



Kappe mit Köpfchen

Der Countdown kann beginnen: Die EXPERT-Wiedereintrittskapsel ist bereit für den Flug – und hat es in sich ...

Von Kornelia Stubicar und Thomas Reimer

Die größte Herausforderung kommt zum Schluss. Wenn Weltraummissionen mit Rückkehr des Raumflugkörpers dem Abschluss der Mission nahe sind, halten für ein paar Sekunden noch einmal alle Beteiligten den Atem an. Der Wiedereintritt in die Atmosphäre gilt bis heute neben dem Start als der kritischste Moment eines Raumfahrtprojekts. Hohe Geschwindigkeiten und Reibkräfte zwischen der Außenhülle des Raumflugkörpers

und der Atmosphäre sowie daraus resultierende Temperaturen von mehreren tausend Grad Celsius machen den Wiedereintritt noch immer zum Wagnis. DLR-Forscher arbeiten seit vielen Jahren an Wiedereintrittstechnologien. Aktuell beteiligen sie sich am Projekt EXPERT. Bei der Montage der von ihnen entwickelten Frontstruktur, der so genannten Nasenkappe waren die Fotografen für die DLR-Nachrichten dabei.



Die Europäische Raumkapsel EXPERT (European eXPERimental Reentry Testbed) wurde von der ESA mit dem Ziel entwickelt, ein verbessertes Verständnis der aerothermodynamischen Vorgänge während des Wiedereintritts in die Atmosphäre zu erhalten. Innerhalb des EXPERT-Projekts wird das Wiedereintrittsfahrzeug als Plattform für Flugexperimente genutzt, die während der Flugphase umfangreiche Atmosphärendaten sammeln wird. Die Kapsel soll von einem U-Boot aus auf einer russischen Trägerrakete gestartet werden. Beim Wiedereintritt in die Erdatmosphäre werden unter anderem die Oberflächentemperatur, der Wärmestrom und der aerodynamische Druck gemessen. Wiedereintrittsexperimente wie EXPERT stellen wertvolle Werkzeuge dar, um die

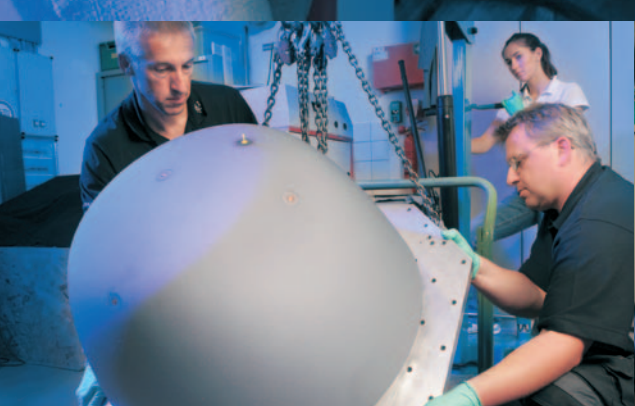
technologischen Grundlagen und Simulationsmethoden zu entwickeln, damit Raumfahrzeuge sicher auf der Erde landen können oder um auf Planeten mit Atmosphäre forschen zu können. Beim Eintritt in die Atmosphäre werden Geschwindigkeiten im Hyperschall-Bereich erreicht. Dabei wird die kinetische Energie des Fahrzeugs in thermische Energie umgewandelt, die vor dem Fahrzeug ein heißes Plasma erzeugt. Um ein Verglühen zu verhindern, ist ein adäquater Hitzeschutz notwendig. Das DLR-Institut für Bauweisen- und Konstruktionsforschung in Stuttgart betreibt seit mehr als zwanzig Jahren Forschung auf diesem Gebiet und verfügt über einen umfangreichen Erfahrungsschatz im Bereich Wiedereintrittstechnologie. Da das Thermalchutzsystem ein maßgeblicher Faktor für den Erfolg des Flugs darstellt, wurde innerhalb dieses ESA-Projekts ein solcher Hitzeschutz im DLR Stuttgart entwickelt. Diese aus C/C-SiC-Faserkeramik bestehende Frontstruktur der Wiedereintrittskapsel konnte im Spätsommer 2009 vollendet werden und steht zur Auslieferung an die ESA bereit.

Kornelia Stubicar und Thomas Reimer vom DLR-Institut für Bauweisen- und Konstruktionsforschung in Stuttgart haben in die Kappe das eigens für die Mission entwickelte Messinstrumentarium integriert.

Nun rüsten sie die Kapsel für ihre große Reise, die schließlich in den Weltraum führen wird.

