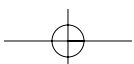


HALO

Ein neues Flugzeug
für die Atmosphärenforschung
und Erdbeobachtung



HALO – neue Dimensionen in der Atmosphärenforschung und Erdbeobachtung

HALO – neue Dimensionen

Eine Gemeinschaftsinitiative deutscher Umwelt- und Klimaforschungseinrichtungen.

Gefördert durch Zuwendungen des Bundesministeriums für Bildung und Forschung, der Helmholtz-Gemeinschaft, der Max-Planck-Gesellschaft, des Freistaates Bayern, der Forschungszentren Jülich und Karlsruhe und des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt.

Die Grundlage politischer Entscheidungen

Menschliches Handeln beeinflusst die Atmosphäre und das Klima. Internationale Konventionen wie die Protokolle von Montreal und Kyoto waren erste wichtige Schritte zur Begrenzung der Veränderungen von Ozonschicht und Klima. Weiterführende Abkommen zum Klimaschutz sind jedoch notwendig. Um dafür eine sinnvolle politische Entscheidungsgrundlage zu schaffen, müssen die Prozesse, die sich in unserer Atmosphäre abspielen, sehr viel besser verstanden werden als bisher. Belastbare experimentelle Daten zum Verständnis unserer Atmosphäre sind wesentliche Bausteine für zukünftige, genauere Klimaprognosen. HALO (High Altitude and Long Range Research Aircraft) wird einen wesentlichen Beitrag zum Verständnis unserer Atmosphäre leisten. Auf Grund seiner herausragenden Flugeigenschaften und Messmöglichkeiten wird HALO eine neue Dimension für die Umwelt- und Klimaforschung in Deutschland und Europa mit Forschungsflugzeugen erschließen.

