

HALO


GLOBAL PLAYER FÜR DIE ATMOSPHÄREN- FORSCHUNG

HALO wird das neue Flaggschiff der Forschungsflotte

Von Dr. Helmut Ziereis und Mirko Gläßer



Der umgebaute Gulfstream-Business Jet eröffnet eine neue Dimension in der Atmosphärenforschung



Mit dem neuen Forschungsflugzeug HALO (High Altitude and Long Range Research Aircraft) beginnt ein neues Kapitel in der Geschichte der deutschen Atmosphärenforschung und Erdbeobachtung. Die Kombination aus Reichweite, Gipfelhöhe, Nutzlast und umfangreicher Instrumentierung macht das Flugzeug zu einer weltweit einzigartigen Forschungsplattform.

Flugzeuge sind ein unverzichtbares Werkzeug für die Erforschung der Atmosphäre und die Beobachtung der Erdoberfläche. Mit Forschungsflugzeugen kann man eine maßgeschneiderte Auswahl von hochgenauen Messinstrumenten exakt an den Ort in der Atmosphäre bringen, den man erforschen möchte. Sei es, dass man die Größe von Eisteilchen in feinen Federwolken in über zehn Kilometer Höhe bestimmen möchte, den Abgasstrahl eines Verkehrsflugzeuges in Reiseflughöhe analysieren will oder den Transport von Schadstoffen durch Gewittertürme vom Boden in die obere Troposphäre untersuchen möchte.

Das Projekt HALO wird von einem breiten Fundament von Partnern aus den Helmholtz-Zentren, der Max-Planck-Gesellschaft sowie den Hochschulen und Instituten der Leibniz-Gemeinschaft getragen. Stellvertretend für die Partner haben das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt und das Max-Planck-

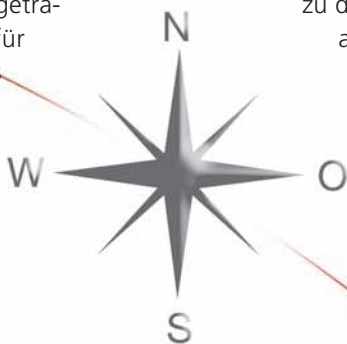
Institut für Chemie in Mainz den Antrag für die Beschaffung des Flugzeuges an das Bundesministerium für Bildung und Forschung gerichtet, der im September 2004 genehmigt wurde.

HALO wird das bisherige Flaggschiff der Forschungsflugzeugflotte des DLR, den zweistrahligen Jet „Dassault Falcon“ ablösen, der seit mehr als 30 Jahren erfolgreich für die Forschung eingesetzt wird. HALO ist aber mehr als nur ein Ersatz für die Falcon. Mit HALO werden der Forschung völlig neue Möglichkeiten eröffnet. HALO wird weiter fliegen können als die meisten anderen Forschungsflugzeuge der Welt. Abhängig von der Nutzlast beträgt die Reichweite zwischen 8.000 und 11.000 Kilometer. Dadurch werden alle Regionen der Erdatmosphäre zugänglich, von den Polen bis zu den Tropen und den abgelegenen Regionen des Pazifiks. Die Reichweite der Falcon beträgt dagegen nur etwa

3.000 Kilometer. Damit wird HALO zum „Global Player“ und entspricht damit auch der geänderten Vorstellung von der Atmosphärenforschung.

Waren die Atmosphärenforscher früher daran interessiert, wie Schadstoffe aus dem Ruhrgebiet in den Bayerischen Wald verfrachtet wurden, so stellen sie heute andere Fragen: Wie sehen die Transportwege der Schadstoffe auf interkontinentaler Ebene aus? Welche Schadstoffe werden von Nordamerika nach Europa transportiert und von Europa nach Asien?

