

# HFK: Neue Generation von Hyperschallflug

## 10 Kilometer in 7 Se

**Im Rahmen des neuesten EADS-Technologievorhabens 'Hyperschallflugkörper' (HFK) sollen erstmalig Spitzengeschwindigkeiten von sieben Mach – siebenfache Schallgeschwindigkeit – erreicht werden. In der Spitze fliegt der HFK also mehr als zwei Kilometer pro Sekunde. Trotz des hohen Luftwiderstandes, der ihn stark abbremst, kann er in sieben Sekunden zehn Kilometer zurücklegen.**

**E**in Trupp in Arbeitskleidung und Gummistiefeln zieht ins Nordseewatt, ausgerüstet mit Arbeitsgerät zum Hacken, Graben und Schaufeln. Die Männer sind auf der Suche nach einer runden Vertiefung im Schlick des Wattenmeeres. Unterstützt wird ihre Suche aus der Luft durch einen über ihnen kreisenden Hubschrauber. Eile ist geboten, um vor der nächsten Flut zum Erfolg zu kommen. Es sind Wissenschaftler des Forschungs- und Technologieprojekts 'Hyperschallflugkörper' auf der Suche nach ihrem Testobjekt, das mit siebenfacher Schallgeschwindigkeit ins Watt geflogen ist. Für das Projekt erteilte das Bundesamt für Wehrtechnik und

Beschaffung der EADS/LFK im vergangenen Herbst den Anschlussauftrag, so dass die Forschungsarbeiten zunächst bis zum Jahr 2003 fortgeführt werden können. Sinn des Programms ist es, Schlüsseltechnologien zu definieren, zu entwickeln und zu erproben. Zukünftige Einsatzgebiete der leistungsstarken Hyperschall-Flugkörpersysteme sind Flugabwehr und Bodenzielbekämpfung.

In der Luftabwehr spielen Lenkflugkörper eine entscheidende Rolle. Das Hauptaugenmerk der Flugkörperentwicklung liegt auf schnellem Erkennen, Reagie-

ren und Abwehren der Gefahr. Deshalb müssen künftige Systeme bei immer höherer Geschwindigkeit, Agilität und Durchschlagskraft größtmögliche Treffsicherheit und Reichweite aufweisen. Hohe Geschwindigkeit bedeutet zugleich hohe kinetische Energie, die im Ziel als zerstörende Kraft wirkt.

Hyperschallgeschwindigkeit und kurze Bekämpfungszeit sind Markenzeichen der Hyperschallflugkörper, bergen für die Wissenschaftler und Ingenieure aber große Probleme in sich: Entsprechend physikalischer Gesetzmäßigkeiten verhalten sich die Kräfte und entstehenden Temperaturen proportional zum Quadrat

### Entscheidende Rolle bei der Luftabwehr

der Geschwindigkeit. Die Beschleunigung des Flugkörpers auf anvisierte sieben Mach in 1,8 Sekunden erfordert demnach das Zweihundertfache der Erdbeschleunigung – eine hohe Belastungsprobe für das Material. Zur hohen mechanischen Beanspruchung in der Beschleunigungsphase kommt eine extreme thermische Belastung hinzu:

# körpern

# kunden

Da der Flugkörper nahe der Erdoberfläche fliegt, ist er hohem Luftwiderstand ausgesetzt. Die 'Nase' des Flugkörpers heizt sich durch Luftreibung und -widerstand bis 2600 °C auf, während die Außenwände seines Rumpfes 'nur' etwa 2000 °C erreichen.

Es wird nun versucht, für den Flugkörper geeignete Werkstoffe zu finden und ihn zusätzlich durch eine spezielle Schicht zu 'kühlen'. Der Kühleffekt tritt ein, weil die Schicht infolge ihrer Aufheizung verdampft und der Umgebung damit Wärme entzieht. Wegen der kurzen Flugzeit genügt bereits eine dünne 'ablativ' Schicht; sie bewirkt, dass bei einer etwa drei Millimeter dicken Wand deren Innentemperatur während der gesamten Flugzeit unter 150 °C bleibt.