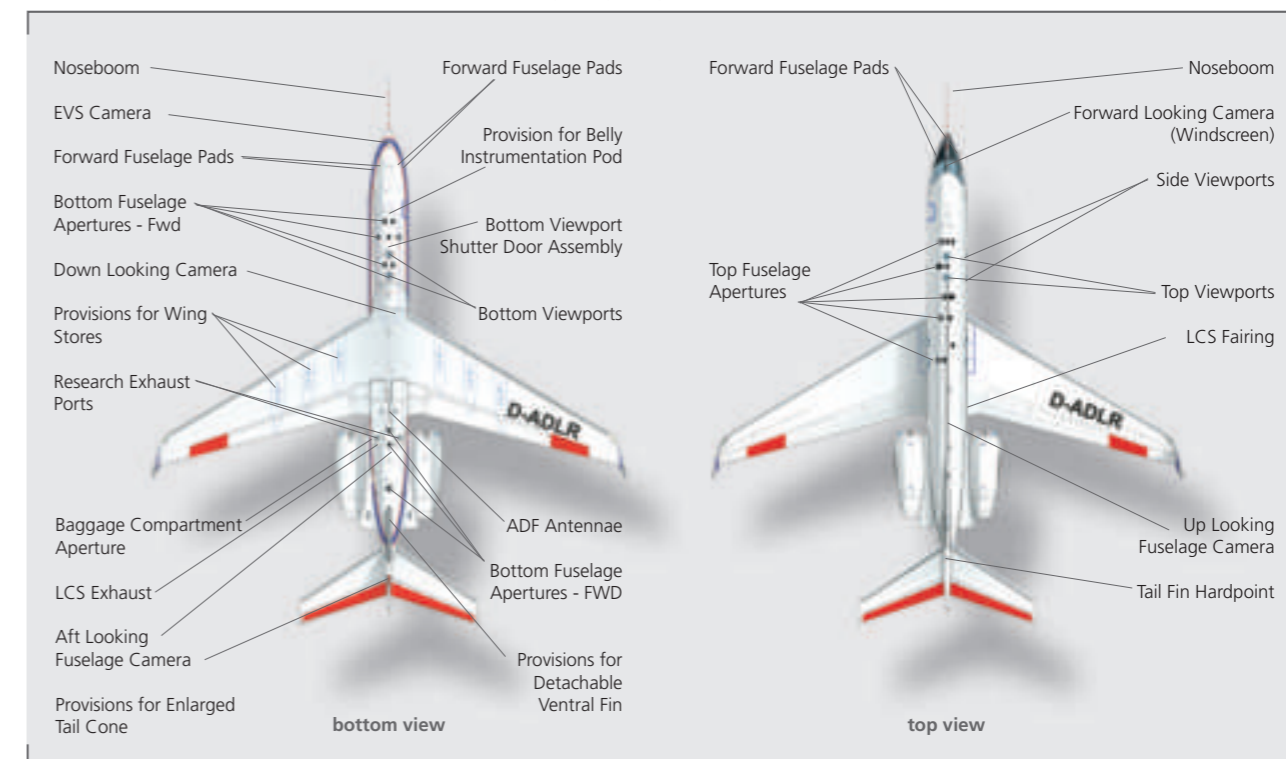
Atmosphärenforschung mit Flugzeugen

Die Atmosphärenforschung hat in Deutschland eine lange Tradition und umfasst viele Disziplinen, die von Laboruntersuchungen über Langzeitbeobachtungen an Bodenstationen und intensiven Feldexperimenten bis zur Auswertung von Satellitendaten und dem Einsatz von aufwändigen Rechenmodellen reichen. Diese verschiedenen Ansätze sind eng miteinander verzahnt und voneinander abhängig.

Forschungsflugzeuge sind für die Klima- und Umweltforschung unverzichtbar. Das Flugzeug als Beobachtungsplattform schließt die Lücke zwischen erdgebundenen Beobachtungsstationen und Satelliten. Es hat den Vorteil, sich frei in der Atmosphäre bewegen und damit Instrumente für gezieltere Untersuchungen genau an den gewünschten Einsatzort bringen zu können. Im Vergleich zum Satelliten haben Flugzeugmessungen eine bessere räumliche Auflösung und den Vorteil, auch sehr komplizierte Instrumente tragen zu können. Flugzeuge dienen auch als Test- und Entwicklungsplattform für Satelliteninstrumente und zur Validierung erd- und weltraumbundener Systeme.

Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt betreibt seit über 30 Jahren Forschungsflugzeuge, unter anderem einen Jet des Typs Falcon 20-E, der seit 1976 sehr erfolgreich eingesetzt wird. Das DLR verfügt damit über sehr umfangreiche Erfahrungen bei der Planung und Durchführung von Flugmesskampagnen.

Modifikationen – vom Business-Jet zum Forschungsflugzeug



Das Projekt HALO

Die Notwendigkeit eines hochfliegenden Forschungsflugzeuges mit großer Reichweite war schon in den 80er-Jahren festgestellt worden. Bisher stehen für Experimente in großen Höhen nur einige wenige Flugzeuge in Europa zur Verfügung, allen voran die Falcon 20-E des DLR.

Eine weitere Plattform stellt das russische Flugzeug „Geophysica“ dar. Da in diesem Flugzeug kein Wissenschaftler mitfliegen kann, können allerdings nur automatisch arbeitende Instrumente eingesetzt werden.

Im Jahr 2000 trafen sich Vertreter wichtiger deutscher Forschungseinrichtungen

aus dem Bereich der Atmosphären- und Klimaforschung, um ein Konzept für die zukünftige Atmosphärenforschung mit Flugzeugen zu entwickeln. Ergebnis war ein einheitliches Votum für ein hoch fliegendes Flugzeug mit großer Reichweite. Im Jahr 2001 stellten die Max-Planck-Gesellschaft und das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt stellvertretend für über 30 Forschungsinstitute in Deutschland einen Antrag für ein solches Flugzeug an das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF). In der anschließenden Begutachtung des Projektes durch den von Bund und Ländern eingesetzten Wissenschaftsrat wurde HALO als uneingeschränkt förderungswürdig eingestuft. Im Herbst 2004 vereinbarten Vertreter des BMBF, der Helmholtz-Gemeinschaft,

der Max-Planck-Gesellschaft, der Forschungszentren Jülich und Karlsruhe, des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt und des Freistaates Bayern eine gemeinsame Finanzierung für den Bau des Forschungsflugzeuges HALO. Dadurch wurde der Weg frei gemacht für die Verwirklichung von HALO. Im Februar 2005 unterzeichneten das DLR und die Gulfstream Aerospace Cooperation den Vertrag über den Bau des Forschungsflugzeuges HALO.





