

# Leichte und effiziente Flugzeuge durch aktive Reduktion der Flügelbelastung während des Manöverflugs

Aerodynamischer Entwurf und Bewertung dynamischer Steuerflächen für die Reduktion von Manöverlasten

C. Breitenstein, R. Radespiel, Institut für Strömungsmechanik, Technische Universität Braunschweig

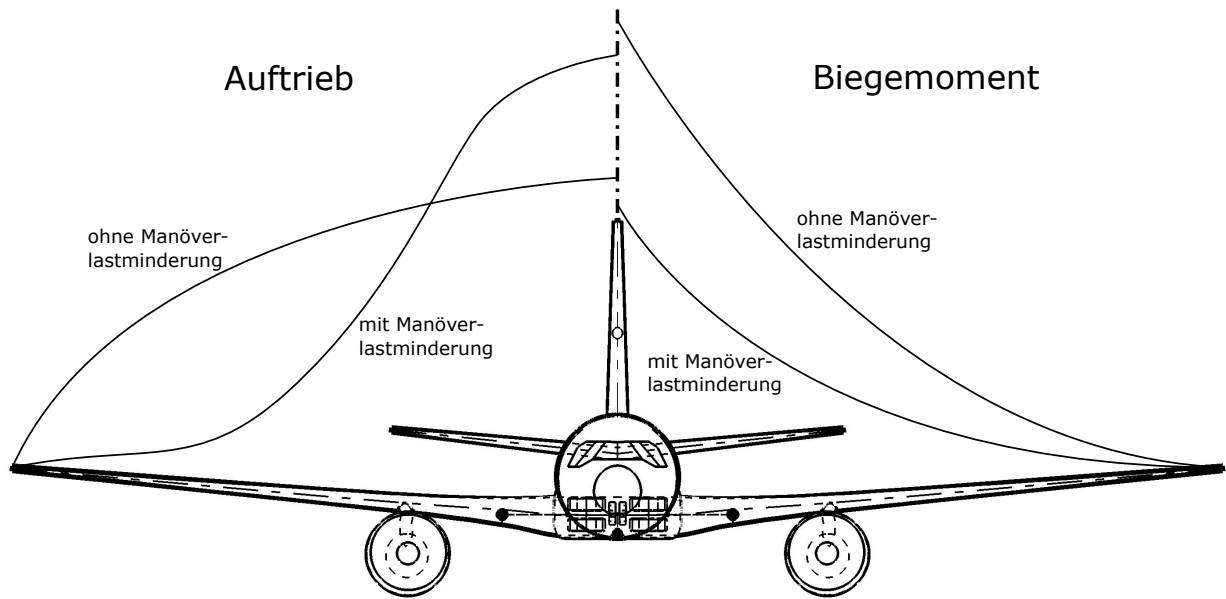
## Kurzgefasst

- Effizienz eines Verkehrsflugzeugs hängt vom Flugzeuggewicht ab
- Hohe Flügelbelastung während des Manöverflugs erfordert den Entwurf einer stabilen und damit schweren Flügelstruktur
- Durch an die verschiedenen Flugmanöver angepasste Steuerflächenaus schläge soll der Druckpunkt der am Flügel angreifenden Auftriebskraft nach innen verschoben werden
- Flügelbelastung wird dadurch reduziert, sodass eine leichtere Flügelstruktur realisiert werden kann
- Entwurf dieses sogenannten Lastminderungssystems erfolgt mithilfe von gekoppelten numerischen Simulationen der Flugzeugumströmung und der resultierenden Verformung des Flügels

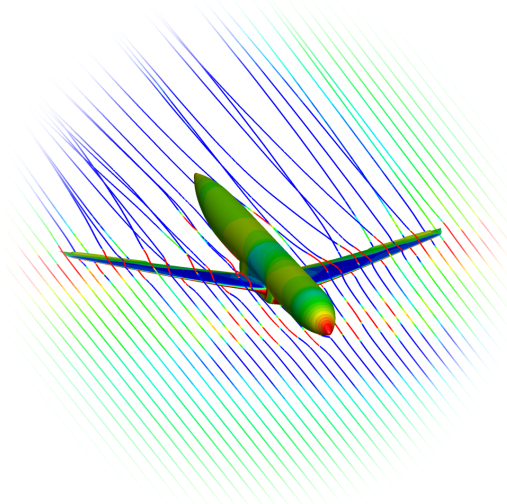
Ein wesentlicher Einflussfaktor für die Effizienz von Luftfahrzeugen ist ihr Gewicht. Die Entwicklung von Technologien zur Reduktion des Gewichts ist daher einer der Schlüssel auf dem Weg zu einer nachhaltigen Luftfahrt. Bei Verkehrsflugzeugen bietet unter anderem die Minderung von Strukturlasten das Potential für eine signifikante Reduktion der Leergewichtsmasse des Tragflügels. Grund dafür ist, dass die Struktur des Tragflügels so ausgelegt werden muss, dass sie den im Betrieb maximal auftretenden Lasten standhalten kann; eine Minderung dieser maximalen Lasten ermöglicht demnach den Entwurf einer leichteren Flügelstruktur. Für große Teile der Flügelstruktur sind aerodynamische Lasten dimensionierend, welche sich aus den gemäß der Zulassungsvorschriften [1] zu berücksichtigenden Manöver- und Böenszenarien ergeben. Die Minderung solcher Manöver- und Böenlasten wird im Verbundvorhaben *INTELWI* an der generischen, rückgefeilten Transportflugzeugkonfiguration *LEISA* [2] untersucht. Wichtige Vorarbeiten hierzu wurden im Vorgängerprojekt *PoLamin* geleistet, wo verschiedene Konzepte zur Minderung von Böenlasten erforscht wurden und schließlich ein Lastminderungssystem basierend auf dynamischen Steuerflächenaus schlägen an Vorder- und Hinterkante des Flügels entwickelt werden konnte [3]. Im Teilvorhaben