HALO basiert auf der zweistrahligen Gulfstream G550, einem der größten Business-Jets der Welt mit extrem langer Reichweite und einer sehr großen Gipfelhöhe von 51.000 Feet (15,5 Kilometer). Wer sich für eine G550 im Privat- oder Geschäftsreisebetrieb entscheidet, möchte flexibel rund um die Welt fliegen können, ohne sich an die begrenzte Freigabe in stark frequentierten Luftverkehrsstraßen kümmern zu müssen – er fliegt einfach darüber hinweg. Diese große Gipfelhöhe kommt mit HALO der



Forschung zugute. Auf ihrer Plattform können die Forscher Messflüge nicht nur in der Troposphäre, also im unteren „Stockwerk“ der Atmosphäre, sondern auch am unteren Rand der darüber liegenden Stratosphäre absolvieren.

Für den herkömmlichen Kundenkreis werden die Jets meist mit einer aufwändigen VIP-Innenausstattung geliefert. Im Dienst der Wissenschaft aber sieht es in der Gulfstream anders aus: Auf den meisten Positionen, die für Sitze vorgesehen sind, werden so genannte „Racks“ stehen, Regalgestelle zur Aufnahme von Instrumenten. Natürlich werden an diese Racks andere Anforderungen gerichtet als an ein Wohnzimmerregal. Auch einer neunfachen Erdbeschleunigung müssen diese Gestelle, die mit jeweils 150 Kilogramm an Geräten bestückt werden können, standhalten. Mit etwa 15 Racks kann HALO mehr als doppelt so viele aufnehmen wie die Falcon.

Die meisten Geräte an Bord von HALO werden automatisch arbeiten, das eine oder andere Instrument benötigt jedoch etwas intensivere Betreuung. Den Wissenschaftlern an Bord wird deshalb wenig Zeit bleiben, die Aussicht zu genießen. Mit der Ruhe wird es ohnehin nicht so weit her sein; das lehrt die Erfah-

rung mit der Falcon und anderen Flugzeugen. Unter Umständen kann es in der Kabine auch schon mal sehr warm werden: 15 Racks voller Geräte produzieren sehr viel Abwärme.

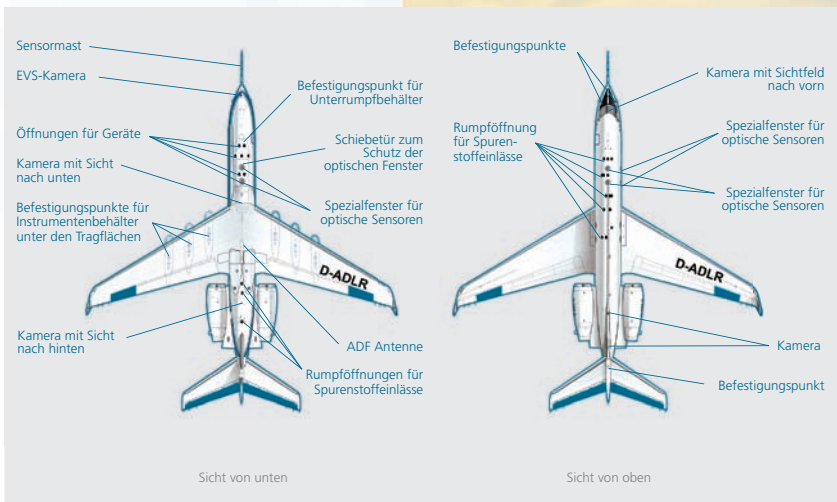
HALO unterscheidet sich noch in weiteren Punkten ganz wesentlich von einem regulären Business Jet. Nachdem das Basismodell des Flugzeuges in wenigen Monaten bei der Gulfstream Aerospace Corporation in Savannah hergestellt wurde, dauert es anschließend noch mehr als zweieinhalb Jahre, um die Modifikationen durchzuführen. Einen großen Teil dieser Umbauarbeiten führt die Firma RUAG in Oberpfaffenhofen im Auftrag von Gulfstream durch.

