DLR

NACHRICHTEN

MAGAZIN DES DEUTSCHEN ZENTRUMS FÜR LUFT- UND RAUMFAHRT

125 | März 2010 / G 12625

Wirbelstoß mit Folgen

10 Jahre DLR_School_Lab

Aus eins mach zwei
Doppelte Brennkammer
Seite 38

Hoch hinaus
Startbasis Moraba
Seite 42

Reiz der Unschärfe
Interview mit F. Schätzing
Seite 52

Mobile Raketenbasis gewährleistet seit mehr als vier Jahrzehnten exklusive Höhenforschung

Hoch hinaus

Eine Betrachtung von Dr. Alexander Schmidt

Bereit zur Zündung: die Rexus 4 Rakete an der Startrampe in Kiruna. Deutlich erkennt man den silbernen Zylinder, die Tailcan, sowie die angeflanschten silbernen Fins. Die Fins der zweiten Stufe sind gelb, das blaue Modul ganz oben ist das Servicemodul.

• • • five – four – three – two – one – zero.
Näherung im Sekundenrhythmus. Blitzschnell entschwindet bei „zero“ ein schlankes, metallenes Objekt auf einem Feuerstrahl gen Himmel. Der kurz darauf ertönende Donner des Überschallknalls verstärkt den optischen Eindruck fulminanter Gewalt. Keiner, der je Augen- und Ohrenzeuge eines Raketenstarts war, kann sich der Faszination dieses außergewöhnlichen Ereignisses entziehen. Das gilt natürlich auch für die Mitarbeiter der Mobilen Raketenbasis MORABA am DLR-Standort Oberpfaffenhofen. Und das, obwohl die meisten von ihnen einen Countdown schon viele Male miterlebt haben. Jeder Start einer Höhenforschungsrakete ist eine neue Herausforderung, jeder Countdown erfordert das gleiche hohe Maß an Konzentration, verlangt den vollen Einsatz jedes Einzelnen. Routine gibt es hier nicht.

Bild ganz links: die weißen Container der mobilen Telemetriestation zusammen mit Antennen auf dem Startplatz Esrange nahe Kiruna/Nordschweden

Bild links: die SHEFEX II-Rakete setzt sich zusammen aus zwei Motoren, auch Booster genannt, und der Nutzlast. Im Hintergrund sind die Dummies der Motoren zu sehen, im Vordergrund Teile der Nutzlast auf einem Testgerät.

Bild rechts: die Nutzlast und die erste Stufe der MAPHEUS-Rakete auf dem Weg zur Startrampe, wo sie mit der ersten Stufe zusammengebaut wird.

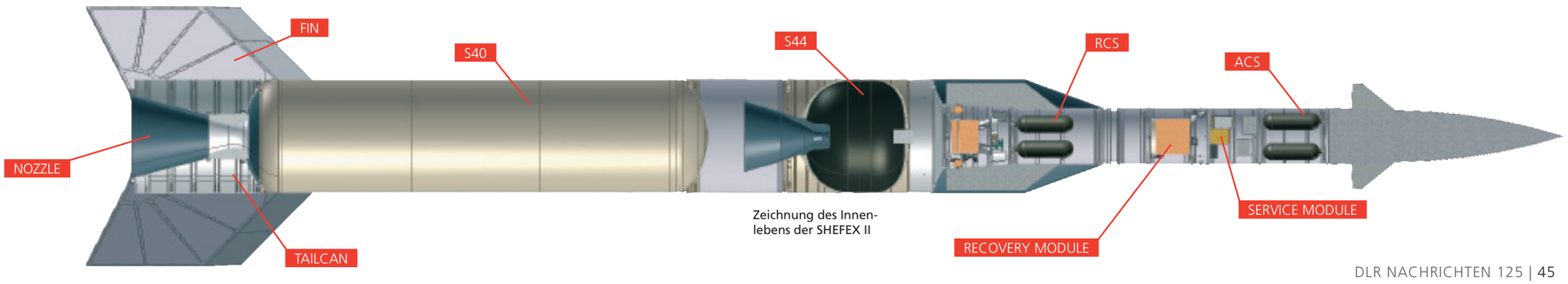
Doch beginnen wir von vorn: Wozu Höhenforschungsraketen starten? Die Vielfalt der Experimente, für die ein solches Vehikel den geeigneten Träger darstellt, umfasst nahezu alle Bereiche naturwissenschaftlich-technischer Forschung, seien es Materialwissenschaften, Atmosphärenphysik oder Biologie und Medizin. Für jeden Forschungsgegenstand, der einige Minuten Schwerelosigkeit benötigt, ist der Weltraum ein interessanter Experimentierort. Dies spiegelt sich in der bunten Reihe der Projekte und Kampagnen wider, die unter Beteiligung der MORABA durchgeführt wurden. Schmelzöfen, Instrumente zur Beobachtung der Sonnenfinsternis, Experimente für das Global Positioning System GPS, ja sogar Fische als Passagiere sind Teil des Spektrums der Experimente, die von der MORABA geflogen wurden. Auch die Orte der Starts sind unterschiedlich. Sie verteilen sich rund um den Globus. Einer der Hauptstartplätze ist Esrange bei Kiruna in Schweden. Doch auch in Andoya in Norwegen, in der Antarktis, in Brasilien und in Australien liegen Startplätze.