*INTELWI-TUBS* wird derzeit untersucht, inwieweit sich dieses Lastminderungssystem auch zur Kontrolle von Manöverlasten eignet. Während im Reiseflug zur Minimierung des induzierten Widerstands der Auftrieb für gewöhnlich näherungsweise elliptisch über der Flügelspannweite verteilt ist, soll im Manöverflug eine solche elliptische Auftriebsverteilung gerade vermieden werden, da sie zu hohen Biege lasten führt. Die Idee der Manöverlastminderung ist also, wie in Abbildung 1 skizziert, den spannweiten Schwerpunkt der Auftriebsverteilung während eines Manövers durch das Ausschlagen bestimmter Steuerflächen nach innen zu verschieben, sodass die Biege lasten am Flügel reduziert werden.

Zur Bestimmung von Manöverlasten werden dreidimensionale RANS-Simulationen eines Halbmodells der *LEISA*-Konfiguration ohne Leitwerke und ohne Triebwerke durchgeführt. Bislang wurden aeroelastische Phänomene dabei vernachlässigt, es wurde also ein starrer Flügel angenommen. Abbildung 2 zeigt die an der Symmetrieebene gespiegelte Lösung einer solchen Simulation mit am Außenflügel nach oben ausgeschlagenen Wölbklappen zur Lastminderung. Auf diese Weise konnten bereits vielversprechende Ergebnisse erzielt werden, beispielsweise konnte das Biegemoment an der Flügelwurzel für ein ausgewähltes Manöver durch Einsatz des Lastminderungssystems um über 40 % reduziert werden [4]. Im nächsten Schritt sollen nun auch aeroelastische Phänomene berücksichtigt werden, da diese einen großen Einfluss auf die Wirksamkeit einzelner Steuerflächen und damit auch auf die Effektivität des Lastminderungssystems haben. Hierzu sollen gekoppelte Simulationen der Flugzeugumströmung und der resultierenden Verformung des Flügels durchgeführt werden. Obwohl die Flügelstruktur dabei vereinfachend über ein lineares Modalmodell abgebildet wird, sind diese gekoppelten Simulationen deutlich aufwendiger als die Simulationen des starren Flugzeugs. Aus diesem Grund werden hierfür die Ressourcen des HLRN benötigt. Mithilfe der gekoppelten Simulationen soll dann auf Grundlage der schon aus Vorstudien [4] bekannten kritischen Manöver das verwendete Lastminderungssystem optimiert und sein Potential genauer abgeschätzt werden. Die Ergebnisse sollen schließlich auf ein weiteres Flugzeug, das im Gesamtverbund *INTELWI* untersuchte Referenzflugzeug, übertragen werden, wobei neben ihrer Allgemeingültigkeit auch die Kompatibilität mit anderen Systemen und Randbedin-



**Abbildung 1:** Prinzip der Manöverlastminderung: Zur Reduzierung des Biegemoments wird der Auftrieb am Flügel von außen nach innen umverteilt



**Abbildung 2:** Simulation eines Abfangmanövers mit am Außenflügel nach oben ausgeschlagenen Wölbklappen zur Lastminderung

gungen sowie die Realisierbarkeit insgesamt näher untersucht werden sollen.

#### WWW

<https://www.tu-braunschweig.de/ism/forschung-und-arbeitsgruppen/aerodynamics-of-aircraft/research-activities/intelwi-tubs>

#### Weitere Informationen

[1] European Aviation Safety Agency, Certification

Specifications and Acceptable Means of Compliance for Large Aeroplanes CS-25 - Amendment 26, Bauvorschrift, EASA, Dezember 2020. [https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/cs-25\\_amendment\\_26\\_0.pdf](https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/cs-25_amendment_26_0.pdf)

- [2] J. Wild, Definition of the LEISA Reference Configuration, DLR Institutsbericht 124-2005, Braunschweig, Mai 2006.
- [3] J. Ullah, T. Lutz, L. Klug, R. Radespiel, J. Wild, Active Gust Load Alleviation by Combined Actuation of Trailing Edge and Leading Edge Flap at Transonic Speeds, *AIAA Scitech 2021 Forum*, Virtuelle Veranstaltung, Januar 2021. doi:10.2514/6.2021-1831
- [4] C. Breitenstein, Strömungssimulation der Flugmanöver von Verkehrsflugzeugen und von Lastminderungskonzepten, Masterarbeit, Technische Universität Braunschweig, Braunschweig, November 2020.

#### Projektpartner

Institut für Flugzeugbau und Leichtbau (Technische Universität Braunschweig), Institut für Aerodynamik und Gasdynamik (Universität Stuttgart), Institut für Flugzeug-Systemtechnik (Technische Universität Hamburg), Airbus, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

#### Förderung

BMW Luftfahrtforschungsprogramm (LuFo) VI-1 Teilvorhaben *INTELWI-TUBS* (Förderkennzeichen 20A1903J)