahrtmanagement, Extraterrestrik
Tel: +49 228 447-344
Fax: +49 228 447-745
E-Mail: Heiner.Witte@dlr.de

Prof.Dr. Ralf Jaumann

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)
Institut für Planetenforschung, Planetengeologie
Tel: +49 30 67055-400
Fax: +49 30 67055-402
E-Mail: Ralf.Jaumann@dlr.de

Ulrich Köhler

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)
Institut für Planetenforschung
Tel: +49 30 67055-215
Fax: +49 30 67055-402
E-Mail: ulrich.koehler@dlr.de

Kontaktdaten für Bild- und Videoanfragen sowie Informationen zu den DLR-Nutzungsbedingungen finden Sie im Impressum der Website des DLR.