Weil die Luft, die man untersuchen möchte, zu den Instrumenten in die Kabine geleitet werden muss, werden Öffnungen in den Rumpf geschnitten. Bei der Falcon gibt es vier, bei HALO werden es mehr als 20 sein. Da taucht das Problem der Dichtigkeit der Druckkabine auf. Damit HALO nicht zu einem fliegenden „Schweizer Käse“ wird, müssen die

Öffnungen natürlich wieder luftdicht verschlossen werden. Je nach Messaufgabe können sie mit unterschiedlichen Einlasssystemen versehen werden: Mal ist dies ein Edelstahlröhrchen mit einem Durchmesser von drei Millimetern, mal ein Teflonrohr mit einem Durchmesser von zwölf Millimetern, das obendrein noch geheizt werden muss. Oder ein eindrucksvolles Rohrsystem mit einem Gewicht von über 15 Kilogramm für die Sammlung hochreaktiver Spurengase, wie es vom Max-Planck-Institut für Chemie in Mainz entwickelt wird.

In der Kabine können außerdem spezielle Kamerasysteme und Fernerkundungsmessgeräte betrieben werden. Dazu werden jeweils zwei Öffnungen mit einem Durchmesser von etwa 50 Zentimetern in die obere und untere Rumpfschale geschnitten. Sie können mit optischen Gläsern versehen werden, die für bestimmte Wellenlängen durchlässig sind. Schiebetüren, die unterhalb des Rumpfes angebracht werden, schützen diese hochempfindlichen Gläser bei Start und Landung vor aufgewirbeltem Sand und Staub. Besonders leistungsfähige Messgeräte sind die LIDAR-Systeme des DLR. Ein LIDAR sendet einen Laserimpuls aus und empfängt das von der Atmosphäre zurück

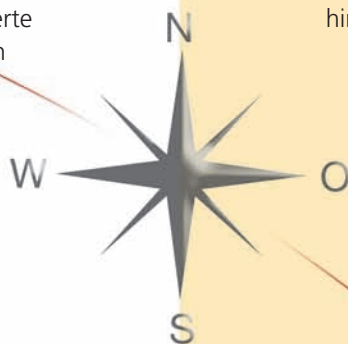




Modifikationen bei HALO: Vom Business Jet zum Forschungsflugzeug

gestreute Signal. Daraus lassen sich Konzentrationsprofile von Wasserdampf, Ozon oder Aerosolpartikeln oberhalb oder unterhalb der Flughöhe ableiten.

Veränderungen am Rumpf eines Flugzeuges erfordern aufwändige und komplizierte Rechnungen, denn die Öffnungen dürfen weder die Dichtigkeit noch die Stabilität der



Rumpfröhre beeinträchtigen. Die Sicherheit der Forscher und der Crew ist auch bei einem Forschungsflugzeug oberstes Gebot. Vor allem in der unteren Rumpfschale erfordern die zahlreichen Öffnungen aufwändige Umbauten, die über das eigentliche Schneiden und Abdichten hinausgehen. Unter dem Fußboden verlaufen die Seile für die Steuerflächen des Leitwerkes und der Tragflächen, die Verbindungen zu

den Triebwerken und natürlich auch die Stromversorgung von den Triebwerksgeneratoren zum Cockpit und zu den Flugzeugsystemen. All diese Leitungen müssen für die Öffnungen verlegt werden, ebenso wie etliche Antennen.

Instrumente, die außerhalb der Kabine betrieben werden müssen, können an Haltepunkten unter dem Rumpf angebracht werden. Die Universität Hamburg zum Beispiel entwickelt für HALO ein Wolkenradar, mit dem

HALO

Größe und Konzentration von Wolkentröpfchen untersucht werden soll. Auch ein Infrarotspektrometer, das von den Forschungszentren Jülich und Karlsruhe entwickelt wird, soll unter dem Rumpf aufgehängt werden. Abgedeckt werden diese Instrumente durch eine aerodynamisch optimierte Kuppel, die die hohen Windlasten abhalten soll.

