



Deutsches Zentrum  
für Luft- und Raumfahrt

JAXA CNES

## Wie alles begann.

Um den „missing link“ in der Entstehung des Sonnensystems bis zur Entwicklung des Lebens auf der Erde zu erklären, sind Asteroidenmissionen von hoher Wichtigkeit.



Seit Entstehung der Asteroiden zur Frühzeit des Sonnensystems vor ca. 4,5 Mrd. sind die meisten unverändert geblieben. Auf den sog. C-Klasse Asteroiden werden dabei insbesondere hydratisierte Mineralien und organische / kohlenstoffhaltige Moleküle vermutet. Diese Bestandteile, so eine Theorie, sind durch Asteroiden- bzw. Meteoriteneinschläge (kohlige Chondriten) auf die noch junge Erde gelangt und werden mit der Entstehung des Lebens in Verbindung gebracht. Um dieser Annahme nachzugehen, ist eine Asteroidenmission mit Probenrückführung erforderlich. Dabei bietet sich weiterhin die Möglichkeit die Geologie typischer erdnaheer Asteroiden (NEA) zu untersuchen, die der Erde auf Grund ihrer Bahn durch Kollision potentiell gefährliche werden könnten.

### Mobile Asteroid Surface Scout (MASCOT)

In diesem Zusammenhang wurde am DLR MASCOT, eine etwa „schuhkarton-große“ und 10kg schwere Landeeinheit, in Zusammenarbeit mit der Japanischen (JAXA) und Französischen (CNES) Raumfahrtagentur entwickelt. Am 03. Dezember 2014 erfolgte der Start an Bord von JAXAs Hayabusa-2 Sonde zum C-Klasse Asteroiden 1999 JU3. Dort angelangt wird MASCOT das japanische Mutterschiff bei dessen Landeplatz-auswahl (für Bodenprobenentnahmen) unterstützen. Dazu verfügt MASCOT über vier ergänzende Experimente<sup>1,2,3,4</sup> sowie einen Mobilitäts-mechanismus<sup>5</sup> als Teil der Elektronikbox, um in-situ Referenzmessungen aber auch eigenständige Experimente durchführen.

### Extreme leichte und steife Strukturen an der Grenze des Machbaren

Um den während des Starts sehr großen mechanischen Lasten sowie der schiefen Einbaulage auf Hayabusa-2 gerecht zu

## Missing Link.

*Asteroid (sampling) missions are of high interest for finding a missing link in the evolution of our solar system and the development of life on earth.*

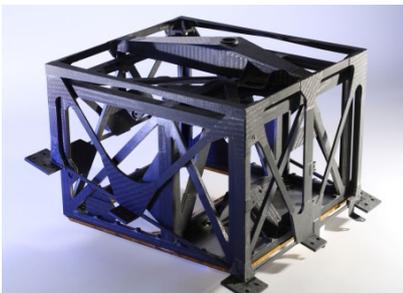
*Most asteroids are unaltered since their formation in the early times of our solar system 4.5 Billion years ago. On C-Class asteroids especially organic molecules and hydrated minerals are expected. According to one theory, these constituents came to young Earth by asteroid or meteorite (carbonaceous chondrites) impacts and are thus connected to formation of life. For corroboration an asteroid sampling mission is essential. Additionally there is the opportunity to investigate the geology of Near Earth Asteroids (NEA) which, due to their orbit, may potentially collide with Earth.*

### Mobile Asteroid Surface Scout

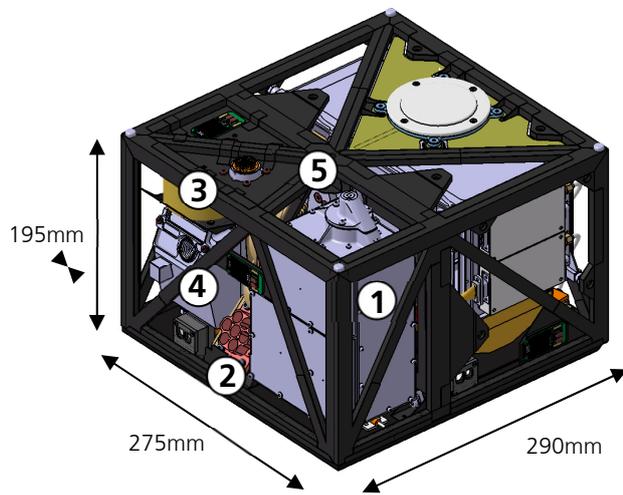
*In this context the Mobile Asteroid Surface Scout (MASCOT) – a small 'shoe box'-shaped 10kg lander package was developed at DLR in cooperation with JAXA (Japan Aerospace Exploration Agency) and CNES (Centre National d'Études Spatiales). At 3<sup>rd</sup> December 2014 it was launched on-board of JAXA's Hayabusa-2 S/C towards the C-class asteroid 1999 JU3. Reaching there MASCOT will support the mother spacecraft with its landing site selection (for sample up-take). For this purpose MASCOT includes four experiments<sup>1,2,3,4</sup> and a mobility mechanism<sup>5</sup> (included into the Electronic Box) for in-situ reference measurements and stand-alone science.*

### Extreme lightweight and stiff structures at the limit of technical feasibility

*To guide the extremely high mechanical launch loads and to cope with the tilted accommodation on Hayabusa-2, MASCOT is split up into two parts, a mechanical support structure and the landing module itself. The latter one is designed as a very lightweight and stiff framework structure. Its struts consist for*



CFK-Strukturen der MASCOT Flugeinheit.  
MASCOT Flight Structure parts made of CFRP.



