



BWA

Boxwing-Flugzeug

Im Verbundprojekt „Airport 2030“ werden in der Forschungsgruppe „Aero – Aircraft Design and Systems Group“ an der HAW Hamburg zusammen mit Airbus effiziente Flugzeugkonfigurationen untersucht. Betrachtet wird u. a. das Boxwing-Flugzeug (BWA: boxwing aircraft). Es wird untersucht, ob durch den Einsatz eines BWA die Kraftstoffkosten und die direkten Betriebskosten gesenkt werden können. Da das entworfene Flugzeug ein Nachfolger für das Mittelstreckenflugzeug Airbus A320 sein könnte, gelten die gleichen Anforderungen wie für den A320.

Die Ausgangssituation

Die konventionelle Flugzeugkonfiguration ist die sogenannte Drachenkonfiguration. Sie ist gekennzeichnet durch einen die Nutzlast tragenden Rumpf, separate Flügel und ein Leitwerk am Heck zur Stabilisierung, Steuerung und Trimmung des Flugzeugs um die Hoch- und Querachse. Passagierflugzeuge in Drachenkonfiguration haben in der Regel eine maximale Gleitzahl im Bereich von 17. Die Gleitzahl E ist das Verhältnis aus Auftrieb L (lift) und Widerstand D (drag): $E = L/D$. Sie ist das Maß für die aerodynamische Güte eines Flugzeugs.

Die Alternativen

Die Alternativen zur Drachenkonfiguration sind vielfältig, allerdings sind nur wenige Gegenstand der aktuellen Forschung. Für den Passagiertransport werden nur zwei Konfigurationen genauer betrachtet: der Blended-Wing-Body (BWB) und das Boxwing-Flugzeug (BWA).

Das BWA stellt eine Weiterentwicklung der Drachenkonfiguration dar, bei der statt nur eines Flügels zwei Flügel

für den nötigen Auftrieb sorgen. Die Flügel sind in vertikaler Richtung versetzt und an den Spitzen durch verlängerte Winglets miteinander verbunden. Ist aufgrund hoher Fluggeschwindigkeiten eine Pfeilung der Flügel gefordert, ist der vordere Flügel nach hinten und der hintere Flügel nach vorne gepfeilt (Abb. 1). In diesem Fall ermöglicht der horizontale Abstand beider Flügel die Stabilisierung, Steuerung und Trimmung des Flugzeugs um seine Querachse und macht ein Höhenleitwerk überflüssig. Das geschlossene Flügelsystem bringt aerodynamische Vorteile, macht den Gesamtentwurf aber auch erheblich komplexer als bei einem konventionellen Flugzeug.

Die Gleitzahl des BWA liegt nach ersten Berechnungen im Bereich von 20 und wäre damit um 18 % größer als bei der Drachenkonfiguration. Mit Blick auf die sehr konservative Haltung der Flugzeughersteller gegenüber der Einführung neuer Flugzeugkonfigurationen könnte das BWA mit seinem konventionellen Rumpf ein geeigneter Kandidat für die Nachfolge der Drachenkonfiguration zu sein, denn das BWA wäre nach heutigen Vorschriften zertifizierbar und würde Vorteile in der Abfertigung am Flughafen bieten.

Bei der Blended-Wing-Body-Konfiguration, die ebenfalls von Aero untersucht wurde, wird eine Gleitzahl von ca. 23 erwartet. Sie wäre damit sogar um 35 % größer als bei der Drachenkonfiguration. Der Blended-Wing-Body hat aber den Nachteil, dass seine Rumpfform weit vom optimalen Kreisquerschnitt für einen Druckrumpf abweicht. Zudem sind noch Fragen hinsichtlich der Zertifizierung (statische Stabilität der Längsbewegung, Evakuierung nach einer Notwasserung) offen. Darüber hinaus erschwert die

Rumpfform das Be- und Entladen von Fracht.

Reduzierung des Widerstands beim BWA

Der Widerstand D eines Flugzeugs ist die Summe aus seinem Nullwiderstand D_0 (bei Auftrieb gleich null) und dem induzierten Widerstand D_i ($D = D_0 + D_i$). Der induzierte Widerstand ist proportional zum Quadrat des Auftriebs. Der Auftrieb muss im Reiseflug gleich dem Gewicht des Flugzeugs sein. Zum Erreichen der maximalen Gleitzahl muss die Bedingung $D_0 = D_i = 0,5D$ erfüllt sein.

Ein Vergleich zwischen einem Flugzeug mit zwei tragenden Flügeln (z. B. dem BWA) und einem konventionellen Referenzflugzeug bei gleichem Gewicht und gleicher Spannweite ergibt Erstaunliches: Unter der Annahme, dass beide Flügel des BWA jeweils die Hälfte des Gesamtauftriebs erzeugen, beträgt der induzierte Widerstand eines Flügels nur noch ein Viertel des induzierten Widerstands des Referenzflügels: $(1/2)^2 = 1/4$. Das gesamte BWA hat also nur noch $2 \cdot 1/4$, also nur noch 50 % des induzierten Widerstands des Referenzflugzeugs. Dies gilt allerdings nur, wenn sich die Flügel nicht gegenseitig beeinflussen, was lediglich dann der Fall wäre, wenn sie unendlich weit voneinander entfernt wären. Wird nun in die Definition der Gleitzahl $E = L/D$ die Summe aus Nullwiderstand und induziertem Widerstand eingesetzt, zeigt sich die theoretische Steigerung der Gleitzahl gegenüber dem Referenzflugzeug deutlich:

renzflugzeug bei gleichem Gewicht und gleicher Spannweite ergibt Erstaunliches: Unter der Annahme, dass beide Flügel des BWA jeweils die Hälfte des Gesamtauftriebs erzeugen, beträgt der induzierte Widerstand eines Flügels nur noch ein Viertel des induzierten Widerstands des Referenzflügels: $(1/2)^2 = 1/4$. Das gesamte BWA hat also nur noch $2 \cdot 1/4$, also nur noch 50 % des induzierten Widerstands des Referenzflugzeugs. Dies gilt allerdings nur, wenn sich die Flügel nicht gegenseitig beeinflussen, was lediglich dann der Fall wäre, wenn sie unendlich weit voneinander entfernt wären. Wird nun in die Definition der Gleitzahl $E = L/D$ die Summe aus Nullwiderstand und induziertem Widerstand eingesetzt, zeigt sich die theoretische Steigerung der Gleitzahl gegenüber dem Referenzflugzeug deutlich:

$$E = L/(D_0 + D_i) = L/(0,5D + 0,25D) = 1,33 L/D$$

Das BWA hat im Idealfall also eine um 33 % größere Gleitzahl als das konventionelle Referenzflugzeug. Absolut beträgt sie dann 22,6. Diese Gleitzahl gilt wie erwähnt jedoch nur bei einem unendlichen Abstand zwischen beiden Flügeln. Werden für den vertikalen Abstand der Flügel im Verhältnis zur Spannweite realistische Werte angenommen, so ergibt sich bei optimal gewählter Flughöhe aber immer noch eine Verringerung des induzierten Widerstands um ca. 30 %, was zu einer maximalen Gleitzahl von ca. 20 führt.



Prof. Dr.-Ing. Dieter Scholz, MSME

info@profscholz.de