

Einfacher Flügelentwurf optimiert hinsichtlich Masse und Widerstand

Zweck – Optimierung der Parameter des Flügels eines Strahlverkehrsflugzeuges mit Gleichungen aus dem Flugzeugentwurf zur Flügelmasse und zum Luftwiderstand in einer Tabellenkalkulation (Excel) und mit deren Optimierer (Solver).

Methodik – Die Flügelmasse wird mit der Gleichung von Torenbeek (mit und ohne Flügelstrebe) und alternativ mit einer Gleichung aus dem Luftfahrttechnischen Handbuch (LTH) berechnet. Der Luftwiderstand wird aufgeteilt in Nullwiderstand, Induzierten Widerstand und Wellenwiderstand. Die jeweiligen Methoden zur Berechnung dieser Einzelwiderstände werden den Vorlesungen von Scholz entnommen. Der Flugzeugentwurf wird vereinfacht ohne die vielen hierarchisch gegliederten Iterationen abgebildet. Stattdessen wird für diesen einfachen Flügelentwurf nur eine Iteration genutzt. Es werden Vorgehensweisen mit Schneeballfaktor (Mass Growth Factor), mit den 1. Hauptsatz des Flugzeugentwurfs und mit beiden Vorgehensweisen kombiniert untersucht. Minimiert wird einerseits der Widerstand (Kraftstoffverbrauch) und andererseits die Abflugmasse, die als Proxy der Direct Operating Costs (DOC) angesehen werden kann.

Ergebnisse – Der einfache Ansatz zum Multidisciplinary Design Optimization (MDO) wird als Tabellenkalkulation "Wing-MDO" zur Verfügung gestellt. Im Vergleich mit dem vollständigen Flugzeugentwurfs- und -optimierungsprogramm "Optimization in Preliminary Aircraft Design" (OPerA) konnten die Ergebnisse aus dem einfacheren "Wing-MDO" bestätigt oder darauf geeicht werden. Ein weiterer Vergleich ergab sich aus der Literaturrecherche. Für ein Flugzeug mit Parametern ähnlich dem Airbus A320 ergibt sich eine optimale Spannweite bei Minimierung des Widerstands von 42,52 m (-23,94 %) ohne Flügelstrebe und von 53,09 m (-24,50 %) mit Verwendung einer Flügelstrebe und bei Minimierung der Abflugmasse eine optimale Spannweite von 36,65 m (-8,76 %) bzw. von 44,20 m (-13,31 %). Die sich ergebenden Änderungen vom Widerstand bzw. von der Abflugmasse sind in Klammern angegeben.

Bedeutung für die Praxis – Mit "Wing-MDO" steht ein einfaches und benutzerfreundliches Werkzeug in Excel zur Optimierung von grundlegenden Flügelparametern zur Verfügung.

Soziale Bedeutung – Die Optimierung eines Flugzeugs beginnt klassischerweise am Flügel. Dies ist aktuell auch beim neuen Projekt Boeing X-66A zu sehen. Die vorliegende Arbeit dient zur Einordnung derartiger Vorschläge und zeigt, dass Flügel hoher Spannweite (und Streckung) den Kraftstoffverbrauch und damit die CO₂-Emissionen und die Umweltwirkung deutlich senken können. Einfache Berechnungen dazu ermöglichen den öffentlichen Diskurs.

Originalität – Fachdisziplinen haben die Auswirkung ihrer Untersuchungen auf Flugzeugebene dargestellt, ohne dabei die Iterationen (Schneeballeffekte) des Flugzeugentwurfs zu berücksichtigen. Es konnte am Beispiel des Flügels aufgezeigt werden, wie Einzeleffekte zu Masse und Widerstand einfach aber korrekt auf die Flugzeugebene übertragen werden können.

Dieses Informierende Poster basiert auf einem Projekt mit dem gleichen Titel. Details hier: <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:gbv:18302-aero2023-02-02.013>

Dies ist ein Kurzreferat als Antwort auf den Call for Papers zum Deutschen Luft- und raumfahrtkongress 2024 für ein Informierendes Poster.

Prof. Dr.-Ing. Dieter Scholz, MSME
Hamburg University of Applied Sciences
Department of Automotive and Aeronautical Engineering
Aircraft Design and Systems Group (AERO)
<http://www.ProfScholz.de>
info@ProfScholz.de