



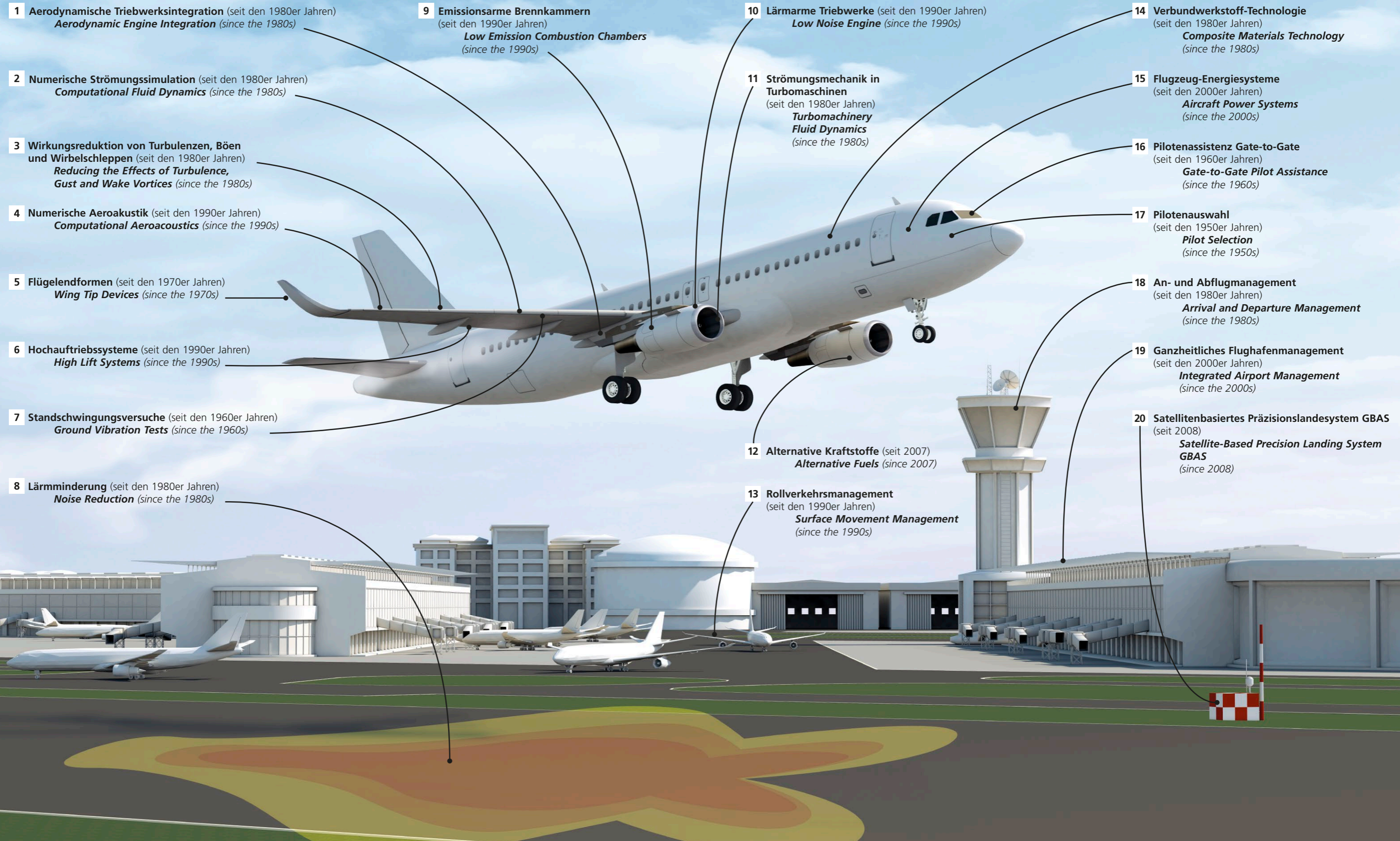
# DLR-Beiträge zur Luftfahrt von heute

## *DLR Contributions to Present Aviation*



# DLR-Beiträge zur Luftfahrt von heute

# DLR Contributions to Present Aviation



**1. Aerodynamische Triebwerksintegration** (seit den 1980er Jahren)

Das DLR untersucht aerodynamische Interferenzphänomene von klassischen Mantelstromtriebwerken bis zu hoch-effizienten Ultra-Hochbypass-Triebwerken. Dabei werden neben großskaligen Windkanalversuchen mit druckluftgetriebenen Triebwerksimulatoren am Flugzeugmodell auch numerische Verfahren eingesetzt. Die Expertise im Bereich instationärer Effekte ermöglicht die Beurteilung neuer Triebwerkstechnologien und deren Integration in das Flugzeug.