Nasenkappe birgt Experimente in sich

Das Nasenkappensystem besteht im Wesentlichen aus drei Teilen: Der faserkeramischen Nasenkappenstruktur, einer ebenfalls keramischen Filz-Isolation, die das Innenleben der Kapsel vor den an der Außenseite auftretenden Wärmelasten während des Wiedereintritts isoliert, und einer kalten metallischen Struktur, deren Aufgabe es ist, eine Verbindung zwi-



schen heißer Struktur und dem hinteren Fahrzeugteil herzustellen. In diese keramische Nasenkappenstruktur wurde eine Anzahl von Experimenten integriert. Das von der Firma HTG entwickelte „Flush Air Data System“ (FADS) misst über zahlreiche Sensoren Druck, Temperatur und den Wärmefluss, woraus sich die Flugzustände bestimmen lassen, die zur späteren Flugdatenauswertung benötigt werden. Das am Institut für Raumfahrtssysteme (IRS) der Universität Stuttgart entwickelte Pyrometer PYREX misst den Temperaturverlauf, woraus sich die Wärmestromdichte der Nasenkappe berechnen lässt, während das Spektrometer RESPECT Aussagen über eine präzise Gaszusammensetzung ermöglicht. Dies geschieht mittels zwei in Reihe geschalteter Saphir-Fenster, welche direkt in die keramische Struktur integriert sind und so den Blick auf das Plasma an der Außenkontur ermöglichen.

Die Endmontage des Nasenkappen-Flugmodells wurde in mehreren Schritten durchgeführt. Nachdem die keramische Nase sowie die metallische Kaltstruktur, der Colander, vermessen und eingepasst wurden, begann die eigentliche Integration. In anspruchsvoller Kleinarbeit wurde eine Isolierung auf die Innenkontur der Kappe maßgeschneidert. Hierfür musste Aluminiumoxydfilz zurechtgeschnitten und in eine keramische Textilfaser zu einzelnen kleinen Paketen eingewoben werden. Danach wurden Bolzen, die aus demselben Material wie die Nasenkappe bestehen, in die Kappe eingeklebt, sodass die Sensoren des Datensystems FADS und des Spektrometers RESPECT montiert

werden konnten. Schließlich wurde der Colander in die Nase herabgelassen und verschraubt. Erst danach konnten die restlichen experimentellen Komponenten fixiert werden. Zu guter Letzt wurden Beschleunigungsaufnehmer für den Abnahmetest appliziert.

Früchte jahrelanger Forschung zum Wiedereintritt

Mit der Keramischen Nasenkappe ist es dem Wissenschaftlerteam des Instituts für Bauweisen- und Konstruktionsforschung gelungen, zu zeigen, wie gut sich das keramische Material für solch anspruchsvolle und komplexe Strukturen eignet. Der Grundstein dafür war bereits in der Vergangenheit gelegt worden. Neben der Entwicklung des faserkeramischen Materials selbst hat sich das Institut schon sehr früh mit der Flugprobung von derartigen Strukturen beschäftigt. Wichtige Meilensteine waren Mitflüge auf FOTON 8, 9 und M2, die EXPRESS Mission und die Entwicklung des Nasenkappensystems für X-38. Dabei hatte man bereits die Entwicklung von wiederverwendbaren Raumtransportsystemen im Blick.

Nachdem die EXPERT-Qualifikationstests im Jahr 2008 erfolgreich absolviert werden konnten, war ein weiterer wichtiger Meilenstein erreicht. Während zahlreicher thermischer Tests stellte das Material seine Eigenschaften als Thermalschutzsystem unter Beweis. Damit wären die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler nun endlich an dem Punkt angelangt, an dem sie die gesamte Struktur zum Flug bereit melden konnten.

Die Flugeinheit ist nun bereit für ihre große Reise. Nach erfolgreichem Bestehen der Abnahmetests im Testcenter ETS auf dem ESTEC-Gelände, Niederlande, im Oktober 2009 wird das Nasenkappensystem seinen Weg fortsetzen nach Italien, um bei der Firma Thales-Alenia auf die Kapsel montiert zu werden. Von dort aus wird die komplette Kapsel Richtung Russland weiterreisen und auf der russischen Halbinsel Kamtschatka auf die Volna Trägerrakete installiert, um dann für den Start vom U-Boot aus vorbereitet zu werden. Der Start ist für den Zeitraum zwischen September 2010 und April 2011 vorgesehen.

Der Start-Termin ist der nächste mit Spannung erwartete Meilenstein. Danach werden die Forscherinnen und Forscher abschließend analysieren können, was mit der Kapsel beim Wiedereintritt passiert. Aus den gewonnenen Daten können wichtige Informationen für die Entwicklung und die aerothermodynamische Auslegung zukünftiger Raumfahrzeuge abgeleitet werden. Auch ist denkbar, das Material anders als hier beim EXPERT-Projekt als Ablator einzusetzen. Das Einsatzgebiet ist vielfältig und die Zukunft hält noch viele Fragen bereit, die es zu erforschen gilt.

Autoren:

Kornelia Stubicar ist EXPERT-Projektingenieurin im Institut für Bauweisen- und Konstruktionsforschung im DLR Stuttgart. Thomas Reimer leitet das Projekt EXPERT.

www.dlr.de/bk

