

## Beteiligungen

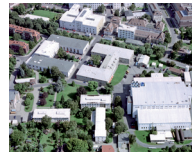
DLR Institute und Einrichtungen	Ort
Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik	Braunschweig, Göttingen, Köln
Institut für Bauweisen- und Konstruktionsforschung	Stuttgart
Institut für Flugsystemtechnik	Braunschweig
Institut für Werkstofforschung	Köln
Institut für Raumfahrtsysteme	Bremen
Mobile Raketenbasis (MORABA), Raumflugbetrieb und Astronautentraining	Oberpfaffenhofen



Köln-Porz



Braunschweig



Göttingen



Oberpfaffenhofen



Stuttgart



Bremen

## DLR im Überblick

Das DLR ist das nationale Forschungszentrum der Bundesrepublik Deutschland für Luft- und Raumfahrt. Seine umfangreichen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in Luftfahrt, Raumfahrt, Energie, Verkehr und Sicherheit sind in nationale und internationale Kooperationen eingebunden. Über die eigene Forschung hinaus ist das DLR als Raumfahrt-Agentur im Auftrag der Bundesregierung für die Planung und Umsetzung der deutschen Raumfahrtaktivitäten zuständig. Zudem fungiert das DLR als Dachorganisation für den national größten Projektträger.

In den 13 Standorten Köln (Sitz des Vorstands), Berlin, Bonn, Braunschweig, Bremen, Göttingen, Hamburg, Lampoldshausen, Neustrelitz, Oberpfaffenhofen, Stuttgart, Trauen und Weilheim beschäftigt das DLR circa 6.700 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Das DLR unterhält Büros in Brüssel, Paris und Washington D.C.



DLR

**Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.**  
in der Helmholtz-Gemeinschaft

### Raumflugbetrieb und Astronautentraining

DLR Oberpfaffenhofen  
82234 Wessling  
Deutschland

Telefon: + 49 - 8153 - 28 2701  
Telefax: + 49 - 8153 - 2468

[www.DLR.de/rb](http://www.DLR.de/rb)



## SHEFEX II

Ein weiterer Schritt im Flugtestprogramm für Wiedereintrittstechnologie



DLR

## SHEFEX Flugtestprogramm (Sharp Edge Flight Experiment)

### SHEFEX I

startete am 28. Oktober 2005 auf einer zweistufigen Höhenforschungsrakete von der norwegischen Startanlage auf der Insel Andoya nahe der Stadt Andenes.



### SHEFEX II

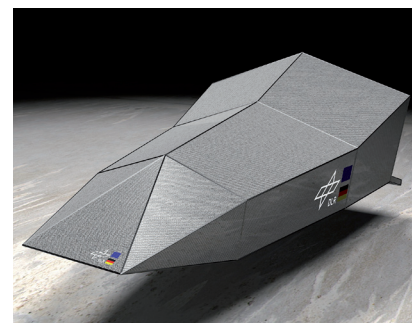
Geplanter Start ist im Frühjahr 2011 von dem australischen Testgelände Woomera im Süden des australischen Kontinents mit einer zweistufigen Höhenforschungsrakete.

### Missionsziele

Während sich die Ära des Space Shuttles dem Ende nähert, entwickelt Deutschland ein experimentelles Raumfahrzeug, das den Flug ins All und zurück zur Erde billiger, sicherer und flexibler machen soll. Der zweite Flug im Rahmen des SHEFEX Flugprogramms des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) dient der weiteren Erprobung des scharfkantigen Designs mit neuartigen Thermalschutzkomponenten und innovativer Steuerung und Lagebestimmung. Besondere Sorgfalt wird auf die Instrumentierung und Bestückung mit zahlreichen Sensoren zur Messung der aerodynamischen Effekte und das Verhalten des Raumflugkörpers beim Wiedereintritt in die Atmosphäre angewandt.