**2. Numerische Strömungssimulation** (seit den 1980er Jahren)

Das DLR entwickelt physikalische Modelle und numerische Verfahren zur Vorhersage des aerodynamischen Verhaltens von Flugzeugen. Die numerische Strömungssimulation ist zu einer Schlüsseltechnologie für wissenschaftliche Fragestellungen und den industriellen Produktentwurf geworden. Die Simulationsverfahren werden routinemäßig in der europäischen Luftfahrtindustrie eingesetzt. Als zentraler Bestandteil einer virtuellen Produktumgebung reduzieren numerische Simulationswerkzeuge den Aufwand für Entwurf und Erprobung neuer Fluggeräte signifikant.

**3. Wirkungsreduktion von Turbulenzen, Böen und Wirbelschleppen** (seit den 1980er Jahren)

Um die Wirkung atmosphärischer Störungen auf Flugzeuge zu reduzieren, erforscht das DLR aktive Steuerungsmaßnahmen. In den beiden letzten Dekaden stand dabei die Wirbelschleppenforschung im Vordergrund. Der Schwerpunkt lag auf den Themen sichere Staffelung und automatische Steuereingriffe zur Pilotenunterstützung. Das hierzu vorhandene Wissen macht das DLR zu einem wichtigen Partner der Industrie und internationaler Gremien, vor allem in Bezug auf Großflugzeuge wie den A380.

**4. Numerische Aeroakustik** (seit den 1990er Jahren)

Seit den späten Neunzigerjahren entwickelt das DLR Computational Aeroacoustic Codes zur numerischen Simulation aerodynamisch bedingten Schalls. Fortgeschrittene Turbulenzmodelle wurden hierbei generiert, um Quellen und Lärmsausbreitungseffekte so effizient zu beschreiben, dass die Schallerzeugung in realitätsnahen Strömungen behandelt werden kann, wie zum Beispiel der Strahl-Klappen-Interferenzlärm.

**5. Flügelendformen** (seit den 1970er Jahren)

Seit Mitte der Siebzigerjahre analysiert und optimiert das DLR kontinuierlich Flügelendformen zur aerodynamischen Leistungssteigerung mit minimalem Struktureinfluss. In Zusammenarbeit mit Airbus kommen ausgefeilte numerische Entwurfswerkzeuge zum Einsatz. Prominente Entwicklungsbeispiele sind das gemeinsam mit Airbus patentierte A320- Sharklet und die Flügelendform des A350, bei dem das DLR am Design beteiligt war.

**6. Hochauftriebssysteme** (seit den 1990er Jahren)

Das DLR hat mit der Entwicklung von mathematischen Modellen die Möglichkeit geschaffen, Verkehrsflugzeuge mit ausgeschlagenen Hochauftriebshilfen vollständig zu berechnen. Zur Validierung wurden großskalige Windkanal- und Flugversuche durchgeführt. Zudem wurden Hochauftriebshilfen für Flügel mit turbulenter und laminarer Auslegung entworfen und optimiert. Derzeit wird die rein aerodynamische Optimierung um kinematische Aspekte ergänzt.

**7. Standschwingungsversuche** (seit den 1960er Jahren)

Seit fünf Jahrzehnten arbeitet das DLR an Techniken für Bodentests zur Bestimmung kritischer Eigenschwingungen, sogenannte Standschwingungsversuche, und wendet sie an. Dabei verfolgen die Wissenschaftler das Ziel, die Versuchsdauer zu reduzieren und somit Prototypen schneller verfügbar zu machen. So konnte beispielsweise die Dauer des Standschwingungsversuchs vor dem Erstflug der A350 XWB auf weniger als die Hälfte reduziert werden.