Unter jeder Tragfläche können außerdem an drei Positionen Instrumente mit einem Gewicht von mehreren hundert Kilogramm angebracht werden. Um die Aerodynamik des Flugzeuges möglichst wenig zu beeinflussen, werden dafür optimierte Behälter entwickelt. Hier werden vor allem Instrumente zur Messung von Aerosolpartikeln untergebracht.

Der Stromverbrauch der Messgeräte ist beachtlich und geht wesentlich über den Bedarf eines eleganten Business-Jets hinaus. An mehreren Stellen im Flugzeug wird es eine Art Steckdosenleiste geben: 28 Volt Gleichspannung, 220 Volt Wechselspannung und dreiphasige 115 Volt/400 Hertz Wechselspannung stehen für die verschiedenen Geräte zur Verfügung. Eine aufwändige Verkabelung von den Generatoren an den Triebwerken zum zentralen Stromverteiler und von dort zu den einzelnen

Stationen wird das Flugzeug durchziehen. Insgesamt werden den Nutzern an die 50 Kilowatt Leistung zur Verfügung stehen.

Alle diese Modifikationen bedeuten weitreichende Änderungen des regulären Flugzeugmusters. Auch wenn die Firma Gulfstream schon Erfahrungen im Bau von Forschungsflugzeugen hat – viele Modifikationen sind ganz speziell für HALO maßgeschneidert und daher einzigartig. Zeitweise arbeiten bis zu 50 Ingenieure bei Gulfstream am Design für HALO.

Nach etwa eineinhalb Jahren Umbau bei der Firma RUAG-Aerospace in Oberpfaffenhofen wird HALO zurück in die USA fliegen, um die Innenausstattung zu erhalten: Wandpaneele, Sitze, Toilette, eine kleine Bordküche und außerdem die Lackierung. Bevor HALO durch die US-Luftfahrtbehörde FAA (Federal Aviation Authority) und durch das Luftfahrt-Bundesamt (LBA) zugelassen werden kann, sind Erprobungsflüge nötig und viel Papierarbeit. Ende 2008 soll HALO zugelassen an das DLR übergeben werden.

Dann ist es Aufgabe der DLR-Ingenieure, das Flugzeug für die ersten wissenschaftlichen Nutzer fertig zu stellen. HALO wird eine Basismess-

anlage erhalten, mit der präzise Druck, Temperatur, Feuchte, Windgeschwindigkeit und -richtung bestimmt werden können. Eine Datenverarbeitungsanlage wird integriert. Wissenschaftliche Instrumente müssen für HALO angepasst und zugelassen werden. Vor allem die Außenbauten an das Flugzeug werden den Ingenieuren des DLR viele zusätzliche Stunden bei der Zulassung abfordern, da sie die Aerodynamik des Flugzeuges beeinflussen. Dieser Einfluss muss durch Flugversuche qualifiziert werden. Ein Vibrations-test wird zeigen, welchen Einfluss die Anbauten unter den Tragflächen auf deren Flatterverhalten haben. All diese Arbeiten sollen zügig durchgeführt werden, denn die Wissenschaftler feiern schon dem ersten Einsatz von HALO entgegen, der für den Sommer 2009 geplant ist. Dann wird das neue Flaggschiff der deutschen Atmosphärenforschung zum ersten Mal zu einer wissenschaftlichen Mission vom Flughafen Oberpfaffenhofen abheben.

Autoren:

Dr. Helmut Ziereis ist Physiker am DLR-Institut für Physik der Atmosphäre. Er ist HALO-Projektleiter. Mirko Gläßer, Flugversuchingenieur bei den DLR-Flugbetrieben, arbeitet als HALO-Projektingenieur.

Mit HALO werden die Atmosphärenforscher Messflüge bis hinein in die Stratosphäre absolvieren können

