

## 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 großkaligen 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 internationalen 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. Fortgeschrittenen Turbulenzmodelle wurden hierbei generiert, um Quellen und Lärmbreitungseffekte so effizient zu beschreiben, dass die Schallerezeugung in realitätsnahen Strömungen behandelt werden kann, wie zum Beispiel der Strahl-Klappen-Interferenzlär.

## 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 Entwicklungsverzeuge 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 großkalige Windkanal- und Flugversuche durchgeführt. Zudem wurden Hochauftriebshilfen für Flügel mit turbulenten und laminarer Auslegung entworfen und optimiert. Derzeit wird die rein aerodynamische Optimierung um kinematische Aspekte ergänzt.

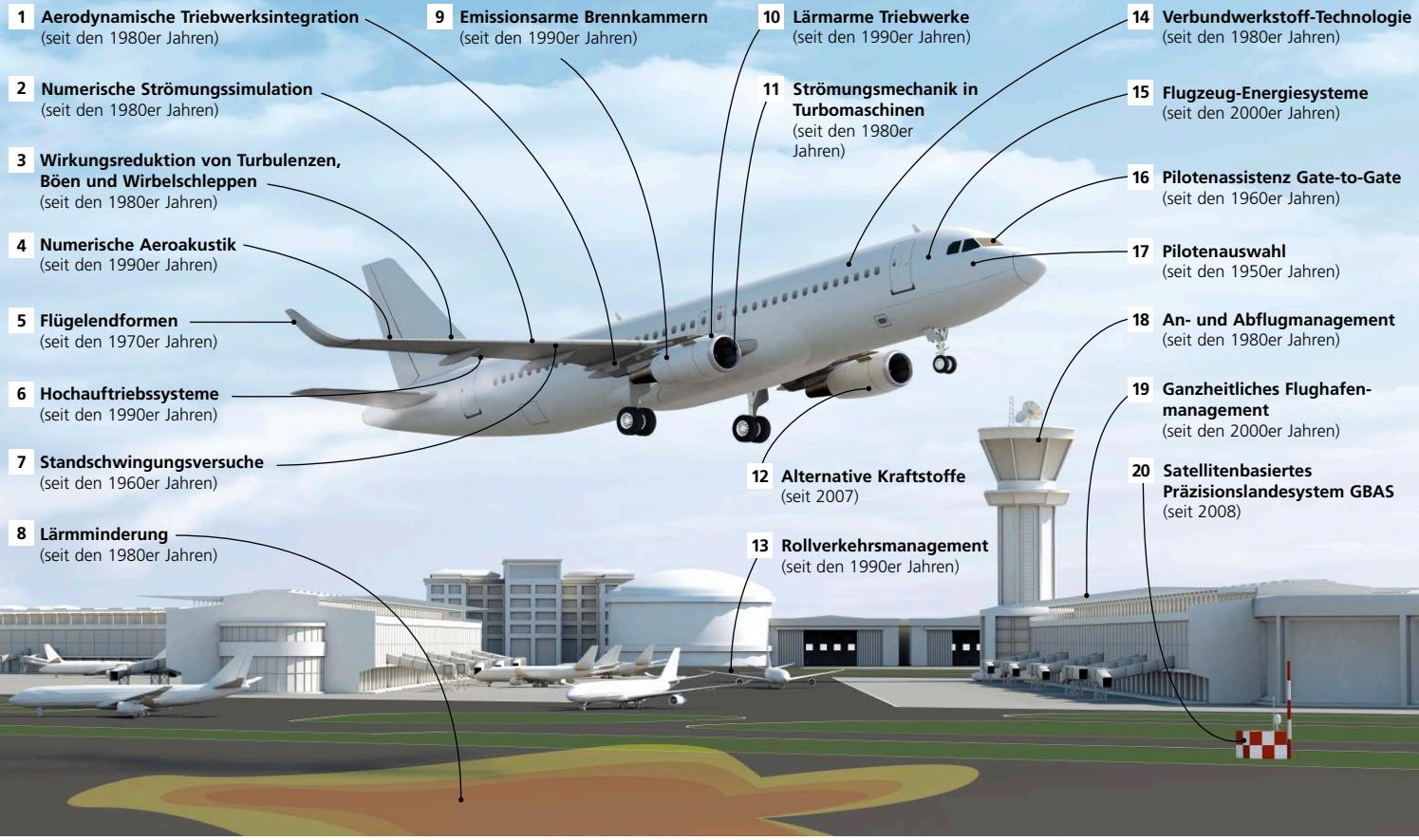
## 7. Standschwingungsversuche (seit den 1960er Jahren)

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.

## 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.

# DLR-Beiträge zur Luftfahrt von heute



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

Zur Beurteilung der Aerodynamik, Aeroelastik und Aeroakustik 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 Rollfahrtkonzepte (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-Harzinfusionsverfahren (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 hat 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, Klimateam usw.) mit den notwendigen elektrischen, pneumatischen oder hydraulischen Energie. Der Trend geht zum verstärkten Einsatz elektrischer Energie („More Electric Aircraft“). So soll der Treibstoffverbrauch und der Emissionsausstoß signifikant sinken. Das DLR entwickelt Modellierungs- 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. Energiemanagementsysteme generieren lärmarme Anflugverfahren und Rollfahrtssysteme 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 Unterstützungswerzeuge für Lotsen, wie An- und Abflugmanager, basieren auf Flugrechnungsergebnissen. 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.

## 19. Ganzheitliches Flughafenmanagement (seit den 2000er Jahren)

Das DLR entwickelt das Konzept des Total Airport Management (TAM) und erweiterte so konsequent das Airport Collaborative Decision Making (A-CDM). Das führte zu einem Paradigmenwechsel in den operativen Abläufen. Durch das ganzheitliche Management der Prozesse in der Luft und am Boden lassen sich die Kapazitäten besser nutzen. Im Forschungsprogramm SESAR 2020 wird an weiteren Verbesserungen gearbeitet. So werden die Prozesse noch stärker automatisiert – bei gleichzeitig höherer Komplexität.

## 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.