



Das Flugzeug der Zukunft – Potenziale von aktuellen und neuen Konfigurationen

Der Blended Wing Body (BWB) ist ein Flugzeug, dessen Rumpf fließend in die Flügel übergeht. Er soll mehr Platz für Passagiere bieten und weniger Treibstoff verbrauchen.



Bild: © Airbus S.A.S. 2014 – photo by master films / H. Goussé

Derzeit sind bei neuen Flugzeugen nur kleine Veränderungen sichtbar, wie hier bei der A320neo

Auf Deutschlands Flughäfen stehen täglich hunderte Passagiermaschinen, die auf ihren Abflug warten. Dabei sehen sie alle relativ ähnlich aus und unterscheiden sich für den Laien maximal noch in ihrer Größe. Ob Airbus A320 oder Boeing 737 – die Aufteilung der einzelnen Hauptkomponenten und deren Aufgaben haben sich seit der Boeing 707, die in den 1950er Jahren entwickelt wurde, nicht nennenswert verändert. Flügel erzeugen Auftrieb und dienen als Kraftstofftank, die Leitwerke sind hinten am Rumpf angeordnet und dienen der Flugsteuerung. Der Rumpf selbst beherbergt die Nutzlast und alle anderen Komponenten. Die Triebwerke sind separat an ihren Aufhängungen, sogenannten Pylonen, an den Flügeln oder am Heck angebracht.

Dennoch hat sich die Effizienz der Flugzeuge seit der Boeing 707 stark verbessert. Ein *Airbus A350 XWB* verbraucht weniger als 50 Prozent des Kraftstoffs pro Sitzplatz und Kilometer als zum Beispiel eine *Douglas DC8* aus dem Jahr 1960. Diese Fortschritte wurden durch eindrucksvolle Evolution der Technologien erreicht: Moderne Turbofan-Triebwerke sind effizienter, durch den Einsatz von Kohlefaserverbundwerkstoffen ist das Flugzeug leichter geworden und die Aerodynamik konnte weiter optimiert werden. Davon blieb die Flugzeugkonfiguration, also der generelle Aufbau, bislang weitgehend unverändert. Dabei werden revolutionäre Konzepte, wie zum Beispiel der *Blended Wing Body (BWB)*, bei dem Flügel und Rumpf direkt ineinander übergehen, oder *Boxwing*, zwei übereinander liegende Tragflächen, die an den Enden miteinander verbunden sind, schon seit Jahrzehnten untersucht.

Sechs Jahrzehnte ohne optische Veränderung

Woher kommt also das Festhalten an der sogenannten „**Drachen-Konfiguration**“ mit zylindrischem Rumpf und mittig daran angeordneten Tragflügeln? Zum einen natürlich durch Forschung an immer weiteren Verbesserungen, die inzwischen für diese Kon-

figuration stattgefunden hat. Zum anderen aber auch durch die Industrie, die sich bei den großen Herstellern um diese Bauart über die Jahre entwickelte. So hat sich für die Drachen-Konfiguration die bestmögliche Infrastruktur gebildet. Dabei finden sich immer noch weitere große Verbesserungspotenziale. Oftmals führen auch kleine, schrittweise Verbesserungen zu einem besseren Konzept, wie es zum Beispiel von der *A320ceo* zur *A320neo* sichtbar wurde. Die *A320neo* hat einen um 15 bis 20 Prozent geringeren Kraftstoffverbrauch.

Bedeutet das aber schon das Ende für den konfigurativen Entwurf von Verkehrsflugzeugen? Dies ist mitnichten der Fall. Es gibt noch immer zwei Dimensionen von zentralem Interesse:

1. **Die weitere Optimierung von Drachen-Konfigurationen** für neue Flugzeugprogramme und
2. **die Exploration von neuartigen Konfigurationen** mit völlig neuen Technologien oder Anforderungen an die Luftfahrzeuge.

Optimierung der Drachen-Konfiguration

Auch wenn davon ausgegangen werden muss, dass bereits alle großen Optimierungspotenziale in der Flugphysik (von der *DC8* zur *A350 XWB*) entdeckt worden sind, ist es wahrscheinlicher, dass ein neues Produkt in der nächsten Dekade wieder mit einer klassischen Konfiguration realisiert wird. Hier wird es weiter an die technologischen Grenzen gehen. Mögliche neue Technologien sind unter anderem *UHBR (Ultra-High-Bypass-Ratio)*-Triebwerke mit hohem Nebenstrom, flexible und möglichst lang gestreckte Kohlefaservertragflügel sowie multifunktionale Steuerflächen. Auch Kraftstoffverbrauch und Gewicht können noch weiter verbessert werden. Allerdings ist nicht mehr auf den ersten Blick ersichtlich, ob sich diese Komponentenverbesserungen auch positiv auf das gesamte Flugzeug auswirken.