CAD-Modell des Landemoduls.

CAD-Model of the MASCOT Landing Module.

<sup>1</sup> **MicrOmega:** IAS (University of Paris-Sud 11) / CNES Near-infrared hyperspectral microscope, which is designed to characterize the surface composition at its grain scale.

<sup>2</sup> **MARA:** DLR-Institute of Planetary Research (Berlin) Radiometer for detection the surface temperature and its mineral composition.

<sup>3</sup> **Magnetometer:** IGEP (TU Braunschweig) The Magnetometer will allow MASCOT to provide the evidence of magnetization of asteroids for the first time.

<sup>4</sup> **Camera:** DLR-Institute of Planetary Research (Berlin) Mission: 1. Support of hopping operations. – 2. Pan-chromatic high-resolution imaging of the landing site and its vicinity on asteroid during the last phase of the decent – 3. Detailed multispectral (red, green, blue and near-infrared) investigations of the asteroid surface.

<sup>5</sup> **Mobility Mechanism:** DLR-Institute of Robotics and Mechatronics (Oberpfaffenhofen) Rotatable eccentric mass for up-righting and relocating the Landing Module on the asteroid's surface.

werden ist MASCOT in eine äußere mechanische Tragstruktur und das Landemodul selbst unterteilt. Letzteres ist eine sehr steife und hochfeste Fachwerkstruktur in Sandwichbauweise. Die entsprechenden Fachwerkstäbe haben dabei einen 5mm dicken Schaumkern mit zum Teil nur 0,125mm dicken lasttragenden Kohlenstoffasern-Deckschichten. Die äußere mechanische Tragstruktur ist ebenfalls als Fachwerk ausgelegt, besteht aber aus 3mm starken Vollmaterial-Kohlenstoffasernstäben. Dies führt, wie beim Landemodul auch, zu einer optimalen Ausnutzung der hochorthotropen Materialeigenschaften. Die beiden äußerst kompakten Leichtbaustrukturen, entwickelt und gebaut am DLR-Institut für Faserverbundleichtbau und Adaptronik, wiegen zusammen lediglich 1,4kg. Gleichzeitig müssen sie aber während des Starts einer Last standhalten, die dem mehr als 350-fachen ihrer Eigenmasse – d.h. einer halben Tonne – entspricht.

*the most part of only 0.125mm thick load-carrying carbon fibre-reinforced plastic face sheets and a 5mm foam core. The mechanical support structure is also a framework design, but consists of 3mm thick solid framework struts. This design makes for the Landing Module as well as for the mechanical support structure effectively use of the highly orthotropic material properties. Within DLR the Institute of Composite Structures and Adaptive Systems is responsible for the complete structural design and manufacturing of MASCOT. While both structures weigh only 1.4kg in total, at the same time they must withstand a launch load equivalent to more than 350 times their own mass, i.e. half a ton.*

#### 4 yrs. hibernation – and afterwards?

*At the moment (Winter 2015) the Hayabusa-2 probe is travelling on an Earth-like orbit around Sun. During this time MASCOT remains for 4 years in hibernation mode (2 times per year interrupted for health checks) for saving energy. After performing a swingby manoeuvre at Earth in approx. one year the arrival at the target asteroid is scheduled for summer 2018. There MASCOT will be deployed from the mother space craft and perform as landed unit for the first time investigations at different spots on the asteroid's surface. The Hayabusa-2 space probe is planned to return with samples to Earth in December 2020.*

#### 4 Jahre Winterschlaf – und dann?

Hayabusa-2 befindet sich aktuell (Winter 2015) auf einer erdähnlichen Flugbahn um die Sonne. MASCOT ist dabei für 4 Jahre in eine Art energiesparenden Winterschlaf versetzt, der 2 Mal im Jahr von Gesundheits-Checks unterbrochen wird. Nach einem Swingby-Manöver an der Erde in ca. einem Jahr ist die Ankunft am Zielasteroiden für Mitte 2018 geplant. Dort wird das MASCOT Landemodul dann von Hayabusa-2 abgetrennt und als erste Landeeinheit in der Geschichte der Raumfahrt Untersuchungen an verschiedenen Stellen auf einem Asteroiden durchführen können. Die Rückkehr des Mutterschiffs mit den Bodenproben zur Erde wird im Dezember 2020 erfolgen.



Integration der MASCOT Flugeinheit (oben) und Einbau in Hayabusa-2 (unten).  
Assembly of MASCOT Flight Unit (top) and integration into Hayabusa-2 (bottom).

#### Related Links:

[http://www.dlr.de/irs/de/desktopdefault.aspx/tabid-7902/13482\\_read-34316/](http://www.dlr.de/irs/de/desktopdefault.aspx/tabid-7902/13482_read-34316/)

<http://b612.jspec.jaxa.jp/hayabusa2/>

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

- Institut für Raumfahrtssysteme
- Institut für Faserverbundleichtbau und Adaptronik

Dr. Tra-Mi Ho  
Telefon: +49 (0)421-24420 1171  
Telefax: +49 (0)421-24420 1120  
Tra-Mi.Ho@dlr.de  
www.DLR.de/irs

Dipl.-Ing. Michael Lange  
Telefon: +49 (0)531-295 3223  
Telefax: +49 (0)531-295 3035  
M.Lange@dlr.de  
www.DLR.de/ifa