

# Verhalten von Längswirbeln von Hochauftriebskonfigurationen

## Numerische Untersuchung des Verhaltens von Längswirbeln an Tragflügeln in Hochauftriebskonfiguration

**T. Landa, R. Radespiel**, Institut für Strömungsmechanik, Technische Universität Braunschweig

### Kurzgefasst

- Einfluss des Turbulenzmodells auf die Simulation
- Anstellwinkelabhängigkeit des Wirbelverhaltens
- Wirbelsysteme unterschiedlicher Komplexität

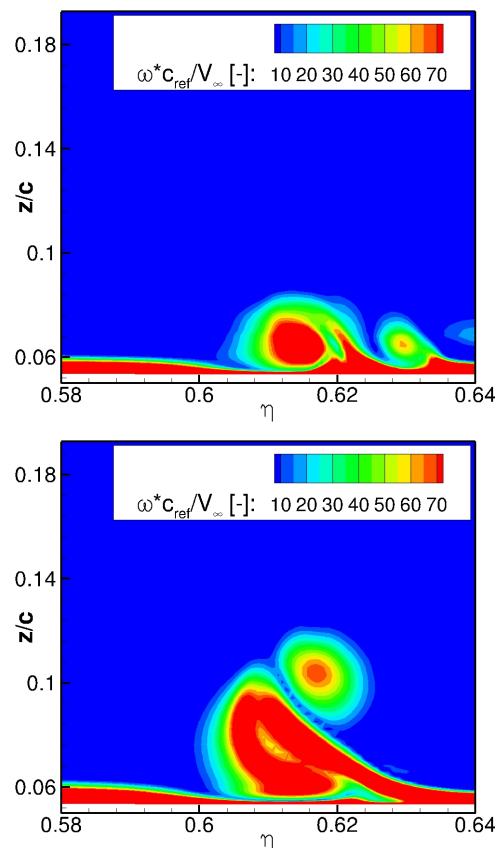
Die Vorhersage des Maximalauftriebs eines Tragflügels ist eine wichtige Aufgabe im industriellen aerodynamischen Entwurf. Bei heutigen Tragflügeln muss dabei die Geometrie des Hochauftriebssystems beachtet werden. Aktuelle Konfigurationen des Hochauftriebssystems bestehen aus einem Vorflügel (Slat), dem Hauptelement und der Hochauftriebsklappe. Da im Bereich der Flügelvorderkante auch das Triebwerk angebracht ist, muss der Vorflügel am Triebwerk unterbrochen werden. Der Ausschnitt des Vorflügels erzeugt im Allgemeinen einen Verlust im (maximal) erreichbaren Auftriebsbeiwert des Tragflügels. Dieser Verlust kann aber durch die gezielte Erzeugung von Längswirbeln vermindert werden. Hierfür werden oft sogenannte Gondelstrakes am Triebwerk verwendet. Will man den quantitativen Einfluss dieser Maßnahme über numerische Simulationen im Flügelentwurf berücksichtigen, so muss sichergestellt werden, dass das numerische Verfahren den Verlauf der Längswirbel entlang der Saugseite des Tragflügels richtig wiedergibt. Entscheidende Vorteile werden durch die Verwendung von Reynolds-Spannungsmodellen wie das am Institut für Strömungsmechanik weiterentwickelte JHh-v2-Modell [1] [2] erwartet. Für einen Vergleich kommt außerdem das Menter-SST-Modell [3] zum Einsatz.

Um die für dieses Problem wesentlichen, grundlegenden Erkenntnisse zu erlangen, wird zunächst die Simulation an einer vereinfachten Hochauftriebskonfiguration betrachtet. Als Geometrie wird ein gepfeilter Flügel mit 3-Element-Hochauftriebsprofil als Querschnitt gewählt, wobei der Vorflügel an der Position, wo im Normalfall das Triebwerk sitzen würde, endet. Der Vorflügel ist dabei nur im Außenbereich des Flügels vorhanden. Die Untersuchung der Strömung erfolgt in mehreren systematischen Schritten:

- Eine Untersuchung bei zwei verschiedenen Netzen soll Aufschluss darüber erbringen, welche

Netzfeinheit für sinnvolle Analysen des Längswirbels nötig sind.

- Die Simulation mehrerer Anstellwinkel mit zwei verschiedenen Turbulenzmodellen soll Einblicke geben, inwiefern der Auftriebsverlauf durch die unterschiedlich gute Vorhersage des Längswirbels verändert wird.
- Eine Variation der Reynoldszahl soll ein Gefühl dafür vermitteln, wie sich auf Modellgröße gefundene Sensitivitäten auf die reale Flugzeug-Konfiguration übertragen lassen.