Gründe dafür liegen im Zusammenspiel der einzelnen Komponenten. Bei einem *UHBR*- oder auch *Open-Rotor-Triebwerk* reduziert sich zwar der Kraftstoffverbrauch, aber Gewicht und Baugröße des Triebwerks steigen deutlich an. Eine klassische Installation des Triebwerks unter dem Flügel könnte noch möglich sein, würde jedoch dazu führen, dass das Strukturkonzept von Tragflügel und Halterung sowie die aerodynamischen Interaktionen ungünstiger werden. So würde sich der Vorteil, den das Triebwerk bietet, aufheben und nichts gewonnen werden. Eine Gesamtbetrachtung ist also essenziell.

So können sich auch Auswege aufzeigen. Könnte das Triebwerk beispielsweise über dem Tragflügel oder über dem Rumpf integriert werden? Neben dem Aspekt der prinzipiellen Machbarkeit, das Triebwerk geometrisch und aerodynamisch zu integrieren, gilt es auch Auswirkungen zu betrachten, die neue Möglichkeiten bieten. In diesem Fall könnte zum Beispiel das Fahrwerk deutlich verkürzt oder auch die Gefahr der Interaktion (Hitze, Vibrationen) des Triebwerksstrahls mit dem Flügel und dem Klappensystem gebannt werden.

Das führt dazu, dass innerhalb der ursprünglichen Drachen-Konfiguration entsprechende Spielräume geschaffen werden, um den Vorteil einer neuen Technologie auch für das Gesamtflugzeug zu realisieren. Aktuell werden weitere Potenziale konventioneller Konfigurationen ermittelt, bei denen schon im Entwurf des Produktes über die Flugleistungen hinausgegangen und die Effizienz der Produktion und des Betriebes mit einbezogen werden.

Neuartige Konfigurationen

Der Trend zu komplett andersartigen Flugzeugen kann nur durch massive oder sogar radikale Technologiesprünge bei den einzelnen Flugzeugkomponenten oder durch signifikant geänderte Anforderungen entstehen. Derzeit sind noch keine Konfigurationen absehbar, die basierend auf dem heutigen Technologiestand und Anforderungsprofil nennenswert bessere Leistungen erbringen als das klassische Produkt.

Das zeigt das Beispiel des *Blended Wing Body (BWB)*. Dieser weist zwar einerseits einen aerodynamischen Vorteil von fünf bis zehn Prozent durch das neuartige Flügelkonzept auf. Auf der anderen Seite kann er durch die zusätzliche und nicht gewichts-



Bild: © Airbus S.A.S. 2013 – All rights reserved – EVI

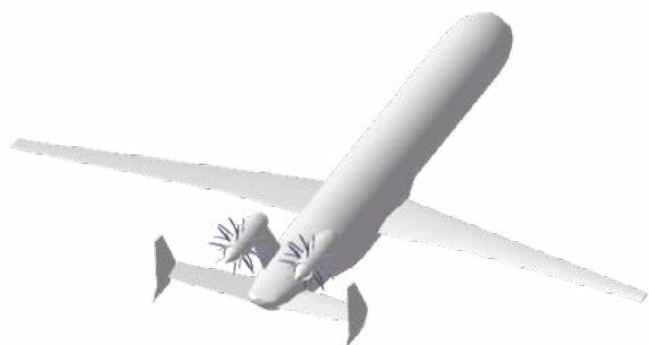
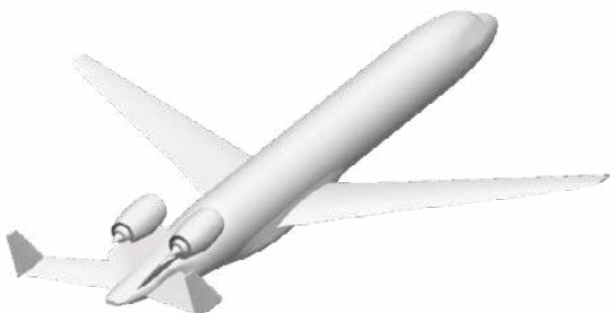
Hybrid-Elektrisches Fliegen bei Airbus: Das „E-Thrust“-Konzept

optimale Struktur aber deutlich schwerer werden. So heben sich schlimmstenfalls Vor- und Nachteil wieder auf. Dazu kommen dann noch weitere Anforderungen, wie zum Beispiel die Gestaltung einer Flugzeugkabine inklusive Türen und Fenstern, ein schlüssiges Konzept für die Flugzeugfamilien und nicht zuletzt das industrielle Entwicklungsrisiko eines unbekanntes Produktes.