**8. Lärminderung** (seit den 1980er Jahren)

Seit über drei Jahrzehnten befasst sich das DLR mit Lärminderungsmaßnahmen. Diese beziehen sich zum einen auf die Quelle des Lärms und zum anderen auf das Design und die Auslegung spezifischer lärmarer An- und Abflugverfahren und auf die Aufteilung und den Zuschnitt des Luftraums. Das ermöglicht kontinuierliche Sinkflüge (CDOs) auch in Zeiten hoher Verkehrsichten. Viele aktuelle Lärminderungsmaßnahmen basieren auf der Forschung des DLR, beispielsweise die Einführung des 3,2°-Anfluges in Frankfurt.

**9. Emissionsarme Brennkammern** (seit den 1990er Jahren)

Technologien zur Stickoxid- und Rußreduktion untersucht das DLR seit 1990. Weitere Fortschritte auf dem Gebiet der Stickoxidreduktion werden künftig nur noch mit Magerverbrennung möglich sein. Hierzu wurden vom DLR Prüfstände, Messtechniken und numerische Simulationswerkzeuge entwickelt.

**10. Lärmarme Triebwerke** (seit den 1990er Jahren)

Seit den Neunzigerjahren forscht das DLR an der Schallreduktion von modernen Luftfahrtantrieben. Die Forscher analysieren und verändern gezielt die Mechanismen der Schallentstehung. Mit Hilfe von Mikrofonarrays werden die dominanten Schallquellen untersucht, um so das Triebwerkdesign entsprechend verbessern zu können.

**11. Strömungsmechanik in Turbomaschinen** (seit den 1980er Jahren)

Zur Beurteilung der Aerodynamik, Aeroelastik, Aeroakustik und Aerothermodynamik von Turbomaschinen wurde der DLR-eigene CFD-Code TRACE entwickelt. Die Validierung erfolgte mittels experimenteller Arbeiten auf Komponenten-Ebene und auf Full-Scale-Ebene. Der Code wird weltweit für das Design von Flugzeugtriebwerken und Gasturbinen eingesetzt, wie beispielsweise bei der Entwicklung des Getriebefans. Damit trägt er zu einer Reduzierung des Treibstoffverbrauchs und der Kohlendioxid-Emissionen bei.

**12. Alternative Kraftstoffe** (seit 2007)

Alternative Treibstoffe haben das Potenzial, klimaschädliche Emissionen deutlich zu reduzieren und die Abhängigkeiten von Importen zu verringern. Am DLR werden von Grundlagenversuchen bis hin zu Flugversuchen unterschiedlichste alternative Treibstoffe und deren Auswirkungen auf die Umwelt untersucht und in detaillierten Modellen abgebildet. Das hier gewonnene Wissen findet seinen Nutzen in der Auslegung treibstoffflexibler, schadstoffarmer Brennkammern sowie in der Entwicklung von Strategien zur Gestaltung eines umweltfreundlichen Luftverkehrssystems.

**13. Rollverkehrsmanagement** (seit den 1990er Jahren)

Moderne Rollführungskonzepte (A-SMGCS: Advanced Surface Movement Guidance and Control System) stellen für die Towerlotsen Informationen zur Verkehrslage am Flughafen bereit und unterstützen sie bei der Rollplanung und Rollführung von und zu den Start- und Landebahnen. Aus dem DLR kommen hierzu seit den Neunzigerjahren wesentliche Innovationen bei der Entwicklung, Validierung und ICAO-Standardisierung.

**14. Verbundwerkstoff-Technologie** (seit den 1980er Jahren)

Für große CFK-Bauteile wurde das Vakuum-Harzfiltrationsverfahren (VARI) entwickelt, das heute zum Stand der Technik gehört. Gemeinsam mit Industriepartnern entwirft das DLR Simulationswerkzeuge und darauf aufbauend Strukturkonzepte. Diese gewährleisten eine maximale Energieaufnahme bei gleichzeitiger Sicherstellung der strukturellen Integrität unter Crash- und High-Velocity-Impact-Lasten. Seit 2009 baut das DLR seine Kompetenzen im Bereich der automatisierten Produktionstechnologie für CFK-Strukturen aus. Das Ziel: Optimierung der Qualität und der Wirtschaftlichkeit von CFK-Luftfahrtstrukturen.