Eine Höhenforschungsrakete ist ein komplexes Gebilde, das aus vielen mechanischen und elektrischen Einzelkomponenten besteht. Nur wenn alles zusammenpasst und als Gesamtsystem funktioniert, kann die Mission erfolgreich durchgeführt werden. Greifen wir ein Projekt heraus, an dem wir exemplarisch die Arbeit der MORABA anhand eines möglichen Kampagnenszenarios beleuchten können: das Projekt SHEFEX (Sharp Edge Flight Experiment). SHEFEX I flog am 27. Oktober 2005. Unter der eigentlichen Raketenspitze, die im Flug abgestoßen wird, befand sich ein aus Keramikplatten zusammengesetzter eckiger Experimentalkörper. Ziel der Mission war es, zu bestätigen, dass aufgrund der hohen Wärmeleitfähigkeit des keramischen Materials die resultierenden Temperaturen an den Kanten und Spalten des Körpers beim atmosphärischen Wiedereintritt viel niedriger sind als bei bisher verwendeten Materialien. Daher könnte man zukünftig mosaikartig zusammengesetzte, so genannte facettierte Außenkonturen mit ihren Vorteilen auch anderweitig praktisch einsetzen, etwa bei Hyperschallflugzeugen. Beim Bau des Nachfolgemodells, der SHEFEX II-Rakete, ist die ganze Bandbreite der von der MORABA bereitgestellten Expertise gefordert. SHEFEX II soll in der Wiedereintrittsphase für fast 60 Sekunden Geschwindigkeiten bis Mach 10 erreichen, eine Geschwindigkeit, die bei entsprechenden Windkanalversuchen nur für wenige Millisekunden realisiert werden kann.

Das wohl bekannteste Element einer Rakete ist der Motor, der die Energie für die Beschleunigung des Gesamtsystems liefert. Für Höhenforschungsraketen werden Feststoff-Booster verwendet, wie sie auch beim Start der Space-Shuttles zum Einsatz kommen. Im Gegensatz zu den Flüssigkeitstriebwerken, wie sie im Apollo-Programm benutzt wurden, ist hier der Treibstoff eine homogene, feste Masse, deren Abbrand, wenn sie einmal gezündet ist, nicht mehr gestoppt werden kann. Die MORABA verwendet verschiedene Typen von Motoren, da je nach Projekt andere Anforderungen an Höhe oder Schwerelosigkeitsdauer gestellt werden. Im Falle von SHEFEX II ist die Rakete zweistufig. Die brasilianischen Motoren S40 für die erste und S44 für die zweite Stufe bilden die gesamte Konfiguration, die VS40. Die S40 wird mit einer durchschnittlichen Schubkraft von 20 Tonnen bei einer Brenndauer von 53 Sekunden die SHEFEX II mit im Schnitt 4 g (vierfache Erdbeschleunigung) beschleunigen. Danach zündet die zweite Stufe, um SHEFEX II auf die gewünschte Apogäumshöhe (also den erdfernsten Punkt) von 250 Kilometern zu bringen.

Doch bevor all das geschieht, ist der Löwenanteil an Arbeit für die Kollegen der MORABA bereits getan. Vor der Kampagne muss die Rakete konzipiert, konstruiert und getestet werden. Die verschiedenen mechanischen Bauteile werden gemäß Belastungsrechnungen und nach Erfahrungen früherer Missionen in der Gruppe Mechanische Flugsysteme der MORABA am DLR-Standort Oberpfaffenhofen spezifiziert, technische Zeichnungen im Zeichenbüro angefertigt. Da SHEFEX II ein Prototyp ist, gestaltet sich dieser Prozess recht aufwändig.

Betrachten wir die Rakete von unten nach oben, finden wir zuerst die von der so genannten Tailcan umhüllte Düse (Nozzle), die die ausströmenden Gase ausleitet. Außen an der Tailcan angebracht sind die Fins, deren Funktion darin besteht, die Rotation um die Längsachse zu induzieren, wodurch die Flugbahn stabilisiert wird. Die geplante Drehrate für SHEFEX II liegt bei zwei Hertz. Der Nutzlastteil der Rakete setzt sich aus verschiedenen Modulen zusammen, die auf die Motoren aufgesetzt werden. Zu diesen Modulen gehören das Bergungssystem und das Service-Modul. Hauptbestandeil des Recovery- bzw. Rückkehrmoduls ist das Fallschirmsystem. Es ist unabdingbar für die weiche Landung der wertvollen Experimente. Zuerst öffnet sich ein Hilfsfallschirm, der das Trudeln der wieder eintretenden Nutzlast stabilisiert und dann nach einiger Zeit den Hauptschirm entfaltet. Das Servicemodul ist sozusagen die elektronische Kommandozentrale der Rakete, entwickelt und betreut von der Gruppe Elektrische Flugsysteme der MORABA. In ihm befinden sich die Schnittstellen zu den Experimenten, dem Bergungssystem, dem GPS, der Zündeinheit sowie zum Rate-Control- und zum Attitude-Control-System (RCS und ACS). Das RCS dient unter anderem dazu, die Drehraten um alle Achsen wieder auf null zu bringen. Dadurch wird der Einfluss der Zentrifugalkraft auf die Experimente minimiert. Somit ist die Rakete jetzt nahezu kräftefrei mit einer Restbeschleunigung von einem Zehntausendstel g. Das ACS ist für das Wiedereintrittsexperiment von SHEFEX II besonders wichtig. Die Rakete soll einer speziellen, gesteuerten Wiedereintrittsbahn folgen. Dieser