Ein signifikantes Potenzial zeigt sich erst dann, wenn ein Bedarf an Flugzeugen einer noch deutlich größeren Kapazität als der A380-Familie besteht, der mit klassischen Konfigurationen nicht mehr effizient gedeckt werden kann. Ein anderer Auslöser zum Sprung hin zum BWB könnte die Verwendung von Kraftstoffen mit geringer Energiedichte wie zum Beispiel Wasserstoff sein. Diese ließen sich aufgrund des größeren Volumens des Flugzeugs effizienter integrieren als in klassische Konfigurationen.

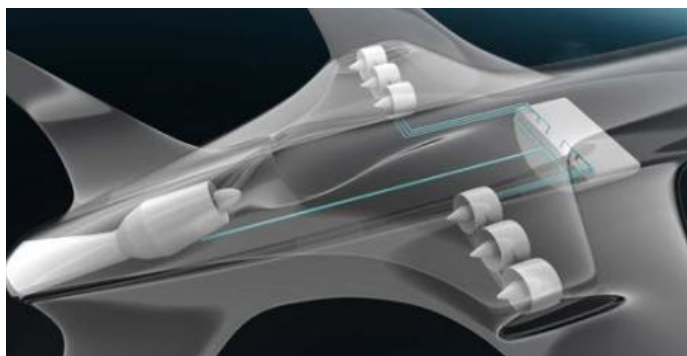
Die Flugzeugentwurfsstudien zum BWB zielen derzeit auf langfristige Zukunftsszenarien ab und sind notwendig, um Technologien zu identifizieren, die heute erforscht werden müssen, um zukünftige Entwicklungen zu ermöglichen. Ein Beispiel: Neuartige Strukturkomponenten, die durch Nutzung von *Additive Layer Manufacturing (3D-Druck)* ein gewichtseffizientes Design realisieren können, wären in der Lage, die strukturellen Nachteile an einem BWB abzumildern.

Ein anderes Beispiel für völlig neue Flugzeugkonfigurationen sind neuartige effiziente Antriebstechnologien. Hybrid-elektrische Antriebe werden zumindest für Regionalflugzeuge in den nächsten zwei Dekaden in den Bereich des Machbaren

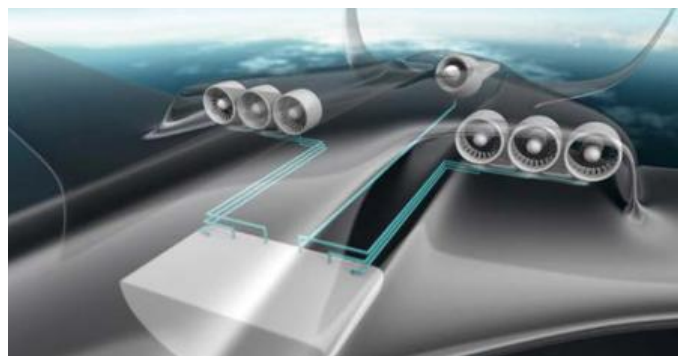


Neuartige Konzepte zur Triebwerksintegration für UHBR- (links) und Open-Rotor-Triebwerke (rechts)

Bild: © Airbus S.A.S. 2013 – All rights reserved – EVI



Die Hauptlast von Airbus geplantem Hybrid-Elektroflugzeug sollen sechs Elektroturbinen übernehmen



Für die Erzeugung der elektrischen Antriebsenergie, das Laden der Speicherbatterie sowie für Zusatzschub beim Start dient ein im Rumpfheck montiertes Strahltriebwerk