Das neue Forschungsflugzeug HALO basiert auf dem modernsten Jet G550 der Firma Gulfstream Aerospace

Das Konzept HALO

Als Basisflugzeug für HALO wurde der Ultra-Long Range Business Jet G 550 der Firma Gulfstream Aerospace ausgewählt. Mit seiner Reichweite von weit mehr als 8.000 km können alle Regionen von den Polen bis zu den Tropen und den abgelegenen Gebieten des Pazifiks erreicht werden. Die maximale Flughöhe von über 15 km ermöglicht auch Messungen in der unteren Stratosphäre, außerhalb der Tropen. HALO wird mehr als doppelt so viele Instrumente an Bord nehmen können wie das Forschungsflugzeug Falcon 20-E und somit eine wesentlich umfassendere Beschreibung komplexer atmosphärischer Prozesse erlauben. Insgesamt beträgt die Nutzlast etwa 3.000 kg.

Aber erst aufwändige Umbauarbeiten, die zum Teil bei der Firma RUAG Aerospace in Oberpfaffenhofen durchgeführt werden, verwandeln das kommerzielle Geschäftsreiseflugzeug in ein hochleistungsfähiges Forschungsflugzeug: Die Tragflächen werden verstärkt und an ihrer Unterseite mit Haltepunkten versehen, an denen später Sonden befestigt werden können. Unter dem Rumpf werden Befestigungspunkte für einen großen Unterrumpfbehälter und ein Wolkenradar angebracht. Der Rumpf wird mit zahlreichen Öffnungen für Luftein- und -auslässe versehen. Vier 50 cm durchmessende Fenster im Boden und in der Decke des Rumpfes erlauben den Einsatz von Fernerkundungsmessgeräten von der Kabine aus. Eine spezielle Stromversorgung erlaubt den Betrieb von Geräten innerhalb und außerhalb der Kabine. Eine Datenerfassungsanlage und integrierte Basissensoren tragen dazu bei, HALO zu einer flexiblen Forschungsplattform zu machen.

Das Flugzeug soll vom Betreiber der größten zivilen Forschungsflugzeugflotte in Europa, der Flugabteilung des DLR in Oberpfaffenhofen betrieben werden. Für den Forschungsflugbetrieb soll ein festes Kontingent an Flugstunden finanziert und per Antragsverfahren jedes Jahr neu verteilt werden. Ein wissenschaftlicher Lenkungsausschuss wird auf Grund wissenschaftlicher Kriterien über die Verteilung der Nutzungszeiten auf HALO entscheiden.

Das Basisflugzeug für HALO, das sogenannte „Green Aircraft“ wurde bereits im November 2005 fertig gestellt. Aufwändige Modifikationen und Tests erfordern jedoch weitere drei Jahre, bevor das Flugzeug im Herbst 2008 an das DLR übergeben werden kann. Nach Einbau, Test und Zulassung der Basis-sensorik, der Datenerfassung und weiterer spezieller Infrastruktur (Racks, Einlässe, Unterflügelbehälter) für den späteren Nutzer wird HALO ab Mitte 2009 für den wissenschaftlichen Einsatz zur Verfügung stehen.