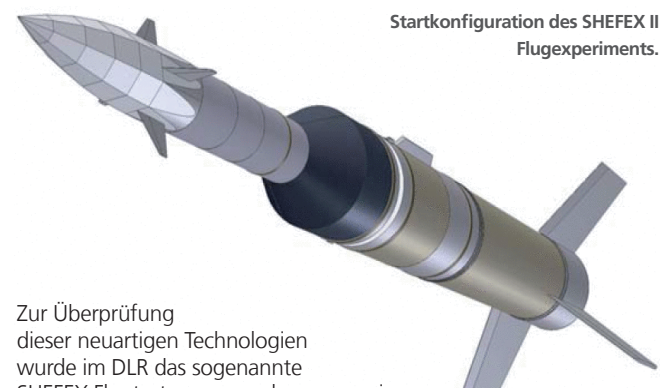
Bei dem Eintritt in die Erdatmosphäre wird die Außenhaut eines Raumfahrzeugs durch Reibung und hohen Luftdruck sehr stark erwärmt. Herkömmliche Metalle würden in kürzester Zeit schmelzen und das Raumfahrzeug würde verglühen. Spezielle Keramiken jedoch können dieser enormen Hitze widerstehen. Raumgleiter, die wieder zur Erde zurückkehren können wie beispielsweise das Space Shuttle, sind heute mit solchen Materialien geschützt. Allerdings sind Bauteile aus diesen Keramiken relativ teuer, insbesondere dann, wenn sie sehr komplex gekrümmt sind, wie es normalerweise bei aerodynamisch geformten Oberflächen der Fall ist.

Eine Kostenreduktion stellt daher die Vereinfachung der Außenkontur durch eine facettierte Oberfläche dar. Der Aufbau aus ebenen, plattenförmigen Paneelen reduziert den Herstellungs- und Montageaufwand erheblich. Grundsätzlich lassen sich plattenförmige Paneele aus einer Grundform herstellen und durch einfaches Beschneiden der benötigten Geometrie anpassen. Dies führt zu deutlichen Einsparungen bei der Wartung und dem Austausch beschädigter Elemente. Die Aerodynamik bei sehr hohen Geschwindigkeiten wird bei solch einer Bauweise ebenfalls verbessert, wenn man die Vorderkanten mit scharfen Kanten versieht. Dort entstehen allerdings noch weit höhere Temperaturen als bei bisherigen runden Formen. Keramiken kommen dort ebenfalls an die Grenzen ihrer Beständigkeit. Neue Kühltechniken, die einen künstlichen Gasfilm an der Oberfläche erzeugen und so die heiße Luft von der Oberfläche fern halten, sollen es jedoch erlauben, auch diese extreme Hitze zu ertragen. Ein Beispiel für ein Raumfahrzeug, das konsequent nach diesem neuartigen Gestaltungsprinzip entworfen wurde, stellt der Raumgleiter REX dar.



**Konzept des REX Free Flyer (SHEFEX IV) für einen steuerbaren Raumgleiter.**

Die konsequente Nutzung der SHEFEX-Technologie ermöglicht gute aerodynamische Eigenschaften bei kompakten Außenmaßen und einfachster Bauweise.



Startkonfiguration des SHEFEX II Flugexperiments.

Zur Überprüfung dieser neuartigen Technologien wurde im DLR das sogenannte SHEFEX Flugtestprogramm begonnen, in dem schrittweise die Geschwindigkeit und Flugdauer in der Atmosphäre erhöht werden. Mit der Nutzung von verfügbaren Höhenforschungsraketen, die normalerweise für Kurzzeit-Untersuchungen in Schwerelosigkeit verwendet werden, ist es möglich, Flugexperimente kosteneffektiv und in kurzen Abständen durchzuführen. Dadurch können neben der Untersuchung neuer Materialien und Strukturen auch wertvolle Flugdaten gewonnen werden, die im Vergleich mit Simulationen und Bodentestdaten eine Überprüfung der Simulationsmethoden und der Ergebnisse von Testanlagen erlauben.