Zeichnung des Innenlebens der SHEFEX II

Teile der SHEFEX I, ausgestellt als Modell auf dem von der MORABA organisierten ESA-Symposium „European Rocket and Balloon Programmes and Related Research" im Juni 2009 in Bad Reichenhall

nichtballistische Flug wird mittels kleiner rund um das Modul angeordneter Schub-Gasdüsen vom ACS induziert und gesteuert.

Sobald die Rakete nach dem Zusammenbau der Komponenten am Startplatz am Launcher hängt und der Feuerknopf gedrückt wird, ist für das Startteam die Arbeit weitgehend erledigt. Spannend wird es hingegen jetzt für das Personal der Gruppe Mobile Anlagen, das in den Großgeräten, am Radar und in der Telemetriestation sitzt. Beide sind Bestandteile des mobilen Equipments der MORABA, zu dem sogar eine mobile Startrampe gehört. Aufgabe des Radars ist es, die Flugbahn der Rakete zu verfolgen. Nun zeigt sich, ob sie der vom Flugdynamiker vorherberechneten Bahn tatsächlich folgt. Mögliche störende Einflüsse sind hier der Wind, der in die Betrachtung direkt vor dem Start aktuell miteinbezogen werden muss, oder inhomogener Abbrand des Treibstoffs, der zu Schwankungen in der Beschleunigungsrate führen kann. Die Telemetrie sendet während des Flugs Kommandos an das ACS- und RCS-System zur Steuerung der Lageregelung und sie empfängt die Daten von den Experimenten.

Sieht man auf dem Videomonitor in der Telemetriestation dann in etwa 14 Kilometern Höhe das Fallschirmsystem komplett geöffnet, geht die Nutzlast mit zirka acht Metern pro Sekunde zu Boden. Endlich löst sich die Anspannung der Kampagnenteilnehmer: Mission erfüllt! Die Experimentatoren erwarten nun mit Spannung den Helikopter, der die Nutzlast zurück zum Startplatz bringt. Noch am Startort wird die Nutzlast zerlegt und die Experimentvorrichtungen werden auf Schäden untersucht. Während die Wissenschaftler mit der Auswertung der Daten beginnen, bereiten sich die MORABA-Mitarbeiter schon wieder auf die nächste Kampagne vor.

Autor:
Dr. Alexander Schmidt ist wissenschaftlicher Mitarbeiter der Abteilung Mobile Raketenbasis (MORABA) des Instituts für Raumflugberieb und Astronautentraining im DLR Oberpfaffenhofen.

www.dlr.de/moraba

Der Nutzlastteil der Rakete, hier die Rakete MAXUS 7, wird nach der Landung mit noch wehendem Fallschirm in der menschenleeren Schneewüste Nordschwedens zur Bergung mit dem Helikopter vorbereitet.

Die MORABA

MORABA ist eine Abteilung des DLR-Raumflugbetriebs und Astronautentrainings. Sie ging aus der „Arbeitsgemeinschaft für Weltraumforschung", einer gemeinsamen Gründung des Max-Planck-Instituts für Extraterrestrische Physik und der damaligen Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt e.V. (DVL) hervor und erhielt ihren offiziellen Namen am 01. Januar 1967. Die ersten mobilen Kampagnen dienten zum Studium einer Sonnenfinsternis auf der griechischen Insel Euböa und der Erforschung des Erdmagnetfelds in Esrange/Kiruna im Frühjahr 1967. Momentan hat die MORABA etwa 30 Mitarbeiter: Neben Technikern sind dies vor allem Ingenieure der Fachrichtungen Luft- und Raumfahrttechnik sowie Elektro- und Informationstechnik, die in den Bereichen Konstruktion und allgemeine Raketentechnik, Bahnberechnungen, Lageregelungssysteme, Telemetriesysteme und elektronische Subsysteme von Raketen tätig sind. Hinzu kommen Praktikanten und Diplomanden, die im Rahmen ihres Studiums einen Ausflug in die Praxis der Raumfahrtforschung und -anwendungen machen.