Die Atmosphärenforschung und Erdbeobachtung

Auf Grund seiner herausragenden Eigenschaften, des neuen Betriebskonzeptes und der breiten Nutzergemeinschaft eröffnet HALO neue Dimensionen in der Umwelt- und Klimaforschung mit Flugzeugen in Deutschland und Europa. HALO wird aber auch für die Erdbeobachtung neue Möglichkeiten erschließen:

- HALO ermöglicht durch seine Leistungsfähigkeit und Ausstattung neuartige Experimente und größere Nutzlasten.
- Das neue Betriebsmodell fördert insbesondere die Beteiligung der Hochschulen an der Atmosphärenforschung mit Flugzeugen.
- HALO ist eingebettet in die europäische Forschungslandschaft und vervollständigt die europäische Kompetenz auf diesem Gebiet.
- HALO wird europaweit über entsprechende Forschungsprogramme zur Verfügung stehen.
- Die großen Reichweiten machen HALO zu einem globalen Werkzeug. Dadurch trägt HALO zu einer engeren internationalen Zusammenarbeit im weltweiten Netzwerk mit vergleichbaren Projekten bei.
- HALO baut die deutsche Spitzenposition in der Atmosphärenforschung und Erdbeobachtung aus.

Durch seine wesentlich größere Nutzlast als die der Falcon kann HALO eine größere Anzahl von Instrumenten beherbergen. Der erweiterte Umfang an Modifikationen bei HALO und der große Einsatzbereich werden die Entwicklung einer neuen Messgerätegengeneration anstoßen. Neben einem höheren Automationsgrad werden neue Messgrößen und höhere Genauigkeiten ermöglicht. Bereits jetzt liegen mehr als 100 Instrument-Vorschläge für den Einsatz auf HALO vor.

Diese beinhalten unter anderem:

In-situ-Detektoren für den Nachweis von Spurengasen und Partikeln, Fernerkundungsmessgeräte wie LIDAR und Infrarot-Spektrometer sowie Instrumente für die Untersuchung geophysikalischer Parameter.

Forschungsschwerpunkte

Deutsche Umwelt- und Klimaforscher haben mittlerweile zahlreiche Missionsvorschläge erarbeitet, die nur mit HALO realisiert werden können. Die konkreten Planungen für die ersten Demonstrationen mit HALO, die bereits in 2009 durchgeführt werden sollen, haben begonnen. Einige Forschungsschwerpunkte aus diesen Vorschlägen stellen wir auf den folgenden Seiten kurz vor.

Klimaveränderung und extreme Wetterereignisse

In einem sich verändernden Klima, verbunden mit der zunehmenden Konzentration von Treibhausgasen, nimmt der Niederschlag in vielen Regionen zu. Denn von einer wärmeren Erdoberfläche verdunstet mehr Wasser. In Verbindung mit einem veränderten vertikalen Temperaturprofil nimmt die Niederschlagsrate in Gewittern und großskaligen Wettersystemen zu. Das führt zu verstärkter Aufwärtsbewegung von Luftmassen (Konvektion) bis zu den höchsten Schichten der Troposphäre. Diese intensive Aufwärtsbewegung muss durch die Abwärtsbewegung in anderen Bereichen kompensiert werden, die dadurch trockener werden. HALO-Messungen werden den gesamten Höhenbereich umfassen, der durch hochreichende Konvektion beeinflusst ist. Der Feuchtigkeitstransport und die Niederschlagsbildung werden dabei detailliert untersucht.

Aerosole, Wolken und Wasserkreislauf

Fein verteilte, mikroskopisch kleine Partikel in der Luft – Aerosole – beeinflussen nicht nur die Luftqualität, sondern verringern auch den Anteil des Sonnenlichtes, der die Erdoberfläche erreicht. Dadurch wird die Luft am Boden weniger warm.

Darüber hinaus ändern sie die Strahlungseigenschaften und die Lebensdauer von Wolken. Diese mikrophysikalischen Wechselwirkungen zwischen Aerosolen und Wolken sowie ihr Einfluss auf den atmosphärischen Energiehaushalt und den Wasserkreislauf können nur durch Messungen in der Atmosphäre genau bestimmt werden. Dies kann durch vergleichende Messungen in verschiedenen Regionen der Atmosphäre erreicht werden: relativ saubere maritime Regionen, die Atmosphäre über dem Regenwald oder durch Industrie oder Waldbrände verschmutzte Luftmassen.