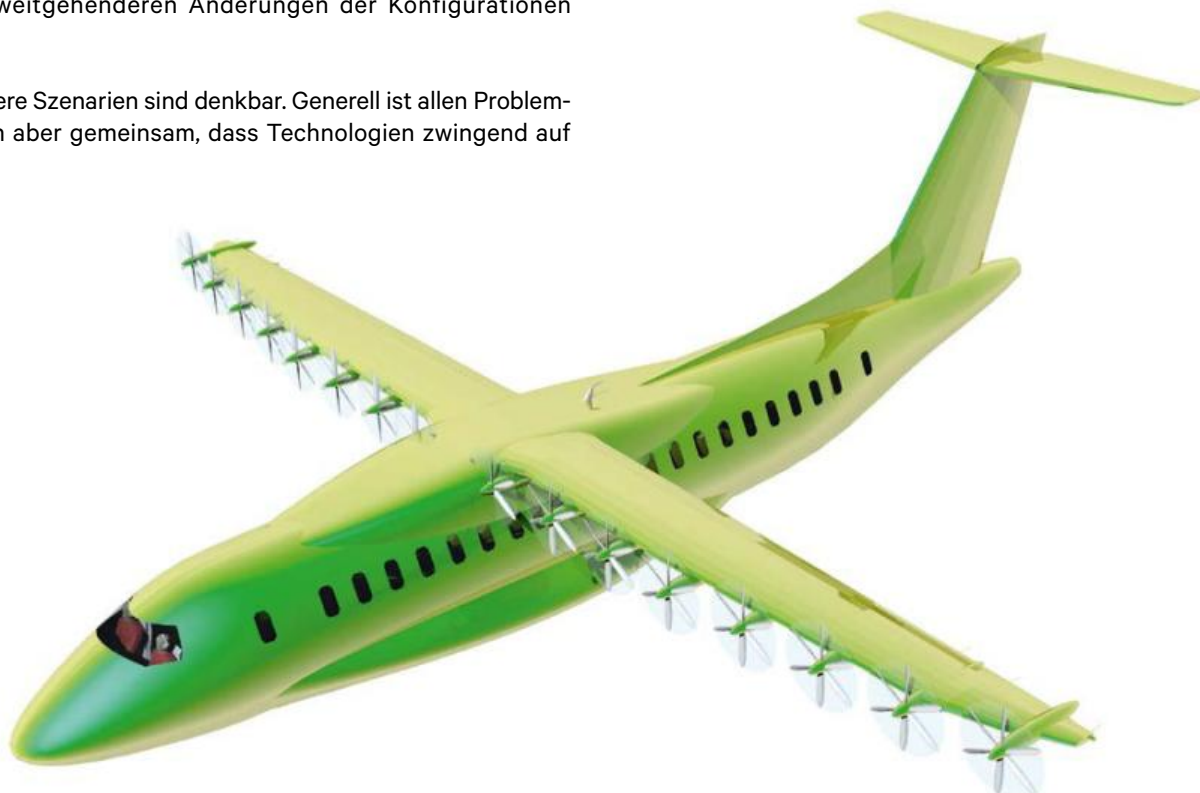
Bild: © Airbus S.A.S. 2013 – All rights reserved – EVI

rücken. Ein hybrid-elektrischer Antrieb ermöglicht dann die Entkopplung von der Energiewandlung und Vortriebserzeugung. Das könnte beispielsweise bedeuten, dass nur noch eine Gasturbine zusammen mit einer Pufferbatterie viele kleine Antriebe versorgt, zum Beispiel mehrere über den Flügel verteilte kleinere elektrisch angetriebene Fans, anstatt zweier großer Turbofan-Triebwerke. Dieses Konzept wiederum könnte über verschiedene Schübe der einzelnen Triebwerke zur Steuerung verwendet werden und dazu führen, dass die Leitwerke in ihrer heutigen Form überflüssig werden. Auch aktive Hochauftriebsysteme (*Powered Lift*), die das Flugzeug in der Luft schneller anheben könnten, würden effizient realisierbar werden. Das resultierende Flugzeug müsste sowohl im Arrangement als auch „unter der Haut“ in seiner Systemarchitektur radikal anders aussehen. Auch eine signifikante Reduktion von Lärm und Emissionen im Flug hätte das Potenzial, ganz neue Betriebs- und Geschäftsmodelle in der Luftfahrt zu ermöglichen. Das könnte noch zu weitgehenderen Änderungen der Konfigurationen führen.

Viele weitere Szenarien sind denkbar. Generell ist allen Problemstellungen aber gemeinsam, dass Technologien zwingend auf

Gesamtflugzeugebene integriert, bewertet und optimiert werden müssen. Tiefgehende Fähigkeiten hierzu sind wichtig, sowohl in der Forschungslandschaft, als auch beim Hersteller. In der deutschen Forschungslandschaft sind maßgebliche Kompetenzen sowohl im universitären Umfeld als auch beim *Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)* vorhanden. Als industrieller Partner hierzu ist Airbus speziell auch in Deutschland im Vorentwurfs-, Forschungs- und Technologiebereich aktiv. Auch die Luftfahrtstrategie der Bundesregierung betont den strategischen Aspekt der Gesamtsystemfähigkeit. Der Entwurf der Konfigurationen und die Integration der einzelnen Komponenten ist letztendlich die Plattform, auf der für ein neues Flugzeugprogramm all diese Aspekte zusammenkommen. Wir sehen also nicht das Ende des Flugzeugentwurfs, sondern den Dreh- und Angelpunkt für eine spannende Fortsetzung der Geschichte. •

Daniel Reckzeh
Airbus



Hybrid-elektrisches Regionalflugzeug mit verteilten Antrieben

Bild: DLR