**15. Flugzeug-Energiesysteme** (seit den 2000er Jahren)

Flugzeug-Energiesysteme umfassen die Versorgung aller Bordsysteme (Aktuatorik, Klimasystem usw.) mit der notwendigen elektrischen, pneumatischen oder hydraulischen Energie. Der Trend geht zum verstärkten Einsatz elektrischer Energie („More Electric Aircraft“). So sollen der Treibstoffverbrauch und der Emissionsausstoß signifikant sinken. Das DLR entwickelt Model-lierungs- und Simulationstools für die Auslegung des Energiesystems sowie Algorithmen zum optimalen Energiemanagement.

**16. Pilotenassistenz Gate-to-Gate** (seit den 1960er Jahren)

Die Forschungsaktivitäten zur Pilotenassistenz umfassen seit den Sechzigerjahren sowohl das ganzheitliche Design eines Gate-to-Gate-Systems als auch spezielle Systeme. Das erweiterte Flugmanagementsystem (Advanced FMS) ermöglicht eine optimale Flugplanung und Durchführung unter Berücksichtigung von Wind, Wetter und Klimawirkung. Erweiterte und synthetische Sichtsysteme (Advanced-and-Synthetic-Vision Systems) helfen beim An- und Abflug unter schlechten Sichtbedingungen. Energiemanagement-Systeme generieren lärmarme Anflugverfahren und Rollführungssysteme unterstützen bei der Navigation am Flughafen.

**17. Pilotenauswahl** (seit den 1950er Jahren)

Seit 1955 wählt das DLR Piloten und Fluglotsen für verschiedene Airlines und Organisationen aus. Aufgrund des hohen Aufwands der mehrjährigen Ausbildung stellt dieser berufsspezifische Eingangstest des DLR ein wichtiges Element bei der Bewerberauswahl dar. Die Daten von Leistungstests von über 200.000 Bewerbern bieten eine einzigartige Basis für wissenschaftliche Forschung.

**18. An- und Abflugmanagement** (seit den 1980er Jahren)

Die aktuellen Unterstützungswerkzeuge für Lotsen, wie An- und Abflugmanager, basieren auf DLR-Forschungsergebnissen. Solche Werkzeuge unterstützen die Lotsen bei der Optimierung der An- oder Abflugsequenzen und reduzieren damit die Arbeitsbelastung sowie Verspätungen. Der neueste Anflugmanager verbessert die Kommunikation zwischen Lotse und Pilot mittels Spracherkennung.

**20. Satellitenbasiertes Präzisionslandesystem GBAS** (seit 2008)

Seit 2008 betreibt das DLR eine Bodenstation mit satellitenbasiertem Präzisionslandesystem (GBAS). Mit ihr unterstützt es die Validierung des GBAS-Systems. Auch die Forschung im Bereich neuartiger und emissionsarmer Anflugverfahren profitiert davon. Weiterhin wurde mit Unterstützung des DLR weltweit zum ersten Mal eine Airline für operationelle GBAS-Anflüge zugelassen.

**1. Aerodynamic Engine Integration** (since the 1980s)

DLR has been investigating the aerodynamic interference effects of turbofan engine concepts ranging from classical turbofans to highly efficient, ultra-high bypass ratio engines. In addition to large-scale wind tunnel tests with compressed air driven engine simulators on the aircraft model, numerical methods are also used. Expertise in the field of unsteady effects enables the assessment of new engine technologies and their integration into the aircraft.

**2. Computational Fluid Dynamics** (since the 1980s)

DLR develops physical models and numerical methods for predicting the aerodynamic behaviour of aircraft. Computational fluid dynamics has become a key technology for scientific research and industrial product design. These simulation methods are routinely used in the European aviation industry. As a central part of a virtual production environment, numerical simulation tools significantly reduce the effort for design and testing of new aircraft.