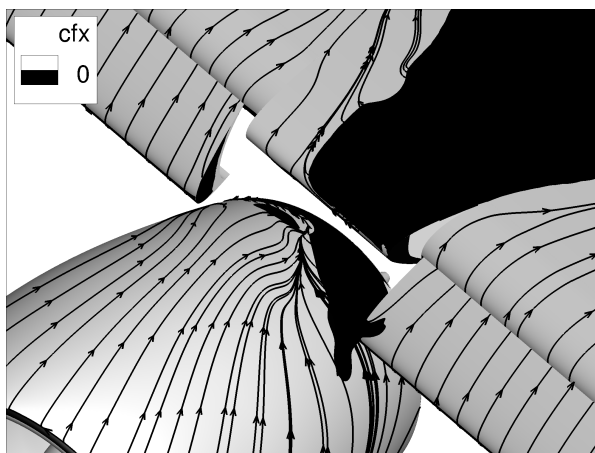


**Abbildung 1:** Dimensionslose Wirbelstärke bei  $x/c=0,25$ , oben:  $\alpha = 6^\circ$ , unten:  $\alpha = 10^\circ$ .

An dieser vereinfachten Konfiguration entsteht ein Wirbelsystem, dass aus zwei entgegengesetzt rotierenden Wirbeln besteht. Exemplarisch ist dieses System für zwei Anstellwinkel in Abbildung 1 gezeigt. Ein Wirbel entsteht dabei an der spannweitenigen Abschlussfläche des Vorflügels. Durch eine Ausgleichsströmung um die inboardseitige

Clean-Nose (eingefahrener Slat) entwickelt sich ein weiterer Wirbel. Sowohl die Wirbelstärke beider Wirbel als auch die Interaktion der beiden Wirbel miteinander hängen dabei wesentlich vom Anstellwinkel ab. Ergebnisse der Simulationen an dieser Konfiguration finden sich in [6] [7] [8]. Um weiteren Aufschluss über die Turbulenzmodellierung zu erhalten, wird an dieser Konfiguration zusätzlich auf einem sehr feinen Netz eine Detached Eddy Simulation (IDDES) durchgeführt.

Im Rahmen des Teilprojekts "Simulation des Überziehens von Hochauftriebskonfigurationen mit Triebwerksgondeln bei großen Bypassverhältnissen" des LuFoV-1-549-127 Vorhabens "Power25 - Power Plant Integration and Performance 2025" (Januar 2014 - März 2017) werden außerdem Konfigurationen mit integriertem Triebwerk (UHBR und EHBR) untersucht. Ziel ist es dabei, die Hochauftriebsleistung der Konfiguration unter Berücksichtigung der numerischen Einflüsse (Rechennetz, Turbulenzmodell) zu charakterisieren. Das Strömungsverhalten im Bereich des maximalen Auftriebs ist dabei maßgeblich von den komplexen Wirbelstrukturen, die am Triebwerk und an den seitlichen Abschlussflächen des Vorflügels entstehen, beeinflusst. Für diese Untersuchungen kommen ebenfalls das JHhv2-Modell und das Menter-SST-Modell zum Einsatz. Zur Bestimmung des Auftriebsverlauf werden für diese Konfigurationen außerdem verschiedene Anstellwinkel betrachtet. Exemplarisch zeigt Abbildung 2 Wandstromlinien und Gebiete abgelöster Strömung bei einem Anstellwinkel, wo bereits signifikante Strömungsablösungen vorhanden sind (UHBR-Konfiguration).



**Abbildung 2:** Wandstromlinien und Gebiete abgelöster Strömung bei  $\alpha = 14^\circ$  (Menter-SST Modell)

Zu erkennen ist, dass abgelöste Strömung für diese Konfiguration vor allem stromab des Triebwerks im Bereich der innenboardseitigen Stufe

der Clean-Nose vorhanden ist. Die geplanten Simulationen werden hier genaueren Aufschluss über den Mechanismus des Überziehens und den Einfluss der vorhandenen Wirbelstrukturen geben.

### WWW

<https://www.tu-braunschweig.de/ism/mitarbeiter/radespiel>

### Weitere Informationen

- [1] Probst, A., Radespiel, R.: *Implementation and Extension of a Near-Wall Reynolds-Stress Model for Application to Aerodynamic Flows on Unstructured Meshes*. AIAA-2008-770, (2008)
- [2] Cécora, R.-D., Eisfeld, B., Probst, A., Crippa, S. and Radespiel, R.: *Differential Reynolds Stress Modeling for Aeronautics*. 50th AIAA Aerospace Sciences Meeting, Nashville, January (2012)
- [3] Menter, F.: *Zonal Two Equation  $k-\omega$  Turbulence Models for Aerodynamic Flows*. AIAA paper 93-2906, Orlando (1993)
- [4] Dacles-Mariani, J., Zilliac, G., Chow, J. and Bradshaw, P.: *Numerical/Experimental Study of a Wing-tip Vortex in the Near Field*. AIAA Journal Vol. 33, No. 9, pp. 1561-1568 (1995)
- [5] Radespiel, R. and Landa, T.: *Fortsetzungsantrag auf ein Großprojekt - Genehmigtes Projekt nii00091*.
- [6] Landa, T., Wild, J. und Radespiel, R.: *Simulation of Longitudinal Vortices on a High-Lift Wing*. Radespiel, R. et al (Eds.): *Advances in Simulation of Wing and Nacelle Stall, Notes on Numerical Fluid Mechanics and Multidisciplinary Design*, Vol. 131, 351-366, Springer, ISBN 978-3-319-21126-8 (2016)
- [7] Landa, T., Radespiel, R. und Wild, J.: *Numerical Simulations of Streamwise Vortices on a Generic High-Lift Configuration*. AIAA 2016-0304, AIAA SciTech 2016, 04.-08. Januar 2016, San Diego (2016)
- [8] Landa, T., Wild, J. und Radespiel, R.: *Numerical Simulations of Streamwise Vortices on a High-Lift Wing*. Deutscher Luft- und Raumfahrtkongress, 22.-24. September 2015, Rostock, (2015)

### Förderung

LuFoV-1-549-127: Power25 - Power Plant Integration and Performance 2025