Jedes Gramm zählt, wenn es um Spitzengeschwindigkeiten geht. Also ist ein thermisch und mechanisch stabiler, vor allem aber auch leichter Werkstoff gefragt. Nur moderne Leichtbauwerkstoffe können diesen Anforderungen genügen. Werkstoffkennwerte, gemessen unter Normalbedingungen, reichen nicht aus, um das ▶

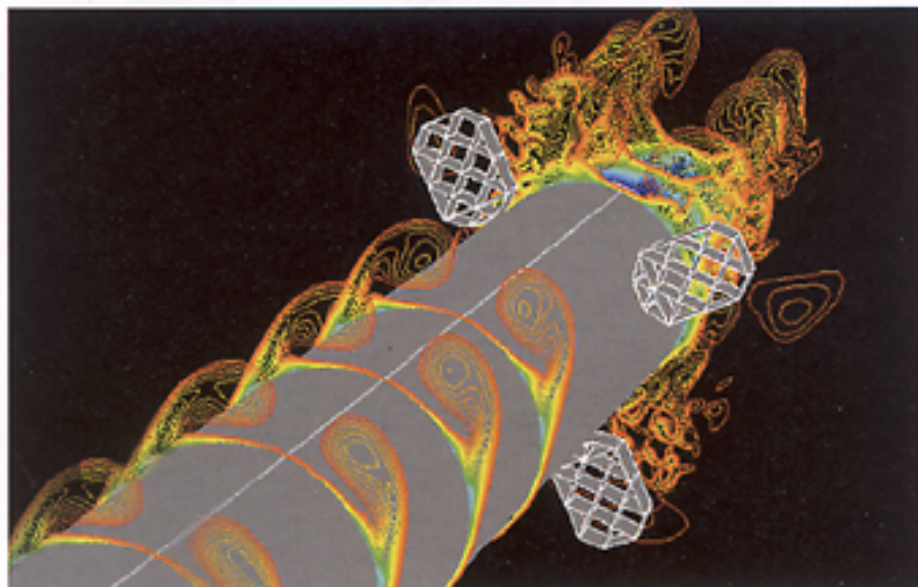
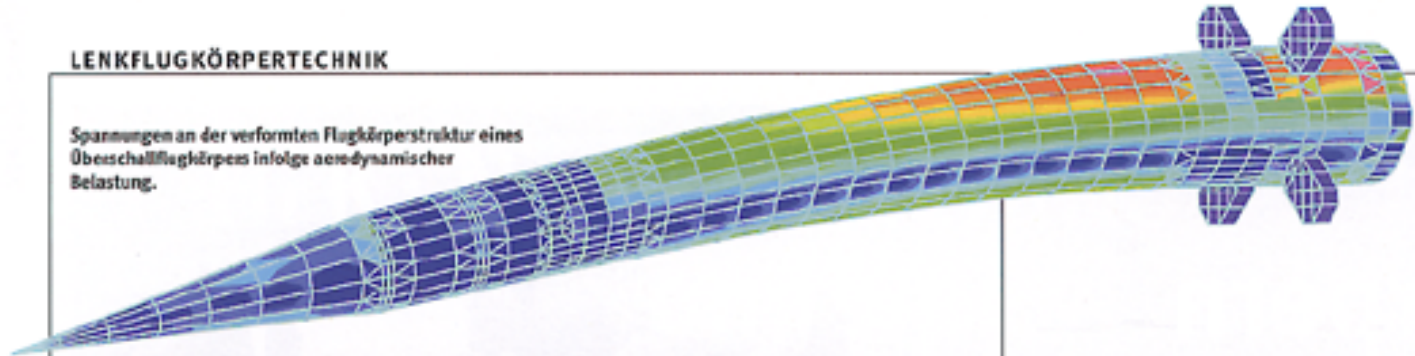


Ein Trupp von Wissenschaftlern im Nordseewatt der Melderfer Bucht bei der erfolgreichen Bergung des Testobjekts, das zuvor mit siebenfacher Schallgeschwindigkeit ins Watt geschossen wurde. Ein Hubschrauber unterstützt die Bergungsaktion.



Künftige Flugkörper müssen bei immer höherer Geschwindigkeit, Agilität und Durchschlagkraft auch größtmögliche Treffsicherheit gewährleisten und hohe Reichweite erzielen. Dazu sind solche Versuchsflüge unabdingbar.

Spannungen an der verformten Flugkörperstruktur eines Überschallflugkörpers infolge aerodynamischer Belastung.



Turbulenzentwicklung an einem Hyperschallflugkörper mit Gitterflügeln.