**4. Computational Aeroacoustics** (since the 1990s)

Since the late 1990s, DLR has been developing computational aeroacoustics software for the numerical simulation of aerodynamically induced noise. Advanced turbulence models have been generated to describe sources and noise propagation effects so efficiently that sound generation can be examined in realistic airflows, for example jet flap interference noise.

**5. Wing Tip Devices** (since the 1970s)

Since the mid-1970s, DLR has been continuously investigating wing-tip devices to achieve increased performance and minimal structural impact. In cooperation with Airbus, sophisticated numerical design tools are used. Prominent examples are the A320 sharklets, patented jointly with Airbus, and the wing tip profile of the A350, for which DLR was involved in the design.

**6. High Lift Systems** (since the 1990s)

With the development of mathematical models, DLR has enabled the computational analysis of aircraft high lift devices. Large-scale wind tunnel tests and high-lift flight tests were conducted for validation. In addition, design and optimisation of high-performance high lift devices for both turbulent and laminar flow wings have been conducted. Currently, the purely aerodynamic optimisation is being supplemented to take kinematic effects into account.

**7. Ground Vibration Tests** (since the 1960s)

For five decades, DLR has been working on techniques to determine critical natural oscillations using ground vibration tests and applying them. The researchers aim to reduce the test time and thus make the prototype available quickly. For example, the duration of the ground vibration tests before the first flight of the A350 XWB was reduced by more than half.

3. Reducing the Effects of Turbulence, Gust and Wake Vortices

(since the 1980s)

To reduce the effect of atmospheric disturbances on aircraft, DLR conducts research into active control measures. During the last few decades, wake vortex research has become paramount. The focus has been on the issues of safe separation and automatic control interventions for pilot support. DLR’s expertise makes it an important partner for industry and international institutions, particularly with respect to large aircraft such as the A380.

**8. Noise Reduction** (since the 1980s)

DLR has been contributing to aircraft noise reduction measures for more than three decades. These relate to the source of the noise, the development of specific low-noise approach and departure procedures, and allocation and division of the airspace. This allows Continuous Descent Operations (CDOs) in time of high traffic density. Many current noise abatement measures are based on DLR research – for example, the introduction of the 3.2-degree glide slope at Frankfurt airport.

**9. Low Emission Combustion Chambers** (since the 1990s)

Technologies for NOx and soot reduction have been investigated at DLR since 1990. Further progress in reducing emissions of nitrogen oxides will only be possible with lean-burn combustion. For this purpose, test stands, measurement techniques and numerical simulation tools have been developed by DLR.

**10. Low Noise Engines** (since the 1990s)

Since the 1990s, DLR has been carrying out research on noise reduction in modern aircraft engines. The researchers analyse and selectively alter the mechanisms of sound generation. Using microphone arrays, the dominant sound sources are examined in order to improve the engine design.

**11. Turbomachinery Fluid Dynamics** (since the 1980s)

To assess the aerodynamics, aeroelasticity, aeroacoustics and aerothermodynamics of turbomachinery, DLR developed its own CFD code, TRACE. The validation was carried out by experimental work at component level up to full-scale. The code is used worldwide for the design of aircraft engines and gas turbines, such as in the development of the geared turbofan. Thus, it contributes to a reduction in fuel consumption and carbon dioxide emissions.

**12. Alternative Fuels** (since 2007)

Alternative aviation fuels have the potential to reduce climate-changing emissions and reduce dependence on imports. At DLR, various alternative fuels and their effects on the environment are assessed using techniques that range from laboratory experiments up to in-flight tests; the results are incorporated into detailed models. The acquired knowledge is used to design fuel-flexible, low-emission combustion chambers and develop strategies for the development of an environment-friendly air transport system.

**13. Surface Movement Management** (since the 1990s)

Modern ground traffic guidance concepts (A-SMGCS; Advanced Surface Movement Guidance and Control Systems) provide the tower controller with information on the traffic situation at the airport and assist in the planning and guidance of movements to and from the runways. Since the 1990s, DLR has made significant innovations in development, validation and ICAO standardisation.