Untersuchung der Nutzlastspitze im Windkanal

Nach dem erfolgreichen Flug von SHEFEX I ist die Folgemission in der Vorbereitung. Bei SHEFEX I konnten in dem 20 Sekunden dauernden Wiedereintrittsflug bei 6-facher Schallgeschwindigkeit erste wertvolle Erkenntnisse gewonnen werden. Aufbauend auf diesen Erfahrungen wird der Flugbereich des 2. Flugexperiments SHEFEX II durch die Verdopplung von Fluggeschwindigkeit und Wiedereintrittsdauer deutlich erweitert, um neue wissenschaftliche Fragen beantworten zu können.

Die Gesamtlänge inklusive Nutzlast beträgt ca. 12,6 m bei einer Gesamtmasse von ca. 6,7 t, was in etwa dem Gewicht von 5 Mittelklasse-PKW entspricht. Beide Stufen werden mit Feststoff-Raketentriebwerkern angetrieben, wobei die 4 t Treibstoff der Unterstufe SHEFEX II innerhalb von 60 Sekunden annähernd senkrecht auf eine Höhe von 54 km katapultiert.

In der folgenden ballistischen Flugphase wird die Oberstufe zu einem flacheren Anstellwinkel hin geneigt. Danach erfolgt die Zündung der Oberstufe, deren 800 kg Treibstoff die 400 kg schwere Nutzlast in eine flache ballistische Bahn mit einer maximalen Höhe von ca. 200 km einschleudert. Nach Brennschluss wird der Raketentriebwerk von der Nutzlast getrennt. Das Flugkontrollsystem orientiert die Nutzlast für einen Eintrittswinkel in die Atmosphäre von ca. 35°.

Der Wiedereintritt und somit die eigentliche Experimentphase beginnt mit langsam einsetzenden atmosphärischen Einflüssen ab 100 km Höhe. Der Eintritt erfolgt mit 11-facher Schallgeschwindigkeit (Dies bedeutet eine Geschwindigkeit von ungefähr 3 km/s (!)). Bei dieser hohen Geschwindigkeit werden besonders an der Nutzlastspitze sowie an den scharfen Vorderkanten der Steuerflügel und Stabilisierungsflossen extreme Temperaturen bis 1800 °C erzeugt. Nach 45 Sekunden ist die Experimentphase abgeschlossen und eine Flughöhe von 20 km erreicht. In dieser Höhe wird die Nutzlast fast mittig getrennt und weiter abgebremst. In 5 km Höhe wird ein Fallschirmsystem ausgeworfen, das die Landegeschwindigkeit auf ca. 9 m/s reduziert. Als Landegebiet wurde das vom Startpunkt 800 km entfernte Maralinga ausgewählt.

**Integration der Nutzlastspitze**



Die Nutzlastspitze wurde gegenüber SHEFEX-I deutlich vergrößert und mit 40 einzelnen ebenen Facetten versehen. Jede Facette wird aus einem keramischen Paneel gebildet, das mit ebenfalls keramischen Schrauben und Abstandshaltern an die Unterstruktur aus Aluminium geschraubt wird. Hinter den Paneelen befindet sich zur Isolierung eine Art Glaswolle, die jedoch aus spezieller Hochtemperaturkeramik besteht. Hinter der Spitze befindet sich ein Steuerungsmodul, das mit 4 kleinen, beweglichen Stummelflügeln versehen ist, die eine Flugsteuerung während der Wiedereintrittsphase ermöglichen soll. Auch diese Stummelflügel, Canards genannt, bestehen an der Vorderkante aus neuartiger Keramik.

Zusätzlich sind fast in jeder der 40 Facetten der Raketenspitze weitere Experimente wie z. B. ein aktiv gekühltes Thermalschutzsegment, neuartige Messinstrumente für Druck, Temperatur und Wärme sowie hochtemperaturbeständige Antennen mit eingebaut. Von nationalen und internationalen Forschungseinrichtungen und Industriefirmen wurden ebenso verschiedene fortschrittliche keramische und metallische Thermalschutzkonzepte sowie Sensorsysteme mit eingebaut.

Im Inneren von SHEFEX II sind neuartige Navigationssysteme und elektronische Bauelemente untergebracht, die bei diesem Flug ebenfalls ihre Flugtauglichkeit beweisen können.