► Material sicher auswählen und einsetzen zu können. Testbedingungen experimentell am Boden zu realisieren ist nur schwer möglich. Deshalb fliegen Materialproben, eingebaut in die Außenhaut, bei den Versuchsflügen des HFK mit, und Messfühler zeichnen die thermische und mechanische Belastung auf.

Leicht und klein müssen auch die eingebauten elektronischen Geräte sein. Moderne mikroelektronische Bauteile oder moderne Mikrosystemtechniken bringen diese Voraussetzung zwar mit – halten sie aber den enormen mechanischen und thermischen Belastungen auch stand? Dazu gibt es noch keine Erfahrungswerte – und um dies zu klären, sind Testflüge das sicherste Mittel.

Weiterer Entwicklungsschwerpunkt der Wissenschaftler und Ingenieure ist der schubstarke Flugkörper-Hochleistungsantrieb. Aber auch hier gilt: so leicht wie möglich. Anders als bei den Vorgängermodellen HFK-L1 und -L2 wird der Raketenantrieb nicht mehr schub-, sondern leistungs-optimiert ausgelegt sein. Entwickelt wird der neue Typ als reiner Feststoff-Raketenantrieb von der Bayern-Chemie in Zusammenarbeit mit Wissenschaftlern und Konstrukteuren der EADS. Bei dem Treibstoff handelt es sich um einen modernen Komposit-Treibstoff; er ist derzeit noch in der Erprobung.

Um die Antriebsleistung so wenig wie möglich zu mindern, ist neben einer leichten Bauweise die aerodynamische Formgebung wichtig: Erstmals werden als Ruderelemente keine planaren, sondern Gitterflügel erprobt. Dieser Ansatz bietet entscheidende Vorteile: schnelleres Reaktionsverhalten und eine

um mehr als zehnprozentige Gewichtsreduzierung des Flugkörpers aufgrund der kleineren Rudermaschine. Allerdings ist die aerodynamische Optimierung der Gitterflügel-Steuerruder wegen ihrer komplizierten Geometrie besonders schwierig. Dazu kommt noch ein 'heißes' Materialproblem: Die scharfkantigen und aus zwei Millimeter dickem Profilblech hergestellten Gitterflügel müssen Temperaturen bis zu 2000°C standhalten.

Ende dieses Jahres kommen die Wissenschaftler wieder ins Meldorfer Watt – für den ersten Testflug der Experimental-

version HFK-E0. Der HFK-E0 wird mit Telemetriegeräten zur Übermittlung der Messdaten von Temperatur, Druck, Dehnung und Vibration ausgestattet – zum Teil in modernster Mikrosystemtechnik. Dazu fliegen Werkstoffproben und ihre Messfühler mit. Erst bei den nächsten, für 2002 geplanten, Versuchen mit dem HFK-E1 soll der Flugkörper erstmals Manöver mit Gitterrudern ausführen.

„Wir arbeiten im Hyperschallvorhaben HFK, technologisch gesehen, an vorderster Front“, erklärt Projektleiter Peter Gleich. „Bedingt durch ein ganzes Bündel extremer thermischer und mechanischer Anforderungen an die gesamte Flugkörperstruktur, Materialien und Sensorik müssen wir neue und teils risikoreiche Wege beschreiten. Die Extrembedingungen, denen der Flugkörper während seines Hochgeschwindigkeitsfluges ausgesetzt ist, können in ihrer Gesamtheit nicht im Labor oder Windkanal 'geprobt' werden. Gerade die schwer wiegenden physikalischen Einflüsse lassen sich überhaupt erst während des Freiflugexperiments erzeugen und bewerten. Jedem Experiment gehen natürlich umfangreiche theoretische Berechnungen und unterstützende Labor- und Windkanaluntersuchungen voraus. Damit werden die Risiken beim Freiflug auf ein vertretbares Minimum reduziert.“

Peter Gleich weiter: „Unser Einsatz, das hoch gesteckte Ziel zu erreichen, lohnt sich dennoch: Schließlich wird in aller Welt an Hyperschallprojekten gearbeitet. Technologisch immer ausgereifere Entwicklungen bei Systemen, die eine Bedrohung für uns darstellen können, erfordern daher eine wirksame Antwort: extrem schnelle, agile und leichte Flugkörper.“

DR. CHRISTINE RITSCHEL



Windkanalmodell eines Supersonic Marschflugkörpers.