**14. Composite Materials Technology** (since the 1980s)

The Vacuum Assisted Resin Infiltration (VARI) process, which is now state-of-the-art, was developed for large CFRP components. Together with its industrial partners, DLR designs simulation tools and, based on the results obtained with these, structural concepts. These provide maximum energy absorption, while ensuring structural integrity under crash or high velocity impact loads. Since 2009, DLR has extended its expertise in the area of automated production technology for CFRP structures with the goal of optimising the quality and cost-effectiveness of CFRP aircraft structures.

**15. Aircraft Power Systems** (since the 2000s)

Aircraft power systems include the supply of all onboard systems (actuators and air conditioning system, etc.) with electric, pneumatic or hydraulic energy. The trend is the increased use of electrical energy (“More Electric Aircraft“) so that fuel consumption and emission levels drop significantly. DLR develops modelling and simulation tools for the design of power systems and develops algorithms for optimal power management.

**16. Gate-to-Gate Pilot Assistance** (since the 1960s)

The research activities for pilot assistance conducted since the 1960s include both the integrated design of gate-to-gate systems and specialised systems. The Advanced Flight Management System (FMS Advanced) enables optimal flight planning and implementation taking into account wind, weather and climate impact. Enhanced and synthetic vision systems assist during departure and approach in poor visibility conditions. Energy management systems generate low noise approach procedures and ground traffic guidance systems assist with ground navigation at the airport.

**17. Pilot Selection** (since the 1990s)

Since 1955, DLR has selected pilot and air traffic controllers for various airlines and organisations. Due to the high cost of the multi-year training programmes, the occupationally specific entry test by DLR is an important element in the selection of candidates. Data from the performance tests of over 200,000 applicants provide a unique basis for scientific research.

**18. Arrival and Departure Management** (since the 1980s)

The latest support tools for pilots – such as Arrival and Departure Management Systems – are based on DLR research results. These tools support the controllers in optimising arrival or departure sequences, hence reducing their workload and delays. The latest Arrival Manager improves communication between controllers and pilots by means of speech recognition.

**19. Integrated Airport Management** (since the 2000s)

The concept of Total Airport Management (TAM) was developed by DLR, extending the scope of its dedicated Airport Collaborative Decision Making (A-CDM). This led to a major paradigm shift in the operational processes. Through the integrated management of processes in the air and on the ground, capacity can be better utilised. In the SESAR 2020 research programme, work is performed on further improvements to develop processes that are even more automated and have greater complexity.

**20. Satellite-Based Precision Landing System GBAS** (since 2008)

DLR has been operating a ground station for a satellite-based precision landing system (GBAS) since 2008. Using this station, DLR is able to support the validation of GBAS. Research regarding novel and low-emission approach procedures has benefited from this. For the first time in the world, an airline obtained approval to conduct GBAS approaches with support from DLR.

## Das 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 16 Standorten Köln (Sitz des Vorstands), Augsburg, Berlin, Bonn, Braunschweig, Bremen, Göttingen, Hamburg, Jülich, Lampoldshausen, Neustrelitz, Oberpfaffenhofen, Stade, Stuttgart, Trauen und Weilheim beschäftigt das DLR circa 8.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Das DLR unterhält Büros in Brüssel, Paris, Tokio und Washington D.C.

## *DLR at a Glance*

*DLR is the national aeronautics and space research centre of the Federal Republic of Germany. Its extensive research and development work in aeronautics, space, energy, transport and security is integrated into national and international cooperative ventures. In addition to its own research, as Germany's space agency, DLR has been given responsibility by the federal government for the planning and implementation of the German space programme. DLR is also the umbrella organisation for the nation's largest project management agency.*

*DLR has approximately 8000 employees at 16 locations in Germany: Cologne (headquarters), Augsburg, Berlin, Bonn, Braunschweig, Bremen, Goettingen, Hamburg, Juelich, Lampoldshausen, Neustrelitz, Oberpfaffenhofen, Stade, Stuttgart, Trauen, and Weilheim. DLR also has offices in Brussels, Paris, Tokyo and Washington D.C.*



DLR

**Deutsches Zentrum  
für Luft- und Raumfahrt**  
German Aerospace Center

**Der Vorstand  
Executive Board**

Linder Höhe  
51147 Cologne  
Germany

DLR.de