Selbstreinigungskapazität der Atmosphäre

Die Lebensdauer von Schadstoffen und verschiedenen Treibhausgasen in der Atmosphäre wird durch Oxidationsprozesse kontrolliert, die durch Hydroxyl-Radikale initiiert werden. Diese Radikale begrenzen den Konzentrationszuwachs vieler Gase, indem diese aus der Atmosphäre entfernt werden, bevor sie toxische Konzentrationen erreichen oder in die Stratosphäre gelangen, wo sie zum Ozonabbau beitragen. Es wird von besonderem Interesse sein, die stark steigenden Schadstoff-Emissionen in den Hauptquellregionen Europa, Nordamerika und Asien zu vermessen und ihre Wirkung auf die atmosphärische Oxidationsfähigkeit zu bestimmen. Mit HALO werden viele der relevanten Spurengase, einschließlich der Radikale, gleichzeitig gemessen. Dies ist zum Verständnis der luftchemischen Prozesse und zur Überprüfung der vorhandenen Atmosphärenmodelle notwendig.

Tropopausenchemie und Dynamik

Der Übergangsbereich zwischen Troposphäre und Stratosphäre bis zu einer Höhe von 16 km ist messtechnisch schwierig zu erschließen. Diese Region beeinflusst jedoch ganz wesentlich den atmosphärischen Energiehaushalt, die Oxidationsfähigkeit und den Vertikaltransport von Impuls und Spurengasen. Darüber hinaus ist der Einfluss von Eiswolken in großen Höhen (Zirren) auf Klimastörungen von enormer Bedeutung. Der Klimaeffekt kann dadurch verstärkt oder abgeschwächt werden. Die schnell wachsende Flotte kommerzieller Flugzeuge, die in diesen Höhen fliegen, beeinflusst zusätzlich die Zirren durch Kondensstreifen und Aerosole mit bis jetzt unbekanntem Konsequenzen. Mit HALO werden die Messungen durchgeführt, die nötig sind, um diese kritischen Faktoren zu quantifizieren.



DLR-Forschungsflugzeug FALCON im Messflug mit einem Airbus A320



Das DLR im Überblick

Das DLR ist das nationale Forschungszentrum der Bundesrepublik Deutschland für Luft- und Raumfahrt. Seine umfangreichen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten sind in nationale und internationale Kooperationen eingebunden. Über die eigene Forschung hinaus ist das DLR als Raumfahrtagentur im Auftrag der Bundesregierung für die Planung und Umsetzung der deutschen Raumfahrtaktivitäten sowie für die internationale Interessenswahrnehmung zuständig.

In 31 Instituten und Einrichtungen an den acht Standorten Köln-Porz, Berlin-Adlershof, Bonn-Oberkassel, Braunschweig, Göttingen, Lampoldshausen, Oberpfaffenhofen und Stuttgart beschäftigt das DLR ca. 5.100 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter.

Das DLR unterhält Außenbüros in Brüssel, Paris und Washington D.C.

Die Mission des DLR umfasst die Erforschung von Erde und Universum, Forschung für den Erhalt der Umwelt und umweltverträgliche Technologien zur Steigerung der Mobilität sowie für Kommunikation und Sicherheit. Das Forschungsportfolio des DLR reicht von der Grundlagenforschung bis zu innovativen Anwendungen und Produkten von morgen. So trägt das im DLR gewonnene wissenschaftliche und technische Know-how zur Stärkung des Industrie- und Technologiestandortes Deutschland bei. Das DLR betreibt Großforschungsanlagen für eigene Projekte sowie als Dienstleistung für Kunden und Partner. Darüber hinaus fördert das DLR den wissenschaftlichen Nachwuchs, betreibt kompetente Politikberatung und ist eine treibende Kraft in den Regionen seiner Standorte.



DLR

**Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.**

in der Helmholtz-Gemeinschaft

**Flugbetriebe und Institut für
Physik der Atmosphäre**

Dr. Helmut Ziereis
HALO-Projektleiter

Telefon: 08153 28-2542
Telefax: 08153 28-1841

E-Mail: helmut.ziereis@dlr.de

Oberpfaffenhofen
82234 Weßling

www.HALO.DLR.de